

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Auteur(s)	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1893
Collation	16 vol. ; in-8
Nombre de volumes	21
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 353
Sujet(s)	Exposition universelle (1889 ; Paris)
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353
LISTE DES VOLUMES	
	1. Première partie. L'architecture
	2. Deuxième partie. La construction
	3. Troisième partie. Les travaux publics
	4. Quatrième partie. Mines et métallurgie
	5. Quatrième partie. La minéralogie, la minéralurgie et la géologie
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	6. Cinquième partie. Les chemins de fer
	7. Sixième partie. [Tome I] Chaudières à vapeur et machines thermiques
	8. Sixième partie. Tome II. Chaudières à vapeur et machines thermiques
	9. Septième partie. Mécanique générale. Machins outils. Hydraulique générale. Travail du bois. Travail des métaux. Machineries industrielles
	10. Septième partie. Tome II. Les machines outils
	11. Huitième partie. Électricité et applications
	12. neuvième partie. Marine et arts militaires
	13. Dixième partie. Arts industriels
	14. Onzième partie. Industries chimiques
	15. Onzième partie. Tome II. Industries chimiques
	16. Première partie. Comptes-rendus des séances générales. Procès verbaux des séances de section. Listes des membres, etc
	Atlas des 1re, 2e et 3e parties comprenant : Architecture. La construction. Travaux publics
	Atlas des 4e et 5e parties comprenant : Mines et métallurgie. Chemins de fer (Signaux). Chemins de fer (Voie et matériel roulant)
	Atlas de la 6e partie comprenant : Chaudières à vapeur. Machines à vapeur
	Atlas des 7e et 8e parties comprenant : Hydraulique. Machines-outils. Electricité
	Atlas des 9e, 10e, 11e parties comprenant Marine et Arts militaire, Arts industriels, Industries chimiques

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Volume	6. Cinquième partie. Les chemins de fer
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1893
Collation	1 vol. (468 p.) : ill. en noir et blanc ; 27 cm
Nombre de vues	472
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 353 (6)

Sujet(s)	Exposition universelle (1889 ; Paris) Chemins de fer -- France -- 19e siècle Transports ferroviaires -- Appareils et matériel
Thématique(s)	Expositions universelles
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	15/12/2020
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/106718800
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353.6

7 529 8° Mai 335

REVUE TECHNIQUE

DE

L'EXPOSITION UNIVERSELLE

DE 1889

PAR UN COMITÉ D'INGÉNIEURS, DE PROFESSEURS
D'ARCHITECTES ET DE CONSTRUCTEURS

~~~~~

**CH. VIGREUX, FILS**

Ingénieur des Arts et Manufactures  
Inspecteur du Service mécanique et électrique à l'Exposition Universelle de 1889  
Secrétaire de la Rédaction

~~~~~

ORGANE OFFICIEL
DU CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE
Tenu à Paris du 16 au 21 Septembre 1889



PARIS

E. BERNARD et Cie, IMPRIMEURS-ÉDITEURS
53^{ter}, Quai des Grands-Augustins, 53^{ter}

1893

CINQUIÈME PARTIE



LES CHEMINS DE FER

CINQUIÈME PARTIE

LES CHEMINS DE FER

LES SIGNAUX DE CHEMINS DE FER

à l'Exposition Universelle de 1889

PAR

MM. G. DUMONT & G. BAINÈRES

Les gares et stations et certains points spéciaux des voies sont couverts par des signaux manœuvrés à distance. En général, on fait usage de disques ronds pour les signaux de jour et de lanternes à feu rouge ou blanc pour ceux de nuit.

Cependant, en Angleterre, le disque a été abandonné comme signal de jour et remplacé par le sémaphore, qui donne des indications plus nettes. Les sémaphores sont employés également par les Compagnies françaises pour couvrir les points mêmes où ils sont placés, mais dans ce cas ils sont doublés par des disques manœuvrés à distance.

En général, les disques ne commandent pas l'arrêt au point où ils sont placés, et lorsqu'ils sont fermés, les trains doivent même les dépasser d'une quantité suffisante pour s'en faire couvrir. Sur les points où l'on veut obtenir l'arrêt absolu, on emploie, soit des sémaphores, soit des signaux carrés ou rectangulaires qui sont précédés de disques ordinaires à grande distance. La nuit ces signaux spéciaux sont munis de deux feux rouges afin de les distinguer des disques ordinaires.

La plupart des signaux exposés en 1889 par les chemins de fer français ont été créés en vue de satisfaire aux conditions imposées par le nouveau *code des signaux* institué par arrêté ministériel du 15 novembre 1885.

Ce code se borne à définir les signaux auxquels il s'applique et à en fixer la signification, il n'impose pas l'emploi de tous les signaux qu'il mentionne ; mais là où ces signaux sont en usage, il en rend obligatoire la signification qu'il indique.

C'est surtout dans le but de faire connaître les divers signaux que des agents d'une Compagnie, appelés à faire du service sur le réseau d'une autre Compagnie, pourraient rencontrer que le code a été institué.

Dans ce qui va suivre nous nous occuperons seulement des signaux mécaniques exposés, nous réservant de décrire les sémaphores et les disques électriques dans le chapitre qui a trait aux applications de l'électricité aux chemins de fer.

La Compagnie du Midi a exposé un appareil permettant de manœuvrer plusieurs signaux fixes à l'aide d'un seul levier. Cet appareil est employé lorsque plusieurs signaux fixes, manœuvrés d'un même poste, et non munis de compensateurs, doivent être conjugués entre eux de manière que l'un d'eux ne puisse être ouvert que lorsque tous les autres sont fermés.

Un levier de manœuvre unique se trouve disposé au milieu d'une série de tringles reliées aux divers fils de transmission des signaux fixes, et peut s'atteler par une chaîne à l'une d'elles. (Voir fig. 1, pl. 1-2).

Un bout de rail champignon, courbé en arc de cercle, sert de guide et d'arrêt aux tringles.

Un système de poulies, à axes verticaux et horizontaux, guide la chaîne tout en lui permettant les déviations correspondantes aux diverses directions des fils de transmission. Chaque signal fixe, étant maintenu normalement fermé par le contre-poids de son levier de rappel, et la chaîne ne pouvant être attelée qu'à une seule transmission, la position d'ouverture ne peut être donnée qu'à un seul signal fixe à la fois.

La Compagnie du Midi a également exposé un *disque automoteur* du système *Lesbros*, qui ne diffère du disque *Aubine* (dont nous donnons la description plus loin) que par le système de déclenchement qui se compose de deux leviers mobiles dans un plan vertical et juxtaposés auxquels sont attachés les fils qui retiennent l'appareil d'une part au disque, d'autre part au levier de manœuvre de la station (fig. 2, pl. 1-2).

Sur le premier de ces leviers, est fixé un mentonnet, et sur le second un loquet mobile à contre-poids, qui solidarisent ces deux leviers tant qu'une action n'opère pas le déclenchement du mentonnet.

Ce déclenchement s'obtient par le mouvement d'un levier actionné par l'in-

termédiaire d'une pédale qui se meut sous l'action de la première roue d'un véhicule.

La Compagnie du chemin de fer du Nord a exposé divers types de signaux étudiés en vue de l'application des prescriptions du nouveau code des signaux :

1° *L'indicateur de direction d'aiguille*, à bras horizontal, est monté sur des fers en U comme le disque ordinaire; il porte à la partie supérieure un voyant oscillant formé de deux bandes assemblées d'équerre, peintes en violet et terminées par une flamme à deux pointes, à chaque extrémité. A peu de distance de l'axe d'oscillation, chaque bande du voyant porte deux lunettes dont l'une est munie d'un verre violet, et l'autre peut émettre un feu blanc.

Quand le voyant est en position normale, une des deux branches reste horizontale du côté opposé à la direction donnée par l'aiguilleur; l'autre branche, tombant verticalement, reste masquée par un écran.

Une transmission rigide rend le mouvement du voyant solidaire du mouvement de l'aiguille, de telle sorte que chacune des deux branches de l'équerre peut occuper alternativement la position horizontale, l'appareil indiquant ainsi deux directions.

2° *L'indicateur de position d'aiguille en pointe* se compose d'un mât vertical actionné par le mouvement même de l'aiguille. Le mât porte une flamme en tôle, peinte en vert, et terminée par deux pointes à chaque extrémité.

Lorsque cette flamme est placée parallèlement à la voie, elle indique que l'aiguillage donne la direction normale; quand elle est perpendiculaire à la voie, elle accuse une direction déviée.

Le mât reçoit, à sa partie supérieure, une petite lanterne à quatre feux, dont deux verts et deux blancs, diamétralement opposés.

Le feu blanc indique la direction normale, et le feu vert la direction déviée.

3° Le *voyant de signal d'arrêt*, établi sur la potence métallique, est en usage lorsque l'entrevoie ne permet pas de placer le signal dans la position qu'il doit occuper.

Le point d'appui de la charpente métallique se trouve reporté sur l'accotement, et le signal est suspendu au-dessus et un peu à gauche de la voie à laquelle il s'adresse. La partie supérieure de la potence est recouverte d'un petit plancher sur lequel peuvent circuler les agents préposés à l'allumage des feux et à l'entretien de l'appareil.

On accède à cette plate-forme par une échelle en fer fixée latéralement.

4° Le *compensateur pour disque à un seul fil* est destiné à être posé dans les entrevoies de faible largeur. Il est caractérisé par le contre-poids qui est suspendu dans un tube, au-dessous du niveau du sol.

Ce tube supporte un couronnement formé d'un plateau et de deux flasques

qui reçoivent un axe horizontal autour duquel peuvent tourner deux poulies à gorge juxtaposées.

Ces deux poulies sont reliées par un engin de déclenchement du système Du-jour; elles reçoivent respectivement les actions des deux fils de transmission et du contre-poids compensateur.

Un taquet, sollicité par un ressort, maintient, en cas de déclenchement, le petit levier désengageur renversé et l'empêche, dans la rotation inverse des deux poulies, de rencontrer et de briser le mentonnet en fonte sur lequel il s'appuie à l'état normal.

5° *L'indicateur tournant de bifurcation* éclairé par transparence, est applicable au cas où les règlements permettent le passage, sans ralentissement, des trains sur les appareils qui précèdent cet indicateur.

Il comporte un poutrelle vertical et un contre-poids de rappel absolument semblables à ceux employés pour les disques ordinaires.

Le mât qui porte le voyant est supporté, par l'intermédiaire de consoles, à une distance suffisante du montant, pour permettre la rotation du voyant, devant une lanterne spéciale d'assez grandes dimensions.

Le voyant affecte l'apparence d'un damier vert et blanc, obtenu par des verres dépolis.

Afin d'arriver à une répartition convenable de la lumière, on a constitué les parties blanches au moyen de deux verres juxtaposés, tous deux dépolis sur la face intérieure, et les parties vertes au moyen d'un verre vert non dépoli, doublé par un second verre blanc dépoli sur la face intérieure.

Ces verres sont soigneusement mastiqués sur les tranches, pour éviter la pénétration de l'eau entre les faces juxtaposées.

Le réflecteur de la lanterne, dite intensive, qui éclaire ce voyant, est composé de deux conques qui reçoivent la lumière d'une lampe de douze lignes, et en renvoient la plus grande partie sur les surfaces vertes, au détriment des surfaces blanches, qui s'éclairent beaucoup plus facilement.

Dans ces conditions, la surface du voyant s'éclaire d'une façon uniforme, et peut être nettement distingué à plus de 400 mètres de distance.

6° *Le signal d'arrêt avec verrou de calage* est à montant unique et est muni d'un verrouillage automatique qui a pour but de s'opposer 1° à la rotation de l'appareil sous l'action du vent, 2° à ce que l'appareil, manœuvré avec violence, ne rebondisse sur son butoir, pour conserver ensuite une position anormale.

Le verrouillage automatique se compose essentiellement d'une poulie avec rebord, calée sur un arbre vertical et portant un maneton recevant l'extrémité d'une bielle de manœuvre, qui actionne le signal par l'intermédiaire d'une manivelle calée sur le mât.

Le rebord de cette poulie porte deux encoches dans lesquelles, suivant la position du disque, pénètre successivement l'extrémité d'un verrou, oscillant sur un point fixe, et pouvant ainsi caler l'appareil dans chacune de ses deux positions.

Une seconde poulie, superposée à la première, et non calée sur l'arbre vertical, reçoit l'attache du fil de transmission.

Elle porte à sa partie inférieure un butoir, terminé par deux plans inclinés, qui se meut dans une ouverture pratiquée à la périphérie de la poulie inférieure, et d'une ouverture dépassant celle du butoir de la longueur des deux plans inclinés.

Quand la poulie supérieure est actionnée par le fil de transmission, elle décrit, tout d'abord, un élément de circonférence, sans entraîner la poulie inférieure, mais, pendant ce mouvement, le plan incliné agit sur le verrou qu'il dégage de l'encoche; le butoir arrive alors appuyer sur une saillie, et le complément de rotation entraîne l'autre poulie et, par là même, le signal, qui décrit un quart de tour, après lequel le verrou, rendu libre, retombe dans la seconde encoche.

Le mouvement inverse ramène et cale le signal dans sa première position.

7° *L'appareil à transmissions multiples avec désengageur circulaire* permet d'actionner un signal d'arrêt, au moyen d'un nombre quelconque de leviers qui peuvent être répartis en divers points d'une même gare.

Le désengageur permet de neutraliser l'action de l'un ou de plusieurs de ces leviers; il peut être simple ou multiple et actionné d'un point quelconque à protéger.

L'appareil à transmissions multiples est caractérisé par un vilebrequin relié au disque dont le contre-poids assure la mise à l'arrêt.

Ce vilebrequin peut être tiré à voie libre par une série de doigts, fixés sur des poulies à gorge, en nombre égal à celui des transmissions, groupées sur un même axe et recevant une attache des chaînes de manœuvre, rappelées chacune par un contre-poids suspendu entre les flasques qui portent l'ensemble de l'appareil.

Quand l'une des transmissions est commandée par un désengageur, l'attaque entraîne le concours de trois organes distincts. Un doigt isolé, fixé sur l'axe des poulies et portant un taquet d'entraînement, traverse deux poulies voisines et juxtaposées.

La première des deux poulies est celle actionnée par la transmission du signal; elle comporte une rainure avec cran d'entraînement dans lequel pénètre le taquet.

La poulie du signal, lorsque le taquet est appuyé dans l'encoche, entraîne donc le doigt, qui fait ainsi mouvoir le signal.

La seconde poulie est celle du désengageur et reçoit l'action d'une transmission spéciale: elle comporte également une rainure formant plan incliné, sur lequel s'appuie l'extrémité du taquet.

Si ce plan incliné permet au taquet de pénétrer dans le cran de la première poulie, l'appareil est en prise et peut-être manœuvré ; si, au contraire, en relevant l'extrémité du taquet, ce dernier sort du cran, le jeu de la première poulie est annihilé, et le désengagement a lieu.

Si la manœuvre du désengageur a lieu pendant la mise du signal à voie libre, ce dernier n'est plus maintenu dans cette position et retombe à l'arrêt.

L'ensemble de l'appareil peut recevoir l'action d'un nombre quelconque de leviers, avec ou sans désengageur pour chacun d'eux.

Dans l'exposition des *Chemins de fer de l'État*, on remarquait deux types de potences pour signaux. L'une de ces potences de 4 mètres de portée était constituée en vieux rails Vignole et l'autre en fer à treillis pour une portée de 7^m50.

On fait usage de ces potences lorsque le montant du signal ne peut être installé dans l'entrevoie.

Les signaux peuvent être commandés soit par des transmissions aériennes, soit par des transmissions à terres ; les rappels se font au moyen de leviers montés sur la passerelle et fonctionnent comme les leviers de rappels des signaux établis sur le sol.

Dans le cas de potence faite en vieux rails Vignole le rappel du signal est fait simplement par un contre-poids qui descend le long du montant.

La *Compagnie des Chemins de fer de l'Est* avait exposé un *signal carré*, avec appareil de raccordement à plusieurs transmissions.

La seule particularité à signaler dans le signal carré représenté fig. 1, pl. 3-4 consiste dans la disposition du feu d'arrière qui est destiné à renseigner l'aiguilleur sur la position du signal. Un verre bleu est porté par un châssis en fer, mobile autour d'un axe horizontal. L'une des branches du châssis se prolonge et vient buter contre le voyant. Le mouvement de celui-ci abaisse ou relève le verre bleu qui masque ou laisse voir un petit feu bleu ménagé à l'arrière de la lanterne.

L'appareil de raccordement à deux transmissions, représenté en détail par les fig. 2, pl. 3-4 permet de manœuvrer le signal de deux postes indépendants.

Chacun des postes peut provoquer la fermeture du signal, mais la mise à voie libre de celui-ci ne peut être obtenue qu'avec le concours de tous les postes.

La compagnie de l'Est a également exposé un *désengageur à pédale*, pour la fermeture automatique des signaux, (fig. 3, pl. 3-4) ; cet appareil est identique, quant au principe, aux appareils Moreaux et Aubine, mais il en diffère comme détails. Ce qui le caractérise c'est que le désengagement n'est pas obtenu par un choc soulevant le crochet engageur. La pédale abandonne simplement à l'action de la pesanteur, lorsqu'elle est abaissée par les roues, la tringle inférieure qui porte la butée du crochet. Cette tringle est profilée de manière à maintenir la pédale abaissée lorsque le disque est fermé, afin de soustraire celle-ci aux chocs inutiles ; condition d'ailleurs remplie par les autres appareils du même genre.

Le crochet de la tringle supérieure est mobile autour d'un axe qui lui permet, dans la manœuvre à la main, de venir se ranger derrière la butée, sans que la tringle qui le porte soit sollicitée à être soulevée.

Balancier de désengagement des transmissions d'un signal. — En général, sur le réseau de l'Est, les bifurcations sont défendues dans chaque direction, par un signal carré d'arrêt absolu placé à petite distance, et par un disque assez éloigné pour couvrir un train arrêté au signal carré ; ce disque normalement ouvert doit être fermé dès qu'il est dépassé par un train, avant qu'on puisse ouvrir le signal carré.

On a relié les deux branches d'un certain nombre de bifurcations par une troisième branche en constituant ainsi un triangle de bifurcation (fig. 4, pl. 3-4).

La longueur des branches de raccord est généralement insuffisante pour qu'on puisse y établir des disques à leur distance réglementaire.

Le disque est alors supprimé et on y supplée en maintenant fermé le signal carré derrière le train qui vient de franchir la première bifurcation.

Supposons un train sur la voie I, prenant la direction AC. Le signal *a* sera fermé du poste A au moyen d'une seconde transmission du poste C, jusqu'à ce que le train ait franchi cette seconde bifurcation. Le levier de manœuvre au poste C est d'ailleurs enclenché avec les autres signaux de ce poste pour empêcher le passage simultané de deux trains sur la bifurcation.

La fermeture du signal *a*, par le poste C doit être subordonnée à la position de l'aiguille en pointe du poste A, afin de ne pas arrêter inutilement les trains qui suivraient la direction AB.

Dans ce but, le signal *a* est manœuvré par trois transmissions dont les leviers sont aux postes A, B, C.

Près de l'aiguille en pointe de A se trouve un balancier horizontal relié à cette aiguille par une tringle rigide, qui fait occuper au balancier deux positions correspondantes aux deux directions de l'aiguille.

Le balancier porte à l'extrémité de ses branches des anneaux dans lesquels passent les fils de transmission du signal *a*, venant des postes B et C.

Chaque fil porte un taquet qui vient buter contre l'anneau lorsque le levier de ce fil est mis dans la position de fermeture.

Si la position de l'aiguille est telle que le balancier empêche le mouvement du taquet, le signal reste ouvert ; mais si l'aiguille vient à être renversée le signal se ferme immédiatement.

La position du balancier du désengageur est contrôlée aux postes B et C.

A cet effet, on installe sur le balancier un commutateur analogue au commutateur de disque (fig. 4, pl. 3-4.)

Sur l'arbre vertical du balancier est une bride D, avec ressort à deux boutons de contact, reliée à la terre.

Sur la charpente sont placés deux colliers C C' avec plot de contact, isolés par des cloches en porcelaine avec support galvanisé.

Ces colliers sont reliés aux fils de ligne des sonneries de contrôle des postes B et C.

Suivant que le balancier occupe l'une ou l'autre de ses positions, le ressort à boudins de contact appuie sur l'un des colliers isolés et ferme par conséquent le circuit de la sonnerie de contrôle du poste intéressé.

La Compagnie des Chemins de fer de P.-L.-M. avait exposé plusieurs types de signaux :

1° *Un signal avancé* ou disque à distance qui se compose d'un socle surmonté d'une colonne en fonte dans l'intérieur de laquelle tourne un arbre vertical supportant un voyant circulaire dont les faces sont peintes l'une en rouge, l'autre en blanc.

Ce voyant est percé d'un trou circulaire garni d'un verre rouge.

Le disque commande l'arrêt lorsqu'il est placé perpendiculairement à la voie.

Pendant la nuit une lanterne, fixée à la colonne, donne un feu blanc tant que le signal est effacé.

Ce feu blanc est coloré en rouge par le verre du disque quand ce dernier est placé perpendiculairement à la voie.

Le mouvement de manœuvre a une forme elliptique qui a pour but d'équilibrer, en chaque point de la manœuvre, la résistance de la transmission avec l'action de la lentille du levier de manœuvre ; elle a également pour objet d'augmenter la course de la transmission et de faciliter ainsi la manœuvre des signaux placés à plus de deux kilomètres du poste de manœuvre.

L'appareil est en outre muni du *compensateur Dujour* qui est destiné à neutraliser les effets produits par les variations de température sur la longueur d'une transmission funiculaire.

Il se compose d'un bâti supportant deux poulies à double gorge de diamètres différents ; sur la petite s'enroule la chaîne allant au signal ; à la grande est attachée la chaîne du contre-poids de tension. La petite poulie au lieu d'être calée sur l'arbre qui porte la grande poulie est folle sur cet arbre. Elle est rendue solidaire du système au moyen d'un levier ou crochet à branches inégales, mobile sur un tourillon fixé à la grande poulie.

La branche la plus courte s'appuie sur un taquet venu de fonte avec la plus petite poulie, et l'entraîne dans son mouvement.

La chaîne allant au levier de manœuvre s'enroule sur une gorge de la plus grande poulie et vient s'attacher à l'extrémité de la plus longue branche du crochet.

L'autre gorge sert à l'enroulement de la chaîne d'un contre-poids qui établit l'équilibre entre les deux parties de la transmission.

De cette manière la compensation s'effectue sur les deux poulies sans influencer sur la manœuvre.

Lorsque le fil vient à se rompre, le crochet devenu libre n'agit plus sur la petite poulie qui cède sous l'action du contre-poids de rappel. Celui-ci tombe en ramenant le disque à l'arrêt, comme si la rupture avait eu lieu entre le disque et le compensateur.

L'appareil de *raccordement des transmissions* est employé pour le cas d'un signal manœuvré de deux points différents.

Il se compose d'un poteau supportant un balancier auquel viennent se rattacher les transmissions partant des leviers de manœuvre, ainsi que celle allant au signal, en passant par un compensateur intermédiaire.

L'appareil est complété par des poulies sur lesquelles s'enroulent les chaînes des contre-poids maintenant les transmissions de manœuvre tendues, quelle que soit la position du balancier.

2° *Disque automoteur Aubine*. — L'appareil de déclanchement pour signal automoteur système Aubine a pour but de mettre automatiquement le disque à l'arrêt par une pédale actionnée directement par le passage d'un train, la sonnerie avertisseur du disque ne fonctionnant toutefois que lorsque le levier de ce dernier a été effectivement manœuvré par la gare.

Par suite, d'une part, le train se couvre de lui-même, et d'autre part, l'agent du poste est néanmoins obligé de faire fonctionner le levier de manœuvre du disque pour avoir l'assurance par le mouvement de la sonnerie qu'il a bien obéi.

L'appareil automoteur représenté (fig. 1 à 4 pl. 5), se compose d'un arbre vertical A (fig. 1 et 2) tournant dans une boîte B C qui abrite l'appareil et portant une manivelle *m*, au-dessous de laquelle un levier L peut osciller, dans un plan vertical, autour d'un axe *f* traversant l'arbre A. Ce levier porte à la partie inférieure un talon *t*, destiné à pénétrer dans l'encoche E pratiquée dans la couronne circulaire N, portée par une manivelle à plateau N D, dans laquelle passe l'arbre vertical.

Quand le talon *t* est dans l'encoche E, la manivelle M D devient solidaire de l'arbre A, et, par suite, tourne avec lui en même temps que la manivelle *m*.

Le mouvement de l'arbre lui est alors communiqué par l'intermédiaire du levier L comme le montre le dessin.

Quand au contraire ce levier s'élève en tournant autour de l'axe *f*, le talon *t* abandonne l'encoche E et le mouvement de la manivelle à plateau devient indépendant de l'arbre A et de la manivelle *m*.

Une pédale P (fig. 1, 2 et 4) placée le long du rail de la voie et équilibrée par le contre-poids K, peut entraîner, en tournant sur son axe G, un levier H dont l'extrémité J est disposée au-dessous du levier L, de façon à le faire osciller et à faire sortir son talon *t* de l'encoche E pratiquée dans la manivelle.

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant :

Lorsque la première roue d'un train touche la pédale P, celle-ci est abaissée et entraîne dans son mouvement et dans le sens inverse le levier H monté sur l'arbre G (fig. 2). Le levier A, en appuyant sur l'extrémité du levier L, fait sortir le talon *t* de l'encoche E et déclanche la manivelle M D qui est alors entraînée par le contre-poids de rappel du signal S qui se trouve ainsi mis à l'arrêt. Le talon *t* du levier L n'étant plus en face de l'encoche E, est maintenu relevé par la couronne N de la manivelle M C.

La couronne N porte une saillie N' en forme d'hélice qui, pendant la rotation de la manivelle M D, vient s'appuyer sous l'extrémité du levier H qu'elle empêche ainsi de s'abaisser, et par suite la pédale P, une fois le déclanchement produit, se trouve à l'abri du choc des autres roues des véhicules.

Après le déclanchement, le signal est maintenu à l'arrêt par son levier de rappel, et ne peut-être effacé que par une manœuvre faite de la gare. Il faut pour cela, que la gare agisse sur son levier de disque comme pour mettre le signal à l'arrêt, puis, qu'elle relève le levier pour effacer le signal, alors l'appareil de déclanchement se remet dans sa position primitive et la pédale revient faire saillie sur le rail.

Les deux manivelles étant redevenues solidaires par suite de la mise à l'arrêt du signal au moyen du levier de la gare, la transmission est alors prête à fonctionner comme si l'appareil de déclanchement n'existait pas ; c'est-à-dire que la gare en agissant sur son levier agit en même temps sur le signal lui-même.

L'appareil de déclanchement peut se placer à une distance quelconque du signal ; le plan général (fig. 3 et 4) représente l'appareil à 40 mètres du signal ; il faut tout au moins que le mécanicien et le conducteur de tête aient dépassé le signal avant que l'appareil fonctionne.

La gare peut être avertie par une sonnerie électrique quand le signal est mis à l'arrêt par l'appareil de déclanchement, ou bien à l'aide d'une disposition spéciale, seulement quand le levier placé à la gare a été renversé pour faire la manœuvre de mise à l'arrêt, soit que l'appareil de déclanchement ait fonctionné déjà ou qu'il soit resté à sa position normale.

En résumé avec l'automoteur Aubine : 1° le train ou la machine se couvre à son passage en mettant le signal à l'arrêt, et celui-ci ne peut être remis à voie libre que par la gare qui doit préalablement faire la manœuvre de mise à l'arrêt du signal avant de l'effacer, et seulement alors la sonnerie ou le répétiteur fonctionne. 2° La gare peut manœuvrer le signal comme si l'automoteur n'existait pas.

3° *Appareil automatique de distribution des pétards au pied des signaux (système Aubine).* — Cet appareil se compose d'une boîte en fonte servant de magasin à pétards et porte à sa partie supérieure une rainure dans laquelle se meut un coulisseau actionné par le disque et faisant avancer les pétards.

Ces porte-pétards ont la forme d'un T sur la branche horizontale duquel sont fixés deux pétards accompagnés chacun d'un fer plat recourbé en ailette.

L'appareil comprend, en outre, deux plans inclinés placés en avant, entre le rail et la boîte en fonte, et formant butoir.

Lorsqu'on met le signal à l'arrêt, on fait mouvoir le coulisseau, qui lui-même fait avancer les pétards sur le rail.

Dans cette position, si un train franchit le signal, les pétards sont écrasés et, en même temps, les ailettes sont aplaties et, par suite, allongées.

Lorsqu'on remet le signal à voie libre, le coulisseau ramène le porte-pétards vers la boîte ; les ailettes étant plus larges montent sur les plans inclinés du butoir et soulèvent le porte-pétards, dont la culasse se dégage de l'encoche du coulisseau, en même temps qu'elle s'engage dans une fourchette adaptée à la boîte en fonte de l'appareil.

Le porte-pétards est ainsi arrêté par les butées de la fourchette, tandis que le coulisseau continue son mouvement, et il reste suspendu jusqu'à ce que le coulisseau se soit complètement dérobé ; il tombe alors dans une cavité ménagée à cet effet.

Lorsqu'il est arrivé au bout de sa course, le coulisseau vient présenter son encoche vide au dessous des porte-pétards dont le dernier descend par son poids dans l'encoche de sorte que l'appareil est de nouveau prêt à fonctionner.

Lorsque le nombre des pétards est réduit à deux dans la boîte, un commutateur spécial, adapté à cette boîte, ferme un circuit électrique qui fait tinter à la gare une sonnerie indiquant que la réserve des pétards est sur le point d'être épuisée.

4° *Le signal carré d'arrêt absolu* se compose d'une colonne en fonte dans l'intérieur de laquelle tourne un arbre vertical supportant un voyant carré dont l'une des faces est blanche et dont l'autre est peinte en damier blanc et rouge.

Pendant la nuit, une lanterne fixée à la colonne donne un feu blanc tant que le signal est effacé, et deux feux rouges quand le signal est à l'arrêt.

Ces deux feux rouges sont obtenus par l'interposition, devant la lanterne, de deux verres rouges portés par le voyant du signal. L'un de ces feux est donné directement par la lanterne et l'autre est réfléchi, après avoir traversé le verre rouge, par des miroirs placés à 45°, de manière à l'éloigner assez du premier pour éviter qu'on les confonde en un seul.

5° *Le sémaphore de block* se compose d'un mât vertical, portant à sa partie supérieure une lanterne donnant un feu blanc pour chacune des deux directions parallèles aux voies.

A la même hauteur sont attachées deux ailes pivotant autour d'un axe commun et pouvant occuper soit la position horizontale, soit la position verticale ;

chacune de ces ailes a l'une de ses faces rouge et l'autre blanche, et est percée de trous circulaires garnis de verres mi-partie rouges, mi-partie verts.

L'aile occupant la position horizontale pendant le jour et présentant la nuit son feu rouge et vert commande l'arrêt ; si elle occupe la position verticale pendant le jour et laisse voir un feu blanc pendant la nuit, elle indique voie libre.

Les ailes sont manœuvrées par l'appareil d'enclenchement du block, soit par fil soit par transmission rigide.

6° *Le sémaphore de bifurcation* diffère du sémaphore de block par les points suivants :

Les ailes placées d'un même côté du mât, à des hauteurs différentes, sont peintes en violet et percées de deux trous, garnis l'un d'un verre violet, l'autre d'un verre vert ; elles peuvent occuper soit la position horizontale, soit la position à 45°, et s'adressent aux trains parcourant les voies dans le même sens et devant prendre des directions différentes aux bifurcations.

L'aile supérieure correspond à la voie la plus à gauche, la moins élevée à la voie la plus à droite, chacune étant placée de haut en bas, dans l'ordre où se présentent les voies pour le mécanicien qui aborde la bifurcation, en comptant de gauche à droite. Chacune de ces ailes peut donner deux indications : l'aile horizontale le jour ou le feu violet la nuit commandent l'arrêt ; l'aile inclinée à 45° pendant le jour ou le feu vert pendant la nuit commandent le ralentissement.

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

aux chemins de fer

L'électricité, qui joue maintenant un rôle si important dans une foule d'industries, a permis de donner à l'exploitation des voies ferrées toute la sécurité désirable. Au début de l'exploitation des chemins de fer, l'électricité servait exclusivement à la transmission des dépêches de service entre les gares, mais on n'a pas tardé à étendre son rôle; elle est employée aujourd'hui à transmettre à distance des signaux de toute nature, à contrôler le fonctionnement des appareils mécaniques, et même à actionner à distance certains de ces appareils; enfin, depuis que l'éclairage électrique est entré dans le domaine de la pratique, les compagnies de chemins de fer ont étudié et installé de véritables usines d'électricité pour l'éclairage de leurs grandes gares.

L'étude des applications de l'électricité au service des chemins de fer présente, comme on le voit, un grand intérêt, et nous allons examiner avec quelques détails les divers appareils exposés en 1889 par les services électriques des grandes compagnies de chemins de fer.

I. — Télégraphie des Chemins de fer

Le télégraphe est un instrument indispensable pour l'exploitation des voies ferrées. Il permet, en effet, de communiquer rapidement d'une gare à l'autre toutes les indications qui se rapportent à la circulation des trains. Au début de l'exploitation des chemins de fer, on employait le télégraphe à cadran de Bréguet, qui est maintenant presque entièrement abandonné, sauf sur les lignes du chemin de fer de Paris à Orléans. Il a été remplacé, très avantageusement, par le télégraphe Morse, qui permet de conserver trace des ordres transmis et d'établir ainsi les responsabilités des agents. Une des raisons qui retardaient l'usage du Morse, dans le service courant des chemins de fer, était la crainte de confier aux agents des gares, et non à des télégraphistes de profession, des appareils dont la manipulation exigeait un apprentissage long et pénible.

Mais l'expérience a prouvé que, sauf de rares exceptions, tout agent, qui veut

s'en donner la peine, peut apprendre à manipuler le Morse après quinze ou vingt leçons de deux heures chacune.

L'avantage, que les compagnies françaises reconnaissent au télégraphe Morse, et qui a justifié son adoption « la trace écrite des dépêches transmises » n'est pas regardée comme primordiale dans les autres pays où on se sert depuis fort longtemps du télégraphe Morse, mais où les réceptions se font au son.

En Amérique, le télégraphe sert, non seulement à aviser les gares de tous les faits qui intéressent la marche des trains, mais à régler le mouvement de ces trains. A cet effet, un agent spécial, appelé « dispatcher », et qui a son bureau dans une des gares de la section qui lui est confiée, est exclusivement chargé du soin de régler télégraphiquement la marche de tous les trains qui circulent dans sa section et leur transmet ses ordres par les gares de passage. Il lance donc les trains, les arrête, les fait croiser, les fait garer, etc..., comme il lui convient. On conçoit que ce système nécessite l'échange d'un nombre très considérable de télégrammes, ce qui implique par conséquent l'emploi d'un système de fils et d'un système de transmission et de réception tout à fait spécial. En effet, les différentes gares d'une section sont toutes réunies au fil affecté au service du mouvement des trains. Tous les postes reçoivent en même temps les dépêches lancées sur ce fil, mais chaque gare ne s'occupe que de celles de ces dépêches qui la concernent, ce dont elle est avertie par un indicatif spécial. Cette méthode d'exploitation peut avoir ses avantages, mais elle ne saurait être admise en Europe.

Bien que le télégraphe ait chez nous un rôle moins important qu'en Amérique, il n'en est pas moins indispensable, et l'on ne saurait concevoir aujourd'hui une exploitation sans télégraphe. On en a la preuve lorsque, dans des cas tout à fait exceptionnels, les communications télégraphiques viennent à être interrompues sur une partie de la ligne; dans ces circonstances, les agents se trouvent très embarrassés.

Le service télégraphique des chemins de fer, qui n'est pas un des moins importants de l'exploitation, a apporté depuis quelques années des modifications très utiles, non seulement dans le matériel, mais dans la disposition des postes télégraphiques. Ces améliorations ont pu être réalisées d'autant plus facilement que l'administration des postes et télégraphes n'a rien à voir dans l'organisation.

Nous allons indiquer les perfectionnements les plus importants qui se trouvent mis en évidence à l'Exposition de 1889, par les grandes compagnies de chemins de fer.

Les appareils Morse, récepteur et manipulateur, sont ordinairement placés sur des tables portant les organes accessoires du poste : paratonnerre, boussole, commutateurs de ligne et de pile et sonneries d'appel. Ces appareils sont de différents types; nous n'entrerons pas dans la description de chacun d'eux, ce qui nous entraînerait trop loin.

Les fig. 1 et 2, pl. 6-7 représentent, à l'échelle de $\frac{1}{10}$, le montage d'une table à deux directions, et d'une table à six directions du type adopté par la Compagnie des chemins de fer de l'Est; elles sont étudiées dans le double but de faciliter le montage et d'éviter les plus faibles causes de dérangements. On répond à tous les besoins avec cinq types de tables.

D'ordinaire, un seul appareil Morse suffit pour desservir jusqu'à six directions; au delà, on munit le poste d'un deuxième appareil, ce qui permet à deux agents de travailler simultanément.

Le service télégraphique de la Compagnie des chemins de fer de l'Est a étudié et mis en service un nouveau poste télégraphique disposé de telle sorte que l'on puisse :

- 1° Mettre instantanément en relation l'une quelconque des lignes aboutissant dans le poste avec l'un quelconque des appareils de transmission;
- 2° Faire usage d'un appareil de transmission d'un modèle quelconque (Morse, Hughes, Duplex, etc.), sans avoir rien à changer à l'installation générale;
- 3° Enlever un appareil de transmission et le remplacer sans entraver le service des autres appareils;
- 4° Augmenter, dans une large mesure, le nombre des appareils de transmission sans gêner le service.

Pour remplir ces conditions, il a fallu modifier complètement le système des installations adoptées jusqu'à ce jour.

Le nouveau poste, exposé par la Compagnie de l'Est, dans la classe 62, et dont nous donnons une vue d'ensemble, fig. 3, pl. 6-7 se compose de deux parties, savoir :

1° Une *partie fixe* (paratonnerres, sonnerie et accessoires) à laquelle on n'a jamais besoin de toucher;

2° Une *partie mobile ou modifiable* (récepteurs, manipulateurs, piles, etc.).

La *partie fixe* comprend trois panneaux-appliques indépendants.

Le panneau du milieu auquel viennent aboutir les fils de lignes reçoit : un commutateur général de la mise de la terre *c*, un commutateur de lignes *f*, deux parleurs *e* montés sur une planchette fixée au milieu du panneau et enfin une sonnerie *d*.

Le commutateur général de mise à la terre permet par une seule manœuvre de mettre toutes les lignes à la terre en cas d'orage violent.

Le commutateur de lignes est basé sur le principe des Jackknives des bureaux téléphoniques. Le fonctionnement de cet appareil est le suivant :

Lorsqu'aucune clef n'est employée, toutes les lignes sont en communication avec les relais de sonnerie correspondants *b*; en introduisant une clef entre deux mâchoires, on met la ligne qui aboutit à cette paire de mâchoires en relation avec la table de transmission correspondant à la clef et en même temps on isole le relais de sonnerie de la ligne.

Chacun des *relais e* est relié à deux cordons souples portant chacun une clef. Lorsqu'un poste demande communication directe avec un autre poste, l'agent place chacune des clefs dans les mâchoires correspondant aux postes qui veulent communiquer directement entre eux et le parleur se trouve intercalé dans le circuit.

On peut de cette manière se rendre compte de la fin de la transmission d'une dépêche et supprimer alors la communication directe.

La *sonnerie d* tinte lorsque le voyant de l'un quelconque des relais de sonnerie *b* vient à tomber. Un commutateur permet de supprimer la sonnerie lorsque le poste est constamment occupé.

Sur les deux panneaux latéraux sont fixés les paratonnerres *a* et les relais de sonnerie *b*.

Ces panneaux sont de deux types et peuvent recevoir les appareils nécessaires pour desservir 12 et 16 directions.

La *partie mobile ou modifiable* comprend autant de tables indépendantes qu'il y a d'appareils de réception dans le poste télégraphique.

Le modèle d'installation adopté par la compagnie de l'Est permet d'employer six appareils de réception d'un système quelconque, ce qui est largement suffisant si on considère que les postes télégraphiques les plus importants de cette Compagnie ont 14 lignes à desservir.

L'emploi de petites tables indépendantes permet de placer un grand nombre d'appareils de réception dans un local restreint alors qu'il aurait été impossible d'y placer une grande table.

La *Compagnie des chemins de fer du Midi* avait exposé un nouveau type de table, dont nous donnons une vue en plan (fig. 1, pl. 8-9) elle mesure 2^m,50 de longueur sur 1^m,40 de largeur et présente l'avantage d'occuper relativement peu de surface pour le nombre de directions qu'elle peut desservir.

Elle comporte quatre appareils Morse, ce qui permet à autant d'employés de recevoir et de transmettre simultanément. L'arrivée des fils de ligne se fait en dessous du plancher, la table occupant le milieu du bureau télégraphique. Tous les fils d'un même côté de la table peuvent être indistinctement amenés, avec les commutateurs de ligne dont les plots sont numérotés de 1 à 6, à l'un quelconque des deux appareils Morse placés sur le même côté de la table, de telle sorte que le service peut être assuré, en cas de besoin, sur les 12 directions avec deux appareils de transmission seulement.

Chaque côté de table est desservi, pour les appels, par un appareil dit « *relais de sonnerie* » à 6 directions relié, par le circuit d'une pile locale, à une sonnerie à trembleur placée à gauche de l'appareil.

Deux systèmes de relais, (fig. 2 pl. 8-9) composés chacun de deux parleurs et d'un permutateur à broche, placés à chaque extrémité de la planchette qui supporte

les appareils, donnent le moyen, lorsque deux postes sont en communication, d'introduire dans le circuit une pile ou un simple parleur.

Chaque fil de ligne aboutit à un commutateur à manette qui lui est propre et qui permet de mettre, suivant le cas, par une simple manœuvre de la manette, la ligne sur attente ou sonnerie (S), sur réception (R), ou à la terre (T).

Les commutateurs des fils directs et semi-directs portent, en outre, cinq plots C_aD , C_bD , C_cD , $C_{ra}D$, $C_{rb}D$, qui donnent la faculté de mettre simultanément en communication directe les postes correspondants, en les combinant, d'une façon quelconque, deux à deux et d'intercaler, suivant le cas, dans le circuit une pile ou un parleur.

En plaçant la manette du commutateur 2 sur le plot C_aD et la manette du commutateur 3 sur C_aD les directions correspondant aux commutateurs 2 et 3 se trouveront en relation directe.

Pour introduire une pile dans le circuit, il suffit de placer la manette de l'un des deux commutateurs sur le plot $C_{ra}D$ pendant que l'autre se trouve sur le plot C_aD . Dans ce cas, c'est le relais a qui est actionné.

On obtient le même résultat en plaçant la manette de l'un des commutateurs sur le plot $C_{rb}D$ et la manette de l'autre commutateur sur C_bD . Dans ce cas on fait fonctionner le relais b .

Dans l'un et l'autre de ces deux cas, la cheville du parleur correspondant au relais actionné doit être placée dans le trou central (relais de pile) et la manette du commutateur de pile à 2 divisions, sur l'une ou l'autre de ces divisions suivant les besoins.

Jusqu'ici la *transmission en duplex* n'a pas été employé par les Services télégraphiques des chemins de fer. Ce mode de transmission peut cependant offrir les ressources dans certains cas à condition toutefois que les manœuvres soient faciles. C'est pour montrer que le problème peut être résolu pratiquement que la Compagnie des chemins de fer de l'Est avait exposé un système de transmission en duplex nécessitant seulement l'emploi d'un rhéostat.

La fig. 3, pl. 8-9, donne le schéma des communications; A et B sont les deux postes qui doivent correspondre en duplex et L est la ligne qui les relie.

Chaque poste comporte un récepteur R, un rhéostat C, un manipulateur M et une pile P.

Les piles des postes A et B sont montées en opposition.

Ceci posé, si les manipulateurs de chaque poste sont au repos, le courant émis par la pile dans chacun des postes, passera par le rhéostat C, la bobine t du récepteur, arrivera en m , se rendra ensuite au manipulateur et enfin à la terre du poste par l'enclume b . Aucun courant ne circulera donc sur la ligne.

Les ressorts antagonistes des récepteurs doivent être réglés de manière que les armatures des électros ne puissent être attirées parla bobine t , mais qu'elles obéissent à une attraction plus énergique.

Nous avons deux cas à considérer : 1° L'un des postes seul manipule ; 2° les deux postes correspondants transmettent simultanément.

1° Cas. — Lorsque l'un des postes, A par exemple, abaissera son manipulateur, le circuit P, C, t , m , b , T, étant interrompu en b et le manipulateur M mettant le récepteur en communication directe avec la pile, la plus grande partie du courant fourni par cette dernière se rendra dans la bobine l du récepteur du poste A, puis dans la ligne L, dans la bobine l du récepteur du poste B et à la terre de ce dernier poste.

Si donc la bobine l du poste A n'exerce pas sur l'armature du récepteur une attraction plus forte que celle qu'exerçait la bobine l sur cette même armature, le récepteur ne fonctionnera pas.

Or, il est facile d'atteindre le résultat que nous venons d'indiquer puisque la force d'attraction des bobines dépend de l'intensité du courant qui y circule et que le rhéostat C permet justement de faire varier la résistance du circuit dans lequel il est intercalé et, par suite, de donner au champ magnétique de la bobine l , une valeur égale à celui de la bobine l .

A priori la résistance C doit être égale à la résistance de la ligne augmentée de celle de la bobine l .

Mais, si le récepteur du poste A ne fonctionne pas sous l'action du courant émis par ce poste, lorsque le manipulateur est abaissé, il n'en est pas de même de celui du poste B.

En effet, le courant négatif envoyé par le poste A arrive dans la bobine l du récepteur du poste B, et comme la bobine l de ce même récepteur est déjà parcourue par le courant positif émis par la pile du poste B, ces deux bobines exercent toutes deux sur l'armature une action attractive qui suffit à vaincre l'action du ressort antagoniste et l'armature reproduit tous les mouvements imprimés au manipulateur du poste A.

2° Cas. — Si on l'abaisse simultanément les deux manipulateurs, aucun courant ne passera par les bobines l des récepteurs, mais chacune des bobines l sera traversée non seulement par le courant qui se rend de la pile de son poste à la ligne où il transmet le signal simple, mais aussi par celui qui vient, par la même ligne, de la pile de l'autre poste.

Comme ces deux courants ont un signe et une direction contraires ils s'ajoutent et comme l'action produite par le premier de ces courants, c'est-à-dire par celui du départ est suffisamment énergique pour contrebalancer la tension appliquée aux ressorts antagonistes, les armatures des deux récepteurs sont attirées par le second courant, c'est-à-dire par le courant d'arrivée et l'on obtient ainsi ce que l'on appelle le signal double dans la télégraphie duplex.

Lorsque l'un des postes ramène son manipulateur à l'état de repos, il cesse d'envoyer un courant sur la ligne et produit le courant qui parcourt le rhéostat et la bobine l de son récepteur.

Il se présente dans le service courant des chemins de fer, des cas nombreux où il serait fort intéressant de disposer d'un poste télégraphique, réellement portable et combiné en vue d'une installation instantanée, par exemple : pour l'organisation d'un service temporaire dans une station ordinairement dépourvue de télégraphe; pour l'exploitation provisoire d'une ballastière; pour le sectionnement d'une ligne à voie unique sur laquelle on aurait à assurer une circulation extraordinaire, pour les relations à établir momentanément entre deux points éloignés d'une grande gare, etc.

Le service télégraphique de la Compagnie de l'Est a créé et mis en service un système de poste télégraphique portable se composant de deux caisses qui contiennent l'une les appareils, l'autre la pile et les accessoires.

La caisse des appareils (fig. 4 pl. 8-9) renferme : 1 récepteur Morse. — 1 manipulateur. — 1 rouet. — 1 commutateur de lignes à deux directions. — 1 commutateur de pile à deux forces. — 1 paratonnerre à deux directions. — 1 galvanomètre vertical. — 1 relais annonciateur à deux guichets. — 1 sonnerie d'appel. — 1 encrier et porte-encrier. — 1 pinceau et porte-pinceau. — 1 block-notes.

Les appareils essentiels sont du modèle courant, de sorte que leur remplacement, en cas d'avarie, peut s'effectuer avec la plus grande facilité; tous les appareils sont fixés à l'intérieur de la caisse et reliés par des communications. Pour mettre le poste en ligne, il suffit de poser la boîte sur un appui quelconque et même sur le sol au besoin; le couvercle se relève et est rendu rigide au moyen d'une glissière et d'une clef spéciale; deux des côtés de la boîte qui s'abattent supportent le manipulateur et le rouet ou magasin à papier. Le passage des communications dans les parties à charnières s'opère au moyen de ressorts frotteurs. Des bornes spéciales permettent de relier le poste aux fils de ligne et à la terre; d'autres bornes servent au raccord de la pile. Cette caisse mesure 0,^m 43 de longueur, 0,^m 215 de largeur et 0,^m 45 de hauteur, et pèse seulement 21 kilogrammes.

La caisse à pile renferme 24 éléments spéciaux genre Leclanché mais sans peroxyde de manganèse; chaque élément se compose d'un vase carré en ébonite de 0,^m 06 de côté et de 0,^m 12 de hauteur, ce vase est rempli de coke de pétrole en grains dans lequel plonge un crayon de charbon surmonté d'une tête de plomb régulé; le zinc, sous forme de crayon également, est enfermé dans un étui de toile, de façon à empêcher son contact avec le charbon; enfin, la charge de sel ammoniac est mélangée au coke, le tout est bouché à l'arcanson. Pour mettre la pile en action, il suffit de déboucher deux trous ménagés dans l'arcanson, puis, par l'un des trous, d'introduire de l'eau dans le vase au moyen d'un entonnoir; la quantité d'eau est indiquée par une mesure spéciale qui fait partie des accessoires de la boîte à pile.

En outre des éléments de pile, cette caisse contient encore les objets suivants : 1 mesure. — 1 entonnoir. — 4 conducteurs souples. — 1 serre-rail. — 1 rifflor. — 1 tige coudée pour serrage. — 1 tournevis. — 1 bobine de fil isolé. — 2 flacons d'encre oléique. — 18 rouleaux de papier bande, etc.

Le serre-rail (fig. 5, pl. 8-9) sert à prendre une communication avec le rail pour constituer le conducteur de retour ; le rifflor sert à décaper ce rail dans la mesure du possible.

La caisse, à pile contenant l'outillage énuméré ci-dessus, mesure 0^m,62 de longueur, 0^m,24 de largeur et 0^m,345 de hauteur ; elle pèse 27 kilogrammes.

Dans l'exposition de la *Compagnie de P.-L.-M.* on remarquait un certain nombre de postes télégraphiques montés avec rappel général Claude.

Ce système qui a été essayé d'abord à l'Ouest, puis à la Compagnie de l'Est où il est en service à titre d'essai sur la ligne de Paris à Meaux, permet d'intercaler toute une série de postes dans le circuit d'un même fil en donnant la latitude à chaque poste d'appeler un autre poste quelconque et de lui passer une dépêche directement.

L'installation, identique dans tous les postes, se compose d'une table sur laquelle sont adaptés un relais double, un rappel à deux cadrans, le récepteur et la sonnerie, un commutateur et manipulateur à double contact.

Chaque poste est désigné par un numéro et il suffit qu'un des postes amène l'aiguille de l'un des cadrans sur le numéro du poste qu'il veut appeler et l'aiguille de l'autre cadran sur son propre numéro pour que la communication directe soit établie entre ces deux postes.

Un numéro commun (le dernier du cadran) sert à établir la communication générale ou collective.

Le rappel, le récepteur et la sonnerie fonctionnent au moyen d'une pile locale ; les relais sont tous embrochés sur le fil de ligne et la terre n'est prise qu'aux deux extrémités de la ligne ; c'est la seule pile du poste expéditeur qui les actionne tous en même temps.

Le relais double se compose de deux bobines placées chacune dans le champ magnétique d'un aimant permanent et disposées de manière à osciller : l'une sous l'influence d'un courant de sens déterminé et l'autre sous l'influence d'un courant de sens contraire ; de telle façon que tout en étant simultanément traversées par un courant de sens quelconque, il n'y en ait qu'une qui oscille sur les deux.

Le rappel général se compose de deux récepteurs à cadran analogues à ceux du télégraphe Bréguet et réunis dans une même boîte. Sur l'un figure l'indication poste appelant, sur l'autre, l'indication poste appelé. Les fig. 6 et 7 pl. 8-9 représente une vue intérieure en élévation du rappel général ; les relations entre les diverses pièces conductrices sont obtenues au moyen de cames E et D qui

soulèvent ou abaissent des ressorts suivant la position que l'on fait prendre aux aiguilles.

Le rappel remplit les fonctions d'un commutateur automatique. Il indique à tous les postes quels sont ceux en communication et opère en même temps la fermeture du circuit de la pile locale à travers le récepteur ou la sonnerie dans les postes intéressés.

Supposons tous les postes d'une même ligne au repos : les aiguilles de tous les cadrans sont par conséquent à la croix : toute émission de courant positif sur la ligne faite au moyen du manipulateur A, actionnera le relais de chaque poste et ce relais fermera le circuit de la pile locale H sur les bornes ρ' ; le courant de cette pile passera par le contact V du relais, de là au contact t' du rappel par l'intermédiaire de t , touchera S', parcourra l'électro-aimant b et reviendra en ρ au second pôle de la pile ; il aura pour effet de faire tourner d'une division le cylindre des cadrans « poste appelé ». Un courant négatif n'aurait eu aucune action sur le rappel, car le relais aurait établi le contact de la pile locale H en V', c'est-à-dire dans la direction de ρ'' qui est en relation avec la vis p isolée du ressort placé au-dessus.

Si on lance un deuxième courant positif, les effets décrits plus haut se reproduisent, le cylindre tourne encore d'une division et l'aiguille « poste appelée » arrive sur le numéro 2 du cadran, et ainsi de suite. Pendant le mouvement de ce cylindre les cames auront agi sur les ressorts et : 1° auront permis l'accès de l'électro-aimant a dans tous les rappels au courant local déterminé par une émission négative (chemin H, ρ , V', ρ'' p , s , a , ρ , H) ; 2° auront effectué, dans le rappel du poste cherché seulement, la préparation au fonctionnement de la sonnerie, fonctionnement qui sera possible dès que l'aiguille « poste appelant » aura avancé d'une division.

Toutefois, la transmission télégraphique ne pourra se faire que lorsque le poste qui attaque aura émis au moyen du manipulateur B, le nombre de courants négatifs nécessaires pour amener les aiguilles des cadrans poste appelant sur son propre numéro. La transmission se fait au moyen du manipulateur A.

Signalons une disposition très ingénieuse de l'appareil Claude, qui, au moyen d'un levier coudé K et d'une goupille g placée sur le mobile du cylindre D (fig. 6 et 7) permet aux courants négatifs de faire actionner l'électro-aimant b lorsque l'aiguille du cadran poste appelant se trouve entre le chiffre 11 et la croix, les ressorts et les cames permettent l'établissement des circuits nécessaires dans cette position qui se trouve automatiquement supprimée par la goupille g' dès que le courant poste appelé à son aiguille sur la croix ; à ce moment la goupille g' soulève le levier K qui dégage la goupille g , et l'aiguille « poste appelant » termine le mouvement commencé en venant se placer complètement devant la croix. Cette disposition spéciale est nécessaire car il ne faut pas perdre de vue que lorsque les aiguilles sont placées pour la transmission télégraphique qui a

lieu au moyen du courant positif, il est indispensable que ce courant n'ait plus aucune action sur le rappel, autrement il détruirait les combinaisons réalisées ; il fallait donc absolument faire usage du courant négatif pour la mise au repos des aiguilles des deux cadrans.

La *Compagnie de P.-L.-M.* exposait également un rappel-parleur Marchand. Ces parleurs sont employés dans le poste que l'on veut appeler. On ne garnit de piles de ligne que les deux postes extrêmes, chacune des piles ayant le pôle positif relié au fil de ligne.

Le poste appelant en manipulant, met la ligne à la terre et par suite ferme le circuit de chacune des piles de sorte que tous les parleurs de chaque poste sont actionnés. Le circuit de la pile locale est fermé par le parleur. L'appel d'un poste se fait par l'indicatif de son nom. Lorsque la gare est ainsi appelée par son indicatif, elle déclenche, avec le levier de mise en marche, son récepteur Morse, et par un commutateur spécial placé sous ce dernier appareil, établit la communication de ligne avec le récepteur ; elle peut alors recevoir la dépêche.

Afin de compenser les pertes sur la ligne et les différences d'intensité de piles, les parleurs ont été munis d'un système spécial qui permet le réglage rapide sans ouverture de la boîte qui renferme le parleur, et d'un contact spécial qui permet de faire varier la sensibilité de ce parleur.

Dans certaines stations où le service est interrompu pendant la nuit, la *Compagnie de l'Est* a jugé à propos de réaliser une installation qui permet d'appeler le chef de station en dehors des heures de service, pour lui transmettre par télégraphe, des ordres urgents.

Dans chaque poste dit attaqué, on a installé : un commutateur de jour et de nuit, un rappel par inversion et une sonnerie trembleuse ; les deux premiers appareils sont placés dans le bureau du télégraphe et la sonnerie dans l'appartement du chef de station.

Voici la description succincte de ces divers appareils :

Le *commutateur de jour et de nuit* (fig. 8, pl. 8-9), est destiné pendant les heures de service, à établir la communication entre deux fils de ligne et les appareils télégraphiques ordinaires ; sa manette est alors placée dans la position « jour ». En déplaçant cette manette et en la mettant dans la position « nuit », on isole les appareils ordinaires et on met en communication les deux lignes entre elles par intercalation du rappel dans le circuit. Ce commutateur se compose d'un disque d'ébonite portant des bandes métalliques qui viennent se placer en regard de ressorts frotteurs.

Le *rappel par inversion à aimant permanent* est fréquemment utilisé par l'Administration des Postes et des Télégraphes ; il se compose essentiellement d'un électro-aimant et d'un aimant terminé à l'un de ses pôles par une palette mobile de fer doux à laquelle il communique son aimantation (fig. 9, pl. 8-9).

Cette palette peut osciller entre les deux noyaux de l'électro-aimant, lesquels sont prolongés de manière à être très rapprochés l'un de l'autre.

L'électro-aimant ainsi constitué se trouvant embroché sur la ligne qui réunit les deux postes considérés, la palette ne bougera pas tant que ces deux postes enverront des courants d'un certain sens ; mais s'ils envoient des courants de sens contraire, l'aimantation des noyaux des bobines se trouvant modifiée, la palette mobile sera déplacée et viendra au contact d'un butoir ; le circuit d'une pile locale sera fermé et fera tinter une sonnerie.

Cet appareil très simple est malheureusement basé sur l'emploi d'un aimant.

La Compagnie des chemins de fer de l'Est fait usage d'un *rappel par inversion sans aimant* (fig. 1, pl. 10-11) qui se compose :

1° De deux électro-aimants solidaires A et B, dits de ligne, à une seule bobine, à un seul noyau et parallèles entre eux. Les deux bobines sont enroulées en sens contraire. Les quatre pôles déterminés sont accouplés par deux de nom contraire. Deux de ces pôles agissent par une armature ordinaire C et les deux autres *a* et *b* prolongés de manière à se trouver à une très petite distance l'un de l'autre.

2° D'un électro-aimant à une seule bobine et à un seul noyau dit local, D. L'un des pôles déterminés dans cet électro-aimant, n'est pas utilisé. A l'autre extrémité s'articule une palette de fer doux qui constitue le second pôle et peut osciller entre les deux pôles prolongés des électros de ligne *a* et *b*.

Lorsqu'un courant parcourt les électro-aimants de ligne, il détermine dans les noyaux quatre pôles magnétiques. Deux de ces pôles agissent sur l'armature ordinaire qui vient au contact d'un butoir fixe et ferme le circuit d'une pile spéciale sur l'électro local, et qui détermine à la palette mobile de ce dernier un pôle toujours de même nom. L'électro local ainsi polarisé agit absolument comme l'aimant fixe du rappel décrit plus haut.

Lorsqu'aucun courant ne passe plus dans l'appareil, un ressort antagoniste ramène la palette mobile dans sa première position comme dans le rappel à aimant.

La *sonnerie trembleuse* (fig. 2 pl. 10-11) est établie de façon à tinter continuellement lorsqu'un courant l'a traversée ne serait-ce que pendant un temps très court ; à cet effet, elle est munie de deux ressorts interrupteurs et de deux bornes de contact ; on règle l'un des contacts comme s'il s'agissait d'une sonnerie ordinaire ; l'autre est disposé de manière à être très près du ressort, mais sans le toucher.

Le circuit de la pile locale peut se fermer par le premier contact, par l'intermédiaire du rappel, tandis qu'il se ferme directement par le second contact.

On conçoit donc que si le rappel est actionné, la sonnerie sera mise en mouvement par le premier contact ; par suite, les vibrations de l'armature amèneront le second contact interrupteur en présence du contact qui lui correspond et le mouvement se continuera ainsi jusqu'à ce qu'on interrompe le circuit en

poussant sur un bouton spécial; dès que les vibrations se sont éteintes, les deux contacts reprennent leur position première et la sonnerie est alors prête à tinter de nouveau si le rappel l'actionne.

L'*inverseur d'attaque* représenté (fig. 3, pl. 10-11) permet d'envoyer sur la ligne un courant du signe convenable pour actionner le rappel du poste appelé.

La fig. 4, pl. 10-11 donne le schéma des circuits pour l'appel de nuit lorsque l'on fait usage d'un rappel par inversion avec aimant.

II° Block-System

Le mode d'exploitation des chemins de fer désigné sous le nom de « Block-System » consiste à diviser la voie en sections et à ne laisser pénétrer un train dans une de ces sections que lorsque le train précédent l'a quittée. On réalise ainsi le *block-system absolu*.

Un autre système de block désigné sous le nom de *block-system permissif* est caractérisé par les conditions suivantes :

L'entrée d'une section occupée est toujours permise ; on se borne, tant que la section reste occupée, à faire à l'entrée un signal conventionnel d'avertissement dont la signification est de prévenir les mécaniciens, qui n'ont jamais à s'arrêter à l'entrée, que la section n'est pas libre.

Les signaux et appareils exposés, destinés à réaliser le block-system, peuvent se diviser en deux groupes :

L'un comprend les appareils en usage dans les Compagnies de chemins de fer pour assurer la sécurité des trains sur les lignes très fréquentées ; dans l'autre groupe doivent être classés les appareils reposant sur une intervention plus ou moins complète de l'action automatique des trains.

1° BLOCK-SYSTEMS

EN USAGE SUR LES RÉSEAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Les *Compagnies du Nord et de l'Est* appliquent les électro-sémaphores du système Lartigue.

La propriété caractéristique des électro-sémaphores est la solidarisation des signaux électriques et des signaux visuels s'adressant aux mécaniciens.

À l'extrémité de chaque section de block est placé un mat sémaphorique (fig. 5 pl. 10-11). L'agent chargé de la manœuvre, en mettant à l'arrêt le signal visuel qui couvre un train s'engageant dans une section, fait apparaître électrique-

ment au poste suivant, vers lequel se dirige ce train, un signal qui prévient l'agent de ce poste de son arrivée. Le signal d'arrêt fait par le premier poste ne peut être effacé que par le suivant, lorsque l'agent de ce dernier poste fait disparaître le signal à l'aide duquel il a été avisé de l'entrée d'un train dans la section.

L'électro-sémaphore d'un poste intermédiaire se compose d'un mât en fer muni de deux grandes ailes rouges placées à la partie supérieure et de deux petites ailes jaunes placées vers le milieu du mât. Les ailes rouges s'adressent aux trains circulant respectivement sur chacune des voies principales. Les ailes jaunes servent à annoncer l'entrée ou la sortie des trains et ne s'adressent qu'aux agents du poste. La manœuvre de ces ailes se fait à l'aide d'un système de tringles reliées mécaniquement aux appareils électro-mécaniques renfermés dans des boîtes placées au pied du mât sémaphorique.

L'appareil mécanique qui commande la grande aile est désigné sous le nom d'appareil n° 1 (fig. 6) ; celui qui manœuvre la petite aile, porte le nom d'appareil n° 2 (fig. 7) ; ces deux appareils, presque identiques comme construction, se composent d'une boîte de fonte renfermant un commutateur-inverseur B formé d'un disque en ébonite sur le pourtour duquel sont fixés des contacts en bronze *d, d, d* servant à établir les communications électriques par l'intermédiaire des frotteurs *e e e*. Ce commutateur est manœuvré par une manivelle F dont l'axe G commande une bielle articulée avec la tringle de tirage de l'aile correspondante. Quand on fait faire à la bielle un peu plus d'une demi-révolution, on exerce un effort de traction sur la tringle, et on amène l'aile à la position horizontale. Cette aile est alors maintenue invariablement dans cette position par un doigt K, reposant sur un butoir M, qui reste vertical tant qu'un levier à palette J, dont il dépend, adhère à un électro-aimant Hughes I, placé au bas de la boîte.

Le levier à palette et par suite le butoir ne sont dérangés de leur position qu'autant qu'un courant envoyé du poste correspondant vient affaiblir l'électro-aimant Hughes. Dans ce dernier cas seulement, le levier est écarté de sa position par l'effet d'un contrepoids O ; le butoir entraîné laisse échapper le doigt d'arrêt, la manivelle continue sa rotation, et l'aile libérée reprend sa position primitive, c'est-à-dire redevient verticale. Dans cette révolution de l'axe, une came hélicoïdale P ramène la palette en contact de l'aimant et le butoir dans la situation voulue pour arrêter de nouveau le doigt d'arrêt K.

Le rôle de l'électricité se borne donc à affaiblir l'électro-aimant et à déclencher à distance. Un cliquet R détermine la rotation de l'axe toujours dans le même sens (de droite à gauche) et fixe par deux dents de rochet deux positions correspondantes de la bielle, l'une verticale, l'autre à 210° environ.

L'appareil de manœuvre de la grande aile d'un poste est relié par un simple fil télégraphique à l'appareil qui agit sur la petite aile au poste correspondant. C'est le commutateur-inverseur lui-même qui, en tournant, envoie successive-

ment soit le courant positif, soit le courant négatif d'une pile Leclanché. Le courant négatif se produit pendant la première demi-révolution de la manivelle, c'est-à-dire pendant que le garde met la grande aile à l'arrêt. Le courant positif se produit pendant la seconde demi-révolution de la manivelle, c'est-à-dire au moment où le signal que l'on a voulu produire au poste correspondant est exécuté; il fournit automatiquement à ce poste, par un coup de timbre et par l'apparition d'un voyant S, un accusé de réception, ce qui permet aux agents de connaître la situation exacte des ailes des deux postes situés en deçà et au-delà. Les pièces donnant l'accusé de réception sont actionnées au moyen d'un électro-aimant Hughes U placé dans la partie supérieure de la boîte; cet électro-aimant présente la même résistance que celui dont dépend le butoir d'enclenchement de la grande aile sémaphorique, et l'enroulement des bobines est tel, que le courant qui affaiblit l'un de ces électro-aimants renforce l'autre, et réciproquement.

Les appareils électro-mécaniques n° 2 qui commandent les petites ailes comprennent, outre les pièces décrites ci-dessus, un commutateur V permettant à l'agent d'un poste sémaphorique d'échanger avec l'agent du poste voisin (situé en avant ou en arrière), à l'aide d'une sonnerie trembleuse placée dans la boîte n° 1, des signaux acoustiques conventionnels; Z est un paratonnerre et W une tringle permettant d'opérer à la main le déclenchement de l'aile jaune.

La position d'arrêt de la grande aile est indiquée la nuit par un double feu rouge et vert.

Le mode d'emploi de ce système est le suivant :

Au moment où un train a franchi le poste A l'agent en faisant un demi tour de manivelle met à l'arrêt la grande aile de son mât, et envoie ainsi un courant électrique qui fait apparaître l'aile jaune du poste B. Il a couvert le train et l'a annoncé, il reçoit l'accusé de réception automatique de son avis, et son rôle est fini.

Au passage du train en B, le garde doit couvrir le train en l'annonçant à C; puis il manœuvre mécaniquement son aile jaune par un demi tour de manivelle (appareil n° 2) et envoie par ce mouvement un courant qui déclenche et efface la grande aile de A; il reçoit les accusés de réception et devient à son tour passif.

Le stationnaire doit d'abord manœuvrer l'aile qui protège la section en avant et annoncer le train et effacer ensuite l'aile du poste A.

Dans les appareils décrits ci-dessus, aucune disposition mécanique ou électrique n'oblige le stationnaire à suivre un ordre logique dans la manœuvre des ailes. On a donc cherché à *réaliser la dépendance des deux manœuvres*.

M. Mors a ajouté dans ce but, à l'intérieur des boîtes de manœuvre, des contacts supplémentaires à la circonférence du commutateur-inverseur. Sur l'axe

de ce commutateur, se trouve un doigt de butée, dont la position est telle, qu'on ne puisse manœuvrer la manivelle de la boîte n° 2, (c'est-à-dire débloquent la section quittée par le train) qu'après avoir manœuvré la manivelle de la boîte n° 1 (c'est-à-dire bloqué la section où il entre). Un commutateur spécial, placé dans la gare à la disposition seulement du chef de Service, permet à ce dernier d'interrompre, pour un cas spécial, la dépendance de ces sections.

La solution du même problème a été réalisée au chemin de fer du Nord par M. Sartiaux, en intercalant entre les deux boîtes de manœuvre n° 1 et n° 2 du sémaphore, une boîte supplémentaire F (fig. 1 pl. 12-13), munie sur ses deux faces opposées, de manivelles dont les axes sont solidaires de ceux des contre manivelles des deux boîtes n° 1 et n° 2 et contenant un appareil électrique qui remplit le même but que la disposition mécanique de M. Mors. On peut au moyen d'un commutateur supprimer la dépendance de deux sections.

Enfin au chemin de fer du Nord les postes sémaphoriques étant munis de disques à distance, on a réalisé la solidarité entre la grande aile du sémaphore et le disque à distance en ajoutant une serrure électrique K reliée au levier L du disque.

Avec ce dispositif le stationnaire ne peut mettre son aile à l'arrêt, et par suite rendre voie libre à l'arrière, qu'après avoir préalablement mis le disque à distance à l'arrêt ; réciproquement, lorsque l'aile du sémaphore a été relevée, il est impossible d'ouvrir le disque à distance ; ce dernier reste fermé jusqu'à ce que le poste suivant ait déclenché et effacé électriquement l'aile du sémaphore.

La *Compagnie d'Orléans* emploie comme celles de l'Est et du Nord les électro-sémaphores Lartigue mais auxquels il a été apporté divers perfectionnements importants, dans le but d'empêcher que le signal d'arrêt, fait après le passage d'un train, ne puisse être détruit par aucune cause autre que la manœuvre régulière faite au poste vers lequel se dirige le train.

Lorsqu'un train est engagé dans la section AB la grande aile du sémaphore A et l'aileron du sémaphore B doivent être dans la position horizontale ; l'appareil qui a mis l'aileron à la position horizontale est disposé de telle manière qu'un courant positif permanent vient augmenter l'attraction de l'aimant fixe placé dans l'appareil du poste A ; l'aile se trouve donc maintenue à l'arrêt par les actions concourantes de l'aimant et du courant permanent ; l'enclenchement se trouve ainsi doublement garanti.

Si, pour une cause quelconque, la grande aile du poste A s'effaçait avant que le poste B eût rendu la voie libre, la discordance entre les signaux serait à l'instant signalée par le tintement persistant d'une sonnerie d'alarme et les agents des postes sémaphoriques prendraient les mesures prescrites, pour rétablir la régularité des signaux.

De chaque poste on peut constater à tout instant la position des signaux, en appuyant sur un bouton qui établit une dérivation du circuit permanent de ligne et vient actionner une sonnerie trembleuse.

En cas de dérangement, un dispositif permet de rompre la solidarité entre l'appareil électrique et le signal à vue que l'on peut alors utiliser pour la protection des trains en le manœuvrant à la main.

La Compagnie d'Orléans a mis en service sur divers points de son réseau des électro-sémaphores, manœuvrés à distance à l'aide de transmissions funiculaires. Dans ce cas les organes destinés au fonctionnement des ailes sont fixés sur les sémaphores et les organes de contrôle « voyant et sonnerie » sont placés dans la cabine de l'aiguilleur qui manœuvre les appareils à distance.

La *Compagnie des chemins de fer de PLM* a réalisé et appliqué un block-system, à l'aide d'appareils *Tyer* avec sonneries *Jousselin* auxquelles est adjoint l'emploi des disques automatiques système *Aubine*.

Pour rendre toute erreur impossible, il a été établi une solidarité entre les signaux électriques et les signaux visuels, au moyen d'enclenchements électriques et mécaniques.

Nous allons donner la description du mécanisme de l'appareil de block-system *PLM*.

1° *Enclenchement automatique du Sémaphore*. — Le levier de manœuvre du sémaphore est relié par un double renvoi d'équerre et des tiges *a b c* à une règle horizontale qui pénètre dans l'appareil (fig. 2, pl. 12-13).

La fig. 3, pl. 12-13, représente l'intérieur de la boîte, avec la porte ouverte et rabattue sur la gauche, dans la position du sémaphore enclenché à l'arrêt.

Le levier de manœuvre du sémaphore est relié, par un double renvoi d'équerre et des tiges *a, b, c* à une règle horizontale *X* qui pénètre dans l'appareil. Cette règle porte 2 encoches *h* et *h'*; un verrou *i* l'immobilise et repose dans l'encoche *h* tant qu'il n'a pas été relevé par le levier *K* mobile autour de l'axe *m* et sollicité par le ressort *n*.

Ce levier *K*, en fer doux, prolonge la masse d'un fort aimant *l* et adhère par simple attraction magnétique à l'âme *j* de deux bobines qui le repousseront dès qu'elles seront parcourues par un courant déterminant, à l'extrémité des bobines, des pôles de même nom que ceux de la palette. Le verrou *i* se trouve donc relevé par l'effet de ce courant envoyé du poste suivant, la règle horizontale est alors libérée et, par suite, il est possible de manœuvrer le levier du sémaphore pour la mise à voie libre. Mais, dans cette manœuvre, le taquet *p*, se déplaçant horizontalement vers la droite, soulève par son plan incliné la came *q* qui vient coller la palette *K* contre l'âme de la bobine *j*; de cette façon, lorsque le sémaphore sera remis à l'arrêt, le verrou *i* sera prêt à retomber dans l'encoche *h*, pour l'immobiliser à nouveau.

Une encoche *h'* accuse le commencement de la mise à l'arrêt du sémaphore et oblige le station à achever la manœuvre commencée.

Un voyant apparaît en regard d'un guichet en indiquant que la voie est libre, dès que le verrou *i* et le contre-poids *t'* ont été relevés par l'intervention du poste suivant.

2° *Annonce automatique du train expédié.*— Le taquet *p*, dans le mouvement de droite à gauche de la règle, tire par l'intermédiaire des pièces *r* et *s* sur l'équerre *t'* et celle-ci, entraînant par la tête de vis *m'* un bouton poussoir à contacts, l'appuie contre les ressorts de contact disposés en regard, ce qui produit l'émission d'un courant positif actionnant la sonnerie du poste suivant.

3° *Obligation de mise à l'arrêt des signaux pour rendre voie libre.* — (Fig. 4 et 5, pl. 12-13). Un second bouton poussoir permet d'envoyer le courant négatif qui relève le verrou de l'appareil du poste précédent. Sur la fig. 4, il est immobilisé par le verrou *b* qui se trouve engagé dans l'encoche *c*. Mais lorsque les signaux correspondants, disque et sémaphore, sont mis à l'arrêt, le courant actionne la sonnerie ou le répéteur contrôlant le bon fonctionnement du disque, passe en dérivation dans un électro-aimant qui attire la palette *a*, et par suite abaisse le verrou *b*. On peut alors pousser le bouton pour rendre voie libre.

4° *Impossibilité de pousser 2 fois de suite le bouton de remise à voie libre.* — (Fig. 4-5, pl. 12-13). Lorsqu'on pousse le bouton il fait pivoter la pièce *gh*; l'extrémité *g* vient se fixer sous le crochet *f*, tandis que la fourchette *h*, tend à soulever un deuxième verrou destiné à immobiliser le bouton poussoir dans sa position primitive, en pénétrant dans l'encoche *i*. Le bouton restera enclenché jusqu'à ce que la pièce *g* soit libérée par le relèvement de la palette lorsqu'on interrompra le courant dans l'électro-aimant en effaçant les signaux. Le verrou *b* viendra alors immobiliser de nouveau le bouton.

Un petit voyant *K'*, solidaire de la pièce *g*, apparaît en regard d'un guichet dès que le bouton a été poussé et indique ainsi que l'on a rendu voie libre. En cas de dérangement on peut libérer à la main le bouton poussoir de remise à voie libre en agissant directement sur un prolongement de la palette *u*.

A l'appareil de Block proprement dit et reliées au fil de la bobine *J* (fig. 5), sont adjointes des sonneries Jouselin à 20 divisions, au moyen desquelles les agents peuvent échanger un certain nombre de dépêches intéressant la circulation des trains. Le bouton de l'annonce automatique des trains est libre et peut être utilisé pour transmettre des signaux par la sonnerie Jouselin sans que le courant positif émis puisse déclencher le verrou du sémaphore.

En outre les leviers des disques sont enclenchés mécaniquement avec les bras sémaphoriques correspondants.

Enfin les lanternes des signaux avancés sont munies de photoscopes ; pour qu'un poste puisse rendre voie libre au poste précédent, il faut que le disque avancé et le sémaphore soient à l'arrêt et que la lanterne du sémaphore soit bien allumée.

Les appareils de Block, système P.-L.-M., se prêtent à l'installation d'un Block-system absolu sur la voie unique à condition d'apporter quelques modifications dans les enclenchements mécaniques des signaux fixes.

La *Compagnie de l'Ouest* emploie, depuis 1867, pour le cantonnement électrique de certaines sections de son réseau, les appareils de block-system ou indicateurs Regnault ; mais ces appareils, qui s'adressent exclusivement aux gardes des postes de cantonnements présentaient le grave inconvénient de n'être pas solidarisés avec les signaux optiques extérieurs. Ces appareils ont été modifiés en 1886 de façon à établir une solidarité complète entre ces deux sortes de signaux.

Nous donnerons seulement la marche des courants dans les indicateurs électriques, et nous examinerons ensuite les modifications apportées récemment à ces appareils.

Le diagramme (fig. 1, pl. 14-15) représente en X et X' les indicateurs placés dans deux postes consécutifs.

Les aiguilles R et I de chacun de ces indicateurs sont commandées au moyen d'un pignon, par le secteur denté placé à l'extrémité de levier *f* et *g* montés à pivot sur un aimant *m n*, *m' n'* dont ils possèdent le magnétisme permanent. Cet aimant est conduit à angle droit et porte un électro-aimant E pour X et E' pour X' à deux bobines, dont l'âme en fer doux est terminée par de petites pièces *p*, *q*, *p'*, *q'* ; le magnétisme de ces pièces est de nom contraire à celui des leviers *f* et *g*.

Les bornes T sont reliées avec la terre.

En appuyant sur le bouton D le stationnaire du poste 1 envoie sur la ligne F le courant positif de la pile n° 1 qui arrive dans l'appareil X' où il circule suivant M b K d h j, puis se dirige d'une part dans la sonnerie S qu'il actionne, et d'autre part dans l'électro-aimant E' dont les noyaux sont polarisés de telle sorte que le levier *f* est attiré par *p*, et, prenant la position *f'* incline l'aiguille I de X' dans le sens de la marche du train annoncé ; elle vient occuper la position I'. Dans ce mouvement le petit levier K vient occuper la position K' et le courant positif de la pile n° 1 du poste n° 2 peut alors circuler sur la ligne F par le chemin C d' k' b M ; il arrive par la lame L et la borne *a* dans l'électro-aimant E, dont le noyau attire le levier *f* ce qui fait basculer l'aiguille R dans le même sens que l'aiguille I du poste n° 2.

Le stationnaire du poste n° 1 a ainsi l'accusé de réception du signal qu'il a envoyé.

Lorsque le train aura franchi le poste n° 2 l'agent qui l'occupe devra en avvertir le poste n° 1 afin que celui-ci débloque la voie. Il appuiera alors sur le bouton A de l'indicateur X' et enverra ainsi sur la ligne F le courant négatif de la pile n° 2 de son poste. L'armature de l'électro E du poste 1 sera polarisée dans le sens contraire de celui où elle l'était par le courant positif ; le levier *f* rappelé par *q* fera reprendre à l'aiguille R sa position verticale, indiquant ainsi au stationnaire que la voie est libre et qu'il peut ouvrir ses signaux. Le même courant négatif, suivant $z\ b' M / J E'$ fera rappeler par l'armature *q* le levier *f*, imprimant à l'aiguille I le mouvement de rotation qui doit la ramener dans la position verticale.

Les modifications apportées en 1886 ont été faites dans le but d'éviter : 1° qu'un poste pût annoncer au poste voisin l'approche d'un train se dirigeant vers lui, sans avoir, au préalable, protégé ce train en fermant d'abord son signal avancé et mettant ensuite son signal de cantonnement à l'arrêt absolu ; 2° qu'il pût effacer ces signaux tant que le canton engagé n'a pas été débloquenté électriquement par le poste d'arrivée ; 3° que ce dernier pût rendre voie libre au poste précédent avant d'avoir lui-même fermé ses signaux optiques. Ces trois *desideratas* sont satisfaits respectivement par les *enclenchements*, la *sonnerie électrique* et le *verrou d'arrêt*, le *relais électrique*.

Les deux leviers servant à la manœuvre du signal de cantonnement et du signal avancé du poste, dans une direction, sont enclenchés par les moyens ordinaires, de plus, le levier du signal de cantonnement commande une main N qui, tant que le signal n'est pas fermé vient embrasser la tige du bouton D de départ en avant de l'indicateur, et empêche qu'aucun mouvement lui soit imprimé.

Une fois les signaux à l'arrêt c'est la *serrure électrique* qui empêche de rendre voie libre tant que l'aiguille de répétition de l'indicateur correspondant n'a pas été redressée par le poste de sortie.

Une glissière P, se trouve liée aux mouvements du levier du signal de cantonnement qui peut être arrêté dans trois positions. Tant que le levier n'est pas renversé pour rendre la voie libre, le pêne *x* de la serrure électrique appuie sur la glissière P ; mais dès que le levier est à la position d'arrêt absolu la glissière s'est déplacée et le pêne, sous l'action du ressort *r*, se détend et empêche tout mouvement rétrograde de la règle, maintenant ainsi le levier à la position d'arrêt absolu.

Pour que l'on puisse ouvrir le signal, il faut alors retirer à fond de course en arrière le pêne *x* en agissant sur le bouton G. Or l'une des branches de l'équerre Q, contre l'extrémité de laquelle vient buter l'épaule du pêne, maintient celui-ci fermé jusqu'à ce qu'un courant venant à passer par les bobines J attire l'armature et par suite dégage le pêne, que l'on peut alors tirer en arrière pour manœuvrer le signal.

Le courant, qui actionne l'électro-aimant de la serrure, ne peut circuler qu'autant que l'aiguille R du poste correspondant est verticale, et que la serrure est fermée. Un galvanomètre indique au stationnaire si la serrure est ouverte ou fermée hermétiquement.

En cas de dérangement de la serrure, on a ménagé sur l'enveloppe de la boîte l'entrée *y* d'une clef au moyen de laquelle, après l'avoir introduite et lui avoir fait faire un quart de tour, on soulève la branche de l'équerre Q comme le ferait le passage du courant de la pile dans l'électro-aimant JJ. L'épaulement du pêne est alors dégagé, et l'on peut ouvrir la serrure.

Lorsqu'on a eu recours à ce dernier moyen pour ouvrir la serrure, il est nécessaire de ne pas rendre complètement la voie libre. Le stationnaire amènera son levier dans la position verticale et fera apparaître le mot *attention*. Un *verrou d'arrêt* l'empêchera de dépasser cette position et d'amener son signal à voie libre.

La même clef sert à la fois à la serrure électrique et au verrou d'arrêt, et l'on conçoit, à l'examen du dessin de ce dernier, qu'elle ne peut sortir du verrou que si le pêne en est fermé. Si donc le stationnaire veut se servir de la clef pour actionner la serrure électrique, le pêne du verrou sera forcément fermé, et cet agent ne pourra dépasser la position verticale lorsqu'il manœuvrera le levier du signal de cantonnement.

En outre, en tirant sur le bouton G pour ouvrir le signal, on fait pivoter l'équerre H dont la petite branche est terminée par un collier qui vient s'appliquer contre l'ouverture *y* embrassant le canon de la clef W, laquelle se trouve ainsi ne pouvoir plus sortir tant que le pêne *x* appuie sur la glissière P, qui le retient en arrière.

Donc, aussi longtemps que l'électro-aimant ne fonctionnera pas, le signal de cantonnement ne pourra que commander l'arrêt absolu ou avertir que le canton est occupé.

Enfin, pour qu'un stationnaire ne puisse pas prévenir celui du poste précédent de la sortie du train dont il lui avait signalé l'approche, sans avoir couvert celui-ci de ses signaux optiques, on a introduit dans le système le *relais électrique*.

Tous les signaux avancés sont installés de telle façon qu'une came calée sur l'arbre du disque, et tournant avec lui, mette en contact les deux lames d'un commutateur, quand le signal est à l'arrêt. Ce rapprochement des deux lames du commutateur ferme le circuit d'une pile sur le relais électrique.

Pour atteindre le but que l'on se propose, il suffit d'établir dans le circuit de la pile, servant à transmettre l'avis de sortie des trains, une solution de continuité que le signal avancé pourra, seul, détruire automatiquement en se fermant.

Le *relais* remplit cette fonction, et agit de la façon suivante : entre le pôle

positif de la pile, placée près du disque, et la terre, on place un électro-aimant δ lorsque le courant circule, c'est-à-dire lorsque le signal est à l'arrêt, l'électro attire une palette U qui, en se déplaçant, amène au contact des butées α et β les deux bras λ et ω , dont le premier, ferme avec β , le circuit d'une pile qui actionne une sonnerie et avertit ainsi le stationnaire que le second bras ω a fermé avec α le circuit de la pile qui lui permet d'envoyer, dans le fil de la ligne F, le courant qui doit redresser les aiguilles R du poste correspondant et I du sien.

On remarquait à l'Exposition, dans la section belge, un *appareil d'enclenchement, système Flamache*, applicable aux lignes à voie unique.

Chaque levier de manœuvre des signaux commande au moyen d'une bielle un taquet t qui empêche tout déplacement du levier lorsque l'encoche du disque calé sur l'axe O de la manivelle ne se trouve pas en regard du taquet.

Une seule manivelle commandant au transmetteur et au récepteur peut occuper 3 positions qui suffisent à toutes les relations d'enclenchement mécanique et électrique.

La figure 5, pl. 14-15 donne le schéma des courants et les trois positions que peut occuper la manivelle sont indiquées par les lettres V G et D correspondant à position normale verticale, position gauche supérieure et position droite supérieure.

Le *transmetteur*, fig. 5, pl. 14-15, est réalisé par un électro-aimant E_1 actionnant une armature de forme spéciale appelée *butoir*. Ce butoir est mobile autour d'un axe horizontal et présente des découpures saillantes et rentrantes destinées à caler ou à libérer la manivelle dans l'un des deux sens de la rotation de celle-ci suivant certaines relations électriques qui lient entre eux soit un poste intermédiaire et le poste d'amont, soit le même poste et un interrupteur appelé pédale.

Une came de forme polygonale fait partie d'un manchon entaillé qui peut se mouvoir autour de l'axe O ; une autre came est invariablement reliée à l'axe par un second manchon entaillé semblablement de telle sorte que les entailles peuvent s'engager les unes dans les autres et la partie fixe entraîne la partie mobile et solidarise, pour une course déterminée, le mouvement des deux comes.

Le *récepteur*, fig. 6. pl. 14-15, est constitué par un second électro-aimant E commandant aussi à une armature de forme spéciale appelée *crochet* capable d'enclencher la manivelle dans le sens de rotation G, V, D, exclusivement.

La came C du récepteur forme la seconde partie de ce dernier appareil.

Le *commutateur* se compose d'un tambour en bois monté sur le même axe que les comes du transmetteur et du récepteur.

Il est garni de pièces métalliques cylindriques isolées les unes des autres ; dix

frotteurs viennent par leur contact avec le tambour réaliser les connexions utiles entre les divers circuits figurés au schéma des courants par les chiffres 1 à 10. La fig. 7, pl. 14-15, donne la représentation graphique de tous les contacts pour toutes les positions de la manivelle.

Un interrupteur placé en face du butoir du transmetteur se compose de quatre lames élastiques séparées deux par deux. Le contact s'établit tantôt avec les deux lames de droite tantôt avec les deux lames de gauche. Cet interrupteur a pour but d'empêcher, après rupture du courant, toute nouvelle communication résultant de la même manœuvre.

Deux indicateurs de sémaphore en miniature donnent : l'un la position du signal d'amont et communique avec un courant de sonnerie commandé par ce dernier poste ; l'autre, situé au dessous du premier, indique la position que doit occuper le signal du poste considéré et est en relation, d'une part avec le courant de déclenchement aval vers amont, d'autre part avec les sonneries de même direction.

Il y a indépendance entre le fonctionnement du block et celui des sonneries.

Les *intercommunications* se usent de la façon suivante :

La manivelle étant dans sa position normale V les deux came et le butoir sont placés comme l'indique la figure 5 (n° 1), la came et le crochet du récepteur comme l'indique la figure 6 (n° 5).

Aucun courant ne circule alors dans l'appareil. Si l'on fait tourner la manivelle de V à G toutes les phases indiquées, fig. 6 (5 à 8), se produisent. Lorsque la came polygonale soulèvera le butoir, le commutateur mettra en relation les circuits 2 et 3, c'est à dire qu'un courant passera en même temps dans l'électro et sur la ligne ; ce courant est celui de déclenchement envoyé au poste d'amont et il retiendra le butoir adhérent. Ce même courant est reçu au poste voisin par un récepteur, il y produit l'attraction de l'armature appelée crochet et permet la rotation de la manivelle dans le sens VD ; celle-ci peut donc venir occuper la position D qui correspond à la mise à voie libre du signal. Cette opération du poste d'amont a eu pour effet d'interrompre le courant d'enclenchement et d'abandonner à son propre poids le butoir du poste considéré (fig. 5, n° 3). Le courant de déclenchement reçu par le voisin, celui-ci en accuse réception par la sonnerie, ce qui a pour effet d'abaisser la palette inférieure de l'indicateur du courant produisant un poste avec lequel il correspond.

Si l'on veut manœuvrer la manivelle dans le sens GVD le commutateur établira le contact 1,2 qui a pour effet de rétablir le courant passant par la pédale. La came mobile aura relevé le butoir et la manivelle sera calée tant que l'armature restera adhérente, c'est-à-dire tant qu'il n'y aura pas rupture du courant par le train lui-même. La fig. 5 (n° 4) montre ce calage qui empêche l'envoi d'un nouveau déclenchement en amont.

Si l'on veut faire passer la manivelle à la position D le seul organe qui puisse

s'y opposer est le récepteur ; celui-ci empêchera tout mouvement tant que la pièce appelée crochet ne sera pas adhérente à son électro-aimant, c'est à dire tant qu'un courant de déclenchement ne sera pas transmis par le poste d'aval. Ce courant aura aussi pour effet d'abaisser la palette indicatrice supérieure au poste de réception où nous nous sommes placés et cette indication ne sera effacée qu'avec l'annonce à l'aval de la fermeture du signal du poste considéré, cette annonce se faisant toujours au moyen de sonnerie.

Ce système permet donc de réaliser toutes les conditions de sécurité désirables c'est-à-dire : 1° obligation de couvrir un train qui a franchi un poste ; 2° nécessité de couvrir un train pendant tout son parcours dans une station de block.

Le *London and North Western Railway* a exposé le *baton-pilote*, système Webb et Thompson, qui est un véritable système de block applicable aux voies uniques ; l'appareil est disposé de telle manière que, lorsqu'on retire un bâton pour le donner au mécanicien, la voie est électriquement bloquée à l'autre extrémité de la section, où l'on ne peut plus dégager le bâton pour expédier des trains en sens inverse.

Le *poste de block exposé par M. Timmis* dans la section anglaise, combine l'emploi du sémaphore électrique avec l'enclenchement des aiguilles.

Soient deux postes A et B (pl. 1, 16-17). Lorsque le signaleur du poste A désire laisser entrer un train dans le cantonnement en avant du signal d'arrêt S, il en demande permission au signaleur du poste B, en pressant le manipulateur de son *enquêteur* ce qui a pour effet d'actionner une sonnerie fixée au *permetteur* de la station B. Si le permetteur indique « ligne bloquée » le signaleur de B tourne la manivelle du permetteur vers la droite et l'écran de l'enquêteur présente au signaleur les mots « voie libre » au lieu de « ligne bloquée » qu'il indiquait auparavant. La manivelle se trouve calée dans cette position de voie libre. Le signaleur du poste A peut alors manœuvrer le bras S de son sémaphore.

La figure 2 représente un bras sémaphorique pouvant occuper trois positions correspondant à : *arrêt*, *ralentissement* et *voie libre*. Le bras sémaphorique tend toujours à se placer horizontalement sous l'action d'un contre-poids.

Les solénoïdes employés pour obtenir l'abaissement et le maintien à voie libre du bras sémaphorique sont superposés et montés sur le même axe vertical ; l'armature A₁ est plus près de l'électro supérieur M₁, que l'armature A₂ de l'électro M₂. Cette disposition a été prise dans le but suivant :

Lorsque l'aile du sémaphore a été amenée à 45°, par suite du passage du courant dans l'électro supérieur, une résistance est introduite dans le circuit, de manière à réduire le courant dans des proportions telles que l'armature soit seulement maintenue contre l'électro.

Pour effacer complètement l'aile, on fait alors circuler le courant dans l'électro M₂ de manière à achever l'attraction de l'armature A₂, qui a déjà subi un dé-

placement par suite de l'attraction de l'armature A_1 par l'électro supérieur; une résistance est également intercalée dans le circuit pour diminuer l'intensité du courant dont la force est alors juste suffisante pour que l'armature reste au contact de son électro-aimant.

Dès que le courant est interrompu, soit par une pédale, soit par le signaleur la tige r devient libre, et l'aile du sémaphore revient à la position horizontale qui indique l'arrêt.

Pendant la période d'abaissement de l'aile, à la position ralentissement, la tige c_1 exerce une traction sur la chaîne qui s'enroule sur la poulie à gorge d_1 , et l'extrémité i_1 du levier e_1 vient en p_1 ; la tige r_1 , fixée en i_1 au levier, se déplace, et son autre extrémité h_1 vient occuper la position j_1 dans laquelle l'aile fixée à l'extrémité s'abaisse à 45° au-dessous de l'horizontale.

Lorsque la tige c_1 achève son mouvement, p_1 vient en q_1 et l'extrémité j_1 de la bielle r_1 vient en m_1 . L'aile du sémaphore se trouve alors effacée.

La figure 3 représente le levier à commutateurs dont se sert le signaleur pour faire occuper au sémaphore ses trois positions. Ce levier peut occuper les cinq positions b, l, k, g, f , et il est muni de quatre pièces métalliques, m_1, m_2, m_3, m_4 , permettant de relier respectivement, de part et d'autre, les paires de ressorts C_1, C_2, C_3, C_4 quand le levier est dans la position b , ou successivement les paires de ressorts $1^1, 2^1, 3^1, 4^1$ quand il occupe les positions f, g, k, l ; enfin, la bielle r se déplace lorsque l'on fait mouvoir le levier autour du point O , de manière à réaliser les enclenchements voulus entre les signaux et les aiguilles.

Lorsque le signaleur veut effacer son signal, il amène la poignée à ressort H de la position b à la position f , sans lâcher la poignée, de manière à relier les ressorts de contact 1^1 au moyen de la pièce m_1 ; le courant passe alors dans l'électro-aimant supérieur du sémaphore qui se met à la position inclinée à 45° , et aussitôt un répéteur en miniature, placé dans la cabine au-dessus des appareils, reproduit ce mouvement. Le signaleur lâche alors la poignée H qui va d'elle-même occuper la position g , de sorte que la pièce m_2 met en contact les ressorts 2^1 ; le courant traverse alors une résistance r_1 , qui est ainsi introduite dans le circuit, de manière à réduire le courant de 5 ampères à 0,5 ampère, suffisant pour maintenir l'armature au contact de l'aile dans sa position à 45° .

Pour effacer complètement l'aile, le signaleur amène le levier H dans la position K , puis il le lâche pour lui laisser occuper la position l .

Enfin, quand la poignée est à sa position normale en b , les pièces m_1, m_2, m_3, m_4 mettent en contact les ressorts C_1, C_2, C_3, C_4 . Chacune de ces paires de ressorts fait partie du circuit électrique nécessaire pour manœuvrer les signaux qui sont en contradiction avec le signal manœuvré par la poignée H du commutateur. Cette disposition empêche le signaleur d'abaisser en même temps des signaux qui se contredisent.

M. Timmis a eu recours à des lampes à incandescence pour les feux que

doivent donner la nuit les sémaphores, et, de plus, il se sert aussi de lampes à incandescence, comme résistance, pour réduire l'intensité du courant :

Trois lampes à incandescence (voir fig. 2) servent à indiquer, la nuit, les trois positions de l'aile du sémaphore. Des réflecteurs paraboliques renvoient les feux sur des verres lenticulaires, qui sont rouge, vert et blanc, et, comme il n'y a jamais qu'une lampe allumée, la couleur du feu est obtenue par la substitution d'une lampe à l'autre. A l'arrière de chaque lampe, un verre coloré renvoie un feu de contrôle vers le poste du signaleur. En outre, cet agent a dans la cabine un appareil répéteur qui le renseigne sur l'allumage ou l'extinction des lampes; tant qu'aucun courant ne circule dans les lampes, le répéteur indique « éteinte; » dès que l'une des lampes est allumée, un index s'arrête devant le mot « allumée. »

La mise en action de chaque lampe est obtenue à l'aide de ressorts de contact placés sur l'aile elle-même, et qui, selon la position qu'elle occupe, envoi le courant dans l'une des trois lampes.

2° APPAREILS AUTOMATIQUES DE BLOCK-SYSTEM

Tous les appareils de block, rangés dans cette catégorie, reposent sur une intervention, plus ou moins complète de l'action automatique des trains, et n'existent qu'à l'état de projet. Nous n'entrerons pas dans des descriptions détaillées, et nous donnerons seulement le principe des différents appareils qui ont figuré à l'Exposition :

1° Le *discophore de Courval* consiste à munir chaque train de balais métalliques; ces balais, en frottant sur des plaques isolées, placées latéralement à la voie, envoient des courants dans un signal à lames de persiennes ou dans des écriteaux défendant de traverser la voie au passage à niveau. Ce système permet donc de supprimer l'homme chargé de la manœuvre des sémaphores et sert en même temps d'avertisseur de passage à niveau.

2° Les *avertisseurs électriques Leblanc et Loiseau* fonctionnent par l'emploi d'une pédale qui actionne un soufflet, de manière à échapper aux roues des véhicules suivants. Cet appareil a été essayé comme avertisseur sur le réseau de l'État pendant une durée de six mois; mais les inventeurs en indiquent l'extension au block-system automatique, et ils y ajoutent un compteur kilométrique permettant de reconnaître à distance la position d'un train sur la voie.

3° L'*appareil Leloutre* est un système de block automatique combiné avec le déclenchement du frein quand le signal est à l'arrêt; en face de chaque signal, se trouvent une pédale et un butoir qui ont pour but de mettre le signal à l'arrêt, d'arrêter le train, si le signal est déjà fermé, et d'effacer le signal en arrière du train.

4° *L'appareil Sauvajon* a déjà été exposé en 1878. L'inventeur applique le balai et le crocodile, système Lartigue et Forest, au fonctionnement d'un appareil de block automatique.

5° *L'appareil Leroy* comporte une pédale coudée placée latéralement au rail et chargée de faire fonctionner automatiquement les avertisseurs et les signaux de protection.

6° Enfin, *l'appareil Meunier* réalise le block automatique au moyen d'une pédale; en outre, une sorte de couteau, manœuvré par le disque, dans sa position d'arrêt, coupe une corde fixée sur la machine de manière à déclencher un sifflet d'alarme.

3° DISQUES ÉLECTRIQUES

La Compagnie des chemins de fer de l'Est, et la maison Postel-Vinay, ont exposé un *moteur pour la manœuvre électrique des signaux de chemins de fer*, imaginé par MM. G. Dumont et Postel-Vinay.

Cet appareil, représenté figure 1, pl. 18-19, peut s'adapter très facilement aux signaux existants de quelque genre qu'ils soient, de sorte qu'une compagnie de chemins de fer peut utiliser tout son matériel et substituer à peu de frais la manœuvre électrique à la manœuvre mécanique de ses signaux, sans même qu'il soit nécessaire de les déposer. Il suffit, en effet, de supprimer la transmission et de placer à côté du signal le moteur qui est relié par un fil télégraphique au poste ou aux postes qui doivent le manœuvrer.

Le système est basé sur le principe suivant :

Si le courant passe dans les bobines du moteur, le disque reste ouvert (voie libre); dès que le courant est interrompu, l'armature d'un électro-aimant, en se déplaçant, déclenche le mécanisme qui, par l'intermédiaire d'une chaîne et de deux poulies, fait faire un quart de tour à l'arbre du disque; celui-ci se met donc à l'arrêt (voie fermée).

Si l'on ferme de nouveau le circuit, un nouveau déclenchement se produit et le mécanisme fait faire au disque un quart de tour en sens inverse du premier; le disque se place donc à la position de voie libre, et y reste jusqu'à ce qu'une nouvelle rupture du circuit intervienne pour opérer un nouveau déclenchement.

Les piles employées, pour fournir le courant nécessaire, sont du système Leclanché.

Le mécanisme du moteur se compose :

1° D'un arbre vertical II portant deux cames Z et Z' servant à lui imprimer les mouvements de rotation convenables; à la partie inférieure de cet arbre on a placé une butée qui limite sa course à un quart de tour. (C'est cet arbre qui porte la poulie commandant la chaîne du disque; sur le dessin fig. 2, l'arbre

du moteur est relié à celui du disque par une bielle, mais on a remplacé cet organe de transmission par une chaîne passant sur deux poulies) ;

2° D'une roue R' portant cinq dents H d'une forme particulière, calée sur un arbre horizontal O supportant d'autres pièces dont il sera parlé tout à l'heure ; les cinq dents de cette roue concourent successivement au déplacement de l'arbre vertical du moteur, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre ; à cet effet, les deux cames de cet arbre (dont il a été question plus haut) sont placées l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure de la circonférence de la roue.

Si une dent se présente devant la came supérieure, elle la pousse ; pendant ce temps, la came inférieure se ment dans l'intervalle de deux dents. Au déclenchement suivant, au contraire, c'est la came inférieure qui est poussée et la came supérieure se ment entre deux dents.

La circonférence de la roue à cinq dents tourne de droite à gauche en haut, et de gauche à droite en bas ; il en résulte que les mouvements communiqués à l'arbre vertical par l'intermédiaire des cames sont alternativement de sens contraire.

L'arbre horizontal O du moteur porte, outre la roue à cinq dents dont il a été question ci-dessus, un treuil à encliquetage T et une autre roue à dix dents R ; ces dents $d, d...$ de forme trapézoïdale, servent à relever un contrepoids V qui, à chaque déclenchement, est dégagé et permet à l'arbre horizontal de faire un dixième de tour. Dès que ce contrepoids a été relevé, il cale tout le système et empêche tout mouvement en avant comme en arrière.

Le déclenchement électrique est double, c'est-à-dire que l'armature a de l'électro-aimant E porte deux crochets c, c' pouvant être en prise avec deux leviers L et L' relativement légers. L'un de ces leviers est en prise lorsque l'armature a est au contact, l'autre lorsqu'elle est écartée ; ils tendent tous deux à s'écarter de la position d'enclenchement sous l'action d'un contrepoids et fonctionnent exactement dans les mêmes conditions, c'est-à-dire que leur déplacement a pour effet de faire tourner d'un dixième de tour l'arbre horizontal.

Ces leviers sont alternativement réenclenchés par des goupilles $g, g....$ implantées alternativement sur les deux faces de la roue à dix dents trapézoïdales.

C'est le déplacement de ces leviers L, L' qui permet l'échappement du contrepoids calant V ; cet échappement a été réalisé d'une façon très simple : l'arbre de pivotage des leviers A est entaillé ; lorsque le levier L' , par exemple, se relève, cette entaille se présente devant un bec solidaire du contrepoids calant V et le laisse passer ; si le levier est enclenché, le bec repose, au contraire, sur la partie ronde (non entaillée) de l'arbre de pivotage et se trouve ainsi retenu.

Sur le treuil est enroulé une corde métallique au bout de laquelle est attaché le poids moteur.

Ajoutons enfin que la roue à cinq dents R' du moteur porte sur une de ses

faces, dix becs en bronze F, F, F... qui viennent s'appuyer tour à tour sur la partie ronde de l'arbre de pivotage X du contrepoids calant V ; cet arbre X est également entaillé ; lorsque le contrepoids s'abaisse, l'arbre de pivotage tourne, l'entaille se déplace et laisse passer le bec de la roue à cinq dents.

Suivons les différentes phases du déclenchement total, et, pour cela, considérons le disque dans sa position d'arrêt (voie fermée) : aucun courant ne passe dans les bobines de l'électro-aimant, un des leviers déclencheurs L' par exemple est relevé ; l'autre est retenu par le crochet correspondant de l'armature.

Pour ouvrir le disque, c'est-à-dire pour le mettre à voie libre, on ferme le circuit et :

1° L'armature de l'électro-aimant est attirée ;

2° Le levier L qui était retenu se trouve dégagé ; il se relève, son arbre de pivotage A tourne et son entaille dégage le bec du contrepoids calant V ;

3° Le contrepoids calant V tombe ; l'entaille de son arbre X laisse passer un des dix becs F de la roue à cinq dents R' ;

4° L'arbre horizontal O du moteur, entraîné par le poids, fait un dixième de tour, et, pendant qu'il exécute sa rotation, il se produit les effets suivants :

La roue à cinq dents R' pousse l'une des cames Z, Z' de l'arbre vertical II du moteur ; cet arbre fait un quart de tour et entraîne dans son mouvement l'arbre du disque ;

La roue à dix dents trapézoïdales R fait un dixième de tour, puisqu'elle est solidaire de l'arbre horizontal du moteur, et l'une de ses dents *d* relève le contrepoids calant V, de telle sorte que le bec suivant de la roue à cinq dents rencontre la partie non entaillée de l'arbre de pivotage et se cale ;

L'une des goupilles *g* implantées sur cette même roue R abaisse le deuxième levier déclencheur et le met en prise avec le crochet correspondant de l'armature de l'électro-aimant ; ce qui a pour conséquence le calage du contrepoids calant, puisque l'arbre de pivotage du levier présente sa partie non entaillée devant le bec de ce contrepoids.

Les choses sont ainsi remises en état ; tout le système est calé et le disque est mis à la position de voie libre.

Si l'on rompt le circuit, les mêmes effets se reproduiront, mais ils auront pour cause le déclenchement de l'autre levier ; la came actionnée sera différente et le disque se mettra à la position de voie fermée, parce que l'arbre vertical du moteur aura tourné d'un quart de tour en sens inverse.

Les phases du réenclenchement seront exactement les mêmes.

Dans cet appareil, toutes les causes de dérangements ont été prévues. Tout dérangement survenant dans la pile, dans le fil conducteur, etc., a pour effet de mettre le signal à l'arrêt, ce qui évite toute chance d'accident.

Un moteur système G. Dumont et Postel-Vinay actionne depuis le 7 août 1886 le disque avancé de la station du Raincy et les résultats ont absolument répondu

aux espérances. Aussi a-t-on mis dernièrement en service sur le réseau de l'Est, six autres appareils du même genre.

M. Postel-Vinay avait réalisé dans son exposition de la classe 62 (électricité) un système de block très simple à l'aide de deux moteurs Dumont, Postel-Vinay attelés chacun sur un disque modèle Est et modèle P.-L.-M. Ces deux disques étaient dans deux positions inverses et quand on rompait le circuit pour mettre à l'arrêt celui qui était à voie ouverte, le deuxième disque qui était à voie fermée se tournait à voie libre. Ce système de signaux avertisseurs est intéressant pour l'exploitation des lignes à voie unique.

Postérieurement à l'invention de MM. G. Dumont et Postel-Vinay, M. Aubine de la Cie P.-L.-M. et MM. Mors et Rodary ont imaginé deux autres modèles de disques électriques.

Une maquette du *disque électrique de M. Aubine* figurait dans la classe 61 (Chemins de fer).

Cet appareil est destiné, par son auteur, à être annexé à son automoteur pour opérer électriquement le fonctionnement du disque. Il se compose d'un appareil moteur mû par un poids dont la corde s'enroule sur un tambour qui, par l'intermédiaire d'un cliquet, est solidaire d'une roue montée sur le même axe et munie de dents de butée et de tourillons.

Les dents de la roue reposent sur des axes entaillés qui produisent l'arrêt du mécanisme, lorsqu'ils sont dans une position convenable et les tourillons font jouer des leviers qui mettent en mouvement soit le disque lui-même par l'intermédiaire de la transmission, soit l'automoteur auquel l'appareil est relié par une bielle.

Les déclenchements de l'appareil sont produits par une double fourche montée sur un arbre qui porte une armature attirée par un électro-aimant ; les becs de la fourche de l'échappement maintiennent au repos les leviers munis de contre-poids qui sont fixés sur les axes à encoches sur lesquels viennent s'appuyer les dents de la roue.

La disposition de l'appareil moteur, de l'échappement et des commutateurs qui l'actionnent est telle que le disque étant à l'arrêt, aucun courant ne peut passer dans les bobines, la ligne étant coupée par un second appareil appelé distributeur-interrupteur.

L'appareil peut être manœuvré par plusieurs postes, les commutateurs qui le commandent peuvent s'appliquer à un levier de Saxby, de Vignier, ou se manœuvrer à la main.

Le *disque Mors-Rodary* présente beaucoup d'analogie avec le disque Dumont et Postel-Vinay et était présenté comme permettant de réaliser le block-system ; le mouvement de rotation du signal est obtenu au moyen d'un poids agissant à l'extrémité d'une corde qui s'enroule sur un tambour dont l'axe porte une

roue à ailettes enclenchée par un électro-aimant. En temps ordinaire le courant est continu ; la rupture du circuit déclenche la roue qui tourne sous l'action du poids et s'enclenche après avoir décrit un certain angle.

En se mettant à l'arrêt le disque établit un contact et envoie sur le même fil de ligne un courant qui fait fonctionner un répéteur dans le poste.

En cas de rupture du fil de ligne ou de la corde du poids moteur, le disque se met de lui-même à l'arrêt.

La manœuvre est obtenue, soit à l'aide de commutateurs, soit à l'aide de pédales réalisant le block automatique, par l'interruption du courant continu, lors que le train passe devant le disque ; la mise à l'arrêt du signal ferme alors le circuit du disque de la section précédente de sorte que la voie est automatiquement rendue libre.

IV. — Appareils électriques en tous genres

Les Compagnies de chemins de fer font usage d'appareils électriques pour correspondre d'un point à un autre d'une même gare, notamment pour les ordres à donner à des postes d'enclenchement souvent éloignés. Nous allons examiner quels sont les différents types d'appareils en usage dans les grandes Compagnies.

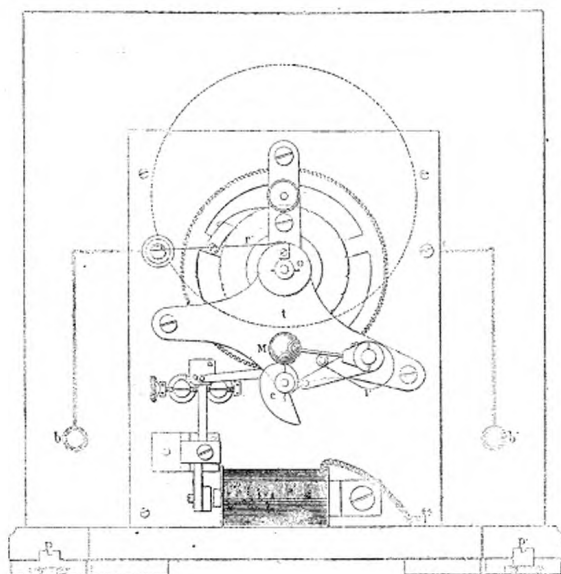
La *Compagnie P. L. M.* emploie la *sonnerie Joussetin*.

La sonnerie à cadran Joussetin contient un certain nombre de signaux inscrits sur des macarons au nombre de 20 en général.

Le mécanisme se compose d'une roue dentée, d'un pignon et d'un électro-aimant dont la palette commande le mouvement de déclenchement. Le rouage est actionné par un ressort d'horlogerie, lequel se remonte en ramenant simplement en arrière l'aiguille-manivelle qui se meut sur le cadran. Cette aiguille est sollicitée à tourner par le ressort du mouvement d'horlogerie, et elle est arrêtée par un enclenchement porté par la palette d'un électro-aimant, de façon qu'à chaque émission de courant (quel que soit le sens de ce courant) l'aiguille déclenchée avance d'une division. Chaque fois que l'aiguille avance d'une division, un coup de timbre résonne : l'attention de l'agent auquel s'adresse le signal est ainsi attirée.

L'émission du courant peut être produite, dans le poste appelant, par un compteur spécial à guichet qui indique au signaleur le nombre de coups qu'il a transmis. Ce compteur se compose d'un plateau circulaire portant les mêmes divisions que le récepteur. A chacune des émissions du courant, un système d'encliquetage fait tourner le plateau d'une division, et un guichet pratiqué dans

la boîte de recouvrement laisse voir un chiffre qui représente le nombre des émissions de courant que l'on a produites. Quand la transmission est terminée, on appuie sur un index qui dégage l'encliquetage, et le plateau revient à la croix.



Pour simplifier l'installation des appareils, la Compagnie de P. L. M. a, dans ces derniers temps, remplacé le transmetteur par un bouton fixé sur la boîte de la sonnerie elle-même. La distribution électrique est faite de telle sorte que l'aiguille de l'appareil transmetteur et celle de l'appareil récepteur se meuvent sous l'influence du même courant et donnent, par suite, dans les deux postes en correspondance des indications identiques.

Comme il est nécessaire de remettre l'aiguille indicatrice à la croix pour recevoir le collationnement du signal passé, une seconde aiguille, peinte en rouge, a été fixée à frottement doux sur un canon concentrique à l'axe de l'aiguille indicatrice. Celle-ci est remise à la croix quand la manœuvre est terminée.

Lorsque cette sonnerie est montée concurremment au block-system, dont il sera question par la suite, elle est intercalée dans le circuit des appareils Tyer ; et c'est une pression sur le bouton poussoir du Tyer qui fait avancer d'une division l'aiguille sur le cadran.

L'appareil *Guggemos*, employé à la *Compagnie du Nord* toutes les fois que la distance des postes à mettre en correspondance dépasse 400 mètres, se

compose d'un cadran que l'on suspend au mur. Ce cadran est divisé en treize secteurs portant les indications que l'on veut transmettre ; autour de ces secteurs se trouvent des boutons et des cartouches circulaires où sont inscrits les ordres que l'on doit recevoir. Enfin, au centre du cadran est montée une aiguille mobile. Lorsque l'agent de l'un des postes appuie sur l'un des boutons de son appareil, l'aiguille de ce dernier et celle de l'appareil du poste correspondant viennent s'arrêter toutes deux vis-à-vis du secteur de ce bouton. L'autre agent accuse réception en appuyant sur le bouton de son appareil ; les aiguilles font alors un tour complet et reviennent s'arrêter au même signal, puis l'agent qui a donné le premier signal ramène les deux aiguilles à la croix. Chaque appareil comprend donc un clavier, un électro-aimant, un mouvement d'horlogerie, un échappement, un interrupteur et un paratonnerre, et un seul fil de ligne suffit.

L'appareil qui joue à la fois le rôle de manipulateur et de récepteur, fonctionne dans les mêmes conditions qu'un télégraphe à cadran. En appuyant sur un bouton, on déclenche le mouvement d'horlogerie, l'aiguille se met en marche en produisant les envois et interruptions de courant nécessaires pour faire mouvoir l'aiguille du poste correspondant et elle s'arrête en face du bouton pressé, qui lui sert de butoir.

La *Compagnie du chemin de fer du Nord* a également exposé un appareil de correspondance à guichets qui est employé quand il s'agit de mettre en relation des points assez rapprochés les uns des autres, dont l'éloignement n'excède pas 300 à 400 mètres.

L'appareil renferme autant de boutons qu'il y a de correspondances à échanger avec chaque poste. Au-dessus de chaque bouton se trouvent des guichets circulaires, devant l'ouverture desquels viennent apparaître des voyants.

Toutes les correspondances sont disposées sur deux rangées : celle du bas comprend les phrases appropriées à chaque cas particulier ; celle du haut ne renferme que deux signaux qui sont les mêmes sur tous les tableaux : « Erreur, je répète » et « Attendez ».

En appuyant sur un bouton, l'agent expéditeur fait tinter une sonnerie et envoie, en même temps, dans les bobines du voyant correspondant à ce bouton et dans les bobines du voyant symétrique de l'autre poste, un courant qui actionne les deux voyants et les fait apparaître ; l'agent du poste appelé accuse alors réception en pressant à son tour sur le bouton situé au-dessous du guichet correspondant : il efface, du même coup, les deux voyants et fait tinter la sonnerie du poste transmetteur.

L'appareil à guichets réalise enfin la disposition suivante : Lorsqu'il est nécessaire d'indiquer l'occupation momentanée d'une voie fréquentée, l'aiguille fait apparaître un voyant sur lequel est inscrite cette phrase : « Voie n°.... occupée » ; ce signal ne peut être effacé que par l'agent qui l'a fait apparaître.

L'inconvénient de ce système est d'exiger autant de fils conducteurs qu'il y a de correspondances à échanger.

La Compagnie du Nord fait également usage d'un appareil de correspondance à un seul guichet avec sonnerie lorsqu'il s'agit de transmettre un seul signal qui doit être à la fois acoustique et optique.

Les *appareils de correspondance avec réduction du nombre de fils* exposés par la *Compagnie des chemins de fer de l'Est* sont destinés à établir des correspondances entre deux cabines d'enclenchements Saxby et Farmer dont les agents doivent se concerter pour les manœuvres à faire.

Ces appareils consistent en tableaux dits récepteurs et tableaux dits transmetteurs ; les récepteurs sont analogues aux tableaux de service en usage dans les hôtels ; les transmetteurs comportent simplement des poussoirs à ressorts, formant les contacts.

La particularité intéressante du système consiste dans la réduction du nombre de fils reliant les transmetteurs aux récepteurs. On sait que d'ordinaire, il faut autant de fils qu'il y a de voyants à actionner ; dans le système étudié par M. G. Dumont et adopté par la Compagnie de l'Est, il suffit de $2n$ fils pour émettre n^2 signaux.

Nous allons donner le principe de la combinaison réalisée :

Soit 4 boutons transmetteurs a, b, c, d et 4 électro-aimants récepteurs a', b', c', d' , reliés entre eux par les fils 1, 2, 3 et 4, comme l'indique la fig. 3, pl. 18-19 ; si on presse sur le bouton b , le courant partant par le fil 2, parcourra l'électro-aimant b' et reviendra au bouton b par le fil 3 ; mais une partie du courant pourra se diviser à travers les électro-aimants d', c' et a' , en les parcourant en tension et reviendra également par ce chemin au bouton b . Comme les $3/4$ du courant passeront par l'électro-aimant b' et que $1/4$ seulement traversera les électros d', c' et a' , on comprend qu'il suffira de faire usage d'un courant de force appropriée pour que l'électro b' fonctionne seul.

Ce résultat a été atteint très facilement dans les expériences qui ont été faites, mais on a craint qu'en pratique les piles ne soient pas toujours bien équilibrées et on a préféré avoir recours au dispositif représenté fig. 4, pl. 18-19.

Les boutons transmetteurs a, b, c et d sont à double contact. Les électro-aimants récepteurs a', b', c' et d' sont d'un système quelconque. Il a été adjoint au dispositif primitif les commutateurs X et Y.

A l'état de repos, les lignes 1 et 2 sont en communication avec les commutateurs X et Y, et les lignes 3 et 4 aboutissant aux lames de contact de ces commutateurs se trouvent isolées jusqu'à ce qu'un des commutateurs en fonctionnement vient mettre ces lignes en communication soit avec les électros a', c' , soit avec les électros b', d' , selon le commutateur qui aura agi. (Le schéma in-

dique suffisamment la position qui prendraient les deux lames fixées sur l'armature, si celle-ci venait à être attirée par l'électro du commutateur.)

Supposons maintenant qu'on vienne à presser le bouton *b*; d'une part, la ligne 2 sera mise en relation avec une pile dont le courant parcourra cette ligne, traversera le commutateur Y et ira à la terre (pour ne pas surcharger le schema, on n'y a pas introduit les diverses piles dont le fonctionnement est facile à comprendre). L'armature du commutateur sera attirée, les deux lames qui y sont fixées viendront au contact des deux lames fixes placées à leur gauche et les lignes 3 et 4 se trouveront en communication avec les électros *b'* et *d'*.

En pressant le bouton *b*, on envoie le courant d'une deuxième pile sur la ligne 3 qui, par le fait de l'action du commutateur, se trouve mise en rapport avec l'électro-aimant *b'*; le courant de cette deuxième pile passera donc par la ligne 3, l'électro *b'* et retournera à la terre.

Ainsi, en poussant le bouton *b*, on aura fait fonctionner seul l'électro *b'*; il ne reste plus qu'à disposer cet électro pour qu'il fasse mouvoir un voyant.

Comme nous l'avons dit plus haut, les tableaux récepteurs sont du type des tableaux d'hôtel; ils sont donc constitués par des voyants surmontant une aiguille aimantée; cette aiguille oscille entre les bobines d'un électro-aimant et est attirée, tantôt par l'une, tantôt par l'autre de ces bobines, suivant le sens du courant qui les parcourt.

Pour que les dispositions de principe, énoncées dans le schema, soient complètes, il ne reste plus qu'à concevoir un second jeu de boutons transmetteurs semblables aux boutons *a*, *b*, *c* et *d*, et reliés de la même façon que les premiers aux lignes 1, 2, 3, 4. Les piles positives affectées aux commutateurs sont raccordées aussi à ce second jeu de boutons, mais il y a une pile négative (c'est-à-dire fournissant un courant de sens contraire à la pile des boutons *a*, *b*, *c* et *d*) affectée aux lignes 3 et 4 qui desservent les électros des voyants.

Si donc les premiers boutons, envoyant un courant positif dans les électros, font apparaître les voyants, les seconds boutons, envoyant un courant négatif, les feront disparaître.

Lorsqu'il n'y a que 4 boutons et 4 voyants, on ne réalise pas d'économie de fils, puisque dans ce cas $2n = n^2$; mais il n'en est plus de même si on augmente le nombre des boutons. En effet, on pourra, par exemple, actionner 36 voyants avec 12 fils seulement ($n = 6$, $2n = 12$ et $n^2 = 36$).

On a en outre muni chaque tableau récepteur d'une sonnerie qui tinte dès qu'un voyant apparaît ou s'efface.

On remarquera que les transmetteurs (fig 45. et 46, pl.18-19) sont munis chacun de 12 boutons-poussoirs. Il y a sur chaque transmetteur 6 boutons blancs et 6 boutons noirs; les uns comme les autres s'adressent aux 6 voyants du récepteur correspondant, mais les boutons blancs sont destinés à faire apparaître les voyants,

et les noirs à les faire disparaître ; les uns servent à lancer dans la ligne un courant positif, les autres un courant négatif.

En outre, on distingue sur chaque transmetteur 6 petites fenêtres *a*, correspondant aux séries de boutons ; derrière chaque fenêtre, apparaît un signal rouge lorsqu'on presse le bouton blanc correspondant ; lorsqu'on presse le bouton noir, le signal rouge disparaît et laisse apparaître un signal blanc.

Cette disposition, purement mécanique, a pour but de rappeler aux agents les commandements qu'ils ont envoyés, afin qu'ils n'oublient pas de les annuler en temps voulu, c'est-à-dire lorsque la manœuvre que l'on a eu à exécuter est terminée.

Le commutateur (fig. 7 et 8 pl. 18-19) se compose essentiellement d'un électro-aimant dont l'armature supporte 7 équerres en cuivre.

Lorsqu'un courant circule dans l'électro, l'armature se déplace, et les 7 équerres viennent appuyer 7 lames de ressort sur 7 bornes à contact ; 6 de ces bornes sont en communication avec les voyants du tableau récepteur, et, lorsque les lames appuient sur les bornes, les électros des voyants se trouvent en relation avec les fils de ligne aboutissant aux lames de ressort.

La septième lame de ressort et la septième borne de contact sont destinées à fermer le circuit d'une pile locale sur la sonnerie trembleuse dont il a été question plus haut.

L'appareil de correspondance électrique, exposé par la *Compagnie d'Orléans*, a pour objet de permettre, entre deux postes, l'échange rapide de signaux convenus à l'avance.

Le récepteur et le transmetteur sont identiques.

Cet appareil (fig. 1 pl. 20-21) se compose d'un récepteur à cadran du système Bréguet, dont l'axe du dernier mobile porte un petit disque distributeur, permettant de produire à volonté une distribution automatique du courant qui entretient le mouvement de l'appareil transmetteur et celui de l'appareil en correspondance.

Pour correspondre, il suffit alors d'amener le courant d'une pile dans le système, à l'aide d'un crayon métallique, fixé à l'extrémité d'un cordon souple, que l'on vient appuyer sur le cadran, dans une cavité ménagée sur le secteur du signal à transmettre. Le contact, aussitôt établi, les aiguilles des deux appareils se mettent en mouvement ; lorsque l'aiguille en ébonite de l'appareil transmetteur vient rencontrer le crayon, elle s'arrête, et par suite celle de l'appareil récepteur correspondant s'arrête en même temps.

Le crayon joue donc le rôle d'un manipulateur, et supprime, par conséquent, tous les organes compliqués de transmission.

Le signal acoustique se produit en même temps que le signal visuel. Il persiste jusqu'à ce qu'on réponde, et s'arrête automatiquement dès que le poste attaqué répond.

Pour qu'il y ait certitude que la transmission a été correcte, le poste attaqué place son crayon métallique à la croix pour ramener tout le système au point de départ; il envoie ensuite le signal qui lui a été fait par le premier poste, lequel ramène les aiguilles à la croix, en plaçant son crayon à la croix de son appareil.

L'appareil galvanométrique de correspondance, pour les communications entre les gares et les passages à niveau, exposé par les *Chemins de fer de l'État*, comporte une aiguille qui s'incline à droite au passage d'un courant positif, et à gauche au passage d'un courant négatif, et qui indique alors l'une ou l'autre des phrases suivantes : « *Puis-je ouvrir?* » — « *Fermez.* » — « *Ouvrez.* » — « *Je ferme.* »

Le sens du courant est déterminé par un commutateur inverseur servant à transmettre ces signaux.

V. — Cloches électriques.

Les cloches sont des appareils destinés, par l'emploi de courants électriques, à produire sur une ligne des signaux acoustiques à l'aide de sonneries conventionnelles. Les cloches sont placées sur voie unique pour annoncer les trains et pour donner, contre le danger de la collision de deux trains de sens contraire, une garantie qui complète les prescriptions réglementaires. Elles offrent aussi le moyen de prévenir un accident en cas d'oubli de ces prescriptions, ou d'erreur dans leur application.

Enfin, dans certaines circonstances, les cloches servent à donner dans l'intérieur des grandes gares des indications spéciales.

L'emploi des cloches électriques a été rendu obligatoire par la circulaire ministérielle du 13 septembre 1880 sur les sections à voie unique, où circulent plus de six trains réguliers par jour dans chaque sens, à moins que ces Compagnies ne préférassent leur substituer le block-system à signaux extérieurs.

La Compagnie du chemin de fer du Nord a appliqué, d'une manière générale, les cloches électriques sur toutes les lignes à voie unique et à double voie.

Après avoir successivement appliqué et perfectionné trois types de cloches, la Compagnie du Nord a adopté un type plus récent, qu'elle a exposé, et qui comporte un signal optique, ayant à peu près l'apparence du petit bras des électro-sémaphores.

Ces cloches reposent sur une colonne en fonte extrêmement solide et le mécanisme en est très simple.

La pièce principale est un tambour, autour duquel s'enroule la corde du poids moteur et qui porte à une extrémité une roue pleine en fonte, garnie à sa périphérie de neuf dents, destinées à faire osciller un marteau unique qui frappe intérieurement contre un timbre et qui donne une série de six coups simples, à chaque déclenchement. Le marteau est fixé à une tige verticale munie de deux buttoirs qui sont heurtés alternativement par les cames de la roue en fonte. L'appareil comprend en outre un électro-aimant, une palette de fer doux et un paratonnerre. Le système de déclenchement est analogue à celui des cloches du type Est qui est décrit plus loin.

Le mouvement est enfermé dans une boîte cylindrique de tôle, posée sur une colonne de fonte de 2^m,60 de hauteur, dans laquelle descend le poids moteur. La base de la colonne, enfouie dans le sol à 0^m,90 de profondeur, est maintenue avec de la terre battue mêlée de cailloux.

Le timbre est monté à la partie supérieure de la boîte cylindrique et protège l'appareil contre la pluie.

L'addition d'un signal optique a été réalisée de la manière suivante : à la partie supérieure de la sonnerie est monté sur un axe, un bras peint en jaune qui, dans sa position normale, est vertical. Lorsqu'un train a été annoncé et que l'appareil a fonctionné, le bras se place horizontalement sous l'action d'un ressort. Pour le placer dans la position verticale, on doit le ramener à la main. L'enclenchement de ce bras est réalisé à l'aide d'une tringle verticale dont l'une des extrémités est calée sur l'arbre du bras ; l'autre, pourvue d'un taillon, est retenue sur l'axe prolongé du doigt d'enclenchement du mécanisme.

Lorsqu'un courant électrique est envoyé dans l'électro-aimant, il se produit le déclenchement de la cloche et en même temps celui du petit bras.

Le déclenchement du petit bras s'opère quand bien même le marteau n'agirait pas sur le timbre, ce qui arrive lorsque le contre-poids est au bout de sa course. Cette cloche est pourvue d'un cadran extérieur sur lequel se meut une aiguille destinée à indiquer la position du poids moteur.

La Compagnie du Nord emploie comme source d'électricité des cloches d'annonce, soit un inducteur, soit un commutateur avec une pile.

1° L'*inducteur* se compose d'une grosse bobine tournant, au moyen d'une manivelle, entre les branches de douze forts barreaux aimantés en forme de fer à cheval. Un demi-tour de la manivelle suffit pour faire déclencher toutes les sonneries qui se trouvent dans un même groupe. Un commutateur permet de diriger le courant électrique fourni par l'inducteur dans le sens de l'un ou de l'autre des groupes de sonneries entre lesquels la gare est placée.

Ce commutateur se compose d'un levier vertical sollicité par deux ressorts antagonistes et ordinairement maintenu entre deux verrous ; afin d'éviter les

erreurs de direction, ce levier ne peut être manœuvré qu'autant qu'on a relevé au moyen d'une clef, le verrou du côté qui correspond au groupe de sonneries qu'il s'agit de faire fonctionner. Une boussole, placée au dessus du commutateur, dévie pendant tout le temps que passe le courant électrique.

Dans certains cas, il est nécessaire de laisser aux agents la faculté d'annoncer exceptionnellement des trains ou des machines circulant entre deux postes.

A cet effet, on emploie un commutateur à bouchon, formé d'une boîte en chêne qui, dans sa position normale, n'interrompt pas le circuit des cloches. L'ouverture de la boîte a pour effet d'interrompre le fil des cloches.

Lorsqu'on veut annoncer le départ d'un train ou d'une machine, on ouvre le commutateur, on introduit le bouchon métallique dans celui des trous qui se trouve au-dessous du nom du poste vers lequel se dirige le train ; puis on manœuvre l'inducteur auquel est relié ce bouchon, ce qui donne naissance à un courant électrique et fait déclencher les cloches.

2° Le *commutateur de pile* se compose d'une boîte en fonte, renfermant un cylindre en buis sur lequel est disposé un large contact en cuivre ; trois frotteurs, parfaitement isolés, se réunissent deux à deux sur le contact. Le cylindre, calé sur un axe, est actionné par une manivelle ordinairement enclenchée par une tige à ressort. Pour tourner la manivelle, il suffit de tirer la tige verticale qui fait saillie à l'extérieur de la boîte en fonte. Quand l'appareil est au repos, les frotteurs, auxquels sont reliées la ligne et la terre, sont réunis ensemble par le contact du cylindre ; dès que l'on tourne la manivelle, les frotteurs reliés à la pile et à la ligne deviennent solidaires l'un de l'autre et le courant actionne les cloches.

La *Compagnie des Chemins de fer de l'Est* a exposé un type de cloche permettant l'emploi d'un vocabulaire très complet de signaux, formés de corps simples différemment combinés. La source électrique est une machine d'induction.

L'appareil se compose essentiellement du socle de fondation A et d'un fût B ; ces deux pièces sont boulonnées ensemble avec interposition d'une rondelle en feutre goudronnée entre les brides.

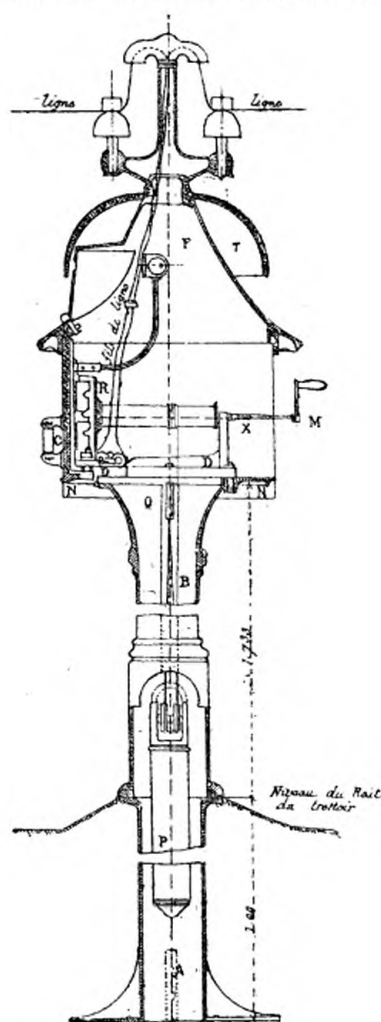
A la partie supérieure du fût se trouve une couronne en fonte N qui reçoit le bâti de l'appareil à cloche, lequel est entouré par une enveloppe cylindrique en tôle C C.

Cette enveloppe est mobile et peut être descendue à l'aide de deux poignées.

Un chapeau en fonte F, en forme de toit, protège le mécanisme et sert en même temps de support au timbre en fonte T placé au dessus.

Enfin on remarque, au sommet de l'appareil, une pièce o en forme de T renversé sur laquelle sont fixés les isolateurs en porcelaine des fils de ligne et des fils qui relient ces derniers à la cloche.

Le mécanisme est représenté sur les figures suivantes qui donnent une vue de face et une vue de profil. On voit qu'il se compose d'un treuil à contre-poids moteur et d'un électro-aimant avec mécanisme d'enclenchement.



CLOCHE EXPOSÉE PAR LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE L'EST

Le treuil comprend un tambour en fonte *t* muni à l'une de ses extrémités d'une roue à rochet *R* et dont l'axe *X* est supporté par le bâti *D*. A la suite de la roue *R* se trouve un disque *E* fou sur l'axe *X* et portant 9 cames *c c c...* et autant de saillies *e e e...* destinées à caler 9 dents plates *d d d...* en cuivre fixées sur la face opposée à celle des cames. Enfin 9 chevilles *b b b...* sont ajoutées sur la face des cames *c...* et le disque *E* porte un cliquet *K* dont le contact avec les dents du rochet *R* est assuré au moyen d'un ressort goupillé.

chape de la poulie Q', on comprend que l'on puisse obtenir un grand nombre de signaux en diminuant, dans une considérable proportion, la hauteur de chute du contrepoids.

L'électro-aimant G attire une palette de fer doux H chaque fois qu'un courant électrique passe dans les bobines ; dès que ce courant cesse, le ressort antagoniste s'écarte l'armature de l'électro dont la course se trouve limitée par la vis V.

La palette H, qui ne fait qu'osciller légèrement autour de l'axe Z, porte une ancre d'échappement *f* qui, au repos, accroche la broche *i* du levier de déclenchement L. Ce levier est monté sur un axe *l* en acier, entaillé à mi-diamètre au droit du passage des dents *d* ; la partie pleine de cet axe *l* arrête une dent *d* lorsque l'ancre *f* retient la broche *i* du levier L. Lorsque le levier L est abandonné par l'ancre *f*, le ressort de rappel *r* le soulève violemment jusqu'au ressort courbe *u* qui amortit le choc.

Une lame ressort *n* vissée sur la palette H a pour but de recevoir le choc du levier L lorsqu'il redescend et de le renvoyer légèrement pour assurer la prise de la broche *i* par le crochet de l'ancre.

Un paratonnerre à vis formant pointes *p* complète le système ; la partie supérieure isolée de la masse de l'appareil établit les communications électriques entre les deux fils de ligne attachés aux vis *o* et *o'* et les bobines de l'électro-aimant ; la partie inférieure en contact avec la masse métallique de l'appareil communique avec la terre de façon à écouler l'électricité atmosphérique en cas d'orage.

Ceci posé, le fonctionnement de l'appareil est facile à comprendre :

On voit qu'à l'état de repos, le marteau *m* est prêt à être lancé par la came supérieure *c* qui touche l'ailette *a* ; une dent *d* repose sur la partie pleine de l'axe I et retient le treuil qui est sollicité par le poids P.

Lorsqu'un courant électrique passe dans l'électro G, l'armature H est attirée et ramenée aussitôt dans sa position normale afin que l'ancre *f* soit toujours prête à accrocher le levier L.

Ce faible mouvement de l'armature H a permis au ressort *r* de soulever le levier de déclenchement L qui reste en contact avec la lame *u*.

Le mouvement angulaire du levier a fait tourner l'axe I, qui présente alors sa partie entaillée à la dent *d* et la rend libre.

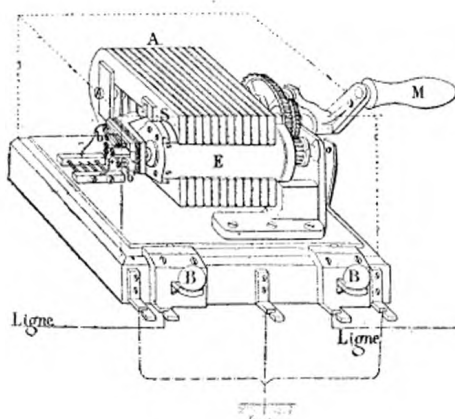
Le contrepoids P a fait tourner le treuil jusqu'à ce que la cheville *b'*, rencontrant le taquet L' du levier L, ait ramené ce levier en prise avec l'échappement *f* ; le levier L, en s'abaissant, présente de nouveau la partie pleine de l'axe I, qui arrête la dent *d* suivante.

Dans le mouvement qui s'est produit, la came supérieure en contact avec l'ailette *a* de l'axe de rotation *x* du marteau *m*, a lancé celui-ci à l'intérieur du timbre qui a sonné un coup. Le marteau *m* a subi un léger mouvement de recul

et la came inférieure, en rencontrant l'ailette a' , l'a ramené tout à fait dans sa position initiale.

Chaque émission de courant produit ainsi un coup de cloche. Une aiguille indique la position du poids moteur dans la colonne du pigeonnier et le moment où il est nécessaire de le remonter.

La source d'électricité est l'inducteur Siemens complété en vue de son usage spécial ci-dessus défini.



INDUCTEUR SIÉMENS

La petite machine magnéto-électrique a été conservée avec sa bobine E, ses 12 lames d'aimant en fer à cheval A, ses frotteurs b et b' pour recueillir l'électricité produite, et ses boutons manipulateurs, dits de contact BB.

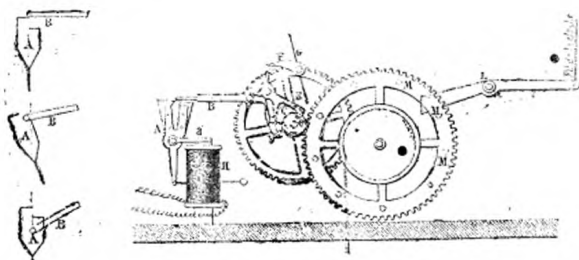
La manivelle M a été rendue folle sur son axe et reliée aux engrenages, qui actionnent la bobine d'introduction, au moyen d'un cliquet et d'un rochet. Le bâti de l'inducteur a de plus été modifié, de façon à arrêter un appendice de la manivelle, lorsqu'une demi-révolution est accomplie, ce qui correspond à 3 tours de bobine.

Avec ces dispositions, en manœuvrant la manivelle d'avant en arrière, on ne produit aucun mouvement de la bobine d'induction, et, par suite, aucun signal; mais, en faisant décrire à la manivelle un demi-tour en avant, on produit une émission de courant qui provoque un coup de toutes les cloches d'un même circuit.

Les inducteurs de postes intermédiaires de pleine voie, ne devant être manœuvrés que très rarement, sont munis en outre d'une grande goupille scellée qui fixe la manivelle dans sa position normale de repos, c'est-à-dire à l'extrémité de sa course en avant. Cette précaution empêche la manœuvre inopportune de l'appareil.

La *Compagnie de P.-L.-M.* emploie les cloches Léopolder sur les lignes à voie unique dont la circulation est la plus active.

Le mécanisme de ces appareils est représenté sur la figure suivante.



Un courant de pile continu, dans les bobines H, maintient normalement l'armature *a* appliquée sur l'électro-aimant. Dès que l'on interrompt momentanément quelque part le courant, l'armature *a* est lâchée et la fourchette A, par une double oscillation, laisse tomber par son propre poids l'extrémité du levier B entre ses deux branches ; celui-ci alors dégage la pièce E de l'encoche *e*, et de ce fait rend libre le doigt F. Le mouvement d'horlogerie, qui n'est plus retenu ni en E, ni en F, entre en action, modéré du reste par l'influence régulatrice du volant G, et un des mannetons M vient soulever l'extrémité du levier L, qui tire sur le marteau de la cloche. Mais, aussitôt après, la came C, appuyant sur la tête *b* du levier B, relève celui-ci, et la pièce E, qui n'est plus poussée par ce levier, vient retomber dans l'encoche *e* et sous le doigt F pour arrêter le mouvement.

On voit sur la gauche de la figure les différentes positions que prend la fourchette A, et par suite les mouvements qui en résultent pour le levier B.

Ainsi, à chaque rupture momentanée de courant en un point quelconque du circuit, il y a un coup de cloche à tous les appareils intercalés dans ce circuit.

L'inconvénient des cloches Léopolder est d'exiger une pile à courant continu.

Pour envoyer plus rapidement les signaux, on emploie des annonceurs automatiques qui permettent de passer les signaux à cloches d'une manière absolument correcte, en observant bien les intervalles réglementaires, tant, entre les coups de coche, qu'entre les séries de coups comprenant chaque signal.

Cet appareil est une véritable boîte à musique dont le cylindre tournant porte des goupilles disposées suivant les signaux à passer, et qui interrompent le courant chaque fois qu'elles rencontrent un petit levier placé sur un chariot curseur.

Pour envoyer un signal donné, on amène le curseur en regard du chiffre correspondant au numéro du signal à passer, et, avec une manivelle, on remonte le

ylindre de l'appareil qui se met à tourner en sens inverse, sous l'influence d'un ressort de barillet, en produisant le nombre voulu d'interruptions de courant.

Chaque station intermédiaire comporte deux cloches, une à chaque extrémité du bâtiment. Les stations terminus n'en ont qu'une. Enfin, entre les stations, on place un certain nombre de cloches, de façon à former des sections d'une longueur déterminée.

Il n'y a de piles qu'aux points extrêmes de chaque section.

Le *contrôleur Metzger*, en usage sur les *chemins de fer de l'État*, est un appareil électrique pour voie unique; il donne aux agents des gares et aux agents des trains le signal de voie fermée ou le signal de voie ouverte à l'expédition d'un train. A cet effet, il porte sur sa face médiane un grand disque qui peut être mis au rouge ou au bleu, et qui s'adresse aux agents des gares et des trains.

Un second disque plus petit, qui peut également être remis au rouge ou au bleu, est un disque répéteur des indications du grand disque du contrôleur conjugué.

Ces appareils qui se placent en tête de chacune des deux gares limitant une section sont reliés par un fil unique, qui peut être le même que celui des cloches électriques, et, dans ce dernier cas, les courants qui actionnent les cloches actionnent les contrôleurs.

Le mécanisme du contrôleur est identique à celui des cloches; mais chaque émission de courant, au lieu de provoquer l'oscillation d'un marteau de cloche, provoque le mouvement de rotation, sur un tiers de circonférence, d'un grand plateau peint en rouge sur les deux tiers de sa surface, et bleu sur le dernier tiers. Ce plateau est placé dans la boîte qui contient le mécanisme; la face médiane de la boîte est percée de deux ouvertures circulaires, dont l'une (grand disque) est notablement plus grande que l'autre (petit disque), et c'est le déplacement du plateau, derrière ces ouvertures, qui donne les signaux de voie fermée ou de voie ouverte. Après trois émissions de courant, le plateau revient à sa position normale; or, les nombres de coups de cloches, dont sont formés les signaux des cloches de l'État, étant des multiples de trois, il s'ensuit que l'émission des signaux de cloches ne modifie que passagèrement les indications des disques des deux contrôleurs conjugués; ceux-ci reviennent à leur position initiale dès que le signal des cloches est terminé.

Le contrôleur permet donc de contrôler optiquement les signaux à cloches, et donne en outre à chaque gare le moyen de faire apparaître dans la gare conjuguée un signal de voie fermée ou un signal de voie ouverte.

Le contrôleur permet, d'ailleurs, d'engager successivement et simultanément deux trains de même sens dans la section comprise entre deux gares conjuguées. A cet effet, il porte à sa partie inférieure un tableau qui est normalement blanc, et dans lequel peut apparaître un index circulaire bleu; l'apparition

de cet index est un accusé de réception, par la gare conjugée, des signaux d'annonce d'un second train que l'on veut expédier à cette gare, sans attendre qu'elle est reçu le premier.

Normalement, le tableau indicateur est caché par un volet; ce volet est abaissé, par la gare expéditrice, quand elle veut expédier un second train; il est abaissé, par la gare destinataire lorsqu'elle a reçu les signaux d'annonce d'un second train avant l'arrivée du premier, et qu'elle veut autoriser l'envoi de ce second train.

Lorsque aucun train n'est engagé entre les deux gares conjugées, et que la voie n'a pas été ouverte après réception des signaux d'annonce d'un train, chaque contrôleur a son volet relevé et ses deux disques au rouge.

Ce contrôleur fonctionne, depuis un an environ, dans cinq gares de la section de Chartres à Brou.

VI. — Avertisseurs électriques

Avertisseurs de P. L. M. — Certains passages à niveau sont placés dans des conditions telles qu'il est utile de prévenir de l'arrivée des trains les agents chargés de la manœuvre des barrières. De plus, il y a intérêt à ne pas laisser trop longtemps fermées les barrières pour des trains qui ont du retard et que la disposition du terrain ne permet pas de voir arriver.

La *Compagnie P. L. M.* emploie à cet effet deux systèmes : les appareils en correspondance et les appareils automatiques.

Appareils de passage à niveau en correspondance. — Les appareils de correspondance dont on se sert sont basés sur le principe des appareils *Tyer*. Ils fonctionnent par inversion de courant et donnent les indications voulues par le mouvement d'une aiguille qui est attirée d'un côté ou de l'autre suivant le sens de courant qui a été envoyé dans la bobine sur l'axe de laquelle elle est montée.

Les boutons-poussoirs du *Tyer* sont remplacés par des leviers qui, suivant leur position, envoient au poste correspondant un courant positif ou négatif, suivant le cas, qui incline l'aiguille de ce dernier poste vers l'indication voulue.

On place un appareil récepteur au passage à niveau même, et un appareil dit avertisseur en un point d'où l'on peut signaler l'arrivée des trains.

A chacun de ces appareils récepteurs ou avertisseurs est adjointe une sonnerie qui appelle l'attention des gardes sur les signaux échangés.

Avec ces deux appareils, le passage à niveau demande au poste avertisseur s'il peut ouvrir la barrière. Celui-ci répond, si le train n'est pas en vue : « Ouvrez ». Le garde ouvre et en avise télégraphiquement le poste avertisseur par le signal : « J'ouvre ».

Lorsque le train est en vue, l'avertisseur donne électriquement au passage à niveau l'ordre de fermer ; celui-ci répond : « Je ferme », et il tient la barrière fermée jusqu'à ce que le train ait dépassé son poste.

Appareils de passage à niveau, avertis automatiquement par les trains, système Chaperon. — Les avertisseurs automatiques ont pour but d'avertir de l'arrivée des trains certains passages à niveau, exceptionnellement fréquentés ou placés dans de mauvaises conditions de visibilité.

Ils se composent d'une pédale trembleuse, renfermée dans une boîte métallique fermée ; celle-ci est fixée sur une plaque de tôle en équerre assujettie au rail par des boulons d'éclisse en amont du passage à niveau (à une distance de 1500 à 1800 mètres).

La partie mobile de cette trembleuse, se composant d'un ressort terminé par une masse métallique, est normalement en contact avec un commutateur formé de deux lames métalliques reliées au fil de ligne.

L'appareil fonctionne à courant continu sous les trépidations produites par le passage d'un train ou d'une machine ; la masse oscille, quitte le contact et il en résulte une interruption de courant, et le tintement d'une sonnerie avertisseur au passage à niveau.

A cet effet, à l'extérieur de la maison de garde, est placé un annonciateur dont le volet, maintenu par une armature normalement attirée par un électro-aimant, tombe quand le courant cesse et, en tombant, ferme le circuit d'une pile locale, et fait tinter une sonnerie intercalée dans ce circuit jusqu'à ce que le garde-barrière ait relevé ce volet.

Trembleuse-avertisseur, système Coüard et Paget. — Cette trembleuse qui sert à l'annonce automatique des trains, a été imaginée pour mesurer le mouvement des rails et leur flexion au passage des trains.

L'appareil se compose d'un simple ressort métallique, appuyé contre un contact métallique et traversé par un courant électrique continu. Ce ressort est placé sur un socle en acajou recouvert d'une boîte en cuivre hermétiquement fermée. Cette boîte se place sous le patin du rail auquel elle est fixée par deux brides en fer.

Les vibrations produites par le passage d'un train donnent des interruptions du courant continu qui sont utilisées avec les appareils décrits ci-dessus.

L'avertisseur *Ducousso* a été exposé sur la voie et sous les roues de l'une des machines des chemins de fer de l'État.

Dans cet appareil, c'est la présence seule des parties métalliques d'un train et surtout des roues qui, sans aucun choc, sans aucune action mécanique, détermine la production d'un courant électrique que l'on peut utiliser. On fixe au rail un électro-aimant Hughes, disposé de telle façon que les bobines soient effleurées par le bandage des roues des voitures; l'approche brusque de cette puissante masse métallique modifie instantanément le magnétisme de l'aimant et, par suite, détermine dans les bobines un courant d'induction qui produit un déclenchement ou actionne le relais d'une sonnerie.

La *trompe d'appel électrique* exposé par les *chemins de fer de l'État* se compose d'une trompe dans laquelle l'insufflation de l'air est déterminée par le mouvement d'un piston.

Une pédale est placée sur la voie en un point favorable; à l'instant du passage du train un courant détermine un déclenchement. L'air introduit dans le corps de pompe s'échappe en faisant résonner la trompe et, en même temps, un disque rouge apparaît dans le milieu de la boîte renfermant le mécanisme. Le train est annoncé. Lorsque le train est entré en gare, un agent à l'aide d'un cordon, efface le disque et ramène le piston au bas du corps de pompe, en faisant une aspiration d'air.

L'appareil, peu encombrant, s'accroche sur le bâtiment de la gare.

La *Compagnie du Nord* avait exposé un avertisseur qui a pour objet d'annoncer aux gares le moment précis où les trains, qui s'y dirigent, passent devant le disque de la gare, afin que les agents mettent ce disque à l'arrêt, s'il n'y était déjà.

A cet effet, le *contact fixe* ou *crocodile*, dont nous donnons plus loin la description, a été modifié et fendu transversalement de manière à constituer deux appareils; chaque fois qu'une machine, munie d'une brosse métallique, passe sur ce contact, et quelle que soit la position du disque, une grosse sonnerie à voyant se met à tinter dans la gare et ne cesse de fonctionner que lorsqu'on ramène à la main le voyant à sa position initiale.

La figure schématique (fig. 2, pl. 20-21) indique la disposition d'ensemble des appareils, la marche des courants et l'emplacement des sources d'électricité, qui ont été étudiés par M. E. Sartiaux.

Le *commutateur du disque* a également été modifié; la fig. 3, pl. 20-21 indique les deux positions qu'il peut prendre suivant que le disque est à l'arrêt ou à voie libre; la queue Q, qui est soulevée par un doigt monté sur le mât du signal, déplace, dans ce cas, les quatre ressorts de contact et leur fait établir les communications nécessaires entre les huit surfaces métalliques du commutateur, séparées entre elles par des isolants.

Quand le disque est à voie libre (position 1), deux des ressorts de contact

réunissent deux à deux : 1° le fil aboutissant à l'avertisseur spécial de la gare et de là à la terre, et le pôle positif de la pile de la sonnerie de contrôle du disque ; 2° le pôle négatif de la même pile et le fil du contact fixe. Par suite, lorsqu'un train passe sur le crocodile, la machine complète le circuit, sans que le frein se déclenche, puisque le courant qui le traverse est négatif ; mais l'avertisseur de la gare fonctionne pour annoncer l'arrivée du train et son passage devant le disque.

Quand, au contraire, le disque est déjà à l'arrêt (position II), au moment où le train passe devant lui, les ressorts du commutateur réunissent deux à deux : 1° le fil de la sonnerie de la gare et la terre avec le pôle positif de la pile complémentaire ; 2° le pôle négatif de la même pile et la terre ; 3° le fil de l'avertisseur et la terre avec le pôle positif de la pile de la sonnerie de disque ; 4° enfin, le fil du contact fixe et le pôle négatif de la même pile. Par conséquent, quand une machine passe sur le crocodile, le circuit des deux piles se trouve complété alternativement à travers la machine elle-même ; l'avertisseur spécial de la gare fonctionne, ainsi que le frein placé sur la machine, tandis que la sonnerie de contrôle du disque tinte comme à l'ordinaire.

L'avertisseur à lanterne mobile, exposé par la *Compagnie du Nord*, sert à informer les agents, d'un point à l'autre d'une gare, que les voies principales sont occupées par des manœuvres et qu'il ne faut pas expédier de trains dans la direction d'où vient l'avis.

L'appareil se compose d'une sorte de lanterne électrique tournante, actionnée au moyen de deux commutateurs à manivelle en fonte, dont l'un envoie des courants positifs pour mettre l'appareil à voie occupée, et l'autre des courants négatifs pour le ramener à voie libre. Les deux commutateurs sont placés à la portée de l'agent qui doit transmettre les signaux.

Les (fig 4 et 5, pl. 20-21) donnent la vue d'ensemble et le détail du mécanisme de cet appareil.

Lorsqu'un courant positif passe dans les bobines E de l'électro-aimant, l'armature A, repoussée par l'un des pôles, est attirée par l'autre, oscille et écarte les branches *b b'* de ciseaux dont les extrémités sont munies de goupilles *g* qui pénètrent ordinairement dans des trous pratiqués à la surface supérieure et inférieure du disque D.

Le mécanisme ainsi déclenché, l'appareil peut exécuter un quart de révolution. Les ciseaux se referment aussitôt sous l'action d'un ressort *r* qui, selon le sens du courant, remet l'une ou l'autre des goupilles *g* en prise avec les trous percés sur les deux faces du disque D, de manière à réenclencher le mouvement.

L'appareil peut occuper deux positions, dans lesquelles le cylindre à lanterne porté par l'axe du mouvement d'horlogerie, présente, sur les deux côtés diamétralement opposés de l'enveloppe en tôle, une face qui a reçu une inscription en lettres rouges sur verre blanc dépoli et une face sans inscription.

Lorsque la corde du poids moteur du mécanisme est arrivée à la limite du déroulement, un ressort de contact, soulevé par une saillie, occupant une position déterminée sur le barillet, complète le circuit d'une pile locale et fait tinter une sonnerie, de manière à avertir l'agent chargé de remonter l'appareil.

Seize avertisseurs de ce système sont actuellement en service sur le réseau du Nord.

L'avertisseur Clémendot est basé sur la différence de résistance électrique qui existe entre deux files de rails d'une voie, selon qu'un train les réunit par l'intermédiaire de ses roues et de ses essieux ou que la voie est libre. Les appareils composant l'installation sont groupés dans deux circuits électriques distincts.

Le premier circuit comprend un interrupteur et une pile placée à proximité du point où on veut contrôler le passage des trains. Le deuxième circuit comprend un relais, un bouton de rappel, une sonnerie trembleuse et une pile placés au poste qui doit être averti.

Les deux pôles de la pile ainsi que les fils d'entrée et de sortie des bobines de l'électro-aimant de l'interrupteur du premier circuit, sont reliés aux rails, et la résistance de ces bobines est calculée de façon à être inférieure à la résistance du sol entre les deux files de rails. Si la voie est libre, le courant de la pile du premier circuit se ferme donc par l'intermédiaire des bobines de l'électro-aimant, l'armature est constamment attirée, et le circuit du relais placé au poste qui doit être averti étant fermé, l'armature de ce relais est attirée et la sonnerie ne fonctionne pas. Si, au contraire, un train vient à passer au point de la voie où est établi le premier circuit, le courant de la pile de ce circuit passe par les roues et les essieux qui offrent une moins grande résistance que l'électro de l'interrupteur ; la palette de ce dernier cesse d'être attirée et le circuit étant coupé, l'armature du relais du poste qui doit être averti s'écarte de son électro, ce qui a pour effet de fermer le circuit de la sonnerie de ce poste ; la sonnerie se met donc à tinter d'une manière continue.

Quand le train est passé, le circuit de la pile du premier poste se ferme de nouveau par l'électro de l'interrupteur dont la palette est attirée. Si à ce moment on pousse un instant un bouton situé au deuxième poste, on ferme le circuit de la pile locale de ce poste par l'électro du relais dont la palette est attirée et la sonnerie cesse de tinter. Le système est alors prêt à fonctionner de nouveau.

L'avertisseur de Baillehache exposé par le chemin de fer d'Orléans se compose d'un contre-rail isolé (plaque amovible fixée sur une longrine) qui ferme un circuit lorsqu'il est atteint par les roues des véhicules d'un train. On peut ainsi annoncer automatiquement le train à une gare ou à un passage à niveau.

Le transmetteur à contacts pour récepteurs électriques exposé par la Compagnie de l'Est se compose de quatre lames en acier, découpées en dents, et formant un peigne de 0^m,50 de longueur totale. Les dents sont recourbées à l'angle droit à leur extrémité.

Les lames sont maintenues par une platine sur une pièce de bois isolante portée par deux sellettes boulonnées au patin du rail. Elles sont réunies à un fil de ligne dans le circuit duquel sont intercalés une pile et, soit une sonnerie d'avertissement à relais, soit un contrôleur de la vitesse des trains, soit tout autre récepteur électrique.

Au passage du train devant le transmetteur, les bandages des roues des véhicules établissent une communication électrique entre les lames et les rails qui forment terre, ce qui provoque une fermeture du circuit et par suite le fonctionnement de l'appareil récepteur.

Cette pédale analogue à celle de M. de Baillehache est d'un fonctionnement plus sûr, d'un entretien plus facile et a l'avantage de la priorité.

Avertisseur électrique pour coffre-fort exposé par la Compagnie de l'Est. — Pour garantir les caisses contre les tentatives de vol, la Compagnie emploie le système d'alarme de MM. Bablon et Gallet dont le relais a été modifié par le Service télégraphique de la Compagnie. Ce relais constitue l'organe essentiel du système ; il ferme le circuit local d'une sonnerie lorsque le courant qui le parcourt constamment augmente ou diminue d'intensité.

Le circuit du relais est composé de la manière indiquée par le schéma (fig. 6, pl. 20-21).

Le courant partant de l'un des pôles de la pile P parcourt d'abord l'électro-aimant du relais, chemine ensuite par un fil de ligne jusqu'au coffre-fort, traverse dans ce coffre un commutateur interrupteur C passe ensuite à travers une bobine de résistance R et revient enfin au second pôle de la pile par un second fil de ligne.

Les fils de ligne n'ont pas besoin d'être dissimulés, car si on les réunit ou si on les coupe, le relais fait immédiatement tinter la sonnerie.

Le relais (fig. 7, pl. 20-21) est constitué par un électro-aimant vertical EE au-dessus duquel est suspendu, comme armature, un cylindre creux A en fer doux fendu suivant une de ses génératrices afin d'éviter le magnétisme rémanent. Ce cylindre est équilibré par un contrepoids *p* qui tend à l'éloigner des noyaux de l'électro. Lorsque le courant normal circule dans cet électro, on règle d'abord le contrepoids de façon que le cylindre soit à moitié chemin de sa course et ensuite la position d'une fourchette F fixée sur l'arbre de ce cylindre de manière que les deux branches de cette fourchette soient isolées d'une lame d'argent L placée entre elles.

Dans ces conditions, si on interrompt le circuit du relais, le cylindre-armature s'éloigne de l'électro puisqu'il est entraîné par son contrepoids et l'une des

branches de la fourchette vient toucher la lame d'argent, ce qui a pour effet de fermer le circuit local sur la sonnerie. Si, au contraire, on réunit les deux conducteurs de ligne, on forme un court-circuit, la résistance du coffre-fort se trouve éliminée et le courant augmente d'intensité ; l'armature est alors plus vivement attirée et la seconde branche de la fourchette venant au contact de la lame d'argent le circuit local de la sonnerie est encore fermé.

Le relais constitue donc un système équilibré, et toute cause extérieure qui, en augmentant ou en diminuant l'intensité du courant, rompra cet équilibre, aura pour résultat immédiat de faire tinter la sonnerie d'alarme.

Ce système offre ainsi, sur tous ceux connus jusqu'ici, l'avantage d'une sécurité incontestable et le principe peut en être divulgué sans aucune crainte puisqu'il y a impossibilité, même pour un électricien, de tenter l'ouverture du coffre sans faire retentir la sonnerie ; il n'y qu'une chose à tenir secrète, c'est la valeur de la résistance intercalée dans le coffre et cette résistance peut varier dans de grandes limites.

Le commutateur interrupteur C, placé dans le coffre, est constitué par deux lames de ressort habituellement en contact et reliées à la serrure de telle sorte que, quand la combinaison est brouillée, l'introduction d'une clef (même de la véritable) et toute tentative d'ouverture, ont pour effet de séparer les deux ressorts et par conséquent de rompre le circuit. Lorsque la combinaison est faite, le caissier muni de sa clef peut ouvrir le coffre sans faire tinter la sonnerie.

En donnant une grande résistance à l'électro-aimant du relais on a pu actionner le système au moyen des piles Leclanché ; en effet, en raison du grand nombre de tours de fils que comportent les bobines, le relais est assez sensible pour fonctionner avec quelques milli-ampères.

Le principe du système appartient, ainsi qu'il a été dit plus haut, à MM. Bablon et Gallet, mais le Service télégraphique de la Compagnie de l'Est l'a perfectionné en imaginant le relais nouveau et en substituant la pile Leclanché aux piles à sulfate de cuivre employées primitivement.

Ces appareils sont installés pour la protection d'un certain nombre de coffres et ont toujours donné de bons résultats.

VII. — Appareils électriques de contrôle

1° CONTROLE DES SIGNAUX

Les gares et stations sont protégées par des signaux manœuvrés souvent à une distance relativement considérable. Pour que le poste qui a manœuvré un signal ait l'assurance qu'il a bien fonctionné, il a été installé à la gare ou au

poste, des sonneries dont le tintement est occasionné par la fermeture d'un circuit électrique. La fermeture de ce circuit n'est obtenue que lorsque le signal est effectivement à l'arrêt.

Commutateur de disque. — La fermeture du circuit électrique est produite par un commutateur monté sur le disque même.

Le commutateur, généralement employé par la *Compagnie de P.-L.-M.*, consiste en un collier fixé sur l'arbre du signal. Ce collier communique avec la terre et porte un ressort muni d'un contact en argent qui vient, chaque fois que le signal est mis à l'arrêt, appuyer sur un contact fixe établi sur le bâti du signal et relié à la ligne.

Dans d'autres cas, on fait usage d'un commutateur spécial qui consiste en un levier actionné par une tige fixée sur l'arbre du disque, et qui met en contact deux ressorts reliés, l'un à la ligne, l'autre à la terre ou à la pile.

Commutateur à battant. — Sur la *Compagnie P.-L.-M.*, lorsqu'un même signal est manœuvré par plusieurs leviers différents, chacun de ces leviers est muni d'un commutateur, dit à battant, fixé sur le levier de manœuvre. Il est destiné à fermer le circuit au seul levier manœuvré, car il importe que chaque sonnerie ne tinte que lorsque le levier auquel elle correspond est abattu.

Sonnerie de disque à timbre ou à grelot. — Afin de distinguer *a priori* le disque auquel s'applique la sonnerie, la sonnerie trembleuse à timbre ordinaire est appliquée aux disques couvrant la voie I, et la sonnerie à timbre grelot est réservée aux disques couvrant la voie II.

Répétiteur de disques. — Lorsqu'un signal, au lieu d'être normalement effacé, est normalement à l'arrêt, on remplace souvent la sonnerie par un répétiteur qui s'installe de la même manière qu'une sonnerie trembleuse.

Le répétiteur est constitué par un électro-aimant ordinaire dont l'armature, de forme cylindrique, est évidée sur un de ses côtés et pivote sur un axe un peu excentré.

En cas de fermeture du circuit, la palette pivote sur elle-même et présente à l'électro sa partie massive, qui est attirée, entraînant dans son mouvement et présentant en regard d'un guichet un petit disque rouge, jaune ou un carré, suivant la nature du signal à contrôler.

Répétiteur nouveau modèle. — Dans le nouveau modèle, plus récemment adopté par la *Compagnie P.-L.-M.*, le disque miniature est fixé à la partie inférieure d'une tige verticale équilibrée au moyen d'un petit contre-poids : il se déplace par l'attraction latérale d'un électro-aimant à armature plate, soutenu de la tige, et mobile en son centre autour d'un axe horizontal.

On fait varier le degré de sensibilité de l'appareil en déplaçant le contrepoids.

Les répéteurs marchent à courant continu avec des piles au sulfate de cuivre.

Photoscope. — Il est intéressant de contrôler la nuit, non seulement le fonctionnement d'un signal, mais encore l'allumage ou l'extinction de la lumière qui l'éclaire.

Ce contrôle est obtenu, à la Compagnie P.-L.-M., par le photoscope qui est adapté à tous les disques non visibles du poste qui les manœuvre.

Le photoscope se compose de trois parties :

1° Le photoscope proprement dit, qui n'est autre qu'un thermomètre métallique. Il se compose d'une spirale formée de deux métaux juxtaposés (acier et cuivre), placée horizontalement au-dessus de la flamme de la cheminée de la lanterne. L'extrémité rectiligne de cette spirale qui sort de la cheminée décrit, par la dilatation, lorsqu'elle est chauffée, un arc de cercle ; dans ce mouvement, elle vient fermer un circuit électrique dans lequel se trouve également la sonnerie ou le répéteur du disque.

2° Le *patin de sommet de disque*, système Chaperon, qui se compose de deux leviers en cuivre, tournant autour de deux axes, fixés aux deux extrémités du patin, et ramenés à leur position normale par deux ressorts de sonnette en spirale.

3° Le *disjoncteur*, qui se compose d'une traverse en bois sur laquelle sont fixées deux tiges de cuivre taillées en biseau à leur extrémité supérieure. Lorsque la lanterne est relevée, ces deux tiges viennent soulever les deux leviers du patin, qui tournent autour de leur axe respectif et abandonnent les contacts qui leur sont communs : le courant électrique passe par les tiges du disjoncteur et traverse le photoscope.

On a ainsi un commutateur robuste et agissant par frottement.

De cette façon, lorsque la lanterne est placée en haut du mât, et que la lampe est allumée, il faut qu'une double condition soit remplie pour que la sonnerie tinte : 1° que le disque soit à l'arrêt ; 2° que la lampe soit allumée.

Dans la journée, la lanterne est abaissée, et la sonnerie fonctionne comme si le disque n'était pas muni de photoscope.

La *Compagnie du chemin de fer du Nord* a exposé divers types de commutateurs de disques, qui sont utilisés selon le modèle de signal pour obtenir le tintement de la sonnerie de contrôle. Ces commutateurs sont généralement formés d'une pièce en fonte fixée sur le montant du disque et portant un levier qui pivote sur un axe en cuivre ; à l'une des extrémités, ce levier est muni, selon le cas, d'un ou de plusieurs ressorts de contact dont on peut régler la position.

Lorsque le disque exécute la révolution d'un quart de tour pour se mettre à l'arrêt, un doigt monté sur le mât, à la même hauteur que le commutateur, en

soulève le levier et établit le contact qui complète le circuit de la pile qui actionne la sonnerie de contrôle.

Le commutateur et le doigt sont posés de manière que, s'il existait un écart de plus de 10 à 15 degrés entre la position ordinaire du disque et celle d'arrêt qu'il doit occuper après chaque manœuvre, la sonnerie ne tinterait pas, et indiquerait ainsi la position anormale du signal.

La Compagnie du Nord installe les piles de tous les disques, non pas dans la gare, mais au pied même du signal. L'avantage qui résulte de cette disposition est que, si le fil de ligne se trouve coupé, la sonnerie ne fonctionne pas lorsqu'on met le disque à l'arrêt.

Ces piles sont formées généralement de huit éléments Leclanché, d'un modèle spécial, installés à l'abri de l'air et de l'humidité dans une caisse en ciment aggloméré et déposés sur des planchettes en chêne à claire-voie, enduites à l'huile de lin bouillante, afin d'éviter les dérivations dues à des causes diverses.

La manœuvre des signaux carrés d'arrêt absolu est généralement contrôlée sur le chemin de fer du Nord par des contrôleurs électriques, qui sont à la fois optiques et acoustiques. L'appareil de contrôle se compose d'une boîte en bois portant un guichet, derrière lequel apparaît un voyant coloré lorsque le signal est à l'arrêt, et blanc lorsqu'il est effacé.

La *Compagnie du chemin de fer de l'Est* a installé, pour le contrôle des signaux à plusieurs transmissions, des commutateurs d'un type spécial. La figure 1, pl. 22-23 donne la disposition d'un commutateur pour signal carré à deux transmissions.

Ce commutateur se compose d'un bâti en fonte supportant un axe horizontal autour duquel tourne un secteur à plat de contact isolé. Dans ce bâti, sont fixés deux ressorts verticaux à goutte de contact, qui pressent constamment contre le secteur à la surface duquel ils frottent quand il y a mouvement. Le secteur est réuni par une petite bielle de connexion au levier correspondant de l'appareil de raccordement.

Selon la position de ce levier, les deux frotteurs seront sur la partie isolée du secteur ou sur le plat du contact.

Les commutateurs des leviers sont posés sur un fort madrier, assemblé au châssis du signal, à côté de l'appareil de raccordement.

Les fils de ligne, venant des différents postes de manœuvre, sont amenés du dernier poteau télégraphique aux bornes de porcelaines fixées sur une barre en fer galvanisé; de là, ils se rendent aux commutateurs.

A proximité de chaque manœuvre du signal, est installé un appareil électrique de contrôle, sonnerie ou répétiteur optique.

Le circuit de chacun de ces appareils ne peut se fermer que par l'intermédiaire

du commutateur correspondant de l'appareil de raccordement et du commutateur qui est placé sur le mât du disque.

Par conséquent, chaque appareil électrique ne fonctionnera qu'autant :

1° Que le levier de l'appareil de raccordement, correspondant au collier de manœuvre, est dans la position qui ferme le signal ;

2° Que le signal lui-même est à l'arrêt.

Le schéma (fig. 2, pl. 22-23) indique les circuits électriques dans l'un des cas qui peu vent se présenter.

Lorsque les signaux sont à l'arrêt, moins de 12 heures sur 24, on emploie des éléments Leclanché, autrement il est fait usage des éléments au sulfate de cuivre.

Contact fixe pour le déclenchement électro-automatique du frein continu à vide. — Les gares, les croisements et tous les points dangereux de la voie sont protégés par des signaux manœuvrés à distance, qui ne s'adressent qu'à la vue des mécaniciens et il pourrait arriver, notamment en cas de brouillard, que ces signaux échappent à leur attention.

La *Compagnie du chemin de fer du Nord* a étudié et mis en service un appareil destiné à doubler les indications des signaux.

Cet appareil consiste en un contact fixe électrique, dit *crocodile*, placé dans l'axe de la voie, en avant du signal dont il est destiné à doubler les indications et servant à déclencher le frein à vide d'un train qui aurait franchi le signal mis à l'arrêt.

L'appareil de déclenchement du frein à vide se compose d'un électro-aimant Hughes, maintenant en contact une armature en fer qu'un puissant ressort antagoniste tend constamment à séparer de ses pôles.

Si l'on vient à faire passer dans les bobines un courant de sens convenable, l'aimantation de l'électro se trouve considérablement affaiblie et l'armature devenue libre obéit au ressort.

L'appareil mécanique de déclenchement se compose d'une fourchette portant un plan incliné, qui soutient le levier de la valve d'entrée de la vapeur dans l'éjecteur du frein à vide ; la fourchette est maintenue par une tige horizontale appuyée, à l'autre extrémité, contre un buttoir.

Lorsque l'armature quitte l'électro polarisé, elle donne par l'intermédiaire d'un levier, un mouvement vertical à une tige, qui entraîne la tige horizontale au delà de son butoir et permet à la fourchette de déclencher le levier de la valve à vapeur qui s'ouvre alors et serre le frein.

Le fil de l'électro-aimant est relié, d'une part, à la terre par l'intermédiaire des pièces métalliques de la machine, des roues et des rails, et, d'autre part, à une brosse métallique isolée, formée d'un faisceau de fils de bronze et placée sous la machine, dans l'axe de la voie.

Le contact fixe ou crocodile se compose d'une poutre en bois recouverte d'une feuille de laiton isolée et reliée par un fil à l'un des pôles d'une pile spéciale, par l'intermédiaire du commutateur qui fait fonctionner la sonnerie de contrôle du disque.

Le déclenchement du frein à vide ne peut donc se produire que lorsque le signal est à l'arrêt.

L'appareil de déclenchement permet également de mettre le frein sous la main du conducteur du train. Dans ce but on a prolongé jusqu'à la machine la communication électrique Prudhomme existant sur le train, et on a installé, dans chaque fourgon, un commutateur spécial permettant d'envoyer dans l'électro-aimant de l'appareil de déclenchement électrique, un courant de sens convenable pris sur la pile des sonneries de train.

La *Compagnie du chemin de fer du Nord* avait exposé un contrôleur électrique du fonctionnement des appareils désengageurs ayant pour but :

1° De faire savoir à l'agent du poste central si l'appareil désengageur qu'il a manœuvré, a bien régulièrement fonctionné ;

2° D'avertir l'agent du poste extrême, lorsque la transmission des signaux d'arrêt est coupée, afin qu'il ne cherche pas à effacer ceux-ci au même moment ;

3° De prévenir, à son tour, l'agent du poste central lorsque le signal d'arrêt est effacé pour la réception d'un train, afin qu'il ne coupe pas indûment la transmission du signal qui se fermerait pendant le passage du train.

Cette triple nécessité a conduit la Compagnie à installer, sur les appareils désengageurs, un système de contrôle électrique, qui satisfait aux trois conditions ci-dessus.

Ce contrôle est obtenu par l'installation de simples commutateurs, analogues à ceux qui sont utilisés par cette Compagnie, pour le contrôle des disques à distance. Un de ces commutateurs B (fig. 3, pl. 22-23) est installé au moyen d'un support A, au-dessus d'un gril G de la table d'enclenchement ; quand le gril tourne, c'est-à-dire quand le signaleur efface le signal, ce mouvement a pour effet de relever le levier Q du commutateur et d'établir une relation entre les deux lignes D et D', dont l'une est reliée à la pile et l'autre à la ligne ou à l'appareil de contrôle, de manière à envoyer le courant électrique au poste où se trouve le levier désengageur, pour le prévenir que le signal est effacé.

En outre sur l'un des bâtis en fonte de l'appareil désengageur (fi. 4, pl. 22-23) est monté un support A qui porte un autre commutateur D.

Quand le contrepoids R, manœuvré du poste désengageur, retombe et soulève la barre supérieure, de manière à couper la transmission et à désengager le signal, le commutateur D forme le circuit d'une pile et envoie le courant, d'une part, au poste désengageur où une sonnerie trembleuse se met à tinter, d'autre part, dans la cabine où se trouve la boussole indiquée sur la figure 5, planche 22-23.

Sous l'influence du courant électrique, l'aiguille portant un petit disque R avec l'inscription : *disque enclenché*, s'incline et vient masquer un autre disque fixe V portant les mots : *disque libre*. Le signaleur est, par suite, averti que la transmission est coupée.

Un trembleur *a*, intercalé dans le circuit appelle l'attention de l'agent par un tintement continu.

Au poste désengageur se trouve une sonnerie qui sert de contrôle pour la manœuvre du levier désengageur, au même titre que le contrôle d'un disque à distance que remplace ce désengageur.

2° CONTROLE DES AIGUILLES

Les contrôleurs d'aiguilles ont pour but d'indiquer, par le tintement d'une sonnerie ou par l'apparition d'un voyant, si les lames de l'aiguille ne sont pas bien appliquées contre les rails et s'en écartent de plus d'une certaine quantité. Ils peuvent également indiquer la direction donnée par les diverses positions d'une aiguille.

Le *contrôleur d'aiguille système Chaperon*, exposé par la *Compagnie P.-L.-M.* se compose de deux supports en fonte constituant deux flasques dans lesquelles s'engage un axe sur lequel sont calés d'équerre : d'un côté, un contre poids, et de l'autre, une chape portant une tige. Cette pièce passe librement à travers un trou percé dans l'âme du rail à 0^m,04 environ de la pointe de l'aiguille ; elle est susceptible d'être repoussée lorsque l'aiguille vient s'appliquer contre le rail et de relever le contrepoids ; celui-ci retombe par son contrepoids dès que l'aiguille s'écarte, imprimant ainsi un mouvement de rotation à l'arbre.

A l'une des extrémités de cet arbre est fixé un secteur circulaire en fonte recouvert d'une plaque d'ébonite sur laquelle est fixée une lame d'argent. Cette lame est destinée à relier deux ressorts de contact isolés l'un de l'autre, dès que l'aiguille s'est écartée du rail, et, par suite, de fermer un circuit électrique dans lequel est intercalée une sonnerie d'avertissement.

Le contrôle du fonctionnement des aiguilles peut être établi au moyen de cet appareil dans deux cas bien distincts :

1° Pour vérifier la manœuvre des aiguilles d'entrée et de sortie dans les gares sur les lignes à voie unique. Dans ce cas on place un seul appareil à chaque aiguille en contact avec la lame qui doit se trouver normalement appliquée contre le rail, c'est-à-dire à celle qui est prise en pointe à l'entrée. Lorsque l'aiguille se trouve entre-baillée pour une raison quelconque, la sonnerie placée dans le bureau du chef de gare tinte d'une manière continue.

2° Pour contrôler la jonction des deux lames d'aiguilles manœuvrées à grande

distance par les postes enclenchés et qui donnent indistinctement passage aux trains dans un sens ou dans l'autre.

Dans ce cas, un contrôleur est placé à chaque lame, la sonnerie tinte pendant la manœuvre d'une position à une autre, et une sonnerie continue se fait entendre lorsque l'une des lames est entre-baillée.

Répétiteurs d'aiguilles, système Chaperon. — Il est souvent intéressant de savoir non seulement si l'aiguille manœuvrée a bien fonctionné, mais encore si la direction donnée par cet aiguille est bien la bonne.

A cet effet, la Compagnie de P. L. M. fait usage d'un contrôleur d'aiguille, muni de doubles contacts. Cet appareil est placé à chaque lame d'aiguille, et, suivant la direction donnée, l'un ou l'autre des contrôleurs met à la terre le pôle positif ou le pôle négatif d'une pile. Cette inversion de courant a pour effet de changer de sens les pôles des bobines d'un appareil récepteur, installé dans le bureau du chef de service; une pièce mobile en fer doux est ainsi attirée d'un côté ou de l'autre, et commande une petite aiguille miniature qui, dans ces mouvements, reproduit exactement ceux de l'aiguille à contrôler.

Lorsque les lames de l'aiguille ne sont appliquées contre les rails, ni d'un côté ni de l'autre, le circuit électrique se trouve interrompu dans le répétiteur d'aiguille; cette interruption produit un contact qui ferme le circuit d'une sonnerie et celle-ci tinte tant que l'aiguille n'est pas ramenée à une de ses deux positions normales contre le rail.

Le service télégraphique de la Compagnie du Nord avait exposé un contrôleur d'aiguille. Cet appareil se compose d'un basculeur A (fig. 6, pl. 22-23) mobile sur l'axe B, et arrêté par le vis C. Un ressort de rappel D très énergique, tend continuellement à ramener le basculeur dans la position qu'il occupe dans la figure, c'est-à-dire au contact avec les frotteurs R, reliés l'une avec la ligne et la pile et l'autre avec la terre. Le basculeur est, en outre, articulé par une chape V sur une tige filetée en bronze dur M, qui traverse l'éclisse R et l'âme du rail contre-aiguille. Une boîte en fonte *a, a, a, a*, munie d'un couvercle *s s'*, abrite les organes intérieurs de l'appareil contre l'eau et la poussière.

L'écrou carré N, maintenu par une goupille, permet de régler la saillie plus ou moins longue, faite par la tige M.

Dans la position régulière des aiguilles, où l'une des lames est appliquée contre le rail et l'autre écartée, un des basculeurs est incliné et l'autre relevé.

Une sonnerie trembleuse et une pile sont placées près du levier de manœuvre. Les communications électriques entre les diverses parties du système sont établies de manière qu'à chaque manœuvre de l'aiguille, pendant que les deux lames sont écartées à la fois des rails contre-aiguilles, la sonnerie se fait enten-

dre. Elle cesse de fonctionner dès que l'une des lames est très exactement appliquée contre le rail ; la sonnerie tinterait au contraire sans interruption si les deux lames restaient à la fois écartées.

Dans le cas où il y a plusieurs aiguilles à contrôler dans un même poste d'aiguilleur, on dispose dans le circuit de la pile une seule sonnerie, et, vis-à-vis de chaque levier de manœuvre, on installe, sur chacun des fils des aiguilles contrôlées, des boussoles numérotées correspondant à chaque aiguille.

Le *contrôleur d'aiguilles* du système Richard et Poirsin se compose d'une tige qui sort de l'âme du rail contre-aiguille. Cette tige pénètre à l'intérieur d'une boîte contenant des ressorts de contact lorsque la lame d'aiguille vient s'appliquer exactement contre le rail contre-aiguille.

Un ressort à boudin tend à faire sortir la tige quand elle a été repoussée par la lame d'aiguille.

Dans la position intermédiaire de l'aiguille, c'est-à-dire lorsque aucune des lames n'est appliquée, la sonnerie de contrôle fonctionne.

La *Compagnie des chemins de fer de l'Est* exposait un *contrôleur de rondes électrique* (système G. Dumont).

Cet appareil se compose d'un cylindre A (fig. 7, pl. 22-23) mû par un mouvement d'horlogerie et faisant un tour en 12 heures ; le mouvement d'horlogerie est à poids et du type employé pour donner l'heure dans les petites stations.

En dessous de ce cylindre et montés sur le bâti qui lui sert de support se trouvent autant d'électro-aimants E qu'il y a de postes à contrôler ; chacun de ces électros est munie d'une armature en fer doux M, fixée par une de ses extrémités sur un ressort de rappel *r* en forme de lame, réglable au moyen d'une vis V et qui sert à la maintenir à une faible distance des noyaux ; lorsque l'électro fonctionne, l'armature est attirée et son extrémité libre vient appuyer sur un levier correspondant ; ce levier est terminé à l'extrémité opposée par un porte-mèche P, dans lequel se trouve inséré un petit faisceau de fils de soie dont la partie inférieure plonge dans une auge commune B, remplie d'une encre spéciale composée de bleu ou de violet d'aniline dissous dans un mélange de glycérine et d'eau.

On recouvre tous les jours le cylindre d'une feuille de papier non collé qui est divisée à l'avance de telle sorte qu'une fois appliquée sur le cylindre, les intervalles des divisions parallèles à sa base, correspondent chacun à l'un des électro-aimants. Les lignes parallèles aux génératrices du même cylindre sont espacées de manière à correspondre à des intervalles de 10 minutes. Il en résulte que tout point marqué sur la feuille déterminera d'abord quel est l'électro-aimant qui a fonctionné et ensuite l'heure exacte à laquelle l'armature a été attirée.

Chaque poste à contrôler est muni d'une petite boîte en fonte, à l'intérieur de laquelle se trouve un contact en argent fixé sur la masse de la boîte laquelle est reliée à la terre, ou à un conducteur de retour ; sur le fond de cette même boîte est placée une lame de ressort isolée et s'approchant très-près du premier contact fixe ; cette lame de ressort est en relation avec la pile, par l'intermédiaire d'un fil conducteur et de l'un des électro-aimants de l'appareil.

Il est facile maintenant de se rendre compte du fonctionnement de l'appareil ; chaque fois que l'agent chargé des rondes passe devant un des postes, il introduit dans la boîte une clef spéciale dont il est porteur et fait faire un tour à cette clef dans l'intérieur de la boîte ; cette manœuvre a pour effet de soulever la lame de ressort dont il a été parlé et de l'approcher du contact fixe en fermant ainsi le circuit de la pile sur l'électro correspondant à la boîte. L'armature de cet électro est attirée, le porte-mèche se soulève et la mèche encree vient produire un point sur le papier du cylindre enregistreur.

Le cylindre est muni, pour recevoir facilement le papier, de deux pointes saillantes situées aux deux extrémités de la génératrice correspondant à 6 heures ; 2 repères imprimés sur la feuille doivent se placer sur ces pointes et une lame mince de métal percée de deux trous vient s'appliquer sur les bords du papier pour le maintenir. Deux petits taquets articulés à charnières et à ressorts se rabattent sur les deux bouts de la lame et l'appliquent fortement sur la surface du cylindre ; de plus, l'axe du cylindre est terminé par une manivelle dont la poignée s'engage dans le trou d'un plateau mû par l'horloge ; c'est au moyen de ce plateau et de cette manivelle que le mouvement est communiqué au cylindre par l'horloge. Lorsque la manivelle est engagée dans le trou du plateau, le cylindre est dans une position définie par rapport aux aiguilles ; on peut donc débrayer le cylindre et le remettre en prise avec l'horloge, sans jamais craindre de détruire le rapport qui doit toujours exister entre les heures imprimées sur le papier et celles que marquent successivement les aiguilles.

Il faut en effet pouvoir débrayer le cylindre et le faire tourner à la main pour enlever et remettre, chaque jour, les feuilles de papier ; ce débrayage s'obtient au moyen d'un coussinet mobile qui, en se relevant, permet de faire glisser latéralement le cylindre en le dégageant de l'horloge.

On a dû employer comme organe inscrivant des mèches de soie et de l'encre d'aniline ; les mèches de coton essayées primitivement filtraient les diverses encres dans lesquelles elles plongeaient et il n'arrivait à la partie supérieure que le liquide qui tenait en dissolution ou en suspension la matière colorante.

La soie se teint directement sans mordant dans l'aniline, cette particularité a donné l'idée d'employer une mèche en soie et de l'encre d'aniline.

VIII. — Enregistreurs électriques de la vitesse des trains

L'enregistreur de la vitesse des trains, imaginé par MM. Rabier et Leroy, a été exposé par la Compagnie d'Orléans.

Cet appareil se compose d'une pendule battant le seconde et entraînant dans son mouvement un plateau en cuivre sur lequel se trouve fixé un cadran en papier divisé en 60 parties égales (fig. 8, pl. 22-23).

Un curseur muni d'un crayon, dont la pointe s'appuie sur le cadran en papier, trace, pendant la marche de l'appareil, une portion de circonférence qui indique le nombre de secondes pendant lesquelles s'est effectué le mouvement le passage d'un train sur une longueur déterminée de la voie (100 mètres). A chaque mise en marche de l'appareil, le curseur se déplace par un mécanisme simple, de façon à faire tracer au crayon une circonférence concentrique à la précédente, mais de plus grand rayon (0^m,0025 en plus). Les trains se trouvent ainsi nettement séparés.

La mise en marche et l'arrêt du pendule se font électriquement à l'aide de deux pédales (système Bricka, fig. 9, pl. 22-23), placées à 100 mètres l'une de l'autre.

Il est alors facile de se rendre compte du temps qu'une machine met pour franchir cet intervalle.

L'appareil a surtout pour but de constater que le train ne franchit pas l'espace mesuré avec une vitesse supérieure à celle qu'indiquent les règlements.

A cet effet, un petit rouage d'horlogerie, fonctionnant pendant deux minutes à chaque mise en mouvement du pendule, supprime pendant tout ce temps l'action de la pédale de mise en mouvement.

Ainsi, un train qui viendrait à s'arrêter sur les deux pédales serait inscrit sur le cadran enregistreur par une circonférence complète. On ne connaîtrait pas sa vitesse, mais on saurait qu'il a mis au moins une minute pour franchir l'espace mesuré.

L'appareil permet d'enregistrer la vitesse de 30 trains consécutifs.

La *Compagnie d'Orléans* avait également exposé un appareil portatif pour enregistrer la vitesse des trains.

Cet appareil se place sur un point quelconque de la voie pour mesurer, en l'enregistrant, la vitesse d'un train à son passage. La vitesse est mesurée sur une longueur très courte, 6 mètres, et le temps est évalué au moyen d'un diapason dont les vibrations sont enregistrées.

L'appareil enregistreur, proprement dit, comprend :

1° Un cylindre en cuivre *c* (fig. 1, pl. 24-25), placé au sommet d'un arbre fixe, reçoit un mouvement de rotation lorsqu'il descend le long de cet arbre qui, à cet

effet, porte une rainure hélicoïdale. Sur ce cylindre est collée une feuille de papier qu'on noircit à la flamme d'une bougie résineuse.

2° Un diapason *d*, donnant le *la* normal, porte au sommet d'une de ses branches un crin qui inscrit les vibrations sur le papier noirci.

3° Un soufflet à air en caoutchouc *s*, dont le soulèvement déclenche, à la fois, un petit marteau *m* qui vient frapper le diapason et un crochet *f* qui empêchait le cylindre de céder à l'impulsion d'un ressort *r*.

4° Une soupape en cuivre, tronc conique *g*, dont le couvercle, soulevé par une chasse d'air, fait buter une pointe contre le cylindre, près du crin du diapason.

L'appareil est mis en communication par des tubes en caoutchouc avec quatre pédales, placées le long du rail, à l'extérieur de la voie.

Chaque pédale est formée d'un petit cube en bois, percé d'un trou, au fond duquel vient déboucher un des tubes.

La première pédale communique avec le soufflet de déclenchement *s*; les tubes des trois autres se réunissent sur un tube commun, qui débouche sous le clapet de la soupape à air *g*.

La première roue de la machine enfonce successivement un bouchon de liège dans le trou de chaque pédale. Les quatre chasses d'air ainsi produites sont donc utilisées dans l'enregistreur; pour la pédale n° 1, à mettre l'appareil en marche, et, pour les pédales n°s 2, 3 et 4 à faire tracer trois repères le long de la courbe des vibrations.

Le nombre *n* des vibrations comptées entre les repères des pédales 2 et 4, qui sont espacées de 6 mètres, donne la vitesse *V* du train en kilomètres à l'heure, au moyen de la formule :

$$V = \frac{6^m \times 3600'' \times 435v''}{1000 \times n} = \frac{9,400}{n}$$

Une vitesse de 100 kilomètres à l'heure est donc mesurée par 94 vibrations.

La pédale 3 est placée à égale distance des pédales 2 et 4. Si l'opération est bien faite, son repère doit partager en deux parties égales le nombre des vibrations comprises entre les repères des pédales 2 et 4. L'expérience démontre que cette vibration est obtenue le plus souvent à moins de 2 vibrations près, c'est-à-dire que l'erreur est inférieure à 2 % pour la mesure d'une vitesse de 100 kilomètres à l'heure.

L'appareil est de dimensions suffisamment restreintes pour être dissimulé dans le ballast. Avec tous ses accessoires, les tubes, les quatre pédales, un flacon de fixatif et sa cuvette, la bougie résineuse et les bandes de papier, il tient dans une caisse de $0,245 \times 0,21 \times 0,20$ qui pèse toute garnie 4 k. 500.

Il suffit d'une dizaine de minutes pour mettre l'appareil en expérience.

L'enregistreur fixe de la vitesse des trains (système Hubou) exposé par la Compagnie de l'Est, a pour but d'indiquer la vitesse d'un train et l'heure exacte de son passage en un point déterminé.

Il est placé dans le circuit d'une pile et de deux transmetteurs à contact (système de M. Guillaume) établis sur la voie et distants de 50 mètres.

L'appareil représenté dans l'atlas, comprend :

1° Un cylindre enregistreur horizontal H mû par un mouvement d'horlogerie H₁ et faisant un tour complet en 28 heures. Ce cylindre est garni de papier ;

2° Une vis hélicoïdale A parallèle au cylindre ;

3° Un chariot formant écrou mobile le long de la vis A, au moyen de deux galets supérieurs *g* et de deux autres galets inférieurs *g'*, qui roulent dans les rainures des glissières correspondantes R R' isolées à leurs extrémités par de l'ébonite *i*. Les chapes des paires de galets *g g'* sont également isolées l'une de l'autre par de l'ébonite *i'*.

Le chariot dont il s'agit est muni d'un électro-aimant boîteux GG, mobile autour de l'axe *o* et portant à l'aide d'un doigt *e* le crayon *c* qui s'appuie sur le cylindre et y trace une section droite.

L'électro-aimant GG est relié électriquement à la pile et au second transmetteur au moyen de deux conducteurs isolés que forment, d'une part, les deux galets *g* du chariot et la glissière R, et d'autre part, les deux galets *g'* et la glissière R' :

4° Un électro-aimant de départ EE qui est relié au premier transmetteur et dont l'armature mobile autour de l'axe *x* porte un doigt *d*, qui maintient à l'arrêt le chariot et la vis constamment sollicités par un mouvement d'horlogerie à contrepoids π .

Les communications électriques sont représentées par les schémas.

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant :

Au moment du passage de la première roue d'un train sur le premier transmetteur, l'armature de l'électro-aimant de départ EE est attirée, et le chariot mobile, déclenché et entraîné par la rotation de la vis. Son crayon trace un trait suivant une génératrice.

Lorsque le train atteint le second transmetteur, l'électro-aimant GG du chariot est attiré par son armature fixe *a*. Le crayon se relève et se trouve maintenu écarté du cylindre par le crochet du béquet *h K* qui vient se placer de lui-même au-dessous du doigt *e* portant le crayon.

Le chariot continue néanmoins son mouvement de translation jusqu'à l'extrémité du cylindre et revient ensuite, le crayon toujours relevé, à son point de départ, après l'avoir toutefois dépassé un peu. Le crayon abandonne le crochet du béquet *h K* lorsque la tête de ce béquet vient buter contre la pointe de la vis V. Il s'appuie alors un instant sur l'équerre *l* et ne retombe sur le papier qu'au moment où le chariot est revenu se réenclencher de nouveau.

Le mouvement de va-et-vient du chariot est obtenu au moyen d'un pignon conique P fixé à la vis A, engrenant successivement avec deux demi-secteurs S_1 , S_2 à dents de côté, se faisant face et actionnés par la chute du contrepoids π .

L'aller du chariot, opéré par le secteur S_1 , est régularisé par la vis sans fin d'un régulateur F; sa durée est de 20 secondes. Le mouvement dans l'autre sens, qui est produit par le secteur S_2 , est retardé par un autre régulateur F' qui ne fonctionne qu'au retour, grâce au crochet r ; sa durée est de 60 secondes.

Au moment où le chariot est revenu à sa position primitive après un premier mouvement complet de va-et-vient ayant duré 80 secondes, si le train n'a pas encore franchi le premier transmetteur à contacts, le chariot repart de nouveau avec le crayon relevé, pour accomplir une nouvelle révolution.

Le crayon trace donc d'un trait continu une section droite du cylindre, ligne des abscisses donnant les heures du passage des trains, et, au moment de ce passage, il trace une portion de génératrice dont la longueur est proportionnelle à la vitesse du train dans l'intervalle de deux transmetteurs.

On obtient ainsi des graphiques donnant, à première lecture, la vitesse d'un train et son heure de passage. Les feuilles de papiers sont graduées et préparées pour faciliter cette lecture; elles sont remplacées sur le cylindre tous les vingt-quatre heures.

Le contrôleur de vitesse exposé par les chemins de fer de l'Etat consiste en un récepteur Morse, actionné par deux pédales placées à 200 mètres de distance l'une de l'autre. Ces pédales ont la forme d'un levier dont les bras sont dans le rapport de 1 à 10. L'extrémité du petit bras porte sous le rail et est maintenu au contact par le grand bras qui fait contrepoids. La moindre flexion du rail fait relever le grand bras. Ce bras de levier, qui est relié à la terre ou à un circuit métallique, détermine en se relevant un contact.

Les pédales établissent dans le récepteur Morse des contacts de sens contraire.

Un inverseur sous l'action du courant produit par la première pédale, débraye le Morse, et, sous l'action du courant produit par la seconde, embraye le Morse.

L'inverseur est disposé de manière à fermer le circuit d'une pile spéciale qui actionne l'imprimeur de l'appareil lorsque le Morse est débrayé.

Pendant que le train parcourt 200 mètres, le Morse, dont l'appareil d'horlogerie est réglé de manière à avoir une marche uniforme, déroule la bande de papier avec une vitesse régulière et connue, et la longueur du trait tracé permet de calculer le temps écoulé entre les deux passages du train sur les pédales et par suite la vitesse.

La Compagnie P.-L.-M., emploie pour le contrôle de la vitesse des trains des appareils portatifs confiés aux agents, tels que les tachymètres, ou portés

sur les machines, comme les chronotachymètres, qui enregistrent d'une manière très précise la marche des machines.

Elle fait en outre usage d'appareils fixes appelés contrôleurs de vitesse constitués par des appareils chronométriques déroulant, proportionnellement au temps, une feuille de papier, sur laquelle des traceurs mus par des électro-aimants, viennent pointer l'instant du passage de chaque train au droit de différentes pédales disposées le long de la voie et donnant des contacts électriques.

Dans l'*appareil à cylindre* la feuille de papier est fixée sur un cylindre qui simultanément tourne et se déplace sur son axe le long d'un pas de vis ; les longueurs sont alors mesurées sur des spires tracées par un stylet fixe. Les traceurs correspondant aux pédales sont de simples marteaux montés en trembleurs sur leurs électro-aimants, et leurs têtes métalliques en frappant sur le papier préparé chimiquement laissent des traces sans qu'il y ait besoin d'encre. Le déroulement des spires se fait à raison de 1 millimètre pour 2 secondes.

L'*appareil à rouleau d'entraînement* construit par MM. Richard frères déroule à la manière d'un appareil Morse, une large bande de papier sur laquelle six plumes correspondant aux pédales, marquent à l'encre des traits continus ; chacun d'eux est interrompu par des crochets perpendiculaires à la marche normale, lorsque la plume se trouve déviée sous l'action d'un électro-aimant qui la commande au passage d'un train sur la pédale correspondante. Le déroulement de la bande se fait à raison de 5 millimètres pour une minute.

IX. — Manœuvre des aiguilles au moyen de l'électricité

La manœuvre des aiguilles à distance a été obtenue jusqu'à présent au moyen de leviers servant à mettre en mouvement, par l'intermédiaire de transmissions rigides ou de fils métalliques, des lames d'aiguille placées à des distances variant de 300 à 500 mètres.

Cette solution présente de sérieux inconvénients, surtout lorsqu'il s'agit de franchir de grandes distances ou des lignes en courbe. Parmi ces inconvénients on peut citer, le prix élevé, les effets de la dilatation ou du raccourcissement des transmissions sous l'influence des variations de température, les difficultés de manœuvre qu'on éprouve principalement en temps de neige et de gelée, enfin l'effort musculaire, souvent considérable qu'on est obligé de développer pour renverser les leviers attelés à ces transmissions.

On a donc cherché à substituer aux transmissions mécaniques des systèmes fondés sur la transmission de force par l'électricité.

L'appareil exposé par la Compagnie du Chemin de fer du Nord consiste à placer entre les lames de l'aiguille, un peu en contrebas des traverses, une machine dynamo électrique, dont la rotation produit, par l'intermédiaire de vis hélicoïdales, le déplacement transversal de ces lames.

Lorsque la machine tourne dans un sens ou dans l'autre, selon le sens du courant qu'on y envoie à l'aide d'un commutateur, les rainures rr_1 des deux vis CC_1 (fig. 1, pl. 26-27) forcent les doigts dd_1 et par conséquent les lames mm_1 , auxquelles ils sont fixés, à se déplacer transversalement. Sur l'arbre B des deux pas de vis, est calée la machine dynamo A.

A la fin de la course des taquets de calage tt_1 montés sur les cylindres rainurés cc_1 , viennent se placer contre les lames et les obligent à s'appliquer exactement contre le rail contre-aiguille.

Des contrôleurs du type ordinaire, adaptés à la pointe de l'aiguille, sont disposés de manière que le circuit de la batterie d'accumulateurs qui est la source d'électricité, ne soit en communication qu'avec la manœuvre de l'aiguille et ne déclenche les autres leviers du même poste que lorsque le contact des lames est parfait.

Dans les conditions où l'expérience a été préparée, on a admis que l'effort au démarrage, évalué en temps normal à 50 kilogrammes pourrait atteindre 65 kilogrammes $+\frac{1}{10}$ pour le frottement, soit au maximum 70 kilogrammes. Le déplacement horizontal des lames est de 0^m,112 ; la vis appliquée à cette manœuvre effectue le déplacement en deux tours, son pas étant de 0^m,055 et la durée de la manœuvre devait être d'environ 0,25 seconde.

La machine dynamo fournie, à cet effet, par M. Hillairet, constructeur, est d'une force de 2 chevaux et demi ; le diamètre de l'anneau est de 0^m,20 et l'effort développé à la périphérie de cet anneau est de 20 kilogrammes ; l'intensité est de 25 ampères et la résistance totale de la machine de 0,76 ohm. La différence de potentiel aux bornes est de 60 volts pour effectuer la manœuvre en 0,25 seconde.

Les accumulateurs employés sont à lames de plomb du type de la Société du Travail électrique des métaux.

M. Illius Timmis avait exposé dans la section anglaise un système de manœuvre électrique d'aiguilles.

Le solénoïde moteur agk (fig. 2, pl. 26-27) est placé entre les lames d'aiguilles et mis en relation avec le levier M de l'aiguille et par l'intermédiaire des contacts b et c avec le levier N du signal Z qu'on doit effacer ou maintenir à l'arrêt selon la position occupée par l'aiguille.

Comme nous l'avons vu à propos de la manœuvre électrique des signaux, le bras du sémaphore est manœuvré par un solénoïde AU et éclairé la nuit par une lampe à incandescence O.

Les contacts sont doubles sur tous les leviers de signaux et d'aiguilles, et c'est le levier qui, en passant entre eux établit la communication électrique; le levier correspondant à la position de *voie libre* du sémaphore enclenche le levier de l'aiguille dans sa direction normale et réciproquement.

Les figures 3, 4 et 5, pl. 26-27 donnent les détails des solénoïdes et des organes qui servent à rompre le circuit ou à contrôler la position des lames.

Lorsque l'armature a commencé à se déplacer pour aller de l'aimant K à l'aimant *g*, la came *c* force la molette W à s'élever sur le plan incliné taillé en biseau et imprime par suite un mouvement de recul à la tige *b* du contrôleur; les lames d'aiguille se déplacent pendant que la molette W roule sur la partie horizontale de la came; à la fin de la course, la molette descend sur le biseau opposé de la came et le contrôleur *b* pénètre dans le trou *h* de manière à compléter le circuit du signal. Il en résulte que les signaux correspondants se trouvent condamnés pendant tout le temps que dure le déplacement des lames d'aiguilles et ne sont entièrement dégagés que lorsque la came a complètement achevé son mouvement.

Le passage du courant de l'aimant K à l'aimant *g* est réalisé automatiquement par le mouvement même de l'armature qui, à l'aide des doigts *e e'*, fait basculer le levier *u* de manière à couper le circuit du premier aimant et à mettre le second en communication.

Quand l'aiguille se trouve dans la position indiquée par la figure 1, le courant passe de *c* en *c'*; si alors on amène le levier du signal de la position verticale à la position *a*, le courant est transmis du contact *c*₁ à l'aimant U, le solénoïde du sémaphore fonctionne à son tour et le bras s'abaisse.

Pour pouvoir modifier la position de l'aiguille il faut préalablement amener le levier N à la position *b*₁ de manière à mettre le signal à l'arrêt.

Chaque aiguille exige pour sa manœuvre un courant d'une intensité de 15 ampères agissant pendant 2 secondes avec une force électro-motrice de 67 volts.

La *Société de Transmission de la force par l'électricité* avait exposé deux dessins représentant des appareils pour la manœuvre électrique des aiguilles.

Le premier représentait la manœuvre d'un solénoïde (système Deprez); cet appareil, qui a précédé celui exposé par le Chemin de fer du Nord, a été étudié et réalisé d'après un programme fourni par M. A. Sartiaux, ingénieur en chef de l'exploitation du chemin de fer du Nord.

La nécessité de conserver aux solénoïdes une horizontalité parfaite a fait que les recherches ont été dirigées dans le sens d'une application directe de la rotation d'une machine dynamo-électrique.

L'appareil a été décrit dans le numéro d'avril 1889 de la *Revue générale*

des Chemins de Fer et dans un article de M. Cossmann (*Lumière électrique*, n° 31, tome XXXIII du 3 août 1889).

Le second dessin est une disposition imaginée en vue de placer l'appareil entre les lames des aiguilles au lieu de l'installer à l'extérieur des voies.

Ce nouvel appareil n'a pas été l'objet d'expériences comme le précédent, mais les résultats acquis avec ce dernier ne laissent aucun doute sur son bon fonctionnement, car on a conservé les masses de fer et de cuivre en modifiant simplement le verrouillage automatique.

X. — Appareils de manutention

La *Compagnie du Nord* avait exposé un *treuil électrique* destiné à la manutention des marchandises en sacs.

Cet appareil, appliqué à la gare de La Chapelle, se compose d'un chariot à quatre roues, sur lequel sont montées deux machines électriques, l'une pour donner au chariot le mouvement d'avance ou de recul sur les rails du chemin de roulement, l'autre pour communiquer au crochet de la chaîne portant les sacs le mouvement d'élévation et de descente. Selon le sens du courant que l'on envoie dans la première de ces machines, le chariot marche en avant ou en arrière, la transmission de la rotation de l'arbre de l'induit se fait au moyen de roues dentées qui commandent l'un des essieux du chariot. De même pour la seconde machine, la rotation de l'induit se communique dans un sens ou dans l'autre par l'intermédiaire d'un pignon denté, à l'aide d'une vis hélicoïdale engrenant avec une roue à noix autour de laquelle passe une chaîne à laquelle s'accrochent les sacs.

La source d'électricité est une machine dynamo-électrique quelconque ou une batterie d'accumulateurs, capable de débiter une intensité de 25 ampères sous 100 ou 200 volts aux bornes des réceptrices.

L'appareil est mis en mouvement par un double commutateur inverseur, relié à des résistances de maillechort, calculées pour amener graduellement le courant dans les réceptrices.

Enfin le courant est amené aux machines du treuil par des contacts à ressorts frottant sur des languettes en laiton fixées sur des madriers en bois, établis à l'intérieur du chemin de roulement.

Pour éviter l'emploi de potentiels élevés on s'est astreint à ne pas faire coïncider les mouvements d'élévation et de translation.

Le *cabestan électrique* exposé par la *Compagnie des chemins de fer du Nord* se compose d'une machine dynamo-électrique à deux anneaux (fig. 6, pl. 26-27)

dont l'arbre porte à l'une de ses extrémités, un pignon qui engrène avec une grande roue dentée sur l'axe de laquelle est montée la cloche de cabestan qui reçoit le câble employé pour la manœuvre.

L'appareil est mis en mouvement à l'aide d'une pédale agissant sur un commutateur spécial de groupement auquel se relie les extrémités des fils des anneaux et des inducteurs de la machine dynamo-électrique ; ce commutateur, permettant de mettre graduellement en tension ou en dérivation les diverses parties de la machine, on obtient différentes vitesses de rotation du cabestan avec des efforts variant entre 350 et 400 kilogrammes ; on évite ainsi l'emploi de résistances variables qu'il eût été difficile de loger dans l'espace restreint dont on dispose.

Les organes moteurs du cabestan électrique sont renfermés dans une cuve en fonte ou en tôle parfaitement étanche. L'appareil proprement dit est, en outre, monté sur des tourillons, de manière à en permettre la visite facile : il suffit de le faire basculer pour rendre apparents tous les organes de la machine et à la portée de l'agent chargé de l'entretien, ce qui lui évite la nécessité de descendre à l'intérieur de la cuve.

Les cabestans devaient satisfaire au programme suivant : développer un effort de traction de 400 kilogrammes à la périphérie de la poupée avec une vitesse linéaire d'environ $1^m,50$ par seconde, correspondant, pour un cabestan de $0^m,40$ de diamètre à 70 tours par minute. Les cabestans devaient d'ailleurs être construits de telle sorte qu'en modifiant le groupement de la machine électrique, on put réduire la vitesse de 70 à 12 tours par minute, en abaissant le voltage de 200 à 100 volts.

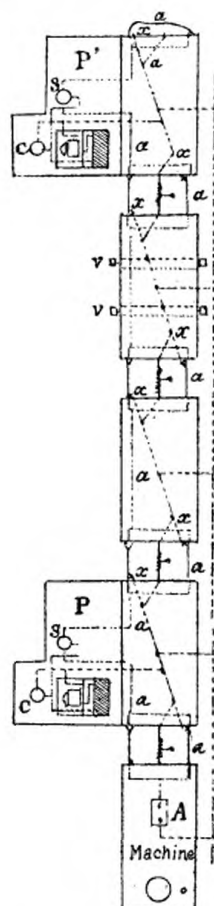
Le cabestan électrique que nous venons de décrire exige une intensité totale de 25 ampères par anneau au démarrage. En pleine marche, l'effort à développer se réduisant à 300 kilogrammes au lieu de 500 kilogrammes (chiffre pris pour le calcul des dimensions à donner à la machine motrice du cabestan) l'intensité totale s'abaisse à 15 ampères par anneau.

XI. — Intercommunication électrique des trains.

L'intercommunication électrique dans les trains a pour but de permettre aux agents de service dans ces trains de communiquer entre eux au moyen de signaux acoustiques, et aux voyageurs de tous les compartiments d'avertir ces mêmes agents en cas de danger.

Le système *Prudhomme* exposé par le *Chemin de fer du Nord* est en usage sur cette Compagnie depuis 1872.

La figure ci-contre représente le plan d'un train composé d'une machine, d'un fourgon de tête, de deux voitures à voyageurs et d'un fourgon de queue.



P et P' représentent les parois des fourgons de tête et de queue supposées rabattues sur le plan de la figure.

En C on aperçoit les commutateurs d'appel des fourgons; en S le sifflet électro-automoteur.

Deux fils isolés parcourent le train d'une extrémité à l'autre. Ils sont réunis dans chaque fourgon par un circuit comprenant deux piles de 6 éléments chacune et deux sonneries trembleuses spéciales. Ces piles ont leurs pôles de même nom placés en regard, de sorte que, dans l'état normal des choses, les sonneries sollicitées par des courants égaux et de sens contraire restent silencieuses, mais si l'on vient à réunir les deux conducteurs en des points intermédiaires, l'équilibre se trouve rompu, les sonneries tintent d'une façon continue.

De chaque côté des wagons, sous la caisse des voitures, se trouve un câble isolé formé de plusieurs fils de cuivre tordus.

L'un de ces câbles se bifurque en arrivant à l'arrière et à l'avant du véhicule; une des branches, recouverte sur une certaine longueur d'une corde tressée, porte un anneau de bronze; l'autre branche aboutit à une tige à crochet qui, sous l'action d'un ressort énergique, tend à venir au contact d'un butoir en métal.

L'autre câble relie les deux butoirs placés aux extrémités des véhicules et se prolonge d'un bout à l'autre du train, au moyen des barres d'attelage avec lesquelles

il communique; mais, comme ce moyen de communication pourrait manquer, on relie encore le câble par les plaques de garde aux essieux et par suite aux rails.

La tige à crochet porte, vers le bas, une gorge cylindrique, dans laquelle s'engage l'anneau en bronze, de sorte que ce dernier ne peut remonter. Dans cette position, la tige à crochet est écartée du butoir.

Sur les parois extrêmes de chaque véhicule se trouvent ainsi un crochet et un câble terminé par un anneau; ces deux organes sont disposés symétriquement de chaque côté de la barre d'attelage, de sorte que, quel que soit le sens dans lequel on tourne les véhicules qui doivent composer le train, il y ait toujours un crochet en regard d'un anneau.

Quant aux anneaux placés à l'avant de la première voiture et à l'arrière de la

dernière, on les engage dans les crochets fixés sur la même paroi, ainsi que le montre la figure.

En résumé, on voit que, lorsque toutes les communications sont établies, il existe sur toute la longueur du train deux conducteurs isolés : le premier *a a a* qui passe d'une voiture à l'autre, au moyen du contact réalisé par l'accrochage des anneaux dans les tiges à crochets ; le second *x x x*, qui relie les butoirs de chaque voiture avec les barres d'attelage, les plaques de garde, les essieux et par suite avec la terre.

Dans le fourgon de tête et dans le fourgon de queue du train se trouvent une pile et une sonnerie trembleuse contenues dans une boîte que l'on suspend au moyen de deux crochets à un tasseau cloué sur la paroi du véhicule.

L'un de ces crochets de suspension est mis en communication avec le pôle positif de la pile, tandis que l'autre crochet est relié électriquement à la sonnerie et cette dernière au pôle négatif de la pile.

Les contacts du tasseau sont mis en relation avec les deux conducteurs qui passent sous les voitures.

Chaque fourgon contient en outre un commutateur d'appel à levier qui permet aux agents du train de réunir les deux conducteurs en question, et par suite de faire marcher les sonneries placées dans les fourgons.

Les piles sont composées d'éléments Leclanché.

En cas de rupture d'attelage, les anneaux à crochet des voitures qui se détachent du train, sortent de leurs crochets ; ces derniers retombent alors sur les butoirs, et les deux câbles conducteurs du train se trouvant ainsi réunis, le circuit des piles est fermé et détermine le fonctionnement des sonneries.

En ce qui concerne les relations des voyageurs avec les agents des trains, on a disposé dans l'intérieur de la cloison séparatrice de deux compartiments consécutifs, une tringle métallique horizontale portant une manivelle. Cette manivelle permet d'imprimer à la tringle un mouvement de rotation au moyen d'une chaîne terminée par un anneau. Cet anneau est placé dans une cage triangulaire à parois vitrées, et par conséquent visible des deux compartiments contigus.

En cas de danger, les voyageurs peuvent briser facilement ces vitres qui sont très minces et tirer l'anneau.

Ce mouvement a pour effet d'actionner un petit commutateur placé à l'une des extrémités de la tige et auquel aboutissent les fils conducteurs en communication avec les pôles positifs ou négatifs des piles de fourgons. On ferme ainsi le circuit de ces piles et on actionne les sonneries.

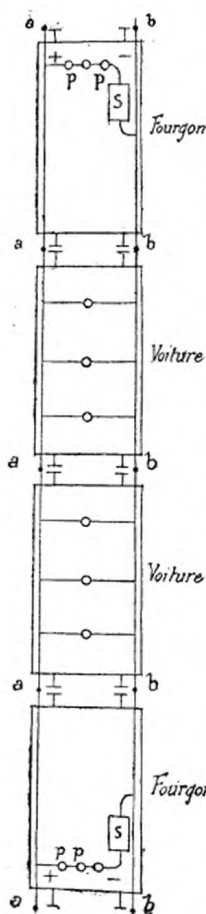
Les extrémités de la tringle sont prolongées de façon à dépasser d'une certaine longueur les parois de la voiture ; elles sont munies d'un petit voyant V de forme demi ovale percé d'une ouverture.

Ce voyant, que l'on aperçoit dans la figure des deux côtés de l'avant-dernière voiture présente, dans l'état normal des choses, sa tranche à la vue ; mais aussitôt que l'on a déterminé la rotation de la tringle à l'aide de l'anneau, les

voyants prennent une position verticale et montrent leur face blanche. Les agents savent ainsi d'où est parti l'appel.

La sonnerie trembleuse employée dans le cas particulier qui nous occupe doit être disposée de façon à ne pas tinter sous l'influence des trépidations et des oscillations du train. Pour cela, on a substitué à l'électro-aimant en fer à cheval deux électro-aimants droits et l'on a fait buter la partie supérieure de l'armature contre la branche horizontale d'un levier coudé en fer doux mobile autour de son axe, l'autre branche étant placée devant les pôles libres des électro-aimants.

Lorsque ces derniers agissent, la branche verticale du levier est attirée et dégage la tige du marteau qui peut alors venir frapper sur le timbre, mais lorsque les électro-aimants ne sont plus parcourus par le courant, le levier revient sous l'action de son poids à sa position primitive et empêche le marteau de bouger.



Les Compagnies P. L. M. et du Midi emploient également le système d'intercommunication Prudhomme que nous venons de décrire. Seulement diverses modifications de détail ont été apportées dans la construction des appareils.

Les appareils d'intercommunication électrique exposés par la Compagnie de l'Est diffèrent de ceux décrits ci-dessus par l'absence d'automatisme. On a jugé que cette automatisme était inutile sur un train muni de freins continus automatiques.

Le fil de terre, c'est-à-dire la communication à la terre, a été supprimé, et on a disposé le long de chaque côté du train un fil isolé de façon à avoir deux conducteurs.

Le premier ou fil positif, réunit les pôles positifs des deux piles situées dans le fourgon de queue et dans le fourgon de tête ; le second, ou fil négatif, réunit les pôles négatifs de ces mêmes piles.

Ces deux fils sont placés sous les corniches des voitures, c'est-à-dire dans un endroit accessible ; ils sont ainsi mieux à l'abri des ruptures et des contacts qui causent la plupart des dérangements des appareils du système Prudhomme.

Entre ces deux conducteurs métalliques est établie une série de dérivations, savoir :

1° Dans chaque fourgon, une dérivation comprenant une batterie de piles *pp* et une sonnerie *S*. Les piles des 2 fourgons sont montées en opposition comme il est représenté sur la figure 1.

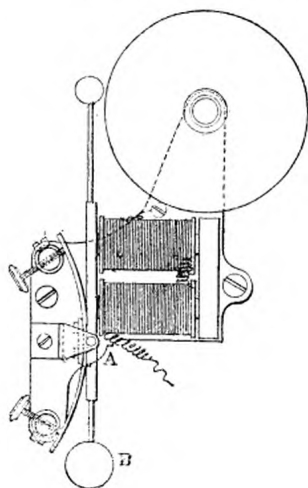
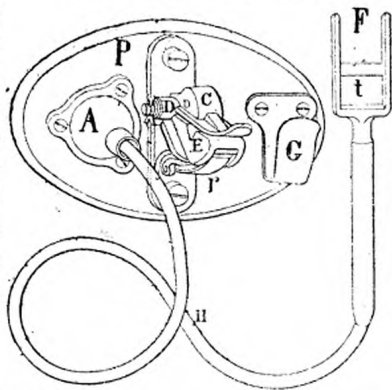
Ces piles qui comprennent chacune six éléments Leclanché, sont placées dans des boîtes spéciales qui renferment en même temps la sonnerie.

Dans l'état normal, ces piles étant égales, il n'y a pas de courant sensible ; mais si l'on vient à réunir métalliquement deux points quelconques des deux câbles, on crée ainsi une dérivation, les deux piles entrent immédiatement en jeu, chacune des moitiés du circuit est parcourue par un courant, et les deux sonneries fonctionnent immédiatement.

2° Dans chaque compartiment, une dérivation comprenant un commutateur. Le jeu de celui-ci ferme le circuit au moment voulu, et l'on voit immédiatement que les deux batteries doivent contribuer à l'émission du courant et faire fonctionner les deux sonneries.

Nous allons passer en revue maintenant les dispositions de détail qui caractérisent ce système.

1° *Accouplement.* — L'appareil de jonction entre les wagons est représenté dans la figure ci-contre. Le crochet comprend deux mâchoires en cuivre, dont l'inférieure E est fixe ; la supérieure C est appuyée sur l'autre par un ressort élastique. L'anneau attaché au bout du câble est terminé par une barre T droite, on la pousse entre les deux mâchoires qui s'écartent et elle vient naturellement se placer dans une encoche où elle est solidement retenue



par la pression du ressort, donnant ainsi un contact électrique bien assuré et préservé contre la poussière. On se marquera que les deux côtés latéraux de l'anneau sont prolongés au-delà de la barre terminale et forment une sorte de fourche ; le but de cette disposition est d'assurer l'échappement de l'anneau en cas de décrochage des voitures. Si ce cas se produit, le câble se trouve tiré horizontalement et tend à relever le manche de l'anneau, celui-ci tournant alors sur la barre de contact, les deux branches de la fourche viennent s'appuyer sur deux saillies latérales D, en sorte que l'ensemble forme levier, la mâchoire

supérieure se soulève et l'anneau échappe de son encoche.

On évite ainsi la rupture du câble en cas de disjonction imprévue des voitures.

2° *Sonnerie*. — Pour éviter qu'elle tinte sous l'action des mouvements du train, au lieu de lui mettre un arrêt mobile, ce qui complique toujours le système, on a simplement suspendu le battant par son centre de gravité en A, le poids de la partie supérieure étant équilibré par une boule métallique placée en B et que l'on peut faire monter ou descendre à l'aide d'un pas de vis. Le ressort antagoniste est double en longueur ; il forme interrupteur du courant au point C, comme dans la disposition ordinaire.

3° *Commutateur des compartiments*. — Il se compose d'une boîte fixée au plafond de la voiture, le signal se donne en tirant un bouton saillant B. Ce tirage fait tourner le fond de la boîte et donne le contact par un ressort intérieur. Une fois tiré, le bouton ne peut plus être remis à sa place que par une manœuvre particulière, en sorte que les employés peuvent toujours savoir d'où est parti le signal.

4° *Manipulateur des fourgons*. — Enfin dans les fourgons on place des manipulateurs spéciaux. La manette B peut servir à envoyer des signaux interrompus comme avec un télégraphe Morse, ou bien en la faisant tourner vers la région C de son contact, elle ferme tout à fait le circuit et donne alors le signal d'alarme en faisant fonctionner la sonnerie d'une façon continue.

Enfin on remarquait dans l'exposition de la *Compagnie d'Orléans* un tableau permettant d'actionner au moyen d'un seul bouton tous les systèmes d'appareils d'alarme usités par les diverses Compagnies,



XII. — Unification de l'heure par l'intermédiaire des fils télégraphiques

L'appareil pour l'unification de l'heure, exposé par les *chemins de fer de l'État* se compose :

1° D'une boule métallique, pouvant glisser librement sur une tige verticale et

armée à sa partie inférieure d'un ressort qui établit en tombant un courant de relais; on la remonte au point d'arrêt à l'aide d'un cordon de tirage;

2° D'un électro-aimant dont le bras d'armature retient la boule au haut de la tige;

3° D'un contact électrique, placé sous le cadran d'une horloge régulatrice, et qui est soumis à sa marche; ce contact s'établit chaque jour à une heure déterminée;

4° D'un commutateur de dérivation pris sur le fil omnibus du télégraphe, et qui permet de mettre l'horloge régulatrice en relation avec la première horloge sans interrompre les communications télégraphiques.

Le fil omnibus du télégraphe est utilisé pour la transmission de l'heure donnée par l'horloge régulatrice.

Lorsque l'horloge régulatrice établit le contact à l'heure déterminée, le courant passe directement dans l'électro-aimant de la première horloge à régler; la boule, abandonnée par le bras de l'armature qui se trouve déplacé, tombe, le courant s'établit, passe dans le fil de ligne avec lequel il est en communication, et arrive dans l'horloge de la gare suivante par le premier fil en dérivation. Le coup de timbre de l'horloge et la sonnerie du télégraphe annoncent la chute qui établit le courant avec le second fil, sans actionner la sonnerie du côté gauche du poste. Le courant passe alors dans le fil de ligne pour actionner la boule de la gare, et ainsi de suite, de gare en gare.

L'instant de la chute de la boule peut être attendu pendant une ou deux minutes, par un agent qui sera chargé de mettre l'horloge de la gare à l'heure envoyée par l'horloge régulatrice.

La *Compagnie des chemins de fer de l'Est* avait exposé un système étudié par MM. G. Dumont et H. Lepaute pour la remise à l'heure des horloges à grande distance par l'intermédiaire des fils télégraphiques.

Depuis longtemps déjà les régulateurs, placés en différents points de la gare de Paris, sont remis à l'heure électriquement par la grande horloge de la façade.

Cette régulation s'opère une fois par heure, suivant le système de MM. Redier et G. Tresca, qui corrige seulement l'avance, mais qui a l'avantage de ne pas demander de modification de rouage. En principe, ce système consiste à arrêter l'échappement de l'horloge, si elle a de l'avance, tout en laissant le pendule continuer ses oscillations; cet arrêt de l'échappement a pour durée la valeur de l'avance qu'avait prise l'horloge; dès que l'échappement est rendu libre, le pendule agit de nouveau sur le rouage et l'horloge reprend sa marche.

Ce système, ayant donné d'assez bons résultats, on a eu l'idée de l'appliquer à grande distance. En effet, il a paru qu'il suffisait, en se servant des fils télégraphiques, d'envoyer un courant dans des horloges, placées à Troyes et à Vesoul, pour les remettre à la même heure que celle de Paris. Cet emprunt des fils ne devait causer aucune gêne au service des dépêches, puisque sa durée devait

être très courte (5' toutes les 12 heures). Toutefois, l'application n'était pas sans entraîner quelques complications dans les organes; voici comment le problème a été résolu par MM. G. Dupont et H. Lepaute :

Il s'agissait tout d'abord de réaliser l'isolement des appareils télégraphiques et la mise en communication des horloges avec la ligne pendant 5' toutes les 12 heures; on ne pouvait songer à faire manœuvrer un commutateur par les agents des gares, qui auraient le plus souvent oublié cette manœuvre, et c'est aux horloges elles-mêmes qu'on a demandé cette communication automatique. Voici comment :

Commutateur — Chaque horloge est munie d'un commutateur, consistant en un électro-aimant sur l'armature duquel sont fixés deux ressorts isolés l'un de l'autre, et reliés aux fils de ligne; en temps normal (c'est-à-dire lorsqu'aucun courant ne traverse l'électro), les ressorts sont au contact de deux butoirs reliés au poste télégraphique; dans ces conditions, les courants, cheminant dans les fils de ligne, sont dirigés sur le poste télégraphique, et l'échange des dépêches peut s'effectuer; mais, si un organe spécial, mû par l'horloge, et dont nous parlerons plus loin, vient à fermer le circuit d'une pile locale sur l'électro, l'armature entraînera les deux ressorts qui quitteront les premiers butoirs et viendront au contact des deux autres qui sont en communication avec l'organe de remise à l'heure. Le poste télégraphique se trouvera alors isolé des lignes qui seront affectées au service de l'horloge tant que l'armature sera attirée, c'est-à-dire tant que le courant de la pile locale circulera dans l'électro.

Le courant de la pile locale est fermé sur l'électro-aimant par l'intermédiaire d'un levier venant au contact d'un ressort; ce levier est actionné par un système de limaçons montés sur la roue du cadran et sur la chaussée du mouvement de l'horloge: le contact produit dure 5', c'est-à-dire 3' avant 12 heures et 2' après, 12 heures.

Horloge distributrice. — C'est une horloge spéciale, placée à Paris, et parfaitement régularisée, qui remet à l'heure les horloges du réseau. A cet effet, elle a été munie des organes représentés figure 7, pl. 26-27.

La roue R fait un tour en une heure; la goupille *g* agira donc toutes les heures sur les leviers *a* et *b* destinés à fermer le circuit de la pile P sur la ligne télégraphique; mais, ainsi que l'examen de la figure 7 le démontre, ce circuit ne pourra être complété qu'autant que l'armature A, du commutateur E, sera venue au contact du butoir *h*. Or, l'attraction de cette armature A, par l'électro E, ne peut avoir lieu que toutes les 12 heures, parce que le circuit de la pile P ne peut être fermé que par l'intermédiaire du levier C et du ressort *r'* et que les leviers *c* et *d* sont commandés par le limaçon porté sur la roue S laquelle fait un tour en 12 heures.

Ainsi, les leviers *c* et *d* ont pour fonction de fermer et d'ouvrir le circuit de la pile P sur l'électro E, c'est-à-dire de mettre pendant 5 minutes la ligne télé-

graphique en communication avec l'horloge, de façon à permettre à cette dernière d'envoyer, par l'intermédiaire des leviers *a* et *b*, un courant qui, parcourant la ligne, traversera les organes électriques des horloges placées sur différents points du réseau. Nous verrons plus loin comment ce courant, qui dure 60'', agit pour remettre ces horloges à la même heure que l'horloge régulatrice placée à Paris.

L'ensemble des deux leviers *a* et *b* et d'un ressort *r* constitue le contact ou commutateur système Madeleine; ce commutateur permet de fermer et d'ouvrir un circuit à un moment précis et pendant une durée déterminée; son fonctionnement est le suivant: la goupille *g* (fig. 7, pl. 26-27) commence par soulever les deux leviers dont les bras ont une longueur un peu différente; la roue *R*, et par suite la goupille *g*, continuant leur mouvement, le levier *b*, dont le bras est le plus court, échappe le premier et vient tomber sur le butoir *B* en se mettant au contact du ressort *r*; 60'' après, le levier *a* échappe à son tour, et, comme son extrémité est garnie d'une matière isolante *i*, et que sa longueur est un peu plus grande que celle du levier *b*, en tombant, il écarte le ressort *r* du levier *b*, et interrompt le courant. Après un tour complet de la roue *R*, le même effet se reproduit: les deux leviers sont soulevés par la goupille *g* et retombent l'un après l'autre à 60'' d'intervalle.

Le fonctionnement du commutateur, dépendant de la roue *S*, est absolument le même, mais les leviers sont remontés et lâchés par un limaçon au lieu d'être mus par une goupille.

L'horloge distributrice, quoique ayant une marche très régulière, a été pour plus de sûreté reliée électriquement à la grande horloge de la gare de Paris; elle est donc elle-même remise à l'heure de la même façon que les horloges du réseau qu'elle commande à son tour. La seule différence consiste en ce que l'horloge distributrice est régularisée toutes les heures, tandis que, comme nous l'avons dit plus haut, les horloges du réseau ne le sont que toutes les 12 heures.

Horloges du réseau ou réceptrices. -- Ces horloges sont du type habituellement employé dans les gares, avec cette différence qu'elles ne sont pas pourvues de grand cadran extérieur.

Chacune de ces horloges comporte le commutateur décrit plus haut. Ce commutateur est actionné par une pile locale de la même façon que celui de l'horloge distributrice.

Comme nous l'avons déjà dit, le système de remise à l'heure consiste à arrêter la roue d'échappement, de telle sorte que le balancier continue à osciller librement indépendamment du rouage. L'horloge doit être réglée de manière à ne jamais retarder; on s'arrange donc pour lui donner plutôt une tendance à l'avance.

C'est à 11 h. 59' que l'horloge distributrice envoie un courant d'une durée de 60''

qui, par conséquent, cesse à 12 h.; le courant traverse l'électro E (fig. 8, pl. 26-27) et tend à attirer l'armature A; mais cette dernière ne peut obéir à cette attraction que lorsque le bras du levier B sera tombé dans l'encoche du limaçon C, c'est-à-dire lorsque l'horloge à régler marque 12 heures juste; dès que l'armature pourra s'approcher de l'électro E, elle entraînera le levier B' qui retiendra par son crochet la goupille *g* fixée sur la fourchette F; cette dernière se trouvera donc arrêtée, et l'horloge restera à 12 heures, jusqu'à ce que le courant cessant de passer dans l'électro E, le ressort R relève l'armature et dégage la goupille *g*; à ce moment précis, l'horloge distributrice et les horloges à régler marqueront toutes 12 heures, et ces dernières se remettront en marche puisque leur balancier, dont les oscillations n'auront pas cessé, aura de nouveau action sur la fourchette F qui sera déagée.

On voit que les dispositions prises ne permettent de corriger qu'une avance de 60'' toutes les heures, c'est-à-dire de 2' par jour; mais cette limite est plus que suffisante, car, les horloges qui varieraient davantage seraient retirées du service.

Commutateur de sûreté. — Puisqu'on emprunte la ligne télégraphique, il faut avant tout que, dans le cas d'arrêt ou de dérangement de l'horloge, les communications ne soient pas interrompues.

On n'a donc pas relié directement les lignes aux armatures A et A' cette relation est établie par l'intermédiaire du commutateur (fig. 9, pl. 26-27).

Cet appareil consiste essentiellement en une roue R, en matière isolante, portant sur sa circonférence des lames métalliques destinées à établir des communications entre les divers frotteurs qui appuient dessus. En temps normal, les lignes se trouvent en communication avec le poste télégraphique, par l'intermédiaire du commutateur (fig. 7); mais si, au moyen d'une manivelle, on fait faire un huitième de tour à la roue R (fig. 9), les lignes se trouvent mises en relation directe avec le poste télégraphique, et le commutateur (fig. 7) est isolé du circuit. Comme cet appareil (fig. 9, pl. 26-27) ne doit servir qu'en cas d'arrêt ou d'avarie aux horloges, la manivelle est maintenue par un scellé, qu'on brise en cas de besoin, en justifiant de la nécessité.

La figure 10 donne le schéma général des communications électriques nécessaires pour la réalisation du système de remise à l'heure par l'électricité, en employant les fils télégraphiques.

G. DUMONT & G. Baignères

LES CHEMINS DE FER A CRÉMAILLÈRE

PAR

MM. L. VIGREUX & F. LOPPÉ

INTRODUCTION

La résistance totale d'un train à la traction, se compose des résistances partielles suivantes :

1° De celles qui sont inhérentes au système des chemins de fer et se manifestent même dans le parcours d'une voie en palier et alignement droit.

Elles proviennent : (a) Du frottement entre les fusées et les coussinets.

(b) — entre le bandage des roues et le rail.

(c) De la résistance de l'air.

2° De celle due au passage en courbe.

3° De celle provenant des rampes.

Cette dernière résistance, qui est la composante du poids du train parallèle à la voie, augmente rapidement avec la rampe et devient bientôt prépondérante.

En effet si P est le poids du train, i l'angle que fait le plan de la voie avec l'horizon, cette résistance est $P \sin i$.

Dans les chemins de fer ordinaires, la résistance à la traction est vaincue par l'adhérence des roues motrices.

Cette adhérence est égale à la pression des roues motrices sur le rail, multipliée par un coefficient qui varie avec l'état de la voie.

Ce coefficient, qui peut s'élever par les temps secs à $\frac{1}{5}$, s'abaisse au contraire parfois jusqu'à $\frac{1}{9}$ par les temps humides, et dans les tunnels où les rails sont gras et humides il peut tomber à $\frac{1}{10}$ et même $\frac{1}{12}$.

Dans les chemins de fer industriels, la poussière qui tombe sur les rails diminue encore ce coefficient ; ainsi au chemin de fer mixte à crémaillère et à adhérence des mines de Friedrichslegen, le coefficient, qui est de $\frac{1}{3}$ par un temps sec, tombe à $\frac{1}{15}$ par les temps humides.

Certaines circonstances locales influent aussi sur ce coefficient et diminuent l'adhérence; par exemple à la traversée d'un bois les feuilles qui tombent sur la voie. En Algérie on a vu des trains arrêtés par suite de l'écrasement de saute-relles sur les rails, ce qui rendait ces derniers glissants.

La pression des roues motrices sur les rails et par suite l'adhérence diminuent rapidement dans les rampes. En effet si P_1 est cette pression en palier, elle devient $P_1 \cos i$ en rampe.

Il y a donc, lorsque l'on franchit une rampe, deux circonstances défavorables qui se présentent à la fois : augmentation de la résistance à la traction, et diminution de l'adhérence.

On a cherché de plusieurs façons à augmenter l'adhérence :

1° en augmentant la pression sur les rails ;

2° en augmentant le coefficient d'adhérence.

Comme solution rentrant dans la première catégorie, nous pouvons citer

l'emploi de plusieurs essieux moteurs couplés; on augmente ainsi la pression totale que les roues motrices exercent sur les rails; ce système est très répandu actuellement.

On a aussi disposé des cylindres moteurs sur le tender et M. Flachat avait même proposé d'installer un cylindre moteur sur chaque véhicule pour le chemin de fer du Mont-Cenis.

Sur ce dernier chemin de fer, on avait augmenté l'adhérence en installant au milieu de la voie un rail pressé entre deux roues motrices horizontales (système Fell).

Comme solution rentrant dans la deuxième catégorie, augmentation du coefficient d'adhérence, nous pouvons citer l'emploi d'un jet de sable siliceux.

Un réservoir plein de sable sec est placé sur la locomotive; ce sable est répandu sur les rails au moyen de tuyaux aboutissant en avant des roues motrices. Derrière celles-ci est installé un balai qui l'enlève au fur et à mesure, car sans cela la résistance à la traction en serait augmentée; par ce système, on parvient à obtenir un coefficient d'adhérence de $\frac{1}{4}$ environ.

Sur les lignes minières, où la menue poussière qui tombe sur les rails diminue l'adhérence, on peut augmenter celle-ci en envoyant des jets de vapeur en avant de la locomotive. Ce fait a été mis en lumière au chemin de fer des mines de Pensylvanie, une locomotive; qui patinait sur une rampe de 15 millimètres par mètre s'est mise à marcher convenablement à la suite de la rupture d'un tuyau de purge. Depuis lors sur ce chemin de fer, on a renoncé à l'emploi du sable et adapté aux locomotives des robinets permettant d'envoyer des jets de vapeur sur les rails.

M. Larmenjat a expérimenté au Raincy le système suivant qui produisit une augmentation d'adhérence: la locomotive était portée par 4 roues, 2 roues porteuses se déplaçaient sur un rail médian, les 2 roues motrices sur des bandes d'asphalte.

Quoi qu'il en soit et dans l'état actuel de la question, sur un chemin de fer à adhérence et à assez grand trafic, on ne peut guère dépasser des rampes de 3 centimètres par mètre et même il y a lieu de se tenir à une limite inférieure. Cependant sur les chemins de fer à voie étroite et sur certains chemins de fer à voie normale, on a notablement dépassé cette limite; ainsi :

Au chemin de fer de Tavaux-Pontséricourt, à voie d'un mètre, des locomotives de 7,5 tonnes remorquent des trains de 8 à 10 tonnes sur des rampes de 75 millimètres par mètre.

Au chemin de fer de Laon du système Decauville, à voie de 0^m,60, des locomotives Mallet remorquent des trains de 10 tonnes, avec une vitesse de 15 kilomètres à l'heure sur des rampes de 70 millimètres par mètre, dans des courbes de 26 mètres de rayon.

Sur la ligne à voie normale d'Enghien à Montmorency, la pente est de 45 millimètres par mètre.

Le moyen pratique d'augmenter l'effort de traction et de le rendre indépendant des rampes, est de chercher pour la locomotive un point d'appui fixe, en la munissant d'une ou plusieurs roues dentées, actionnées par le mécanisme moteur et engrenant avec une crémaillère fixe. On a ainsi un véritable système de touage.

Au commencement de ce siècle, quand eurent lieu les premiers essais de construction de locomotives et de chemins de fer, tout le monde croyait qu'entre les roues des locomotives et les rails lisses, le frottement serait insuffisant pour assurer la traction.

Trevethick et Vivian, qui construisirent la première locomotive en 1804, installèrent à côté des rails, des pièces de bois, dans lesquelles venaient mordre des têtes de clous saillants, adaptés aux roues de la locomotive. Cette locomotive remorquait, sur une ligne de chemin de fer construite dans le Pays de Galles, un train de 10 tonnes avec une vitesse de 7,5 kilomètres à l'heure.

D'autres constructeurs cherchèrent à employer des rails à surface non lisse, à installer sur la machine des jambes mécaniques, etc.

Blenckinsope, ingénieur-mécanicien aux mines de Midleton, prit en 1811 un brevet pour une locomotive avec roue dentée installée au-dessous de la chaudière et engrenant avec une crémaillère centrale placée entre les rails.

Un chemin de fer construit entre les mines de Midleton et la ville de Leeds fut desservi par une locomotive de ce système, qui remorquait un train formé de 30 wagons chargés de charbon, d'un poids de près de 100 tonnes, avec une vitesse de 5,2 kilomètres à l'heure.

Ce système de locomotive donna d'assez bons résultats et la ligne fut exploitée ainsi pendant une vingtaine d'années.

Georges Stephenson, lorsqu'il entreprit ses essais d'amélioration des locomotives, commença par adopter le principe de Blenckinsope. Les expériences de Blackett, qui en 1813 prouvèrent que l'adhérence suffisait pour assurer la traction, firent

que Stephenson tourna son activité de ce côté. Ses recherches furent couronnées d'un tel succès que les idées de Blenkinsope furent abandonnées et presque oubliées.

En 1847 fut installée la ligne à crémaillère d'Indianapolis à Madison.

En 1868, la construction du chemin de fer du Mount-Washington, dans le New-Hampshire, par Sylvestre Marsch, et celle du chemin de fer du Righi en 1870, par Nicolas Riggenbach, ramenèrent l'attention sur l'emploi de la crémaillère.

La ligne du Mount-Washington a une longueur de 4,500 mètres et elle franchit une différence de niveau de 1 100 mètres.

La rampe moyenne est de 240 millimètres par mètre. La rampe maximum de 330 millimètres.

La locomotive, d'un poids de quatre tonnes avec une roue dentée de 460 millimètres de diamètre, pousse une voiture pouvant contenir 50 voyageurs.

La crémaillère est une sorte d'échelle posée dans le milieu de la voie et dont les barreaux à section circulaire, forment les dents.

Nous décrirons plus loin la ligne du Righi et le matériel employé.

Une vive polémique s'est engagée sur la priorité de l'idée de ces chemins de fer. D'après une note de M. Mallet (numéro d'octobre 1888 de la *Revue générale des Chemins de Fer*), M. Riggenbach s'était occupé de la question longtemps avant la construction du chemin de fer du Mount-Washington, ainsi que le prouve un brevet en date du 12 mars 1862.

Dans ce brevet, que l'on peut consulter au Conservatoire des Arts et Métiers, M. Riggenbach décrit entre autres son système de crémaillère sous le titre « nouveau système de voie et de locomotive destinées au franchissement des montagnes. »

En 1866, il avait proposé l'emploi de la crémaillère pour le tracé du Saint-Gothard. Lorsque les études de cette ligne montrèrent les énormes difficultés que l'on a dû surmonter pour sa construction, le gouvernement suisse reprit l'idée de Riggenbach, mais le gouvernement allemand et le gouvernement italien s'y refusèrent.

Actuellement nombre d'ingénieurs sont d'avis qu'il y aurait avantage à abandonner la ligne actuelle sur laquelle les frais de traction sont si élevés et à recourir à la crémaillère; ils estiment que l'on économiserait ainsi 30 % sur ces frais de traction.

C'est donc bien à M. Riggenbach que revient l'honneur d'avoir repris et rendu pratique l'idée de Blenkinsope, et l'Académie des Sciences lui a décerné en 1885 le prix Monthyon de mécanique, notamment pour « sa bonne disposition de crémaillère et l'emploi d'air avec adjonction d'eau, faisant office de contre-vapeur à la descente. »

Parmi les Ingénieurs qui se sont occupés de la construction de chemins de fer

à crémaillère, nous devons citer M. Roman Abt de Lucerne, inventeur d'un nouveau système de crémaillère.

M. Abt a obtenu en 1888 le prix de l'union des chemins de fer allemands, pour « son système de chemins de fer à crémaillère et de locomotives à roues dentées. »

La construction de la ligne du chemin de fer du Mont Pilate, avec rampes de 48 %, a amené M. le Colonel Ed. Locher à adopter une double crémaillère à dents horizontales constituée, en somme, par deux crémaillères placées dos à dos, avec lesquelles engrenent deux roues horizontales placées de part et d'autre.

Un système analogue avait été essayé par M. Agudio, Ingénieur des arts et manufactures, sur un plan incliné automoteur à Lens-le-Bourg (1), lors des essais pour la construction du chemin de fer du Mont-Cenis en 1871-1872.

La crémaillère double était constituée par un ruban d'acier dont les inflexions formaient les dents. Ce ruban était maintenu haut et bas par des joues en fer en U, réunies par de forts rivets, traversant la pièce au fond de chacune des dents.

En 1885, M. Agudio a appliqué son système au chemin de fer de la Superga près Turin.

Pour une rampe de 25 millimètres par mètre, l'emploi de la crémaillère devient aussi avantageux que celui qui a pour but d'augmenter l'adhérence, et pour des rampes plus fortes il est plus avantageux.

En employant des locomotives avec un effort de traction de 6 à 7000 kilogrammes, on peut, sur des rampes de 40 millimètres par mètre, remorquer des trains avec une vitesse de 20 à 25 kilomètres à l'heure, et sur des rampes de 250 millimètres (au Righi par exemple), avec une vitesse de 8 à 10 kilomètres.

Depuis la création des lignes de chemin de fer « mixtes », c'est-à-dire de celles dont la voie comporte des sections à simple adhérence et des sections munies de la crémaillère, lignes desservies par des locomotives aptes à remorquer les trains sur les deux genres de voie et passant de l'un à l'autre, *sans s'arrêter*, on peut dire que la question est devenue tout à fait pratique et que dans l'emploi de la crémaillère est certainement l'avenir des chemins de fer en pays de montagnes.

Dans tous les pays on construit actuellement des chemins de fer mixtes, soit à voie normale se raccordant aux grandes lignes et sur lesquelles le matériel porteur de ces dernières peut circuler, soit à voie étroite dans les contrées donnant lieu à un plus faible trafic. Dans ce dernier cas on arrive à une grande économie, car on peut dire que le chemin de fer, pouvant épouser pour ainsi dire exactement le terrain (à cause des fortes rampes que l'on peut employer), devient, comme infrastructure, aussi économique qu'une route ordinaire en pays de montagne.

1. Voir Couche, voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer, pages 789 et suivantes.

Dans un pays accidenté, les avantages de la crémaillère sont les suivants :

1° Economie et grande rapidité de construction. En effet, la voie pouvant plus facilement suivre les dénivellations du terrain, on évite ainsi la construction de nombreux ouvrages d'art. D'un autre côté, si la superstructure coûte un peu plus cher par kilomètre, la réduction de parcours fait que, pour l'ensemble de la ligne, on a encore économie de ce côté.

2° Plus grande capacité de transport. En effet, quoique la vitesse soit plus faible, le parcours est réduit dans de grandes proportions, et de plus la faible vitesse permet de faire suivre les trains à intervalles plus courts, c'est-à-dire d'en augmenter le nombre.

3° Diminution des frais de traction et d'entretien comparativement à ceux qu'exigerait une voie à adhérence remplissant le même but. Il est évident que les frais de traction sont plus élevés pour 1 kilomètre de voie à crémaillère que pour 1 kilomètre de voie à adhérence, mais le parcours sur une ligne à crémaillère est réduit dans des proportions considérables. Il en est de même pour l'entretien de la voie, où la diminution du nombre et de l'importance des ouvrages d'art concourt encore à la diminution des frais.

4° Grande sécurité. En effet, comme nous le verrons par la suite, la crémaillère, dans les pentes, sert à retenir le train.

Parmi les lignes à voies mixtes existant actuellement, nous pouvons citer :

La ligne du Hoellenthal à voie normale, sur laquelle des locomotives de 41,4 tonnes remorquent des trains de 100 tonnes avec une vitesse de 10 kilomètres à l'heure sur des rampes de 55 millimètres par mètre.

La crémaillère employée sur cette ligne, due à M. Bissinger, est du type à échelle; sa construction diffère un peu de celle de M. Riggensbach, mais le principe en est le même.

La ligne à largeur de voie normale du Harz (Brunswick), du système Abt, allant de Blankenburg à Tanne. Elle dessert des carrières de marbre, des exploitations forestières et des mines et se raccorde avec les grandes lignes.

Les sections à simple adhérence, d'une longueur de 22 km. 7, présentent des rampes de 25 millimètres par mètre au maximum; les 7 km. 8 de section à crémaillère ont des rampes atteignant 60 millimètres par mètre.

Le service est fait par des locomotives mixtes pesant 55,9 tonnes en charge, et remorquant sur les rampes de 60 millimètres un train de 120 tonnes, à la vitesse de 10 kilomètres à l'heure et pouvant, avec des charges plus faibles, atteindre une vitesse de 25 kilomètres à l'heure.

M. Schneider, directeur des chemins de fer du Brunswick, a comparé les frais d'établissement de cette ligne à ceux de la ligne à simple adhérence du Semmering (Arlberg). Nous donnons ici les résultats de cette comparaison.

« Dans les deux lignes, les hauteurs à faire franchir aux trains sont sensiblement les mêmes; en effet, dans la ligne du Semmering les différences de niveau sont :

De Gloggnitz à Mürzzuschlag	459 mètres
De Mürzzuschlag à Gloggnitz	218 »
Hauteur totale	677 mètres.

Pour le chemin de fer du Harz, les différences de niveau sont :

De Blankenburg à Tanne	455 mètres.
De Tanne à Blankenburg	193 »
Hauteur totale	648 mètres.

Le chemin de fer du Semmering (avec voie à adhérence et rampes de 30 millimètres au maximum) a coûté 23 250 000 florins (57 427 500 francs) pour 41 kilomètres, soit environ 1,400,000 francs par kilomètre, sans matériel roulant.

Le chemin de fer du Harz a coûté, sans matériel roulant, 4 000 000 francs, soit 147 500 francs par kilomètre.

Cependant le chemin de fer du Semmering, vu l'état des lieux, n'aurait pas pu être établi aussi bon marché que celui du Harz, mais on aurait pu le construire parfaitement pour 700 000 francs le kilomètre et en rendre l'exploitation tout aussi importante qu'elle l'est actuellement, en diminuant le parcours et en économisant plus de la moitié des frais de premier établissement. »

Des expériences officielles comparatives de traction au moyen de locomotives à adhérence et de locomotives mixtes du système Abt ont eu lieu aux Indes anglaises, sur la ligne du Bolan-Pass. Nous en donnons ici le résultat, d'après un article de M. Sagala paru dans la *Revue générale des Chemins de Fer*.

La voie du chemin de fer du Bolan a une largeur de 1^m,676, les essais ont eu lieu sur une rampe de 40 millimètres par mètre, munie de crémaillère. Les locomotives à adhérence pesaient 74 tonnes en service, les locomotives à crémaillère 53 tonnes.

Les résultats de ces expériences sont donnés dans le tableau suivant :

NUMÉROS d'ordre des essais	NOMBRE de locomotives remorquant le train	NOMBRE DES VÉHICULES			POIDS effectif du train en tonnes	VITESSE de marche en kilomètres à l'heure
		chargés	vides	total		
1	1 Abt.	8	2	10	158	12,9
2	1 »	9	4	13	186 ³ / ₄	12,9
3	2 »	9	4	13	186 ³ / ₄	14,85
4	2 »	9	4	13	186 ³ / ₄	20,00
5	2 »	9	13	22	269	9,65
6	2 »	9	17	26	304	9,65
7	2 ordinair.	9	4	13	186 ³ / ₄	16,1
8	2 »	10	6	16	221 ¹ / ₄	14,65
9	2 »	11	8	19	259 ¹ / ₄	10,65
10	1 Abt.	11	8	19	259 ¹ / ₄	6,45

Avec la charge de 259 1/4 tonnes (11 véhicules chargés et 8 vides), on pouvait, avec une seule locomotive à crémaillère, s'arrêter et reprendre la marche sans difficulté, tandis que, avec deux locomotives à simple adhérence, si l'on s'arrêtait, on ne pouvait plus démarrer.

Evidemment, les expériences auraient été plus concluantes si elles avaient été faites sur une voie à inclinaison encore plus forte.

Au fur et à mesure que nous examinerons en détail les divers systèmes de chemins de fer à crémaillère, nous en verrons de plus en plus les avantages, et nous nous convaincrions que dans l'emploi de ce système est l'avenir des chemins de fer desservant les contrées accidentées.

En France, actuellement, il n'y a qu'un seul chemin de fer mixte, celui de Langres, du système Riggenbach; souhaitons que dans l'avenir ce système se répande dans nos pays de montagnes.

On pourra créer des chemins de fer mixtes à largeur de voie normale, avec rampes atteignant 60 et 80 millimètres par mètre et desservant les vallées principales, pour lesquelles le trafic sera suffisant pour amortir le capital de premier établissement. Ces lignes, sur lesquelles le matériel roulant des grandes lignes pourra circuler, se raccorderont à ces dernières. Les vallées secondaires seront raccordées à ces lignes à voie normale, par des lignes à voie étroite, soit mixte, soit uniquement à crémaillère, avec rampes pouvant atteindre 80 à 150 millimètres par mètre.

Par ce moyen on arrivera à augmenter considérablement notre réseau de voies ferrées, à rendre de grands services à l'agriculture et à l'industrie, à doter les pays de montagnes de voies stratégiques, tout en n'engageant pas des dépenses hors de proportion avec les résultats à obtenir, ainsi qu'il est arrivé malheureusement trop souvent chez nous.

A l'Exposition, les chemins de fer à crémaillère ont été représentés d'une manière brillante tant par les expositions de plans et modèles de MM. Riggenbach, Abt et Locher, que par la Société de constructions de locomotives de Winterthur, qui a exposé une locomotive du chemin de fer du mont Pilate uniquement destinée à la voie à crémaillère à dents horizontales et une locomotive mixte à crémaillère et à simple adhérence, du chemin de fer du Brünig. M. Sartor avait exposé les plans et renseignements relatifs au projet du chemin de fer d'Alger au Sahel, dont nous parlerons au sujet des chemins de fer du système Riggenbach.

Nous examinerons successivement :

Les chemins de fer à crémaillère : 1° du système Riggenbach ; 2° du système Abt et 3° du système Locher.

En décrivant les diverses lignes, nous avons cherché à donner des renseignements aussi détaillés que possible sur leur exploitation, les règlements en vigueur et les prix de revient et d'exploitation.

Nous avons dû, naturellement, emprunter nombre de renseignements aux divers journaux techniques, notamment à la *Revue générale des Chemins de fer*, aux *Annales de la Construction*, à la *Schweizerische Bauzeitung*, à l'*Engineering*, à la *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* et aux *Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen*. Nous avons cité chaque fois, autant que possible, la source à laquelle nous puisions nos renseignements, et si parfois nous l'avions omis, ce serait involontairement.

Nous n'avons pas cru devoir prendre parti pour l'un ou l'autre système de crémaillère dans la lutte que soutiennent leurs partisans respectifs. Nous n'avons voulu que mettre entre les mains du lecteur toutes les pièces du procès, en lui laissant le soin de se former une conviction.

L. VIGREUX & F. LOPPÉ

CHEMINS DE FER A CRÉMAILLÈRE

(Système Riggenbach)

(Planches 28 à 31)

Comme nous l'avons vu, c'est en 1870 que fut terminé le premier chemin de fer à crémaillère d'Europe, celui du Righi (¹). La même année le chemin de fer mixte à adhérence et à crémaillère, d'Ostermundigen, près Berne, fut inauguré.

Nous allons étudier en détail chacune des parties d'un chemin de fer à crémaillère du système Riggenbach, en les classant comme suit :

1° Crémaillère et modes de fixation ;

2° Roues dentées ;

3° Locomotives ;

4° Pièces d'entrée, permettant sur les lignes mixtes de passer sans arrêt d'une portion de voie à simple adhérence à une portion de voie à crémaillère.

Nous examinerons ensuite le tracé et l'exploitation de quelques-unes des lignes établies d'après le système Riggenbach.

1° CRÉMAILLÈRE ET MODES DE FIXATION

La crémaillère sur laquelle agissent les dents des roues dentées, qui en quelque sorte hissent le train à la montée et le retiennent à la descente, est placée dans l'axe de la voie et fixée ordinairement aux traverses et dans quelques cas spéciaux à des longerons.

C'est à juste titre que M. Riggenbach a donné à son système le nom, de « *crémaillère à échelle* » : en effet elle est formée de deux files parallèles de fers à U ou de cornières, dont les ailes sont parallèles à la voie, et dont l'âme, placée verticalement, joue le rôle de montant.

Les dents rivées aux montants, sont de véritables échelons, elles ont une section trapézoïdale et sont espacées de 100 millimètres d'axe en axe, ce qui correspond au pas adopté pour les roues dentées.

Aux deux extrémités, ces barreaux ont leurs angles arrondis ; ils sont intro-

1. Trois chemins de fer desservent actuellement le Righi : 1° celui de Vitznau-Righi terminé en 1870 ; 2° celui de Arth-Righi terminé en 1874, tous deux avec crémaillère du système Riggenbach ; 3° celui de Righi-Scheideck qui est à adhérence avec rampes de 50 millimètres par mètre, sa longueur est de 6747 mètres.

duits dans des ouvertures de même section pratiquées dans l'âme des fers en U, puis rivés.

Les faces parallèles des prismes trapézoïdaux, formant les barreaux, sont placées parallèlement à la voie. Leurs extrémités qui pénètrent dans les montants ne sont pas tournées, mais comme nous l'avons dit, les angles en sont simplement arrondis, pour empêcher la rotation qui résulterait du frottement lors de l'engrenement des dents.

Les faces sur lesquelles agissent les dents des roues font, avec le plan de voie, un angle qui dépend du profil de ces dents. En effet, lorsqu'une dent de la roue est complètement en prise, la face plane du barreau de la crémaillère, sur laquelle elle agit, doit lui être tangente.

Les roues ordinairement employées ont, soit 1050 millimètres, soit 764 millimètres de diamètre primitif, le pas est de 100 millimètres et les dents sont tracées par la méthode des développantes de cercle.

Dans ces conditions :

Pour les roues de 1050 millimètres de diamètre primitif avec dents de 65 millimètres de hauteur, les faces travaillantes des dents de la crémaillère font avec le plan de la voie des angles de $61^{\circ} 11' 20''$ ces dents ont une section dont les dimensions sont les suivantes : grande base inférieure du trapèze, 64 millimètres ; petite base, 36 millimètres ; hauteur, 36 millimètres.

Roues de 764 millimètres de diamètre primitif, avec dents de 55 millimètres de hauteur, les faces travaillantes des dents de la crémaillère font avec le plan de la voie des angles de $60^{\circ} 57' 30''$, ces dents ont ordinairement une section dont les dimensions sont les suivantes : grande base inférieure du trapèze, 47 millimètres ; petite base, 29 millimètres ; hauteur, 32 millimètres.

Les montants laissent ordinairement entre eux un espace vide de 120 à 130 millimètres et comme les disques des roues dentées ont 100 millimètres de largeur, il y a de chaque côté un jeu de 10 à 15 millimètres.

Pour la locomotive et les voitures (celles-ci étant munies de roues dentées) les roues à adhérence munies de bandages et roulant sur des rails placés symétriquement de part et d'autre de la crémaillère, guident les véhicules et font que les plans médians des roues dentées se trouvent toujours coïncider avec le plan médian de la crémaillère dans les alignements droits, et qu'ils sont toujours tangents à la surface cylindrique perpendiculaire à la voie, passant par l'axe de celle-ci dans les courbes.

Les calculs de résistance des barreaux de la crémaillère sont très simples ; on les considère comme des pièces encastées à leurs extrémités et subissant en leur milieu une pression uniformément répartie sur une longueur égale à l'épaisseur de la roue dentée ; cette pression s'exerce dans une direction perpendiculaire à la face travaillante des barreaux. Ainsi, par exemple, pour une pression de 8,000 kilogrammes sur un barreau de 32 millimètres de hauteur de 47 mil-

limètres d'épaisseur à la base, de 27 millimètres au sommet et d'une longueur de 120 millimètres entre les montants (la roue dentée ayant une épaisseur de 100 millimètres), le fer travaille à la flexion à 9 k. 8 par millimètre carré et au cisaillement à 9 k. 2.

Dans les chemins de fer uniquement à crémaillère, ainsi que dans les chemins de fer funiculaires à crémaillère, au moment du serrage des freins, les dents en prise des roues sur lesquelles agissent le frein, et les dents correspondantes de la crémaillère doivent seules résister à l'effort nécessaire pour arrêter le train. Il est donc nécessaire de calculer les dents en vue de cet effort.

Soient: i l'angle que fait la voie avec l'horizon, P le poids total du train (locomotive comprise), V sa vitesse, L le parcours pendant lequel les freins agissent avant d'amener le train au repos.

Au moment où l'on commence à serrer les freins, la force qui sollicite le train est :

$$\frac{PV^2}{2g} + P \sin i.$$

Lorsque le train est arrêté elle est de: $P \sin i$.

Le serrage des freins doit donc faire naître sur la circonférence primitive, une résistance $P \sin i$, plus une autre résistance F' destinée à annuler la force vive.

Or cette résistance F' doit évidemment être égale à une force qui, sur le parcours L , communiquerait à la masse $\frac{P}{g}$ du train une vitesse V . Si A est l'accélération due à cette force, on aura :

$$V = At \quad L = \frac{At^2}{2} \quad A = \frac{V^2}{2L}$$

Comme les forces sont entre elles, comme les accélérations qu'elles impriment à une même masse, on aura :

$$\frac{F'}{P} = \frac{A}{g} \quad F' = \frac{PV^2}{2gL}$$

La pression totale des dents de la roue sur la crémaillère, sera :

$$F = F' + P \sin i = \frac{PV^2}{2gL} + P \sin i.$$

Au moyen de cette formule, on peut calculer les freins et les dimensions des dents des roues et de la crémaillère, suivant le nombre de dents en prise.

Il est à remarquer que l'action des freins ne doit pas être trop brusque, car quand L diminue, F augmente rapidement. On devra donc calculer les freins en conséquence.

Sur les chemins de fer mixtes, comme au moment de l'arrêt les freins des roues à adhérence agissent aussi, l'action de ces derniers, dans le cas d'inclinaisons moyennes de la voie, suffit pour annuler la puissance vive. On peut alors

calculer la résistance des dents des roues et de la crémaillère, simplement au point de vue de l'effort de traction (qui est plus élevé que $P \sin i$).

La crémaillère est ordinairement construite par tronçons, que l'on espace de 3 mètres; ces tronçons ont de 2996 à 2998 millimètres de longueur à la température moyenne et laissent entre eux un jeu de 2 à 4 millimètres pour la dilatation.

Les tronçons pour la voie en courbe sont construits comme les autres, puis courbés à l'atelier à la presse hydraulique avec la flèche voulue.

Les échelons transmettent aux montants la pression qu'ils reçoivent de la roue dentée; ils ont donc tendance à fendre ces derniers dans le sens parallèle à la voie. C'est naturellement au-dessous de l'échelon inférieur d'un tronçon qu'est la section dangereuse.

Afin d'éviter de donner pour cette cause une épaisseur exagérée à l'âme des montants, on peut placer l'axe de l'échelon inférieur un peu plus loin de l'extrémité du tronçon que l'axe de l'échelon supérieur (fig. 1, pl. 28-29).

Cette disposition à l'inconvénient d'empêcher le retournement bout pour bout du tronçon dans le cas où la face travaillante des barreaux serait usée, et en outre dans les courbes, les tronçons étant courbés d'avance à la presse, on ne peut plus employer indifféremment un de ces derniers dans une courbe avec centre à droite ou centre à gauche. Il vaut donc mieux renforcer l'épaisseur des montants et faire les 2 extrémités des barreaux semblables.

Dans les chemins de fer uniquement à crémaillère, celle-ci est fixée directement aux traverses au moyen de tire-fonds ou de boulons traversant l'aile inférieure des montants, en laissant les jeux pour la dilatation (fig. 1, pl. 28-29).

Dans les chemins de fer mixtes, il faut que la crémaillère soit placée très haut tant à cause des passages à niveaux qui peuvent être établis sur les portions à simple adhérence, et où les roues dentées ne doivent pas toucher le sol, qu'à cause des rails transversaux sans croisements. Il est à remarquer que l'on ne peut guère établir de passages à niveau dans les portions à crémaillère, à cause de la forte pente transversale qu'auraient ces passages; il en existe cependant mais sur des lignes uniquement à crémaillère qui peuvent facilement être aménagées pour cela.

Dans ce cas on peut boulonner la crémaillère sur des coussinets, que l'on fixe ensuite sur les traverses, ou bien donner aux montants une très grande hauteur, par exemple dans la crémaillère de la ligne de Brünig (fig. 2, pl. 28-29).

La jonction de deux tronçons de crémaillère, peut s'effectuer sur un coussinet au droit d'une traverse; les extrémités des deux tronçons y sont boulonnées, ou bien elle peut avoir lieu entre deux traverses au moyen d'éclisses formées de cornières boulonnées sous les ailes des montants (fig. 1, pl. 28-29).

On laisse naturellement aux trous des boulons les jeux pour la dilatation.

On fixe ordinairement de distance en distance sous les ailes inférieures des

montants de petites plaques de fer qui, venant buter contre les coussinets ou les traverses, empêchent le glissement longitudinal de la crémaillère.

Pour la crémaillère à échelle du chemin de fer du Hœllenthal (Grand duché de Bade) M. Bissinger a adopté un mode de construction un peu différent.

Les extrémités des barreaux sont tournées et introduites dans des trous cylindriques percés dans l'âme des montants, sans rivure.

Pour empêcher que ces barreaux (dont la section est indiquée à la figure 3 des planches 28-29), ne tournent sous l'action des dents de la locomotive, on a fait venir au laminage sur l'âme de chaque montant un filet en saillie. La partie plane inférieure des barreaux appuie sur ces saillies et empêche toute rotation.

La crémaillère est fixée aux traverses métalliques par l'intermédiaire de coussinets en fonte.

Les tronçons de la crémaillère de 2^m, 998 de longueur, sont placés à 3 mètres les uns des autres, laissant ainsi un jeu de 2 millimètres pour la dilatation. La jonction a lieu sur un coussinet, au moyen d'éclisses, formées de plate-bandes, appliquées contre les parties extérieures des âmes des montants, entre les ailes des fers en U.

Ces éclisses sont fixées à chaque montant au moyen de deux écrous, placés sur les extrémités prolongées et filetées des barreaux correspondants, et les trous percés dans ces éclisses laissent un jeu pour la dilatation.

Tous les quatre barreaux, un barreau particulier est placé. Les extrémités de celui-ci dépassent les montants et sont filetées; on y visse des écrous, qui rendent ainsi solidaire les montants dont l'écartement est maintenu par les épaulements à l'extrémité des parties tournées.

Cette disposition présente les avantages suivants :

Les trous dans les montants peuvent être percés à la machine, ce qui fatigue peu le métal.

L'éclissage au moyen de plate-bandes fait que la tendance à la déchirure qui se manifeste au-dessous du barreau inférieur, et dont nous avons déjà parlé, est évitée, et que sans être obligé de renforcer l'épaisseur de l'âme des montants, on peut placer symétriquement les barreaux aux deux extrémités d'un tronçon.

On peut facilement, dans un tronçon, changer une dent usée, ce qui est impossible pour la crémaillère avec échelons rivés, où il faut pour une dent usée changer le tronçon entier.

II. — ROUES DENTÉES.

Les roues sont en acier et les dents entaillées à la fraise dans toute la couronne pleine, qui a ordinairement 100 millimètres d'épaisseur.

Les dents sont tracées par la méthode des développants de cercle, le pas est de 100 millimètres, se répartissant exactement entre le vide et le plein sur le cercle primitif.

Anciennement l'extrémité des dents était limitée par une ligne droite; il se formait aux angles un bourrelet tranchant qui laissait une empreinte sur les dents de la crémaillère. Aujourd'hui, on emploie des dents terminées par un demi-cercle, de sorte que ce léger inconvénient a disparu.

Les dimensions ordinaires des roues sont :

Roues de 1050 millimètres de diamètre primitif, comportant 33 dents de 65 millimètres de hauteur. Le diamètre au fond du creux des dents est de 974 millimètres, le diamètre extérieur (quand la dent n'est pas terminée par un arc de cercle) de 1104 millimètres.

Roues de 764 millimètres de diamètre primitif, comportant 24 dents de 55 millimètres de hauteur. Le diamètre au fond du creux des dents est de 702 millimètres, le diamètre extérieur, de 812 millimètres.

La fig. 5, pl. 28-29, montre l'engrenement d'une roue du 1^{er} type avec la crémaillère; on voit qu'il y a toujours trois dents en prise.

Dans les roues de 764 millimètres de diamètre, il y a toujours au moins deux dents en prise.

Pour se rendre compte de l'engrenement, on a procédé à des essais, sur une rampe de 100 millimètres par mètre, au chemin de fer de Drachenfels. A cet effet, M. Kuntze, directeur, a fait enlever une dent de la crémaillère et un train composé d'une machine (avec roue dentée de 764 millimètres de diamètre primitif) et de deux voitures munies également de roues dentées a parcouru plusieurs fois cette partie de la ligne, sans que l'on ait remarqué aucune irrégularité dans la marche soit de la locomotive soit des voitures.

Les dents des locomotives s'usent très peu; après un parcours de 6 400 kilomètres, les dents de la roue d'une machine du chemin de fer de Drachenfels, présentaient sur la circonférence primitive une usure d'un millimètre.

Quant aux crémaillères, elles ont une durée presque illimitée. Depuis 20 ans que le chemin de fer du Righi est en exploitation, on n'a dû changer qu'un très petit nombre de tronçons par suite de petites fissures à la jonction de l'échelon et du montant, existant probablement déjà lors de la pose.

III. — LOCOMOTIVES.

Les locomotives se divisent en deux types principaux : celles pour voies uniquement à crémaillère et celles pour voies mixtes.

Comme type de locomotive de la première catégorie, nous allons prendre la locomotive du chemin de fer du Righi (fig. 6, pl. 30-31).

Locomotive du Righi

Les châssis reposent sur deux essieux espacés de 3 mètres, aux extrémités de chacun desquels sont adaptées des roues folles, munies de bandages, qui roulent sur des rails ordinaires et servent à porter et à guider la machine.

Sur le milieu de chacun de ces essieux est fixée une roue dentée, engrenant avec la crémaillère. Ces roues ont un diamètre primitif de 636,6 millimètres ; elles sont munies de 20 dents ayant une largeur de 49 millimètres sur la circonférence primitive ; le pas est de 100 millimètres.

La machine garde toujours la même position sur la voie, poussant le train à la montée et le retenant à la descente.

La chaudière, placée au milieu, est verticale, quand la machine est placée sur la pente moyenne qui est de 190 millimètres par mètre. Cette disposition de chaudière verticale a été prise pour éviter un trop grand changement de niveau de l'eau quand la pente de la voie varie.

A la partie inférieure est adapté un tender avec caisse à eau ; à la partie supérieure se trouve une plate-forme entourée d'un grillage, sur laquelle on place les bagages des voyageurs.

Les cylindres, de 270 millimètres de diamètre, sont extérieurs au châssis et les pistons, de 400 millimètres de course, agissent par l'intermédiaire de bielles sur un arbre auxiliaire portant deux roues de 14 dents ayant un diamètre primitif de 222,7 millimètres.

Ces deux roues engrenent avec deux autres roues de 636,6 millimètres de diamètre primitif ayant 20 dents, fixées sur l'essieu inférieur, portant une roue dentée qui est ainsi l'essieu moteur.

L'essieu supérieur est simplement un moyen de sécurité ; de chaque côté de sa roue dentée, est adaptée une poulie de frein. Ces deux freins sont mis en action par le conducteur au moyen d'une manivelle M, installée sur le tender.

L'arbre auxiliaire porte une poulie de frein en son milieu ; le frein est mis en action au moyen d'une manivelle M₁.

Toutes ces poulies de frein ont leur pourtour muni de cannelures, ce qui augmente considérablement la surface agissante.

Un frein automatique a été installé sur cette locomotive, depuis l'inauguration de la ligne. Il agit dès que la vitesse dépasse une certaine limite ; nous n'avons pu nous procurer de renseignements sur ce frein, mais nous décrivons du reste un frein analogue dans l'article relatif au chemin de fer du Mont Pilate.

C'est sur cette locomotive qu'a été appliqué pour la première fois le frein à air du système Riggensbach dont nous allons étudier le fonctionnement. Le tuyau d'amenée de la vapeur A aux cylindres peut être isolé de la chaudière au moyen d'un robinet R, et un second robinet R₁, que manœuvre le mécanicien, peut le mettre en communication directement avec l'air extérieur.

Le tuyau d'échappement B, quand la soupape S de 0^m,12 de diamètre est ouverte, débouche dans la cheminée, et la vapeur d'échappement augmente le tirage de cette dernière. La soupape S est reliée par un levier à une soupape S₁ de même diamètre, qui, lorsqu'elle est ouverte, laisse communiquer directement la conduite B avec l'air extérieur. Le levier qui réunit les deux soupapes est disposé de telle sorte que lorsque l'une est ouverte, l'autre est fermée.

A la descente, le mécanicien ferme le robinet R, et la soupape S.

A ce moment, la soupape S₁ est ouverte et les pistons aspirent l'air extérieur, le compriment et le refoulent dans la conduite A.

L'air se comprime de plus en plus et oppose ainsi une résistance de plus en plus grande à la marche de la locomotive, et l'arrêterait bientôt si le mécanicien n'ouvrait pas le robinet R₁ par lequel une partie de l'air comprimé peut s'échapper.

On reconnaît facilement que le mécanicien, pouvant régler l'ouverture du robinet R₁, est maître de la pression de l'air et par conséquent de la vitesse de la machine qu'il peut arrêter presque instantanément en fermant ce robinet.

Pour empêcher, par suite de la compression de l'air, une élévation de température qui pourrait être nuisible aux garnitures des cylindres et aux tiroirs, on fait arriver du tender un mince filet d'eau fraîche dans les cylindres quand ils agissent comme freins.

La chaleur développée par le travail de compression de l'air est employée à vaporiser cette eau, et la vapeur se rend avec l'air comprimé dans la conduite A.

Pour empêcher les déraillements de la machine, cette dernière porte aux extrémités des pièces en fer de section carrée de 0^m,18 de côté qui se recourbent à la partie inférieure et passent sous les ailes supérieures des montants de la crémaille (fig. 4, pl. 28-29).

Le poids de la machine en service est de 12 t. 500, la pression de la vapeur dans la chaudière, de 10 atmosphères.

La vitesse pour la montée et pour la descente est fixée à 1^m,77 par seconde; quand la vitesse à la descente dépasse cette limite, le frein automatique agit.

La rampe maxima sur la première ligne du Righi étant de 250 millimètres par mètre, la résistance à la traction due à cette rampe est, pour un train de 20 tonnes (train avec locomotive de l'ancien type),

$$0,24 \times 20000 = 4800 \text{ kilogrammes.}$$

La résistance en palier pour une vitesse de 5 à 10 kilomètres à l'heure étant d'après M. Vuillemin de 2^k,5 par tonne, la résistance en palier sera de

$$20 \times 2,5 = 50 \text{ kilogrammes.}$$

La résistance totale à la traction est donc de 4850 kilogrammes, et comme la

vitesse est de 1^m,77 par seconde, le travail sur les plus fortes rampes est de 8600 kilogrammètres, soit 115 chevaux.

En 1884, on a transformé ces locomotives. La distribution et le chassis ont été maintenus. La chaudière verticale a été remplacée par une chaudière horizontale à tubes.

Les dimensions principales sont les suivantes :

Surface de la grille	1 ^m 2,000
Surface de chauffe directe.	6 ,000
Surface de chauffe totale	48 ,000
Nombre de tubes	161
Longueur des tubes	2 ^m ,000
Diamètre de la roue dentée	0 ,637
Course des pistons.	0 ,400
Diamètre des cylindres.	0 ,270
Empatement.	3 ,000
Poids de la machine à vide	14 tonnes.
Poids de la machine en charge	17 tonnes.

Locomotives pour lignes mixtes, à adhérence et à crémaillère

Les locomotives que nous allons décrire sont employées pour des chemins de fer industriels (fig. 1 et 3, pl. 30-31).

Ce sont des machines tenders à deux essieux à adhérence et un essieu à roue dentée placé entre eux. Les deux cylindres commandent directement un arbre auxiliaire, et ce dernier transmet le mouvement au moyen de deux paires d'engrenages à l'arbre de la roue dentée. A chacune des extrémités de ce dernier arbre, sont adaptées des manivelles et des bielles qui commandent directement les essieux à adhérence.

L'emploi de cet arbre auxiliaire, qui exécute un plus grand nombre de révolutions par minute que les essieux moteurs, est avantageux, car il permet une meilleure utilisation de la vapeur dans les cylindres, surtout sur les portions à crémaillère où la vitesse est réduite.

A chaque extrémité de l'arbre auxiliaire est montée une poulie de frein entourée d'un ruban d'acier portant des sabots en bois. Un levier de commande placé à proximité du mécanicien lui permet d'actionner simultanément ces deux freins, soit pour l'arrêt aux stations, soit pour suppléer au besoin le frein à air comprimé, dans le cas d'accident à ce dernier.

Pour mettre en action le frein à air comprimé, le mécanicien commence par fermer le régulateur, puis il ferme un clapet monté dans la boîte à fumée sur la conduite d'échappement de la vapeur. La fermeture de ce clapet amène l'ouverture d'une soupape qui fait communiquer directement l'intérieur de la conduite d'échappement avec l'air extérieur.

Le mécanicien renverse ensuite la distribution (si cela est nécessaire) et le frein fonctionne; l'air comprimé ne peut pénétrer dans la chaudière, il se rend dans une conduite qui aboutit près de l'arrière de la locomotive, et sur laquelle est installé un robinet qui permet au mécanicien d'en régler l'échappement, c'est-à-dire, comme nous l'avons vu, de régler la vitesse de sa machine.

Il est à remarquer que pendant toute la durée du trajet, la roue dentée est actionnée; elle tourne à vide dans les parties de la voie à simple adhérence. Dans les portions de voie à crémaillère, la traction a lieu par l'adhérence et par le touage sur la crémaillère.

On donne aux roues à adhérence un diamètre légèrement plus grand (de 4 à 8 millimètres) que le diamètre primitif des roues dentées. Les roues à adhérence patinent donc légèrement pendant la marche de la locomotive.

On prend cette précaution pour que, par suite de l'usure des roues à adhérence, leur diamètre ne soit jamais inférieur au diamètre primitif de la roue dentée, car dans ce cas, la réaction due au glissement des ces roues serait opposée au mouvement et la marche de la locomotive serait saccadée.

Ce fait s'est produit sur le chemin de fer de Wasseraufingen où, par suite d'usure, le diamètre des roues à adhérence était devenu de 2 millimètres plus petit que le diamètre primitif de la roue dentée. La marche était si mauvaise que l'on a dû changer les roues à adhérence; on les a remplacées par d'autres ayant un diamètre de 8 millimètres plus grand que celui de la roue dentée.

Dans les locomotives de ce système construites dernièrement (locomotives du chemin de fer de Langres, et du chemin de fer du Brünig) une roue dentée est montée folle sur l'essieu moteur d'avant. Avec cette roue font corps, de part et d'autre, deux jones de poulie de frein. Ce frein peut être actionné par le mécanicien et sert dans les portions de voie à crémaillère.

Dans une brochure que M. Riggensbach avait publiée à l'occasion de l'Exposition Universelle de 1878, il décrit une locomotive pour voie mixte, avec mécanismes à adhérence et à crémaillère, absolument séparés et actionnés chacun par une paire de cylindres indépendants. Cette disposition est employée dans les locomotives du système Abt, comme nous le verrons, et sur la ligne à voie normale du Höllenthal, dont nous avons décrit le système de crémaillère à échelle.

M. Riggensbach a trouvé dernièrement le moyen de relever la roue dentée de la locomotive, une fois sortie de la crémaillère. On n'a plus ainsi besoin, de placer la crémaillère plus haut que le rail.

En 1882, la sous-commission pour les chemins de fer sur routes et les chemins de fer à crémaillère de la Société allemande des chemins de fer, s'exprimait comme il suit dans un rapport sur les chemins à crémaillère.

« Nous avons déjà fait remarquer qu'il ne serait pas utile de dépasser une vitesse de 10 kilomètres à l'heure. Même pour des lignes avec rampes de 100 mil-

limètres par mètre, et, parmi celles-ci, les lignes qui seraient destinées à servir aux grands trafics, une vitesse de 8 kilomètres à l'heure serait tout à fait suffisante. Si la rampe continue était de 50 millimètres par mètre, cette vitesse correspondrait encore à celle de 20 kilomètres adoptée sur des chemins de fer à simple adhérence avec rampes continues de 20 millimètres par mètre.

« Dans les chemins de fer à crémaillère qui sont exploités en relation directe avec des chemins de fer ordinaires, la faculté de pouvoir se servir de la locomotive pour les deux modes de traction peut être d'une importance décisive. Si la ligne à crémaillère n'est qu'une ligne tributaire du chemin de fer principal les dispositions, qui permettent à la locomotive de se mouvoir dans les gares ordinaires et sur les jonctions de voies, suffisent. Si la locomotive doit parcourir avec utilité de grandes distances sur la voie à adhérence, la première condition est que le mécanisme denté soit absolument au repos durant ce trajet. Ce but, il est vrai, est atteint par la disposition dans laquelle la portion à crémaillère est munie d'une seconde voie plus étroite, ce qui nécessite en tout quatre rails (1). Mais dans ce cas, on perd l'avantage de faire travailler simultanément les deux mécanismes sur les portions à crémaillère. Par contre, le système de locomotive décrit à la page 8 du chapitre III, de la brochure publiée par M. Riggenbach à propos de l'exposition de Paris, locomotive qui comporte 4 cylindres, deux pour la traction sur crémaillère et 2 pour la traction à adhérence, ces deux groupes étant complètement indépendants l'un de l'autre et travaillant avec des conduites de vapeur séparées, semble tout à fait répondre aux conditions exigées pour un grand trafic. »

« Par exemple, on pourrait construire une locomotive-tender, à 3 essieux couplés ayant un poids d'environ 30 tonnes, avec des roues motrices de 1 mètre de diamètre, cette machine avec une vitesse de 22 kilomètres à l'heure pourrait développer un effort de traction de 0,08 de son poids, c'est-à-dire de 2,4 tonnes. Avec une vitesse de 8 kilomètres, la chaudière de cette locomotive ne travaillerait que le quart de ce qu'elle travaillerait avec une vitesse de 32 kilomètres.

« Au moyen de deux cylindres qui commanderaient le mécanisme denté on pourrait certainement obtenir un effort de traction deux fois et demi plus fort que celui par adhérence, c'est-à-dire de 0,20 du poids de la locomotive soit de 6 tonnes.

« Les pistons du mécanisme denté devraient exécuter environ trois doubles courses pour une double course du piston de la machine à adhérence. L'échappement ne se ferait donc pas d'une manière uniforme; mais comme le poids de la locomotive permettrait d'adopter une surface de chauffe considérable, la chaudière pourrait fournir la vapeur nécessaire.

1. Voir le paragraphe sur les locomotives à crémaillères à la fin de la présente étude.

Si la plus grande inclinaison de la ligne considérée est de 100 millimètres par mètre, la formule :

$$Q = \frac{z}{\frac{h}{L} + n}$$

dans laquelle $z = 6 + 2,4 = 8,4$ tonnes, $\frac{h}{L} = 0,100$ et $n = 0,005$ donne le poids brut que la locomotive peut remorquer, c'est-à-dire 80 tonnes, se répartissant en : 30 tonnes pour la locomotive et 50 tonnes pour le restant du train.

« Sur des rampes au-dessous de 100 millimètres par mètre, la traction par crémaillère sera moins utilisée, et sur des rampes de 25 millimètres par mètre, la traction par adhérence suffira même avec une vitesse plus grande, éventuellement jusqu'à 32 kilomètres à l'heure.

« Quoique le constructeur de chemins de fer à crémaillère, M. Riggenbach, n'ait pas encore été dans l'heureuse position de pouvoir appliquer toutes ses idées, celles qu'il a jusqu'ici réalisées ont chaque fois si bien répondu aux besoins, qu'il résoudra certainement le problème de la construction d'un chemin de fer à crémaillère pour le grand trafic, quand l'occasion s'en présentera ; chaque technicien qui a étudié avec attention ses œuvres, espère certainement que cette tâche lui soit donnée bientôt, afin qu'il puisse recueillir la récompense de ses travaux menés avec tant de persistance et d'énergie.

IV. — PIÈCES D'ENTRÉE

Ces appareils permettant de passer sans arrêt d'une portion de voie à adhérence, à une portion de voie à crémaillère, ont évidemment une grande importance dans les chemins de fer mixtes.

Les figures 8 et 9, des planches 28-29 représentent deux de ces pièces d'entrée, l'une appliquée sur la ligne de Friedrichsseggen, l'autre sur la ligne de Langres.

Sur une longueur de 3 mètres environ, à l'entrée de la portion à crémaillère, cette dernière est supportée par des ressorts, et cette portion est reliée à la partie courante, par une articulation à axe horizontal.

Pour simplifier la construction, ce tronçon n'a pas la forme d'une échelle, mais bien d'une crémaillère ordinaire formée de fers juxtaposés.

Des fers verticaux dont la partie supérieure recourbée, forme arrêt, empêchent les ressorts de faire dépasser au tronçon articulé, la hauteur de la portion courante de crémaillère.

Le pas dans le tronçon articulé est un peu plus petit que pour le reste de la crémaillère, il est ordinairement de 97,5 millimètres au lieu de 100 millimètres.

Quand la locomotive passe de la voie uniquement à adhérence à une portion de voie à crémaillère, il peut se présenter deux cas :

1° La dent de la roue de la locomotive qui se présente, se trouve exactement correspondre à un vide du tronçon de crémaillère, l'engrènement a lieu immédiatement.

Comme le pas de la crémaillère est plus petit que celui de la roue, il se produit un léger patinement, sans importance du reste, car la pièce est établie sur un changement de pente et cette dernière n'est pas encore très forte.

2° Si à l'entrée une dent de la locomotive rencontre une dent de la crémaillère, les ressorts cèdent et la pièce d'entrée s'abaisse. La roue roule sur la tête des dents, c'est-à-dire sur sa circonférence extérieure, et à cause de la différence de pas, il arrive bientôt un moment où une dent de la locomotive correspond à un vide de la crémaillère ; à ce moment les ressorts ramènent la pièce dans sa position supérieure et l'engrènement a lieu. La marche se continue pendant le restant du parcours de la pièce, ainsi que nous l'avons décrit ci-dessus, avec un léger patinement.

Les ressorts sont naturellement assez résistants pour ne pas céder sous la pression provenant du frottement des dents.

Nous avons vu que si à l'entrée, une dent de la locomotive se trouve correspondre à une dent de la pièce d'entrée, cette dernière s'abaissait et que la roue dentée roulait sur la tête des dents. En roulant ainsi, le chemin parcouru entre les axes de deux dents consécutives est un peu plus grand que le pas, car dans le cas d'engrènement la roue peut être considérée comme roulant sur sa circonférence primitive. Cette circonstance fait que l'engrènement a même lieu, quand la pièce d'entrée a le même pas que le restant de la crémaillère.

Au chemin de fer du Hoellenthal où de telles pièces d'entrée, sont employées, l'engrènement a lieu parfaitement.

Le tableau de la page ci-contre indique les lignes à crémaillère du système Riggenbach, étudiées par ce dernier, l'année de leur mise en exploitation, leur longueur en kilomètres, leur pente pour cent et le nombre de locomotives en service.

Il existe d'autres lignes où la crémaillère Riggenbach est employée, mais ces lignes qui n'ont pas été étudiées par M. Riggenbach, ne sont pas indiquées sur le tableau telle par exemple que la ligne du Brünig dont nous parlerons plus loin.

Nous allons maintenant examiner quelques-unes de ces lignes.

NUMÉROS	DÉSIGNATION DES LIGNES	ANNÉE de l'ouverture	LONGUEUR en kilomètres	PENTE %	NOMBRE de locomotives	SYSTÈME
1	Vitznau-Righi.	1870	7	25	10	uniquement à crémaillère
2	Ostermundigen, Berne. . . .	1870	2	10	2	mixte.
3	Vienne-Kahlenberg.	1872	5	11	5	uniquement à crémaillère.
4	Pesth-Schwabenberg.	1872	4	11	4	uniquement à crémaillère.
5	Rorschach-Heiden.	1874	6	9	3	mixte.
6	Arth-Righi.	1874	9	21	6	uniquement à crémaillère.
7	Wasseraffingen, Wurtemberg	1876	2	7,8	1	mixte.
8	Ruti, Zurich.	1877	2	10	1	»
9	Laufen, Berne.	1878	1	5	1	»
10	Friedrichslegen sur la Lahn	1880	3	10	2	»
11	Petropolis, Brésil.	1882	7	15	4	uniquement à crémaillère.
12	Corcovado, Brésil.	1883	3,5	30	3	uniquement à crémaillère.
13	Königswinter-Drachenfels. . .	1884	2	20	3	uniquement à crémaillère.
14	Rudesheim-Niederwald. . . .	1884	2,4	20	4	uniquement à crémaillère.
15	Stuttgart-Degerloch.	1885	2	17,2	3	uniquement à crémaillère.
16	Zakartotz, Hongrie.	1885	5,5	8	2	mixte.
17	Assmannshausen-Niederwald	1885	1,5	20	3	uniquement à crémaillère.
18	Naples-Salvator Rosa.	1886	0,8	7	3	mixte.
19	Salzbourg-Gaisberg.	1887	5,5	25	7	uniquement à crémaillère
20	Langres, France.	1887	1,5	17,2	2	mixte.
21	Padang, Sumatra.		26	5	4	»
22	Königswinter-Petersberg. . .	1889	1,3	26	2	uniquement à crémaillère.
23	Jenbach-Achensee, Tyrol. . .	1889	3,3	16	4	mixte.

I. — LIGNE DE VITZNAU AU RIGHI

Nous avons décrit les locomotives employées sur cette ligne à voie uniquement à crémaillère, qui terminée en 1870, ne put à cause de la guerre être inaugurée que le 23 mai 1871.

La longueur totale de la ligne était à cette époque de 5340 mètres, la différence du niveau entre les points extrêmes de 1200 mètres.

La rampe minimum de 67 millimètres par mètre règne, au départ à la traversée du village de Vitznau, la rampe maximum de 250 millimètres par mètre règne

sur le tiers environ du tracé, la rampe moyenne était de 190 millimètres par mètre.

Depuis la ligne a été prolongée jusqu'au Righi-Kulm, et la longueur actuelle est de 7 kilomètres (fig. 2, pl. 30-31).

Les traverses en bois, de 2^m,40 de longueur, de 0^m,18 de largeur et 0^m,15 d'épaisseur sont espacées de 0^m,75 d'axe en axe. Dans les parties de la ligne où la pente est très forte ces traverses sont fixées à des massifs de maçonnerie. Elles sont entretoisées par deux files de longrines en bois de 0^m,18 de largeur, 0^m,15 d'épaisseur placées symétriquement par rapport à l'axe de la voie à une distance de 1^m,95 l'une de l'autre (fig. 6, pl. 28-29).

Les rails à patin pesant 16^k,66 par mètre courant sont fixés aux traverses par des tire-fonds, leurs bords intérieurs sont écartés de 1^m,435.

La crémaillère a une largeur intérieure de 126 millimètres, les montants sont formés de fers en U de 120 millimètres de hauteur et de 12,5 millimètres d'épaisseur, les ailes de 60 millimètres de largeur ont une épaisseur de 10 millimètres. Les échelons ont 36 millimètres de hauteur, 55 millimètres de largeur, à la base inférieure et 36 à la base supérieure.

Les tronçons ont 2999 millimètres de longueur et sont espacés de 3 mètres, il y a donc un jeu de 1 millimètre aux joints qui sont disposés au droit d'une traverse.

La crémaillère est fixée aux traverses par des vis à bois, l'éclissage des joints a lieu au moyen de plaques de fer boulonnées sous les ailes inférieures des montants (fig. 6, pl. 28-29).

Une voie d'évitement pour la rencontre des trains montants et des trains descendants est installée au milieu de la ligne, pour faire passer un train de la voie principale sur la voie d'évitement et *vice-versa*, on emploie un pont tournant de 15 mètres de longueur, pouvant recevoir un train formé, de la machine et d'une voiture.

Ce pont (fig. 7, pl. 30-31) est mobile autour d'un pivot P, il est formé de deux poutres à double T entretoisées sur lesquelles la voie est installée. Trois pièces transversales portent des galets G qui roulent sur des rails courbes R, quand le pont actionné par un treuil T qui agit sur une tige dentée D, se déplace.

Les voitures à voyageurs sont portées par deux essieux sur chacun desquels sont calées les roues porteuses; une roue dentée centrale engrenant avec la crémaillère et de part et d'autre de celle-ci deux poulies de frein à pourtour cannelé. Les freins de chacun de ces essieux sont actionnés par un mécanisme indépendant.

La voiture vide pèse 4 tonnes et peut recevoir 54 voyageurs; elle n'est pas attelée à la machine, qui simplement, la pousse à la montée et la retient à la descente.

Les tableaux suivants indiquent les résultats d'exploitation de cette ligne pour la période 1881 à 1884.

Nombre de trains.

DÉSIGNATION de l'année	VOYAGEURS	MIXTES	MARCHANDES	BALLAST et travailleurs	TOTAL	NOMBRE de trains kilomètres	
						Voyageurs	Total
1881	2374	202	20	122	2718	16256	18148
1882	2742	98	40	132	3012	18643	20106
1883	2926	142	8	182	3258	20094	21878
1884	2938	236	26	268	3408	20210	22874

Nombre de voyages

DÉSIGNATION DE L'ANNÉE	MONTÉE	DESCENTE	TOTAL
1881	39390	39898	79288
1882	42452	42489	84941
1883	46182	47346	93528
1884	39941	40202	80143
Total	167965	169935	337900
Moyenne par	41991	42484	84475

Le prix du voyage pour la montée est de 7 francs, et de 3^{fr},50 pour la descente.

La moyenne des recettes par année est de :

Voyageurs	361.391
Bagages	8.542
Marchandises.	11.666
Total.	381.599 fr.

Dépenses moyennes d'exploitation par an.

	Totales	Par train kilomètre
1° Administration générale	14888	0,72
2° Surveillance et entretien	20266	0,98
3° Services d'expédition	29537	1,42
4° Service des machines	77340	3,73
5° Divers	8642	0,41
Totaux	150673	7,26

Le nombre des trains kilomètres étant en moyenne de 20751.

II. — LIGNE D'OSTERMUNDIGEN

Cette ligne à largeur de voie normale, reliée aux grandes lignes, dessert des carrières de pierres.

Elle a été inaugurée en 1870.

Les deux extrémités sont établies avec voie à simple adhérence, la portion du milieu, avec rampe de 100 millimètres par mètre est à crémaillère.

La crémaillère, à échelle, a des dent à fuseaux cylindriques, les montants en fer cornière dont l'aile verticale a 100 millimètres de hauteur et l'autre 80 millimètres, sont espacés de 145 millimètres et sont reliés par les dents extrêmes de chaque tronçon qui portent un écrou à chacune de leurs extrémités.

Le passage d'une portion de voie à adhérence à une portion de voie à crémaillère, s'effectuait dans les commencements au moyen d'un tronçon de crémaillère de 3 mètres de longueur, qui, placé sur des excentriques, pouvait au moyen de leviers, être amené à la hauteur du restant de la crémaillère. On arrêtait la locomotive au-dessus de ce tronçon et le relevait de sorte que l'engrènement après quelques tatonnements, eut lieu.

Depuis on a installé sur cette ligne des pièces d'entrée analogues à celles que nous avons décrites.

Dans la première locomotive, construite pour cette ligne et qui est encore en service, les cylindres actionnent un arbre auxiliaire, qui commande l'arbre sur lequel est montée la roue dentée. Sur cet arbre sont également montées les roues à adhérence motrices, qui par l'intermédiaire de manchons sont calées pendant le parcours des portions à adhérence et rendues folles pendant le parcours des portions à crémaillère.

III. — CHEMIN DE FER MIXTE DE FRIEDRICHSSGEN
A LA LAHN

Il dessert les mines de plomb argentifère de Friedrichsseen; le minerai est amené au bord de la Lahn, dans des magasins et de là chargé sur des bateaux.

La longueur de la ligne est de 2.550 mètres, la longueur totale des voies de 2.670 mètres en comptant les voies de service.

La différence de hauteur est de 119^m,4, la pente moyenne de 47 millimètres par mètre. Les rampes maxima sont : dans les portions de voie à simple adhérence de 50 millimètres par mètre et dans les portions de voie à crémaillère de 100 millimètres par mètre (fig. 5, pl. 30-31).

La largeur de la voie, entre les bords intérieurs des rails est de 1 mètre, les plus petits rayons des courbes en pleine voie sont de 100 mètres.

Dans les portions de voie à adhérence les traverses en bois de chêne de 1^m,80 de longueur, de 0^m,18 de largeur et 0^m,13 de hauteur sont espacées de 1^m,07.

Dans les portions de voie à crémaillère, les traverses sont espacées de 1 mètre. Les tronçons de crémaillère ont 2998 millimètres de longueur, les joints sont à 3 mètres les uns des autres, il y a donc un jeu de 2 millimètres pour la dilatation.

La crémaillère, formée de fers en U à ailes inégales, de 120 millimètres de hauteur, a sa partie supérieure à 110 millimètres au-dessus des têtes des rails, qui ont 95 millimètres de hauteur et pèsent 25 kilogrammes par mètre courant.

Sur les traverses courantes la crémaillère est fixée au moyen de boulons, avec interposition d'un bloc de bois, de 85 millimètres de hauteur et 0^m,18 de largeur, afin d'obtenir la surélévation.

Les jonctions des tronçons ont lieu sur des traverses de 1^m,80 de longueur, 0^m,24 de largeur et 0^m,15 de hauteur (espacées naturellement de 3 mètres) avec interposition de coussinets en fonte de 85 millimètres de hauteur.

Ces coussinets sont reliés aux traverses spéciales au moyen de vis à bois, les tronçons de la crémaillère y sont fixés au moyen de boulons traversant l'aile inférieure des montants.

Les trous pour le passage de ces boulons, dans les ailes, permettent un jeu pour la dilatation.

Nous avons décrit les pièces d'entrée de ce chemin de fer, représentées sur la figure 9 des planches 28-29.

Les locomotives employées sur cette ligne (fig. 1, pl. 30-31), ont les dimensions principales suivantes :

Surface de la grille	0 ^m 2,62
Surface de chauffe directe	3 ,90
Surface de chauffe indirecte	21 ,10
Surface de chauffe totale	25 ,00
Diamètre des cylindres	0 ^m ,240
Course des pistons	0 ,450
Diamètre des roues à adhérence	0 ,770
Diamètre primitif de la roue dentée	0 ,764
Rapport des engrenages de l'arbre auxiliaire et de l'arbre de la roue dentée	23 à 40
Empâtement	1 ^m ,850
Pression de la vapeur	9 atmosphères

Poids de la machine en service	11,8 tonnes
Poids de la machine vide	10 tonnes.
Longueur totale (de tampon à tampon)	5 ^m ,230
Largeur maximum	1,80
Hauteur maximum	3,10

Pour le transport des minerais, on emploie des wagons basculants en fer, de 1 mètre cube de capacité, à deux essieux. Ils ont une longueur de 2^m,15, une largeur de 1^m,50 et une hauteur de 1^m,40, les roues ont un diamètre de 0^m,430.

Chacun des essieux est muni d'un frein, le poids à vide est de 950 kilogrammes, et en charge de 3.500 kilogrammes.

A la station supérieure près de la mine, les wagons sont amenés au-dessous de voies déservies par des wagonnets, qui sont basculés et dont le contenu tombe directement dans ces wagons. Le déchargement à la partie inférieure s'effectue en faisant basculer les wagons, qui sont agencés de telle sorte que le minerai tombe assez loin des rails.

Les trains comportent au plus 6 wagons, dont deux sont occupés chacun par un homme devant manœuvrer les freins. Le poids à remorquer est à la montée de 10 tonnes et à la descente de 18 tonnes.

La vitesse dans les portions à adhérence est de 10 kilomètres à l'heure, elle est de 5 kilomètres dans les portions à crémaillère.

Par les temps humides dans les portions à adhérence avec rampe de 50 millimètres par mètre, on est obligé de répandre du sable sur les rails.

Voici, d'après M. Kuntze (1), qui a dirigé l'établissement et l'exploitation de cette ligne, la comparaison des frais actuels de transport avec ceux occasionnés auparavant par le transport par voiture.

En 1879-80, il a été transporté par voitures :

A la descente, 18000 tonnes de minerai.

A la montée, 4000 tonnes de charbon, chaux, etc.

Les frais ont été de 46875 francs.

En employant une seule locomotive sur la ligne, on a transporté, en une année, 37514 tonnes, les frais ont été les suivants :

Frais nets	14.497 ⁵⁰
Intérêt du capital à 4 % (206.250 fr., prix de revient de la ligne et du matériel roulant)	8.250,00
Amortissement, etc	7.182,50
Frais de chargement et déchargement	4.862,50
Total	34.792 ⁵⁰

Les 37514 tonnes transportées représentent 135000 tonnes kilométriques.

1. *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure.*

Le total des frais de transport, y compris intérêts, amortissement, entretien, chargement et déchargement, est de :

Par tonne de chargement.	0',927
Par tonne kilométrique du chargement	0,472
Par tonne kilométrique brute	0,257

Le transport par voiture pour 22,000 tonnes coûtait 46,875 francs, soit 2 fr. 125 la tonne.

Le transport d'une tonne par chemin de fer revient donc à
 $2,125 - 0,927 = 1',198$ meilleur marché.

En considérant les 37514 tonnes transportées, on voit que l'économie totale est de

$$37514 \times 1,198 = 44941',77.$$

C'est-à-dire, qu'en quatre années et demie, le capital de première installation est amorti.

L'emploi de deux locomotives a encore diminué les frais de transport de la tonne; ainsi, en 1882, on a transporté 41429 tonnes de chargement et 78154 tonnes brutes (non compris les locomotives).

Le capital de première installation était alors de 223750 francs.

Les frais se sont élevés :

Frais nets.	14152',50
Intérêts à 4 %,	8950,00
Amortissement, etc	7147,50
Frais de chargement et déchargement	5775,00
Total	35.025,00

soit :

Par tonne de chargement	0',870
Par tonne kilométrique de chargement	0,457
Par tonne kilométrique brute.	0,230

Le transport par voiture aurait coûté $41429 \times 2,125 = 88036$ francs.

L'économie réalisée est donc de 52011 francs.

4° CHEMIN DE FER DE LANGRES

Cette ligne, la seule à crémaillère qui existe actuellement en France, relie la ville de Langres à la gare de Langres-Marne, sur la ligne de Paris à Belfort, et sert surtout au service des voyageurs.

Le service des marchandises se fait à la gare de Langres-Ville, sur une ligne secondaire, d'où l'on accède à la ville par une route avec faibles rampes.

La gare de Langres-Marne est, à vol d'oiseau, à 1200 mètres de la ville et à 130 mètres en contrebas; avant la création du chemin de fer à crémaillère, une route de 3 kilomètres de longueur les reliait, et il fallait 40 minutes aux voyageurs qui ne voulaient pas emprunter la ligne secondaire pour se rendre à la station de Langres-Ville, pour aller en voiture de la gare à la ville.

La longueur de la voie du chemin de fer à crémaillère est de 1472^m,15, la longueur mesurée sur l'horizontale de 1463^m,46.

La rampe maximum des portions à adhérence est de 30 millimètres par mètre, celle des portions à crémaillère de 172 millimètres.

La crémaillère règne sur deux portions de voie, l'une de 430 mètres de longueur, l'autre de 577 mètres, séparées par une portion de voie à adhérence de 242 mètres de longueur (voir le profil en long, fig. 4, pl. 30-31).

La ligne est presque tracée en ligne droite; dans les portions à adhérence, les courbes ont au minimum 60 mètres de rayon; dans les portions à crémaillère, il y a trois courbes: l'une de 200 mètres de rayon, les deux autres de 120 mètres.

Les traverses en chêne créosoté, de 1^m,80 de longueur, 0^m,18 de largeur et 0^m,15 de hauteur, sont espacées de 1 mètre d'axe en axe.

Les rails de 0^m,11 de hauteur, pesant 23,3 kilogrammes par mètre courant sont fixés aux traverses par des tirefonds. Ils proviennent des aciéries de Longwy.

Près des joints des rails, une traverse supplémentaire est intercalée à égale distance de deux des traverses courantes, la crémaillère ne porte pas sur cette dernière. (Fig. 7, pl. 28-29.)

Dans les portions à crémaillère, les traverses sont entretoisées par deux files de fers en U de 80 millimètres de largeur d'aile, placées symétriquement par rapport à l'axe de la voie, à 1^m,50 l'une de l'autre.

Les montants de la crémaillère sont formés par des fers en U à ailes inégales, de 120 millimètres de hauteur, laissant entre eux un espace de 130 millimètres; les barreaux ont les dimensions indiquées pour l'emploi de roues dentées de 764 millimètres de diamètre. La crémaillère pèse 49^k,500 le mètre courant et a été fabriquée au Creusot.

La partie supérieure de la crémaillère est à 15 millimètres au-dessus des têtes des rails, elle repose sur les traverses par l'intermédiaire de coussinets en fonte de 105 millimètres de hauteur pesant 10^k,350 auxquelles elle est fixée par des boulons traversant l'aile inférieure des montants. Chacun de ces coussinets est relié à la traverse correspondante par deux boulons.

La crémaillère est établie par tronçons de 2998 millimètres de longueur, placés tous les trois mètres, laissant donc entre eux des espaces de 2 millimètres pour la dilation.

Les joints sont placés au-dessus des traverses spéciales de 0^m,24 de largeur. Les coussinets des joints sont plus longs que les coussinets ordinaires et portent du côté de la partie supérieure de la voie, une butée qui appuie contre le bord de la traverse. Ils pèsent 17^k,400 chacun.

Sous les ailes des montants de la crémaillère sont rivées des plaques de fer de 130 millimètres de longueur, qui viennent buter contre les coussinets de joints et empêchent le glissement longitudinal.

Les pièces d'entrées représentées fig. 8, pl. 28-29, ont été décrites.

Les locomotives sont du type à trois freins décrites, le corps cylindrique de la chaudière est placée de telle sorte qu'il est horizontal lorsque la machine est sur la rampe moyenne de 86 millimètres par mètre (fig. 3, pl. 30-31. Leurs dimensions principales sont :

Surface de la grille	0 ^m 2,760
Surface de chauffe totale	36 ^m 2,200
Diamètre des cylindres	0 ^m ,280
Course des pistons	0 ^m ,450
Diamètre des roues à adhérence	0 ^m ,773
Diamètre primitif des roues dentées	0 ^m ,764
Rapport des engrenages de l'arbre auxiliaire et de l'arbre de la roue dentée motrice	1 à 1,74
Empatement	1 ^m ,850
Pression de la vapeur	11 atmosphères.
Poids de la machine en service	15,5 tonnes
Poids de la machine vide	12,4 tonnes
Longueur totale (de tampon à tampon)	5 ^m ,500
Largeur maximum	2 ^m ,070
Hauteur maximum	3 ^m ,245

Ces machines, construites sur les plans de M. Riggenbach par la Société alsacienne de constructions mécaniques remorquent des trains de 12,5 tonnes.

Les voitures d'une longueur totale de 5^m,85 sont portées par deux essieux, leurs roues ont un diamètre de 0^m,709.

L'un des essieux porte une roue dentée folle qui engrène avec la crémaillère et est munie d'un frein analogue au troisième frein de la locomotive.

Le matériel roulant se compose de :

3 locomotives dont deux ayant les dimensions données ci-dessus pesant en ordre de marche 15^t,50 ont coûté 30,390 francs chaque. La troisième pesant 16^t,50 a coûté 36,500 francs.

3 voitures d'hiver pesant chacune 4300 kilogrammes, et 2 voitures d'été en forme de breaks, avec marquise et rideaux de cuir pesant chacune 3900 kilogrammes.

Des freins ordinaires à sabots, agissent sur les roues à adhérence.

Un train se compose ordinairement de deux voitures poussées par la machine à la montée, et retenues par elle, à la descente; la vitesse est de 10 kilomètres à l'heure.

Les dépenses pour la construction de ce chemin de fer ont été les suivantes :

Acquisitions de terrain	82887 fr. 36
Infrastructure	102965 » 47
Voie	92198 » 56
Bâtiments	42806 » 78
Matériel roulant	143524 » 11
Mobilier	14017 » 86
Frais généraux	18029 » 35
Total	490429 fr. 49

Les prix de revient des ouvrages d'art les plus importants ont été :

- 1° 1 Viaduc à 5 travées de 62^m,74 de longueur, 30284 fr. 37
- 2° 2 Passages supérieurs à tabliers métalliques, ensemble 28295 fr. 81.
- 3° 1 Passage inférieur à tablier métallique, 10484 fr. 23.
- 4° 2 Gares, 20,451 fr. 44.

La crémaillère est revenue, mise en place à 27 francs le mètre courant, avec une plus value de 450 francs pour chaque pièce d'entrée.

Les dépenses pour le matériel roulant se répartissent ainsi :

Locomotives n° 1 et 2 (de 15,5 tonnes)	60600 fr.	
» n° 3 (de 16,5 tonnes).	36500 fr.	
Voitures d'hiver	A. A 3 compart. de 2 ^e classe (30 pl.).	6250 fr.
	B. avec 1 compart. de 1 ^{re} classe et 1 compartiment à bagages	6650 fr.
	C avec 1 comp. 1/2 de 2 ^e classe et un 1/2 comp. de 1 ^{re} classe et 1 compar- timent à bagages	6850 fr.
Voitures d'été	D. avec 38 places de 2 ^e classe	7000 fr.
	E. 4 places de 1 ^{er} cl., 20 pl. de 2 ^e cl. et 1 compartiment à bagages.	7000 fr.

Les recettes et les dépenses d'exploitation pendant l'année 1889, ont été de :

Recettes, impôt déduit	60769 fr. 23
Dépenses	55542 fr. 33

Dans le chiffre total de la dépense entrent 5500 francs pour travaux ne devant pas se renouveler, ce qui réduit à 50000 francs la dépense d'exploitation.

5^e LIGNE DU BRÜNIG

La Société pour la construction de machines et de locomotives de Winterthur avait exposé, dans la classe 61, une locomotive destinée à cette ligne.

Cette ligne qui va de Alpnach-Staad sur le lac d'Alpnach, à Brienz à une longueur totale de 44877 mètres.

La voie est de 1 mètre, les rampes maxima de 120 millimètres par mètre, le poids des trains de 40 tonnes et la vitesse de 10 kilomètres à l'heure.

Nous avons parlé de la crémaillère employée sur cette ligne, dont les montants ont une très grande hauteur, afin de supprimer les coussinets (fig. 2, pl. 28-29).

La chaudière du type ordinaire pour locomotive est montée sur le bâti de telle sorte que le corps cylindrique est horizontal pour la rampe moyenne de 60 millimètres par mètre. Les deux cylindres sont placés sous la chaudière, en avant, et fondus d'une seule pièce, les tiroirs sont montés au-dessus et facilement accessibles.

La machine est munie des trois freins dont nous avons parlé; les dimensions principales sont les suivantes :

Surface de la grille	0 ^m 2,980
Surface de chauffe totale	54 ^m 2,700
Diamètre des cylindres	0 ^m ,330
Course des pistons	0 ^m ,480
Diamètre des roues à adhérence	0 ^m ,796
Diamètre primitif des roues dentées.	0 ^m ,796
Rapport des engrenages de l'arbre auxiliaire et de l'arbre de la roue dentée motrice	1 à 1,85
Empâtement	2 ^m ,400
Pression de la vapeur.	12 atm.
Poids de la machine vide	17 tonnes
Poids de la machine en service.	22 tonnes
Eau dans la chaudière	1800 litres
Eau dans la caisse.	2800 »
Combustible.	400 kilogr.

L'accouplement de la machine avec les wagons et des wagons entre eux est effectué au moyen d'un seul attelage central, servant en même temps de tampon. Il est combiné avec une corde en fils d'acier qui sert d'attelage de secours.

Le train est muni d'un frein continu et automatique, à vapeur, du système Klose, actionné par le mécanicien.

Le principal de ce frein actionné par vapeur ou par air comprimé est le suivant : Les sabots du frein sont serrés par de forts ressorts en spirale, dont l'action, grâce à un système de leviers, est vaincue par un cylindre à vapeur ou à air comprimé.

Dès que la vapeur ou l'air comprimé peut s'échapper de la conduite, les res-

sorts, n'étant plus maintenus, agissent sur les sabots. Ce système fait que tout wagon séparé du train est immédiatement arrêté par le frein.

La conduite de vapeur de ce frein, sert en même temps au chauffage des voitures du train.

La ligne part de la cote 438^m,60 à Alpnach-Staad, atteint la cote 1004^m,50 à la station du Brünig, à 26888 mètres d'Alpnach-Staad et aboutit à Brienz à la cote 569^m,30.

La crémaillère règne sur 9025 mètres entre Gyswyl et Meiringen et les locomotives décrites ci-dessus desservent cette partie de la ligne, où les différentes portions à crémaillère sont séparées par de courtes portions de voie à adhérence.

La longueur en palier est de 11379 mètres, soit les 25,52 % de la longueur totale.

Le total des différences de hauteur à franchir est de 1012^m,10.

Les dépenses d'établissement et de construction se sont élevées à 6 260 000 fr.

En 1888, il a été transporté 150298 voyageurs. Le total des recettes a été de 401 644 francs.

Les dépenses se sont élevées à 215957 francs, se répartissant ainsi qu'il suit:

Administration générale.	7433 fr.
Entretien et surveillance de la voie	59990 fr.
Expéditions et mouvements	48178 fr.
Traction et matériel.	87587 fr.
Dépenses diverses	10769 fr.

Il est à remarquer du reste que la ligne n'est en exploitation que depuis 1887 et que les recettes s'élèveront de plus en plus.

VI. — LIGNE DE PADANG AUX MINES D'OMBILIEN (SUMATRA)

Le gouvernement hollandais s'est résolu à relier les mines d'Ombilien, qui sont situées dans l'intérieur de l'île de Sumatra et fournissent du charbon d'excellente qualité, par une ligne de chemin de fer au port de Padang.

Le bassin houiller est situé à vol d'oiseau à 78 kilomètres environ de Padang mais entre les deux, s'élève une chaîne de montagnes d'une hauteur considérable, de sorte que M. Cluysenaer, ingénieur chargé des études a dû dévier le tracé afin de pouvoir traverser cette chaîne, à un endroit où le faite n'est qu'à 770 mètres au-dessus de la mer.

Le tracé comportait une première portion avec faibles rampes de 56 kilomètres de longueur partant de Padang et aboutissant au pied de la montagne à la cote 150. Une deuxième portion avec rampes de 25 millimètres par mètre fran-

chissait la montagne et aboutissait de l'autre côté à la cote 363. De là une portion de ligne à faible rampe de 61 kilomètres de longueur aboutissait aux mines à la cote 208.

Comme la portion de la ligne à la traversée de la chaîne de montagnes présentait de nombreux lacets et que sa construction aurait coûté des sommes énormes, ce qui faisait hésiter le gouvernement. M. Cluysenaer proposa dans cette portion l'emploi d'une crémaillère, avec rampe de 50 millimètres par mètre, ce qui réduisait sa longueur à 26 kilomètres et permettait une grande économie.

Ce tracé fut adopté, et M. Kuntze, ingénieur, ancien directeur du chemin de fer de Wasseraufingen, qui, comme nous l'avons vu, entre autre avait dirigé les travaux de la ligne de Friedrichsagen, fut appelé à Sumatra, pour diriger la construction de cette ligne qui sera prochainement achevée.

Le prix de revient de la ligne sera à peu près de 100 000 francs par kilomètre de voie à adhérence et 150 000 francs par kilomètre de voie à crémaillère, soit environ 16 000 000 en tout.

La ligne avec voie de 1 mètre de largeur, sera desservie dans les portions à adhérence par des locomotives ordinaires et dans les portions à crémaillère par 4 locomotives de 20 tonnes. Deux de ces locomotives, l'une placée à l'avant, l'autre à l'arrière remorqueront sur cette portion de la ligne, un train de 250 tonnes avec une vitesse de 10 à 12 kilomètres à l'heure.

La fabrique de machines d'Esslingen (Wurtemberg) est chargée de la construction du matériel fixe et roulant sur les plans fournis par M. Riggenbach.

VII. — LIGNE D'ALGER EL BIAR, A TRAVERS LE SAHEL

M. Sartor, d'Alger, concessionnaire, avait exposé dans la classe 61, les dessins et renseignements relatifs à la construction de cette ligne, qui sera bientôt commencée.

Elle desservira une des contrées les plus riches de l'Algérie, comptant plus de 130 000 habitants, avec une superficie de plus de 9000 hectares de vigne.

La grande difficulté qu'a toujours présenté ce projet et qui jusqu'ici en avait empêché l'exécution, était la difficulté d'établir la portion entre Alger et El Biar (situé à 246 mètres au-dessus de la mer). Avec l'emploi de la crémaillère cette partie de la ligne s'établira facilement, elle aura une longueur de 1800 mètres et la pente maximum sera de 150 millimètres par mètre.

La ligne entière aura une longueur de 26 kilomètres et aura trois sections à crémaillère, d'une longueur totale de 4 kilomètres.

La voie aura une largeur de 1^m,05, les locomotives pesant de 16 à 18 tonnes

pourront remorquer des trains de 22 à 25 tonnes avec une vitesse de 8 kilomètres à l'heure sur les portions à crémaillère.

La ligne coûtera environ 5000000, matériel compris, et le département d'Alger participera à la dépense.

7° LIGNE DU HOELLENTHAL

Quoique cette ligne n'ait pas été établie avec la crémaillère du système Rigenbach, les dispositions générales de celle employée sont cependant comme nous l'avons vu (fig. 3, pl.28-29) analogues et nous croyons intéressant de donner quelques renseignements sur la voie, le matériel roulant et l'exploitation, d'après une conférence (1) de M. Bissinger, ingénieur, qui avait été chargé des études et de l'installation de la voie et du matériel roulant.

Le Hoellenthal est une vallée de la Forêt-Noire qui s'étend depuis Fribourg-en-Brisgau au lac de Titi. Son nom (*Hoellenthal*, vallée de l'enfer) vient de la disposition de sa partie supérieure, dont les parois abruptes ne laissent entre elles que le passage du torrent.

Cette vallée, excessivement pittoresque, est fréquentée, ainsi que les environs du lac de Titi, par de nombreux touristes ; il s'y fait un grand commerce de bois, et la ville de Neustadt, près du lac est très industrielle. La ligne qui va actuellement de Fribourg à Neustadt va du reste être poussée jusqu'à Donaueschingen, sur le Danube, et se raccordera avec les grandes lignes de la vallée du Danube.

La question de la construction de cette ligne fut agitée dès 1846, mais à cette époque ce projet fut reconnu impossible ; vers 1860, un avant-projet fut dressé, mais comme les dépenses furent évaluées à plus de 45 millions, on ne put y donner suite.

En 1880, la construction d'une ligne secondaire à largeur de voie normale de Fribourg à Donaueschingen, fut décidée ; la construction de la partie de la ligne allant jusqu'à Neustadt fut commencée en 1884, et inaugurée le 23 mai 1887.

La longueur de cette partie de la ligne est de 34750 mètres. La hauteur à franchir, de Fribourg à Neustadt, est de 625^m,34 ; celle de Neustadt à Fribourg de 89^m,048.

Au point de vue de l'exploitation, on peut distinguer quatre parties principales. La première, de Fribourg à Kirchzarten, a une longueur de 11 kilomètres, avec rayons de courbes assez grands et pentes modérées. La deuxième, de Kirchzarten à Hirschsprung, a 7250 mètres de longueur, avec rampes de

1. Parue dans la « *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*. N° de février 1890.

25 millimètres par mètre et courbes de petits rayons, séparées par des alignements droits très courts. Cette partie est placée, au point de vue de la construction, dans des conditions, pour le moins aussi difficiles, que les grandes lignes alpines du Semmering, du Brenner et du Gothard.

La troisième partie, de Hirschsprung à Hinterzarten, est établie avec crémaillère; la rampe est de 55 millimètres par mètre; sa longueur est de 7 kilomètres.

La dernière partie, de Hinterzarten à Neustadt, est placée à peu près dans les mêmes conditions que la première partie; sa longueur est de 9 500 mètres.

Dans les portions extrêmes, les rayons minima des courbes sont de 100 mètres; dans les deux autres, ils sont de 240 mètres.

Dans les parties à traction par adhérence, le 46 % de la longueur de la voie est en courbes et le 54 % en alignements droits. Dans les portions à crémaillère, le 56 % est en courbes et le 44 % en alignements droits.

Dans les portions de voie à simple adhérence, la rampe maximum est de 25 millimètres par mètre; dans les sections à crémaillère, de 55 millimètres.

D'après les devis du projet, la dépense totale devait s'élever à 8 500 000 fr.; on a pu économiser, lors de la construction, plus de 500 000 fr., de sorte que le kilomètre revient à 225 000 francs, matériel compris. (Comparer avec le prix de revient de la ligne de Semmering. Voir introduction.)

Les rails, de 129 millimètres de hauteur, pèsent 36,2 kilogrammes par mètre courant; les tronçons ont une longueur de 9 mètres. Les traverses, en acier fondu, ont une longueur de 2^m40 et pèsent 42,5 kilogrammes.

Nous avons décrit le système employé pour la crémaillère (fig. 3, pl. 28-29) et les pièces d'entrée.

Le poids d'un mètre courant de voie à adhérence est de 122,5 kilogrammes, celui des portions de voie à crémaillère de 228,6 kilogrammes.

Deux tronçons de rails de 9 mètres de longueur avec trois tronçons de crémaillère, chacun de 3 mètres de longueur, forment une unité de voie.

Les joints de la crémaillère, ne correspondant pas aux joints des rails, sont soutenus au moyen de coussinets fixés aux traverses, ceux qui correspondent aux joints des rails ne le sont pas.

A un mètre de la partie supérieure de chaque tronçon de crémaillère, on a rivé, sous les ailes des montants, de petites plaques de fer qui, venant buter contre le coussinet, empêchent le glissement longitudinal. Chacun de ces coussinets porte à la partie inférieure une nervure qui vient buter contre la partie supérieure de la traverse à laquelle il est fixé, de sorte que les boulons ne travaillent pas au cisaillement. Des coussinets pareils sont également placés sous les joints de la crémaillère, correspondant aux traverses.

Par unité de voie, il y a donc 5 coussinets avec nervure et 5 coussinets plus petits qui ne font que porter la crémaillère, et sur lesquels celle-ci peut se déplacer par suite des changements de température.

Le jeu entre deux tronçons consécutifs de la crémaillère est de 2 millimètres. Les montants sont en fer à nerf, les barreaux et les éclisses en fer à grain, les coussinets en fonte.

Les locomotives sont des machines-tenders à 6 roues couplées (fig. 8, pl. 30-31).

Le mécanisme à adhérence et le mécanisme denté sont absolument séparés et commandés chacun par une paire de cylindres.

Les deux cylindres du mécanisme à adhérence, sont fixés de chaque côté du châssis ; les deux cylindres du mécanisme denté, sont fixés au-dessus du châssis, de part et d'autre de la chambre de fumée.

La commande du mécanisme denté a lieu de la manière suivante : Chacune des bielles motrices, attaque la partie supérieure d'un balancier fixé au châssis qui, dans sa position moyenne, est vertical, et dont la partie inférieure est saisie par deux bielles dont les autres extrémités attaquent les manivelles des arbres des roues dentées. Ces arbres sont en outre reliés par des bielles d'accouplement.

L'emploi du balancier est commandé par la position élevée qu'occupent les cylindres par rapport aux arbres des roues dentées. En outre, comme les bras supérieurs de ces balanciers sont plus longs que les bras inférieurs, on a pu donner aux pistons une grande vitesse et diminuer ainsi le diamètre des cylindres. Cette disposition est du reste employée dans les locomotives ordinaires du système Brown et Belpair, et dans les locomotives pour voies mixtes du Harz (système Abt), comme nous le verrons plus loin. La denture des roues est tracée de telle sorte que la longueur d'emprise est d'environ une fois et demie plus grande que le pas, de sorte que pour chaque roue il y a au moins une dent en prise et au plus deux. Comme la distance entre les axes des deux roues dentées est de 12,5 fois plus grande que le pas (1^m25), à la position la moins propice de l'une des roues correspond la position la plus propice de l'autre.

Les dimensions des dents de la roue et de la crémaillère sont calculées pour qu'une seule d'entre elles puisse soutenir tout l'effort ; quoique : 1° sur les portions à crémaillère les deux mécanismes travaillent simultanément, et que chacun des deux exécute un travail à peu près égal et que, 2°, il y ait toujours au moins pour les deux roues 3 dents en prise. En effet on a craint que par un temps humide les roues à adhérence ne patinent, et qu'alors tout l'effort ne porte sur les roues dentées, et que, par suite de la mauvaise division de la crémaillère (pouvant provenir soit de la dilatation, soit du mauvais état de l'infrastructure) il n'y ait en ce moment qu'une dent des roues dentées en contact avec une dent de la crémaillère.

Les roues à adhérence sont munies de freins à sabots, commandés par l'intermédiaire d'une manivelle placée à portée du mécanicien.

Chacun des deux mécanismes est disposé pour pouvoir servir de frein à air à la descente.

Le mécanicien peut en outre, de sa place, actionner les freins des divers véhicules du train, comme nous le verrons plus loin.

Pour soustraire les roues dentées aux oscillations dues aux ressorts, oscillations qui feraient varier la profondeur d'engrènement (Voir aussi locomotives du système Abt), le cadre portant les paliers des arbres de ces roues est porté par deux des essieux des roues à adhérence. Cette disposition ingénieuse est due à Klose.

Les paliers de ces arbres peuvent en outre être remontés au fur et à mesure de l'usure des bandages des roues à adhérence, de sorte que la hauteur des axes des roues dentées au-dessus de la crémaillère peut être maintenue fixe.

Les dimensions principales de ces locomotives sont les suivantes :

Surface de la grille.	1 ^m 2,370
Surface de chauffe directe	6 ,600
Surface de chauffe indirecte.	78 ,000
Surface de chauffe totale.	84 ,600
Diamètre des cylindres du mécanisme à adhérence	0 ^m ,356
Course des pistons »	0 ,550
Diamètre des roues à adhérence	0 ,800
Diamètre des cylindres du mécanisme denté.	1 ,315
Course des pistons »	0 ,500
Diamètre des roues dentées	0 ,6048
Nombre de dents des roues dentées	19
Empâtement des essieux moteurs	3 ^m ,500
Empâtement des arbres des roues dentées	1 ^m ,250
Poids de la machine en ordre de marche.	42,4 tonnes
Poids de la machine à vide	34,3 tonnes
Capacité des caisses à eau.	4 ^m 3,000
» des soutes à charbon	1, 5 tonne
Pression de la vapeur dans la chaudière	10 atm.
Longueur des bras supérieurs des balanciers de commande	0 ^m ,560
Longueur des bras inférieurs des balanciers de commande	0 ^m ,360

Ces locomotives peuvent remorquer un train de 100 tonnes (non compris leur propre poids) avec une vitesse de 20 kilomètres à l'heure, sur les portions à adhérence avec rampes de 25 millimètres par mètre, et avec une vitesse de 10 kilomètres à l'heure sur les portions à crémaillère, avec rampes de 55 millimètres par mètre.

Sur cette ligne, circule un matériel spécial, ainsi que des wagons des grandes lignes, pourvu que les essieux n'en soient pas écartés de plus de 4^m.50.

Les voitures spéciales pour voyageurs sont munies de roues dentées. Comme l'écartement des essieux de ces voitures est de 4^m,30, on ne pouvait songer à faire

porter l'arbre de la roue dentée par un cadre spécial s'appuyant sur ces essieux. M. Bissinger a fait reposer le châssis sur les essieux sans interposition de ressorts, et fait porter la caisse sur ce châssis par l'intermédiaire de ressorts à spirale.

Comme dans le cas où, par suite de gelées ou de fortes pluies, une portion de rail peut être surélevée, il peut se faire que le poids entier de la voiture ne repose que sur trois roues et que la quatrième soulevée dans une portion en courbe, tende à quitter le rail et à faire dérailler la voiture, on a adopté une disposition spéciale pour éviter un accident de ce genre.

A cet effet, entre chaque boîte à graisse et le châssis est installé un ressort qui n'a que la moitié de la force nécessaire pour soulever le châssis.

Un coin soulage ce ressort et fait porter directement le châssis sur la boîte à graisse. Quand une des roues tend à se soulever, le ressort correspondant entre en action et l'appuie avec une force suffisante contre le rail, pour que toute chance de déraillement soit évitée.

Les wagons à marchandises découverts sont munis de deux roues dentées, dont les freins à bande se manœuvrent simultanément.

Toutes les roues à adhérences sont munies de sabots de freins. Ces freins peuvent, soit être actionnés de la plate-forme du wagon, soit tous simultanément par le système Schmidt.

Le principe de ce système est le suivant : une corde allant de la locomotive au dernier wagon, par dessus les toits, est tendue au moyen de manivelles à ses deux extrémités.

Tous les freins sont reliés à cette corde, et tant que cette dernière est tendue, ils n'entrent pas en action. Dès que par suite soit de la rotation d'une des manivelles ou de rupture, la corde cesse d'être tendue, les freins entrent immédiatement en action. On peut ainsi commander les freins d'un point quelconque du train et si une rupture de ce dernier se produit, comme la corde casse, tous les freins entrent en action.

A l'encontre de ce qui se passe sur toutes les autres lignes à crémaillère, sur la ligne du Hoellenthal, les locomotives ne poussent jamais le train; à la montée elles sont toujours en tête. Elles le retiennent à la descente seulement.

Le train tiré par la locomotive au lieu d'être poussé offre évidemment moins de résistance.

On a cru prudent, avec des courbes si rapprochées et séparées seulement par des alignements droits très courts, de ne jamais faire pousser le train par la locomotive. En effet dans un train de huit ou dix voitures, ces dernières peuvent se trouver être placées sur deux ou trois courbes, de sorte que si l'une poussée à l'arrière rencontre une résistance un peu plus grande de la précédente, elle peut dérailler.

Les freins que nous avons décrits permettent du reste d'employer le mode de traction adopté avec toute sécurité.

Le poids brut des trains (non compris la locomotive) dans lesquels se trouvent des voyageurs, est toujours de 100 tonnes. A la descente les trains de marchandises peuvent avoir jusqu'à 110 tonnes. Dans la partie de la ligne entre Kirchzarten et Hirschsprung, les trains de marchandises descendants peuvent avoir jusqu'à 200 tonnes. Dans les autres parties, le poids du train peut être d'autant plus élevé que les inclinaisons de la voie sont moins fortes.

La vitesse réelle des trains, dans les portions de voies où l'inclinaison ne dépasse pas 20 millimètres par mètre, est de 20 à 25 kilomètres à l'heure, dans les deux sens.

Elle est de 18 kilomètres à la montée dans les pentes où l'inclinaison atteint 25 millimètres par mètre, et de 22 à la descente.

Sur les portions de voie à crémaillère la vitesse est de 9 kilomètres à la montée et de 10 kilomètres à la descente.

Dans les trains mixtes, les wagons de marchandises et ceux qui portent des bois, sont placés immédiatement après la locomotive, les voitures de voyageurs et les voitures à bagages sont placées en queue.

Dans le parcours des portions à simple adhérence, les voitures munies de freins sont disposées comme à l'ordinaire.

Dans le parcours des portions à crémaillère, la moitié des essieux doivent être munis de freins, ou tout au moins la moitié de la charge totale doit reposer sur des essieux munis de freins. Dans les trains de voyageurs, la moitié des voitures doivent être munies de roues dentées avec freins, et notamment la voiture de queue.

Dans les trains de marchandises on doit placer en queue un wagon ouvert à deux roues dentées ou deux wagons munis chacun d'une roue dentée.

M. Bissinger a procédé à de nombreuses expériences et s'est assuré que lors de la rupture d'un attelage, les voitures séparées du train peuvent être arrêtées au bout de quelques instants, au moyen de l'un ou de l'autre système de freins ou simultanément des deux, même quand la vitesse acquise est déjà grande.

Le mécanicien ne met en action le mécanisme denté que quand les roues dentées ont engrené avec la crémaillère (comparer avec les règlements d'exploitation de la ligne du Harz). Pendant toute la montée d'une portion à crémaillère les deux mécanismes travaillent à la fois. Un peu avant la fin de la crémaillère, le mécanisme denté est arrêté pour qu'à la sortie les roues dentées soient libres sans cela les chocs abîmeraient les dents de la locomotive et celles de la pièce d'entrée.

A la descente des portions à crémaillère, le mécanicien modère la vitesse au moyen des freins à air des deux mécanismes, les deux autres freins ne devant être actionnés qu'en cas d'inefficacité de ces derniers.

Quand la construction de la ligne a été décidée, on prévoyait que les frais d'exploitation dépasseraient les recettes; il n'en est pas ainsi et la ligne rapporte déjà quelques bénéfices qui ne pourront qu'augmenter lors du prolongement jusqu'à Donaueschingen.

CHEMIN DE FER A CRÉMAILLÈRE

(Système Abt)

(Planches 32-35).

M. Abt a établi son système de crémaillère dans le but de diminuer les chocs, qui se produisent entre les dents de la roue et cette dernière, et d'obtenir par cela une plus grande vitesse.

La traction par adhérence, qui peut être considérée comme dérivant de la traction par crémaillère, crémaillère ayant des dents excessivement petites et excessivement rapprochées, est évidemment l'idéal du genre; mais nous avons vu son inefficacité dans les fortes rampes.

Tandis que la traction par adhérence peut être considérée comme se rapprochant de la transmission par friction, la traction par crémaillère dérive évidemment de la transmission par engrenages.

Dans l'industrie, on a deux moyens pour diminuer les chocs et augmenter la douceur d'une transmission par engrenages. Le premier est l'emploi des engrenages à chevrons; le deuxième l'emploi des engrenages hyperboliques, qui ordinairement, à cause de la difficulté d'exécution, sont remplacés par des engrenages à dentures croisées.

M. Wetli a essayé d'appliquer le premier moyen aux chemins de fer. Sa crémaillère, d'une assez grande largeur, comportait des dents à chevrons; à la locomotive était adaptée une roue sur laquelle étaient tracées des dents correspondantes, c'est-à-dire dont les axes étaient formés de deux portions hélicoïdales. Ce système n'a pas réussi.

M. Abt a employé le système des engrenages à denture croisée, et cela d'une manière très simple et très pratique.

Nous allons examiner successivement les diverses parties d'un chemin de fer de ce système, soit :

- 1° Crémaillère et son mode de fixation;
- 2° Roues dentées motrices;
- 3° Locomotives pour voies mixtes, à traction par adhérence et par crémaillère;
- 4° Pièces d'entrée permettant de passer sans arrêt d'une section à adhérence à une section à crémaillère.

Nous décrirons ensuite quelques-unes des lignes sur lesquelles le système Abt est employé.

1° CRÉMAILLÈRE ET SON MODE DE FIXATION

La crémaillère Abt est formée de deux ou trois lames d'acier doux, placées verticalement les unes à côté des autres, et à une certaine distance.

Chacune de ces lames porte à la partie supérieure une denture à développante de cercle, dans laquelle le pas sur la ligne primitive se partage exactement entre la dent et le vide qui lui succède. La denture de toutes les lames est identique.

Les lames sont placées de telle sorte que leurs dentures soient croisées ; c'est-à-dire que, dans une crémaillère à deux lames, en regard d'une dent de l'une, se trouve un vide de l'autre (fig. 1, pl. 32-33, et que, dans une crémaillère à trois lames, la denture de l'une d'elles se trouve à un tiers de pas en arrière de la denture de celle qui est placée à côté (voir fig. 8, pl. 32-33).

Les crémaillères à trois lames s'emploient pour des lignes ayant des courbes de 250 à 300 mètres de rayon au minimum, et à grand effort de traction.

Les crémaillères à deux lames s'emploient pour des chemins de fer à voie étroite, à faible rayons de courbes.

M. Abt, pour simplifier la construction, n'emploie, dans les cas ordinaires qu'un seul type de lame. Ces lames sont calculées de sorte qu'une dent supporte un effort de traction de 1,000 kilogrammes.

Comme les locomotives peuvent avoir jusqu'à trois roues dentées accouplées on voit qu'une crémaillère à trois lames, du type courant, peut servir pour un effort de traction de 3000 à 9000 kilogrammes, et qu'une crémaillère à deux lames, pour un effort de traction de 2000 à 6000 kilogrammes.

Les dimensions des lames du type ordinaire sont :

Longueur	2636 ^m / _m
Hauteur totale	110 »
Epaisseur	20 »
Profondeur des dents	50 »
Soit { au-dessus de la ligne primitive	15 »
{ au-dessous » »	35 »
Hauteur minimum de la lame	60 »
Pas	120 »

Les dents des roues de la locomotive ont 50 millimètres de hauteur, 30 à l'intérieur du cercle primitif, et 20 à l'extérieur.

Il reste donc, entre le sommet d'une dent de la roue et le fond du creux correspondant de la lame d'une crémaillère, une distance de 15 millimètres.

L'emprise des dents n'est que de 35 millimètres. Cette faible emprise diminue le frottement ; elle est justifiée, car, comme nous le verrons plus loin, les roues dentées sont absolument soustraites au jeu des ressorts de la locomotive.

Les dents de la roue et de la crémaillère sont du reste tracées de telle sorte que leurs flancs n'aient pas à souffrir, même si la dent de la roue pénétrait de 10 à 12 millimètres plus profondément.

La longueur adoptée pour les lames a été choisie d'abord parce que, pesant 40 kilogrammes, ces dernières sont très maniables, ce qui évite des dangers pour la pose sur des rampes un peu fortes. Une autre circonstance, qui a déterminé le choix de cette longueur, est le peu d'importance de la dilatation dans ce cas.

Le pas de 120 millimètres a été choisi un peu grand, mais il est à remarquer que, dans une crémaillère à deux lames, une nouvelle emprise a lieu tous les 60 millimètres, et, dans une crémaillère à trois lames, tous les 40 millimètres.

Les lames dentées sont établies pour résister à une pression de 1 300 kilogrammes s'exerçant sur une seule dent.

La pression a lieu suivant une direction qui fait environ un angle de $12^{\circ} 36'$ avec l'axe de la lame, de sorte qu'elle se décompose en deux : la première composante, normale à la lame, est de 283 kilogrammes, et a pour effet de faire fléchir cette dernière ; la deuxième composante, parallèle à l'axe de la lame, tend à cisailer la dent ; elle est de 1 269 kilogrammes.

En supposant la lame maintenue par des coussinets, espacés de 1 mètre d'axe en axe, et en le considérant comme reposant simplement sur appuis, l'emprise des dents ayant lieu en son milieu, on se place évidemment dans les circonstances de beaucoup les plus défavorables.

Dans ce cas, l'action moléculaire est donnée par la formule :

$$R = \frac{P \cdot l \cdot h}{8 I}$$

La plus petite section est située évidemment entre deux dents, au milieu du vide les séparant ; elle a une hauteur de 60 millimètres, et une épaisseur de 20 millimètres ; son moment d'inertie, en prenant le millimètre pour unité, est :

$$I = 360000$$

D'un autre côté, on a :

$$P = 283 \quad l = 1000 \quad h = 60$$

d'où l'on tire par millimètre carré :

$$R = 5,90 \text{ kilogrammes}$$

La composante, parallèle à l'axe de la lame, tend à cisailer la dent qui a une largeur de 20 millimètres, et une épaisseur minimum de 45 millimètres (au sommet). L'effort du cisaillement est donc par millimètre carré de :

$$\frac{1269}{900} = 1,41 \text{ kilogrammes.}$$

La fabrication des lames dentées en acier doux, a lieu de la manière suivante :

Au sortir du laminoir, on les porte au rouge vif; on perce les trous correspondants aux boulons destinés à les fixer aux coussinets, et on dégrossit les échancrures des dents au moyen de cinq poinçons.

Après cette opération, on redresse ces lames sur un marbre, d'abord à chaud, puis à froid. Ceci fait, on les réunit par paquets de vingt environ, au moyen de boulons traversant les trous percés pour les fixer aux coussinets. Ces paquets sont ensuite portés à une raboteuse spéciale qui donne la forme définitive aux échancrures.

Lorsque l'on pose la crémaillère, les lames sont placées ordinairement à 55 millimètres d'axe en axe, et l'écartement est maintenu au moyen des coussinets, qui servent en même temps à fixer la crémaillère aux traverses.

La rencontre de deux portions d'une même lame a toujours lieu, sur un coussinet que traversent les deux autres lames sans discontinuité, de sorte que les joints sont alternés.

Les lames sont fixées à chaque coussinet par deux boulons de 20 millimètres de diamètre, dont les axes sont à une distance de 100 millimètres, l'un de l'autre.

Chacune d'elles est ainsi maintenue dans sa partie centrale, par deux paires de boulons espacés d'environ 900 millimètres.

Un changement de température de 60 degrés fait varier cette longueur médiane de 0,6 millimètres, et, comme la position des boulons est calculée pour une température moyenne, de 0,3 millimètres dans un sens ou dans l'autre, c'est-à-dire que les quatre boulons peuvent être considérés comme fixes.

Les extrémités de chaque lame se déplacent au plus de 0,45 millimètres, par rapport à leur position moyenne, elles sont fixées chacune au moyen d'un boulon sur le coussinet éclipse correspondant; les trous de ces boulons permettent un léger jeu.

Les portions de lames ont 2 636 millimètres de longueur, et les axes des coussinets éclisses correspondants sont à 2 640 millimètres l'un de l'autre, de sorte, qu'entre deux portions, il y a un jeu de 4 millimètres pour la dilatation.

Chaque lame est donc maintenue par six boulons, agissant chacun de deux manières :

1° Par le frottement résultant de la pression provenant du serrage de la tête.

Ces têtes sont serrées au moyen d'une clef de 400 millimètres de longueur. L'ouvrier, agissant avec une force de 10 kilogrammes à l'extrémité de ce levier, provoque un serrage de la vis d'environ 3 000 kilogrammes. Le coefficient de frottement est d'environ 0,667; de sorte que chaque boulon s'oppose de ce fait au déplacement longitudinal avec une résistance de 1 000 kilogrammes, au total 6000 kilogrammes.

Or, la composante parallèle à la lame qui tend à déplacer cette dernière longitudinalement, est au maximum de 1,269 kilogrammes. Si deux roues dentées agissent en même temps sur la même portion de lame, la force totale maximum, tendant à déplacer longitudinalement la lame, est de 2 538 kilogrammes.

2° Par la résistance au cisaillement des quatre boulons de la partie médiane. Ces derniers s'opposeraient au déplacement longitudinal, dans le cas où toute les têtes seraient desserrées.

Le travail du métal serait dans ce cas de :

$$\frac{4 \times \pi \times 20^2}{2538 \times 4} = 2,01 \text{ kilogrammes par millimètre carré.}$$

Dans des circonstances particulières, on peut employer d'autres types de lames.

Par exemple, au chemin de fer de Manitou au Pike's Peak (Etats-Unis), en construction, pour lequel l'effort de la traction doit être très élevé, on n'a pu employer une crémaillère à trois lames, à cause des faibles rayons des courbes. Cette dernière sera composée de deux lames de 32 millimètres d'épaisseur et 143 millimètres de hauteur (fig. 3, pl. 32-33).

Par contre la crémaillère du chemin de fer industriel d'Oerstelsbruch, à voie de 0^m,69 comporte deux lames de 15 millimètres d'épaisseur seulement (fig. 5, pl. 32-33).

Les coussinets sont en fonte ordinaire ou en fonte aciéreuse, ceux des crémaillères à 3 lames sont formés de deux parties, embrassant entre elles la lame médiane.

Ces coussinets sont fixés aux traverses métalliques, par des agrafes et des coins, exemple, chemin de fer du Harz (fig. 4, pl. 32-33) ou bien par des boulons, exemple, chemin de fer de Lehesten à Oertelsbruch (fig. 2, pl. 32-33).

Ils sont fixés aux traverses en bois au moyen de tire-fonds, exemple, chemin de fer de Manitou au Pike's Peak (fig. 3, pl. 32-33) et ligne à voie étroite d'Oerstelsbruch.

Ces coussinets dans les lignes mixtes à adhérence et à crémaillère sont établis de façon que les lames soient plus élevées que les rails, de sorte qu'aux changements de voie, les dents des roues ne viennent pas frapper contre les rails transversaux.

L'usure des dents des crémaillères est inappréciable, au chemin de fer du Harz en exploitation depuis 1885, on n'a pas remarqué d'usure, les petites inégalités de leurs flancs, ont été simplement adoucies par le passage des roues dentées.

2° ROUES DENTÉES MOTRICES

Chacune des roues dentées motrices est composée d'autant de disques d'acier, dentés, que la crémaillère comporte de lames (fig. 6, pl. 32-33). L'épaisseur de ces disques est égale à l'écartement des axes des lames de la crémaillère, ordinairement elle est donc de 55 millimètres.

Comme il peut arriver pour une cause ou pour une autre, que les dents des diverses lames n'occupent pas exactement les positions qui leur sont assignées, ces disques peuvent se déplacer légèrement les uns par rapport aux autres.

Ils sont fixés à l'arbre moteur par l'intermédiaire de ressorts en forme de fer à cheval. A cet effet, l'arbre dans sa partie centrale, à l'emplacement correspondant aux disques, présente un assez grand diamètre et porte sur son pourtour des cavités (fig. 6, pl. 32-33).

Dans chacune de ces cavités on introduit des ressorts. Les disques sont ensuite mis en place, ils sont donc commandés par les extrémités des ressorts qui sont écartées de 2 millimètres, ce qui permet un jeu de la même grandeur au pourtour du renflement de l'arbre.

Ce jeu est naturellement un peu plus grand sur la circonférence primitive. Chaque disque est commandé par l'intermédiaire de 6 à 8 ressorts.

Quand on emploie des lames du type ordinaire (de 20 millimètres d'épaisseur), ces ressorts sont calculés de telle sorte, que leur ensemble ne cède pas à une pression de 1000 kilogrammes, appliquée suivant une tangente à la circonférence primitive du disque, mais que dès que cette pression atteint 1300 kilogrammes leurs extrémités se rapprochent.

Comme nous l'avons vu, chaque dent d'une lame doit supporter une pression de 1000 kilogrammes, et si par suite d'inégalité dans la position des dentures cette pression venait à augmenter, elle ne pourrait dépasser 1300 kilogrammes par suite des dispositions indiquées ci-dessus.

De chaque côté, ces disques sont maintenus avec un jeu de un demi millimètre environ, par les joues d'une poulie de frein P, fixée à l'arbre au moyen de boulons B, traversant la partie renflée de ce dernier.

Par le moyen des ressorts on obtient une attaque sûre des dents de la crémaillère par celles des disques correspondants. Pour se rendre compte de cet effet M. Schneider, directeur des chemins de fer du Brunswick, a fait procéder au mois de septembre 1889, à des expériences sur la ligne du Harz.

A cet effet diverses portions de crémaillère ont été soigneusement nettoyées et les dents enduites d'une légère couche de peinture de sorte que l'on distinguait

immédiatement, après le passage du train si l'engrènement de chaque dent avait eu lieu.

Ces expériences ont porté sur des portions de crémaillère comprenant une série de 10 dents de chacune des 3 lames, avec voie inclinée de 60 millimètres par mètre.

Les résultats ont été les suivants :

- | | | |
|-----------------|-------------|--|
| 1 ^{re} | Expérience. | — Train descendant, courbe de 280 mètres de rayon.
Les dix dents de chaque lame ont engréné. |
| 2 ^e | » | Train descendant, voie en ligne droite.
Les dix dents de chaque lame ont engréné. |
| 3 | » | Train montant, courbe de 280 mètres de rayon.
Les deux dernières dents de la lame de gauche et la huitième dent de la lame de droite n'ont pas engréné.
Toutes les autres ont engréné. |
| 4 ^e | » | Train montant, voie en ligne droite.
Les dix dents de chaque lame ont engréné. |
| 5 ^e | » | Train montant, courbe de 300 mètres de rayon.
Les dix dents de chaque lame ont engréné. |

Les dents des roues s'usent plus rapidement que celles de la crémaillère. Sur la ligne du Harz, les flancs des dents d'une locomotive présentaient après quatre années de service, sur la circonférence primitive une usure de 4 millimètres. L'usure se fait d'une manière uniforme, sur les deux flancs de chaque dent, car les locomotives poussant le train aux montées et le retenant à la descente, leurs roues dentées exécutent autant de révolutions dans un sens que dans l'autre. L'épaisseur des dents comptée sur la circonférence primitive, à l'origine était de 56 millimètres, elle a donc été réduite par l'usure au bout de quatre ans, à 48 millimètres.

On pourra maintenir les roues en service jusqu'à ce que cette épaisseur soit réduite à 40 millimètres (fig.3, pl. 34-35).

Comme actuellement les petites irrégularités des dents de la crémaillère ont disparu, il est probable que l'usure à l'avenir sera moindre et que les roues pourront rester encore en service pendant 6 à 8 années, c'est-à-dire que leur durée totale sera de 10 à 12 années.

3° LOCOMOTIVES POUR VOIES MIXTES A ADHÉRENCES ET A CRÉMAILLÈRE

Ces locomotives sont agencées de telle sorte que les deux mécanismes, celui de l'adhérence et celui des roues dentées sont absolument séparés et complètement indépendants l'un de l'autre.

Le mécanisme à adhérence fonctionne pendant tout le parcours de la ligne, les roues dentées viennent en aide dans les sections munies de la crémaillère.

On utilise ainsi le grand poids que l'on est obligé de faire porter par les essieux moteurs, pour augmenter l'effort de traction dans les sections à crémaillère.

Les locomotives sont munies de une ou de plusieurs roues dentées, et dans ce dernier cas, les arbres de ces dernières sont couplés. Ce sont ordinairement des machines tenders à deux ou trois essieux moteurs couplés, et avec un essieu porteur articulé pour faciliter la circulation dans les courbes.

Les cylindres commandant le mécanisme à adhérence sont placés à l'extérieur du châssis, les cylindres du mécanisme actionnant les roues dentées sont placés à l'intérieur de ce dernier, contre les premiers cylindres qu'il renforcent ainsi.

L'ensemble du mécanisme denté est fixé à un châssis spécial porté par les arbres des roues motrices à adhérence. Cette disposition a pour but de soustraire les roues dentées à l'action des ressorts de suspension et de maintenir autant que possible invariable la hauteur d'emprise des dents.

Les cylindres commandent les arbres des roues dentées, soit au moyen d'un levier actionnant leur biellette d'accouplement (locomotives du Harz), soit directement les manivelles de l'arbre de la roue dentée arrière, qui est couplé avec l'autre (locomotives du chemin de fer Lehesten à Oertelsbruch, etc.)

La position relative des arbres des roues dentées dans le cas où il y en a plusieurs, est fixe de telle sorte que les dents des disques correspondant à une même file de lames engrènent successivement.

Par exemple pour une crémaillère à trois lames, de 120 millimètres de pas, les deux arbres des roues dentées seront placés à une distance de $n. 120 - 20$ millimètres, n étant un nombre entier, par suite de cette disposition tous les 20 millimètres une dent des roues engrène avec la crémaillère.

La figure 8 des planches 32-33 indique les positions relatives des dents, des disques et des lames de la crémaillère, pour une crémaillère à trois files de lames et une locomotive à deux roues dentées.

Chacun des mécanismes moteurs se transforme à volonté en frein à air avec injection d'eau, agissant à la descente. L'action de chacun de ces freins est complètement indépendante.

Nous avons vu que les arbres des roues dentées sont munis de freins avec entailles à la circonférence pour augmenter leur action.

Les roues motrices à adhérence sont également munies de freins. Ces freins agissant sur les diverses roues sont manœuvrés soit par le mécanicien, soit par le chauffeur, à la descente, ils ne doivent agir que dans des circonstances exceptionnelles. Quand un des freins à air pour une cause ou pour une autre ne fonctionne pas, le frein des roues correspondantes doit être mis en action.

4° PIÈCES D'ENTRÉE

Comme la pièce d'entrée dans la voie du système Riggensbach, celle de la voie du système Abt, est mobile autour d'une charnière horizontale et supportée par des ressorts.

Le pas dans cette partie mobile ne varie pas, il est le même que pour le reste de la crémaillère. Pour faciliter l'engrènement la hauteur des premières dents, à l'entrée est diminuée, elles sont coupées par un plan ayant une inclinaison un peu plus forte que celle de la voie.

Au chemin de fer du Harz, les pièces d'entrées ont 3 mètres de longueur, les lames dont elles sont formées sont fixées à une plaque de fer et leur écartement est maintenu par des entretoises. La plaque de fer est supportée par deux paires de ressorts à boudin (fig. 4, pl. 34-35) placés sur un massif de béton. Les deux ressorts à l'entrée cèdent sous une pression de 600 kilogrammes, les deux autres sous une pression de 1200 kilogrammes.

Dans les chemins de fer construits depuis, la pièce d'entrée est supportée par des ressorts à lames, intercalés entre elle et les traverses, à la place des coussinets (fig. 4, pl. 34-35).

Comme dans les locomotives du système Abt, les deux mécanismes de traction sont complètement séparés, au moment du passage d'une section de voie à adhérence à une section de voie à crémaillère, il peut se produire deux cas :

1° Le mécanisme actionnant les roues dentées n'agit pas, celles-ci sont au repos.

2° Avant l'entrée le mécanicien a ouvert légèrement le régulateur du mécanisme des roues dentées et celles-ci sont animées d'une certaine vitesse.

Dans le premier cas, il peut se présenter trois circonstances :

a) Les dents des disques de la roue dentée se trouvent immédiatement correspondre aux échancrures respectives des lames de la crémaillère et l'engrènement a lieu de suite.

b) Les dents ne se trouvant pas correspondre immédiatement, les sommets des dents de la roue appuient sur la pièce d'entrée dont les ressorts fléchissent, et qui s'abaisse.

Ordinairement dans ce cas, le frottement n'est pas suffisant pour faire tourner la roue dentée, les sommets des dents de celle-ci glissent sur la partie inclinée, jusqu'à ce qu'elles correspondent à une échancrure. Dès que cela a lieu les ressorts font relever la pièce d'entrée et l'engrènement a lieu.

c) Si le frottement entre le pourtour de la roue dentée et les lames de la crémaillère, était par hasard suffisant pour faire tourner la roue dentée, celle-ci roulerait en s'appuyant sur le sommet de ses dents. Dans ce cas les arcs parcourus seraient plus grand que dans le cas ordinaire, où on peut considérer la roue comme roulant sur sa circonférence primitive.

La différence de pas amènerait bientôt l'engrènement.

Quand le mécanisme denté est mis par le mécanicien légèrement en mouvement, un peu avant l'arrivée à la pièce d'entrée, l'engrènement a lieu avec beaucoup plus de douceur et dans les mêmes conditions.

Nous allons maintenant examiner successivement quelques unes des lignes du système Abt.

I. — LIGNE DU HARZ, DE BLANKENBURG A TANNE

Ce chemin de fer mixte, à largeur de voie normale, fut la première application du système Abt; il a été inauguré en 1885.

La longueur totale de la ligne, de Blankenburg à Tanne est de 30,5 kilomètres, y compris les 3 premiers kilomètres, empruntés à une ligne partant également de Blankenburg, et desservant les hauts-fourneaux du Harz. La ligne dessert huit stations (voir profil en long, fig. 6, pl. 34-35).

Elle est à largeur de voie normale, et dessert des hauts-fourneaux, des exploitations minières et forestières, des carrières de pierres, etc... et a en outre un trafic annuel de 80 à 100 000 voyageurs.

Les sections à adhérence présentent des rampes maxima de 25 millimètres par mètre; celles à crémaillères de 60 millimètres par mètre. Les pentes qui se succèdent sont raccordées entre elles par des courbes verticales de 2 000 mètres de rayon.

Dans les sections à crémaillère, d'une longueur totale de 6 632 mètres, les rayons des courbes sont autant que possible, supérieurs à 300 mètres; cependant, quelques-uns descendent jusqu'à 200 mètres, mais alors la pente est diminuée.

Dans la partie à simple adhérence, une des courbes a un rayon de 180 mètres, mais cela à l'entrée d'un village où la vitesse est réduite.

La ligne est à une voie; la largeur de la plate-forme en remblai est de 4^m,10 à 4^m,70, suivant la hauteur de ce dernier. En tranchée, la largeur totale est de 5 mètres.

La plus grande hauteur de remblai est de 19^m,84; la plus grande profondeur de tranchée de 2^m,14. Il y a quatre grands ponts, dont un biais, deux tunnels; l'un, de 640 mètres de longueur, avait été percé par une exploitation minière; l'autre, de 210 mètres, a été exécuté en même temps que le reste de la ligne.

Le mouvement des terres a porté sur 3 500 00 mètres cubes; de cette quantité, 227 000 mètres cubes correspondent à la partie entre Blankenburg et Ruebeland.

Le coût total de la ligne a été de 4 000 000 francs, matériel roulant non compris, ce qui correspond à une dépense de 147 500 francs par kilomètre, la partie nouvelle de la ligne ayant une longueur de 27,5 kilomètres.

Les locomotives, de 54 tonnes, remorquent des trains de 120 tonnes avec une vitesse de 10 kilomètres à l'heure, sur les rampes de 60 millimètres par mètre.

Dans les sections à crémaillère, à la montée, le train est poussé par la locomotive; à la descente, il est retenu par cette dernière.

La vitesse à la descente est maintenue à 10 kilomètres à l'heure.

Dans les commencements, on avait employé sur cette ligne des véhicules spé-

ciaux, munis de roues dentées avec freins; aujourd'hui, le matériel porteur ordinaire des chemins de fer y circule.

Nous allons étudier successivement :

1° La superstructure; 2° les locomotives; 3° l'exploitation, règlements, prix de revient, etc...

1° *Superstructure.* — Les rails d'acier à patin, de 120 millimètres de hauteur et 7^m,04 de longueur, pesant 30 kilogrammes par mètre courant, sont fixés aux traverses en fer au moyen d'agrafes serrées par des coins.

Ces traverses ont une longueur de 2^m,20, une largeur de 216 millimètres, une hauteur de 66 millimètres, et pèsent 40 kilogrammes.

Les extrémités sont retournées verticalement.

Pour assurer la stabilité dans la partie centrale, sont fixés deux morceaux de fer cornière dont une des ailes est verticale. Ces deux cornières sont placées symétriquement par rapport à l'axe de la voie, à une distance de 750 millimètres l'une l'autre. Le ballast maintient les ailes de chaque côté, et empêche la flexion du milieu de la traverse sous laquelle il n'y a pas de ballast (fig. 7, pl. 32-33).

Les deux extrémités de la traverse sont légèrement relevées, et ont une pente de $\frac{1}{20}$. Dans la section à crémaillère, elles sont identiques comme dimensions, mais les points, où le relèvement commence, sont un peu plus éloignés du milieu, ceci pour que le rail soit moins élevé au-dessus du milieu de la traverse. Par cette disposition, le sommet du rail est à 71 millimètres au-dessous de la partie supérieure des lames de la crémaillère et à 35 millimètres plus bas que l'extrémité des dents de la locomotive.

Il est à remarquer que les traverses ne sont destinées qu'à entretoiser les rails et non à les supporter; ceux-ci sont portés par le ballast.

Dans les parties à adhérence, les joints des deux rails sont faits au moyen d'éclisses boulonnées, entre deux traverses espacées de 550 millimètres. La distance entre les traverses augmente jusqu'au milieu des tronçons de rails, où elles sont espacées de 1^m,07.

Dans les portions à crémaillère, à cause de la longueur fixe de 2,686 millimètres des portions de lames, les traverses sont espacées de 880 millimètres; il y a un jeu de 4 millimètres entre deux lames. Sur chaque coussinet, fixé à la traverse correspondante par des agrafes et des coins (fig. 4, pl. 32-33), une des files de lames présente un joint; les deux autres la traversent sans discontinuité.

Depuis l'ouverture de la ligne, la superstruction n'a absolument pas bougé, même dans les portions ayant 60 millimètres d'inclinaison par mètre.

Les lames de la crémaillère ont été fournies par la fabrique l'Union de Dortmund, à laquelle les conditions suivantes étaient imposées :

La longueur des barres ne devait pas différer de plus de 2 millimètres en plus

ou en moins de la longueur fixée (2 636 millimètres); la tolérance pour une division de 120 millimètres était au maximum de un demi-millimètre.

Du reste, les petites irrégularités de la division ont disparu, à la longue, par suite de l'action des roues dentées des locomotives.

2° *Locomotives.* — Les locomotives tenders, ont trois essieux moteurs couplés, placés en avant du foyer, dont les axes extrêmes sont à 3^m,05 l'un de l'autre. A l'arrière du foyer, est un essieu porteur à articulation, du système Bissel; son sieu est à 2^m,40 du dernier essieu moteur.

Les roues motrices ont un diamètre de 1^m,25; les roues porteuses un diamètre de 0^m,75.

Cette disposition d'essieux moteurs très rapprochés, et d'un essieu porteur, placé en arrière du foyer, facilite le passage des courbes; de plus, la pression des roues motrices varie peu, que la locomotive soit en charge ou vide.

Dans le passage des courbes de 250 mètres de rayon, le jeu latéral de l'essieu porteur articulé est de 40 millimètres.

Les cylindres qui commandent le mécanisme à adhérence sont extérieurs au châssis; ceux du mécanisme denté sont placés en regard à l'intérieur, et les renforcent.

Chacun des pistons de ce dernier mécanisme, commande un levier dont la partie inférieure actionne la bielle d'accouplement des arbres des deux roues dentées.

Ces arbres sont portés par des longerons prenant leurs points d'appui sur les arbres moteurs extrêmes; nous avons déjà signalé les avantages de cette disposition.

Les arbres des roues dentées sont à 2^m,20 l'un de l'autre, soit $20 \times 120 = 20$ millimètres.

Le diamètre extérieur des disques des roues dentées est de 613 millimètres; le diamètre au fond des dents de 513 millimètres; le diamètre primitif de 573 millimètres. Sur la circonférence, le plein de chacune des quinze dents a un développement de 56 millimètres, et le vide de 64 millimètres.

L'arbre de chacune des roues dentées est muni d'une poulie de frein à pourtour cannelé. Les sabots de freins correspondants peuvent être manœuvrés par le mécanicien.

Les arbres des roues motrices à adhérence sont munis de freins, qui peuvent être manœuvrés par le chauffeur.

Les deux freins les plus importants, et les seuls qui doivent normalement fonctionner à la descente, en temps ordinaire, sont les freins à air comprimé de l'un et de l'autre mécanisme.

Au commencement de l'exploitation, on avait essayé de réunir les deux tuyaux dans lesquels chaque paire de cylindres refoule l'air comprimé à la descente, afin

que le mécanicien put régler le mouvement au moyen d'un robinet unique, en l'ouvrant plus ou moins.

On a dû renoncer à ce système, et actuellement chaque paire de cylindres refoule l'air dans un tuyau spécial muni d'un robinet, en réglant la sortie (fig. 7, pl. 34-35).

L'air est aspiré à l'extérieur au moyen d'un jeu de soupapes.

Naturellement, pendant le fonctionnement de chacun de ces freins, un filet d'eau est amené de la caisse dans la coquille du tiroir correspondant, afin de rafraîchir ce dernier.

Les dimensions principales de ces locomotives sont les suivantes :

Surface de la grille	1 ^m 2,80
Surface de chauffe directe	8 ^m 2,305
Nombre de tubes	251
Longueur des tubes	4 ^m ,05
Diamètre »	0 ^m ,045
Surface de chauffe indirecte	127 ^m 2,739
Surface de chauffe totale	136 ^m 2,044
Diamètre des cylindres du mécanisme à adhérence	0 ^m ,450
Course des pistons » »	0 ^m ,400
Diamètre des roues motrices	1 ^m ,25
Nombre de tours des roues motrices par kilomètre de parcours	254
Diamètre des roues porteuses	0 ^m ,75
Diamètre des cylindres du mécanisme denté	0 ^m ,300
Course des pistons » »	0 ^m ,600
Diamètre des roues dentées (cercle primitif)	0 ^m ,573
Nombre de tours de la roue dentée pour un kilomètre de parcours	637
Empâtement des essieux moteurs	3 ^m ,05
Empâtement total	5 ^m ,46
Empâtement des arbres des roues dentées	2 ^m ,20
Poids de la machine en ordre de marche	56 tonnes
Poids porté par les essieux moteurs	43 »
Poids porté par l'essieu porteur	13 »
Capacité des caisses à eau	6 ^m 3
» des soutes à charbons	2000 kilos
Pression de la vapeur dans la chaudière	10 atm.

Dans les rampes de 60 millimètres par mètre, la résistance totale à la traction est de 11 530 kilogrammes.

A la montée, dans les sections à crémaillère, quoique la vitesse diminue, le tirage augmente, car, au tirage causé par l'échappement de la vapeur des cylindres du mécanisme à adhérence, vient s'ajouter celui qui a pour origine l'échappement de la vapeur des cylindres du mécanisme denté.

La consommation du charbon est de 13 kilg. 70 par train kilomètre. Ce charbon est d'excellente qualité.

Pour un voyage aller et retour (61 kilomètres), on dépense environ 14 mètres cubes d'eau ; là dessus, à peu près, 3 mètres cubes sont employés pour le service des freins, à la descente.

3° *Exploitation, règlements, frais, etc.*

Le parcours de la ligne a lieu de la manière suivante :

1° De Blankenburg à Bast, la machine pousse le train, cheminée arrière ;

2° A la station de Bast, la machine est retournée ; de là elle pousse le train, cheminée avant, jusqu'à Huettenrode ;

3° A la station de Huettenrode, la descente commence, la locomotive est placée en tête du train, cheminée avant, et retient ce dernier au moyen des freins à air ;

4° A la station de Ruebeland, la locomotive est placée en queue du train, et de là elle le pousse, cheminée en avant, jusqu'au point le plus élevé, situé en deça de la station d'Elbingerode ;

5° Au point le plus élevé, la machine est placée en tête du train, cheminée avant ; elle le retient jusqu'à la station de Rothenhuetten, et le tire ensuite de cette station à Tanne.

A Tanne, la locomotive n'est pas retournée : elle repart, cheminée arrière, pour le parcours de cette gare à Blankenburg, qui a lieu dans les circonstances inverses de celles décrites ci-dessus.

Dans le trajet de Blankenburg à Tanne, les roues dentées parcourent en avant 5 kil. 271, et en arrière 1 kil. 843. Dans le trajet de Tanne à Blankenburg elles parcourent, en avant, 1 kil. 843, et, en arrière, 5 kil. 271.

Il résulte de ces circonstances, que le travail des deux flancs de chaque dent est le même, et que l'usure de ces deux derniers est uniforme.

Une fois par semaine, on graisse soigneusement la crémaillère et les pièces d'entrée, ainsi que la face intérieure du rail extérieur des courbes. Cette dernière précaution a fait cesser complètement le frottement des boudins des machines et des wagons.

Au commencement de l'exploitation, on a employé exclusivement des véhicules munis de roues dentées avec freins. Actuellement, le matériel porteur ordinaire circule sur cette ligne.

Les wagons et voitures sont munis de freins ordinaires, mais comme le dit M. Schneider, directeur des chemins de fer de Brunswick, dans une conférence (1) à la Société des chemins de fer allemands, conférence à laquelle nous avons emprunté nombre de renseignements sur la ligne du Harz ; ces freins sont plutôt installés parce que c'est une habitude qu'à cause de leur utilité.

Jusque vers le milieu de l'année 1889, il avait circulé sur cette ligne plus de

1. Conférence parue dans les *Glaser's Annalen fur Gewerbe und Baukunst*.

90,000 wagons, appartenant à toutes les Compagnies allemandes, sans que l'on y ait constaté un dommage quelconque causé par le mode de traction sur les rampes.

Fin juin 1889, les locomotives du Harz avaient parcouru 306 385 kilomètres, Le nombre des trains a été :

En 1886	2966	soit	8.12	par jour
En 1887	3102	»	8.50	»
En 1888	4218	»	11.53	»
En 1889 (demi-année)	1982	»	10.90	»

Le nombre des voyageurs transportés :

En 1886	39286
En 1887	53951
En 1888	57373
En 1889 (demi-année)	30789

Les marchandises transportées :

En 1886.	81136 tonnes
En 1887.	118516 »
En 1888.	149462 »
En 1889.	74400 »

Le total des frais d'exploitation a été, en 1887, de 211 378 75 francs, soit 2 fr. 225 par train-kilomètre. En 1888, il a été de 220 875 francs, soit 2 fr. 29, par train-kilomètre.

A première vue, ces frais paraissent minimes, mais ils sont cependant plus élevés que ceux afférant à un chemin de fer ordinaire, si l'on considère qu'un train ne comporte que 8 à 9 voitures chargées.

Nous donnons ci-dessous un extrait des règlements du chemin de fer du Harz, concernant les conducteurs mécaniciens, élaboré par M. Schneider.

A chaque extrémité d'une section à crémaillère est installé un disque, portant sur la face tournée du côté de la section à adhérence un A (*Anfang*, commencement) et, sur la face tournée du côté de la section à crémaillère un E (*Ende*, fin).

La vitesse d'un train s'approchant d'une section à crémaillère doit être de 8 kilomètres par heure, environ.

A la *montée*, peu avant d'arriver au signal A, le mécanicien doit ouvrir légèrement le régulateur du mécanisme denté, et donner, avant l'entrée sur la crémaillère, un léger mouvement aux roues dentées, ce qui, comme nous l'avons vu, facilite l'engrènement. Dès que l'engrènement a eu lieu, il doit tendre à faire agir le mécanisme denté avec toute sa puissance, en diminuant au besoin celle du mécanisme à adhérence.

Ainsi, dans des sections où de fortes rampes succèdent à des rampes plus faibles, le régulateur du mécanisme à adhérence doit être plus ou moins ouvert, tandis que le mécanisme denté continue avec un travail uniforme.

Quand la machine est arrivée à 25 mètres environ d'un signal E, le mécanicien doit fermer le régulateur du mécanisme denté, de sorte que les roues dentées, à la sortie de la crémaillère, cessent de tourner ; dans le cas où cette précaution ne serait pas prise, les dents de ces roues viendraient heurter les dents de la pièce d'entrée, dont la hauteur est réduite, et les détérioreraient.

A la *descente*, le mécanicien doit d'abord fermer le tuyau d'échappement de la vapeur, et marcher ainsi avec le mécanisme à adhérence jusqu'au point où la descente peut s'effectuer sans le secours de la vapeur. A ce moment, il doit renverser la distribution, de manière à ce qu'elle soit opposée au mouvement, et mettre en action le frein à air comprimé, en ouvrant plus ou moins le robinet de ce frein suivant la pente.

A l'approche d'un signal A, le mécanicien doit, comme à la montée, mettre les roues dentées légèrement en mouvement, *dans le sens* du parcours. Dès que l'engrènement a eu lieu, il doit fermer le régulateur du mécanisme denté et renverser la distribution de ses cylindres, de sorte qu'ils commencent à fonctionner comme freins à air.

La descente s'effectue donc au moyen de deux freins à air sur les sections à crémaillère. Comme pour la montée, l'action du frein du mécanisme denté doit agir tout le temps à pleine action ; il en résulte que quand la pente est faible, et que l'action des deux freins ferait tomber la vitesse au-dessous de celle fixée (10 kilomètres à l'heure), on doit d'abord ouvrir peu à peu le robinet du tuyau d'air comprimé du mécanisme à adhérence, avant de diminuer l'action du frein à air du mécanisme denté, si cela est nécessaire.

A l'approche d'un signal E, à 25 mètres environ de celui-ci, le mécanicien doit renforcer l'action du frein du mécanisme à adhérence, en fermant un peu le robinet, et placer la distribution du cylindre du mécanisme à adhérence dans le sens du mouvement. Si l'on oublie cette précaution, les dents des roues actionnées par l'air comprimé en sens inverse du mouvement viennent frapper violemment contre les dents de la pièce d'entrée dont la hauteur est diminuée et les détériorent.

Quand, pour une cause ou pour une autre, l'un des deux freins à air comprimé ne fonctionne pas bien, les freins à levier *correspondants* doivent être mis en action. Ainsi, si le frein du mécanisme à adhérence ne fonctionne pas bien, le chauffeur, sur l'ordre du mécanicien, doit mettre immédiatement en action le frein agissant sur les roues motrices à adhérence ; si le frein du mécanisme denté ne fonctionne pas bien, le mécanicien doit agir immédiatement sur les freins à joues, montés sur les arbres des roues dentées.

II. — CHEMIN DE FER DE LEHESTEN A OERTELSBRUCH

Cette ligne, d'une longueur de 2,700 mètres, à voie normale, avec rampes maxima de 80 millimètres par mètre, se raccorde avec les grandes lignes.

Nous avons décrit la crémaillère à deux lames, employée dans les rampes dépassant 25 millimètres par mètre. Les locomotives pesant en service 23,2 tonnes, remorquent des trains de 50 tonnes; elles ont deux essieux moteurs couplés placés en avant du foyer, et un essieu porteur articulé placé en arrière; leurs dimensions principales sont :

Surface de la grille	1 ^m 2,10
Surface de chauffe directe	5 ^m ,50
Nombre de tubes	154
Surface de chauffe indirecte	42 ^m 2,50
Diamètre des cylindres du mécanisme à adhérence	0 ^m 3,00
Course des pistons » »	0 ^m 4,00
Diamètre des roues motrices » »	0 ^m 9,00
Diamètre des cylindres du mécanisme denté	0 ^m 3,00
Course des pistons » »	0 ^m 5,00
Diamètre des roues dentées (cercle primitif)	0 ^m 5,73
Empâtement des essieux moteurs	2 ^m ,00
Empâtement total	3 ^m ,50
Empâtement des arbres des roues dentées	1 ^m ,05
Poids de la machine vide	18 t. 40
Poids de la machine en ordre de marche	23 t. 20
Pression dans la chaudière	18 atm.

III. — CHEMIN DE FER D'OERTELSBRUCH

Ce chemin de fer mixte comporte un réseau desservant une vaste carrière d'ardoises; il y a six branches dont les pentes maxima sont de 137 millimètres par mètre. La largeur de la voie est de 0^m69.

La fig. 5, pl. 32-33, représente la crémaillère et son mode de fixation.

Les locomotives employées sur cette ligne (fig. 2, pl. 34-35) ont deux essieux moteurs à adhérence, couplés, et ne comportent qu'une roue dentée.

Les dimensions principales de ces locomotives sont les suivantes :

Surface de la grille	0 ^m 2,16
Surface de chauffe directe	10 ^m 2,00
Diamètre des cylindres du mécanisme à adhérence	0 ^m 1,8
Course des pistons » »	0 ^m 3,0
Diamètre des roues motrices	0 ^m 5,00
Diamètre des cylindres du mécanisme denté	0 ^m 1,8

Course des pistons	»	»	0 ^m ,30
Diamètre de la roue dentée (cercle primitif)	.	.	0 ^m ,573
Empâtement des essieux	.	.	1 ^m ,40
Poids de la machine vide	.	.	4,8 ton.
Pression dans la chaudière.	.	.	12 atm.

IV. — CHEMIN DE FER DE PUERTO-CABELLO A VALENCIA

Cette ligne relie le pont de Puerto-Cabello à la ville de Valencia, située sur un plateau. La voie a 1^m,067 de largeur et comporte une section à crémaillère de 3,8 kilomètres de longueur, avec rampes maxima de 80 %, et rayons de 150 mètres, qui est uniquement desservie par des locomotives à roues dentées.

La crémaillère est à trois files de lames de 23,3 millimètres d'épaisseur.

Les machines ont deux roues dentées actionnées chacune par une paire de cylindres ; elles reposent sur trois essieux porteurs ; les deux premiers fixes placés en avant du foyer, le troisième articulé placé en arrière.

Le poids du train remorqué est de 60 tonnes ; la machine pèse 39 tonnes en ordre de marche.

Comme lignes en construction, nous pouvons citer :

1° La ligne de *Eisenerz-Vorderberg*, à voie normale, d'une longueur de 20 kilomètres, avec rampes maxima de 71 millimètres par mètre, et trains de 120 tonnes.

Cette ligne appartient au gouvernement autrichien, ainsi que :

2° La ligne de *Rama-Sarajevo*, d'une longueur de 68 kilomètres, avec voie de 76 centimètres, rampes maxima de 60 millimètres. Les trains, de 110 tonnes, seront remorqués par deux locomotives ;

3° Le chemin de fer du *Monte Generoso* (Suisse). Longueur : 9 kilomètres, voie de 80 centimètres, rampes maxima de 220 millimètres par mètre, courbes de 60 mètres de rayon ;

4° Chemin de fer de *Viège à Zermatt* (Suisse). Longueur ; 35 kilomètres voie de 1 mètre, rampes de 425 millimètres par mètre, courbes de 50 mètres de rayon, trains de 46 tonnes.

Les locomotives (fig. 1, pl. 34-35), semblables à celles du Harz, auront comme dimensions principales :

Surface de la grille.	1 ^m ,2
Surface de chauffe.	65 ^m
Diamètre des cylindres du mécanisme à adhérence .	0 ^m ,320
Course des pistons » » .	0,450
Diamètre des roues motrices » » .	0,900
Diamètre des cylindres du mécanisme denté . . .	0 ^m ,380
Diamètre des roues dentées (cercle primitif) . . .	0 ^m ,573
Poids total de la machine en ordre de marche. . .	54 ton.
Poids de la machine vide	49 »
Pression dans la chaudière.	12 atm.

5° Chemin de fer des Andes, de *Mendoza à Santa-Rosa*, à rampes de 80 millimètres par mètre, courbe de 115 mètres de rayons, trains de 80 tonnes.

Cette ligne avait été projeté avec voie à adhérence et rampes maxima de 40 millimètres par mètre, mais on y a renoncé à cause des frais de construction et de traction, et aussi à cause de la sécurité ;

6° Chemin de fer de *Manitou au Pike's Peak* (Colorado). Longueur : 14 kilomètres, rampes de 250 millimètres par mètre, voie de 1^m435 de largeur, trains de 2 voitures avec 100 personnes, locomotives de 22 tonnes à trois roues dentées.

Les voitures seront munies de freins à air comprimé, la crémaillère à deux lames a été décrite (fig. 3, pl. 32-33).

Cette ligne partant de Manitou, station de bains située à une altitude de 2 013 mètres au-dessus de la mer, aboutira au sommet du Pike's Peak, à une altitude de 4 331 mètres, supérieure à celle de la Jungfrau, mais les conditions climatiques y sont meilleures.

A 760 mètres au-dessous du sommet, s'arrête la végétation, et il n'y a plus d'eau, les locomotives sont construites pour parcourir cette portion de la ligne (5 kilomètres), aller et retour, sans prendre d'eau.

La crémaillère régnera sur toute la longueur de la ligne, la rampe moyenne est de 170 millimètres, la rampe minimum de 80 millimètres et la rampe maximum de 250 millimètres par mètre.

Le rayon minimum des courbes est de 110 mètres.

La vitesse moyenne sera de 8 kilomètres à l'heure, la vitesse dans les rampes de 250 millimètres par mètre sera de 4,8 kilomètres à l'heure.

Cette ligne doit être inaugurée le 1^{er} août 1890.

Pour terminer nous donnons ci-dessous un extrait du rapport du *Comité des chemins de fer autrichiens*, sur les chemins de fer mixtes à adhérence et à crémaillère du système Abt.

« Quoique de nombreux spécialistes aient prouvé qu'une locomotive mixte à adhérence et à crémaillère, coûte pour chaque kilomètre de parcours, en charbon et graissage (à cause du mécanisme denté), 0,05 florins (0 fr. 12) de plus qu'une machine à adhérence ordinaire, le fait suivant n'en est pas moins concluant : une locomotive ordinaire de la plus forte catégorie élève en une heure, sur une rampe de 30 millimètres par mètre, un poids de 135 tonnes à une hauteur de 135 mètres, tandis qu'une locomotive mixte à adhérence et crémaillère du système Abt élève dans le même espace de temps, sur une rampe de 60 millimètres par mètre, un poids de 200 tonnes à la même hauteur. »

« Toutes les dépenses supplémentaires, tant pour l'exploitation que pour la superstructure d'une voie à crémaillère sont compensées et au-delà par les économies faites sur la construction de la ligne elle-même. »

« Sur la ligne de jonction que nous considérons (ligne de Eisenerz-Vordern-

berg), quatre trains journaliers dans chaque direction doivent suffire. Ceux-ci parcoureront donc sur la section à crémaillère d'environ 12 kilomètres de longueur, annuellement 35 000 kilomètres.

« Ils exigeront par suite en graissage et charbon une dépense supplémentaire annuelle de 1.750 florins (4 322 fr. 50), soit 146 florins (360 fr. 32) par kilomètre. »

« La voie à crémaillère exige en outre une plus grande surveillance et le graissage de la crémaillère. Ces dépenses supplémentaires suivant les observations faites montent à 200 florins (494 francs) par kilomètre et par an. »

« Si l'on capitalise ces frais supplémentaires de 346 florins (854 fr. 62) par an, au 4 %, ils représentent un capital de 8,650 florins (21 365 fr. 50). »

« La crémaillère et le mécanisme denté, spéciaux à la voie à crémaillère, représentent 18,000 florins (44,460 francs) par kilomètre. »

« Le capital supplémentaire total pour une voie à crémaillère est d'environ 6,000 florins (64,220 francs). »

« En comparant toujours les deux systèmes, on voit qu'il n'y a pas d'autre dépense supplémentaire, et même que dans la voie crémaillère l'usure des rails doit être moindre que dans la voie ordinaire, vu le poids réduit de la locomotive. »

« Ainsi la dépense de 26 000 florins (64 220 francs) doit être comparée au prix de revient d'un kilomètre de voie ferrée en pays de montagne. Car il faut notamment dans l'exemple donné (voie avec rampe de 60 millimètres) pour franchir la même différence de niveau que la ligne à adhérence ait au moins le double de la longueur de celle à crémaillère. »

« Le prix de construction d'un kilomètre de ligne dans le genre de celles du Semmering, du Brenner et de l'Arlberg, est si élevé qu'une somme de 26 000 florins (64 220 francs) est absolument négligeable. »

« Ainsi la partie située dans les montagnes de la ligne Landau-Bludenz, du chemin de fer de l'Arlberg a coûté, le tunnel non compris, 200 000 florins (494,000 francs) par kilomètre, et avec le tunnel 500 000 florins (1 235 000 francs). La ligne de Schrambach-Neudorf, comme ligne principale de deuxième catégorie, a coûté 130 000 florins (321 100 francs) par kilomètre. »

LE CHEMIN DE FER DU MONT-PILATE

(à crémaillère du système Locher)

(Planches 36 à 41)

Le Pilate, montagne située sur le lac des Quatre-Cantons en face du Righi était avant la construction du chemin de fer, malgré la splendide vue dont on jouit de son sommet, peu fréquenté par les touristes à cause de la longueur et de la fatigue de l'ascension.

Deux ingénieurs suisses, M. le colonel Locher et M. Guyer-Freuler, conçurent le hardi projet de construire un chemin de fer desservant cette montagne et grâce à leur énergie, parvinrent dans les commencements de 1886 à fonder une société dans ce but.

Les travaux commencèrent au printemps de 1886 et furent à l'étonnement général, terminés moins de deux ans après au bout d'à peine 400 jours de travail. Le 17 août 1888, le premier train de voyageurs amena au sommet de la montagne les membres du comité de la société, qui y tinrent une séance.

Le Pilate est d'origine neptunienne ; cette montagne est formée de terrains néoconiens et ses élévations et ses dépressions ne sont que les restes de grands plissements, M. le professeur Kaufmann conclut d'une étude très approfondie que « la formation du Pilate est due à une pression provenant du sud, laquelle a plissé les couches horizontales, les comprimant et les élevant ensuite pour les projeter vers le nord ».

On a toujours considéré comme le sommet du Pilate, la pointe de l'Escl (2123 mètres au-dessus de la mer) quoique le Tomlishorn (2133 mètres au dessus du niveau de la mer) soit un peu plus élevé car la première domine Lucerne ; aussi le chemin de fer aboutit à la station de Pilatus-Kulm, sur un petit plateau situé entre la pointe de l'Escl et celle de l'Oberhaupt, autre point culminant du Pilate. De ce plateau sur lequel sont établis des hôtels exploités par la société du chemin de fer, on peut se rendre par des chemins commodes soit à l'Escl qui est à 46 mètres plus haut, soit à l'Oberhaupt.

L'origine de la ligne est à la cote 440 et cette dernière aboutit à la cote 2076,45. La longueur du développement de sa projection horizontale est de 4227^m,66, la longueur réelle de la voie de 4548 mètres.

La pente moyenne est de 387, la pente maximum de 480 et la pente minimum de 180 millimètres par mètre. (Voir le plan et le profil en long, fig. 1 et 2, pl. 36-37.)

Les rayons des courbes sont de 100 ou 80 mètres.

La station inférieure est à Alpnach-Staad, hameau de la commune d'Alpnach, desservi par les bateaux à vapeur du lac des Quatre-Cantons et par la ligne du Brünig.

Au sortir de la gare établie en rampe de 370 millimètres par mètre, la ligne se dirige d'abord dans la direction du Nord, traversant de nombreuses forêts et atteint ainsi la gorge du Wolfart (à 800 mètres d'Alpnach Straad) où la locomotive, qui forme avec la voiture un seul véhicule, prend de l'eau.

La voie franchit ensuite cette gorge au moyen d'un pont en plein cintre de 23 mètres d'ouverture, établi dans une courbe de 80 mètres de rayon, puis ensuite un tunnel de 44 mètres de longueur.

Après avoir passé ce tunnel, la ligne grimpe le long d'un éboulis, le Risleten. Le passage de cet éboulis a exigé de nombreuses consolidations au moyen de fascinaiges et de pilotis.

Ensuite la ligne traverse les deux tunnels de Spycher, dont le premier a une longueur de 51 mètres et le deuxième de 97 mètres, et atteint peu après la station d'Aemsingen (à 2400 mètres d'Alpnach-Staad) où la locomotive prend de l'eau.

Dans cette station est installée une voie de garage, avec chariots transbordeurs pour le croisement du train montant et du train descendant.

Au sortir de cette station la ligne est établie en pente plus douce, et arrive ainsi à la Mattalp où règne la pente minimum de 180 millimètres par mètre.

Bientôt après la rampe devient de plus en plus forte et la ligne se développe sur la paroi presque à pic de l'Esel, franchissant 4 tunnels pour aboutir à la station supérieure, de Pilate-Kulm.

L'exécution des travaux a été particulièrement difficile, surtout au point de vue de l'approvisionnement des matériaux, aussi M. Locher qui dirigeait l'entreprise, a-t-il dû renoncer à attaquer la ligne en plusieurs endroits. Au fur et à mesure qu'un tronçon était achevé on installait définitivement la voie et les locomotives servaient à amener les approvisionnements, c'est ainsi que l'on a pu apporter à la construction de celles destinées au service des voyageurs, tous les perfectionnements commandés par la pratique.

Les matériaux amenés par les locomotives à l'extrémité du tronçon achevé, étaient ensuite chargés à dos de mulets et conduits à pied d'œuvre.

Le jalonnement de la ligne dans la partie supérieure du tracé, là où ce dernier contourne la paroi de l'Esel avait présenté d'énormes difficultés; pendant l'exécution des travaux dans cette partie de la ligne, les ouvriers ont dû, soit être attachés à des cordes et être descendus ainsi à l'endroit où ils devaient travailler, soit être installés sur des échafaudages volants maintenus par des cordes.

L'infrastructure est entièrement formée d'un mur en maçonnerie de ciment, recouvert de dalles de granit d'Osagna (Tessin).

Tous les ouvrages d'art sont en maçonnerie de pierre de taille.

La ligne y compris le matériel roulant a été exécutée par MM. Locher et Guyer-Freuler, d'après un marché passé avec la société, pour la somme de 1.900.000 francs.

Nous allons examiner en détail les différentes parties, comme il suit :

1° *Superstructure.* — Traverses, rails crémaillère.

2° *Matériel roulant.*

3° *Installations des stations.*

4° *Exploitation.* — Frais d'exploitation, etc.

I. — SUPERSTRUCTURE

Comme nous l'avons dit, la partie supérieure de la voie est recouverte de dalles de granit, d'une épaisseur moyenne de 0^m,20 et d'une largeur de 1^m,20, égale à celle de la voie.

Les traverses qui ont une longueur de 1^m,20, sont formées de fers en U de 140 millimètres de largeur d'âme et de 63 millimètres de hauteur d'aile. Les ailes pénètrent à peu près jusqu'à demi-hauteur dans les dalles et la partie supérieure de l'âme est parallèle au plan de la voie. Ces traverses sont reliées à la maçonnerie formant l'infrastructure au moyen de boulons de fondation de 32 millimètre de diamètres, ou au moyen d'étriers formés de barres de fer d'égale diamètre embrassant la maçonnerie (fig. 3, pl.36-37).

Les traverses sont disposées ainsi qu'il est indiqué sur la figure 6 des planches 36-37. Les tronçons des rails ont 6 mètres de longueur et ceux de la crémaillère 3 mètres, à tous les 2 joints de crémaillère correspond donc un joint des rails de sorte que la voie est composée d'unités de 6 mètres de longueur. Chaque unité comporte huit traverses espacées soit de 1310 soit de 380 millimètres. Tous les joints des rails et de la crémaillère tombent entre deux traverses dont les axes sont à 380 millimètres l'un de l'autre.

L'éclissage des rails est effectué au moyen de fers profilés de 520 millimètres de longueur embrassant de chaque côté l'âme jusqu'à mi-hauteur et la partie supérieure du patin. Ces fers sont fixés à chaque traverse par quatre boulons de 20 millimètres de diamètre, ils sont réunis entre eux par six boulons de même diamètre, dont trois traversent l'âme du tronçon inférieur du rail et trois celle du tronçon supérieur.

Les rails sont reliés aux autres traverses par l'intermédiaire de pièces de même forme, de 140 millimètres de longueur fixées d'une part à la traverse par quatre boulons et réunies par deux boulons traversant l'âme du rail. Les extrémités des tronçons des rails sont coupées en sifflet, un jeu est laissé pour la dilatation.

La longueur exacte à la température moyenne des tronçons de la crémaillère est de 2998 millimètres, il laissent donc entre eux un jeu de 2 millimètres pour la dilatation (celle-ci pour une différence de température de 60°, en admettant un coefficient de $\frac{1}{800}$ pour 100°, est de 2,25 millimètres. Comme la pose a lieu à la température moyenne, l'écart maximum est de 1,125 millimètre).

La crémaillère est construite au moyen de barres d'acier doux de 130 millimètres de largeur et 40 millimètres de hauteur dont les bases sont légèrement évidées vers le milieu. Les dents horizontales sont placées symétriquement de chaque côté, pour les générer les deux côtés de la barre sont fraisés. Le pas est de 85,7 millimètres, l'épaisseur est celle de la barre d'acier, la largeur sur la ligne primitive est de 37 millimètres, la hauteur de 28 millimètres soit 15 millimètres en dedans de la ligne primitive et 13 millimètres en dehors.

Les tronçons pour les courbes ont été courbés à la presse à l'atelier.

Les tronçons sont fixés sur des fers Zorès, de même longueur, mais de telle manière qu'à une extrémité, la crémaillère dépasse un peu le fer, tandis qu'à l'autre naturellement c'est le fer qui dépasse.

Ces fers, d'une hauteur de 100 millimètres, ont, un peu au-dessous de la crémaillère, leurs flancs verticaux (pour servir de chemin de roulement à des bandages disposés au-dessous des roues dentées, comme nous le verrons plus loin). Chaque tronçon de crémaillère est fixé au fer Zorès correspondant par l'intermédiaire de huit rivets de 20 millimètres de diamètre.

A chaque joint (fig. 4, pl. 36-37), la crémaillère, qui dépasse à la partie inférieure du tronçon supérieur le fer Zorès correspondant est réunie par un boulon de 20 millimètres, au fer Zorès du tronçon inférieur, qui lui dépasse le tronçon correspondant de crémaillère.

L'éclissage est obtenu au moyen d'un fer en U de 255 millimètres de largeur de 72 millimètres de hauteur d'ailes et de 520 millimètres de longueur, ayant les ailes tournées vers le bas. Ce fer est relié, à chacune des ailes du tronçon supérieur du fer Zorès, par deux boulons de 20 millimètres de diamètre, et à chacune des ailes du tronçon inférieur, par quatre boulons d'un égal diamètre. Il est fixé à chacune des traverses de joint, par l'intermédiaire de deux fers cornières de 520 millimètres de longueur, dont les ailes verticales sont fixées aux siennes, chacune au moyen de six rivets de 18 millimètres de diamètre, et dont les ailes horizontales sont fixées à chaque traverse par deux rivets d'un égal diamètre.

Chaque tronçon de fer Zorès est en outre relié, à la traverse médiane qui lui correspond, au moyen d'un fer en U et de fers cornières de mêmes dimensions, et disposés de la même manière que ceux des joints, dont la longueur est égale à la largeur de la traverse, c'est-à-dire de 140 millimètres. Le fer Zorès et le fer en U sont reliés par quatre boulons de 20 millimètres de diamètre, et le fer en U et

chaque cornière par deux rivets de même diamètre. Chacune des cornières est fixée à la traverse par deux rivets.

Les rails, comme nous avons dit, sont plus solidement fixés aux traverses que dans les chemins de fer ordinaires, car, comme nous le verrons plus tard, les voitures doivent y prendre un point d'appui pour résister à la poussée du vent.

MM. Gerlich et Ritter, professeurs à l'École polytechnique de Zurich, dans un rapport sur le projet du chemin de fer du mont Pilate, s'exprimaient, au sujet de la superstructure, ainsi qu'il suit :

« Il ne s'élève aucune objection contre la superstructure et son ordonnancement général. Toutes les parties semblent suffisamment solides et bien organisées, relativement à leur fonction. La double division choisie pour les rails et la crémaillère permet, premièrement, un contrôle facile des organes de liaison, et fait secondement, que l'on peut facilement et économiquement procéder au remplacement, soit de la partie supérieure, soit de la partie inférieure, dans le cas d'usure ou de détérioration.

« La réunion de la superstructure et de l'infrastructure, au moyen de traverses métalliques et de boulons de fondation, atteint bien son but, et est suffisamment solide pour empêcher tout soulèvement de la voie sous l'action du vent agissant sur les voitures. »

Les conclusions de ce rapport ont été justifiées par la pratique, et la voie s'est très bien comportée, tant pendant la période de construction (alors que, comme nous l'avons vu, les trains servaient à amener les matériaux), que pendant l'exploitation, durant la saison d'été 1889.

II. — MATÉRIEL ROULANT

Avant de décider du choix de la crémaillère à employer, on procéda à des essais sur une petite rampe de 480 millimètres par mètre, que l'on avait installée dans les ateliers de la Société suisse pour la construction de machines et de locomotives de Winterthur.

Ces essais montrèrent que, dans de telles conditions, l'emploi d'une crémaillère à dents verticales est dangereux, car, à la moindre inexactitude de la division, les dents de la roue montent sur celles de la crémaillère.

M. le Colonel Locher imagina alors le système de crémaillère à dents horizontales, que nous avons décrit, dont les expériences montrèrent l'excellence. L'emploi de ce système exclut toute chance de non engrenement ; en effet, les deux roues dentées à axe vertical, engrenant chacune avec une des crémaillères placées dos à dos, ont leurs axes placés à distance fixe l'un de l'autre.

Comme chaque kilogramme de poids mort donne suivant la voie, sur une ligne avec rampe de 48 %, une composante de près de un demi-kilogramme

(exactement 0 kilg. 433) s'ajoutant à la résistance à la traction, il était de toute nécessité de diminuer, autant que possible, le poids mort du train; on a employé le même châssis pour la locomotive et la voiture, qui ne forment ainsi qu'un seul véhicule (fig. 2, pl. 38-39).

La voiture proprement dite est installée à la partie supérieure, et comporte quatre compartiments, pouvant contenir chacun huit voyageurs, et une plateforme à son extrémité sur laquelle prend place le conducteur du train. Les planchers et les banquettes sont horizontaux pour la pente moyenne.

À la partie inférieure, est installée la machine et le mécanisme moteur. Les longerons du châssis sont formés de deux pontres espacés de 720 millimètres, la caisse à eau est placée entre ces deux longueurs, sous la partie formant voiture.

Le véhicule porte sur deux essieux espacés de 6^m,10.

Les roues porteuses, de 400 millimètres de diamètre, ont des jantes plates de 75 millimètres de largeur. La voiture porte en deux points sur l'essieu inférieur, auquel est laissé un jeu latéral pour le passage dans les courbes, et en un point du milieu du châssis supérieur, de sorte que les roues sont toujours en contact avec les rails, même dans les courbes où la voie présente une surface gauche.

Le poids du véhicule complètement chargé avec trente-cinq personnes (trente-deux voyageurs et trois employés), est de 10 500 kilogrammes.

L'effort de traction maximum est de 5 500 kilogrammes et la vitesse de 1 mètre à la seconde; le travail est donc de 5 500 kilogrammètres ou 73,33 chevaux.

Pour que les changements de pente n'aient pas d'influence sensible sur le niveau de l'eau dans la chaudière, celle-ci, qui est du type ordinaire pour locomotives, est placée transversalement.

La surface de la grille est de 0^m2380, la surface de chauffe totale de 21 mètres carrés, se répartissant en 2^m2,400 de surface de chauffe directe et 18^m2,600 de surface de chauffe indirecte.

Un mètre carré de surface de chauffe correspond donc à 262 kilogrammètres, tandis que dans les locomotives ordinaires on va souvent jusqu'à 350 kilogrammètres.

Les cylindres à vapeur avec distribution du système Brown, sont montés extérieurement aux longerons, leurs axes sont espacés de 1 036 millimètres. Les pistons agissent sur un arbre auxiliaire portant en son milieu un pignon denté en métal Delta, engrenant avec une roue dentée. De part et d'autre de cette dernière sont installées des roues d'angle A. Chacune d'elles commande une roue d'angle B montée sur l'arbre vertical de la roue dentée motrice C correspondante.

Les roues dentées motrices ont un diamètre primitif de 409 millimètres; elles

exécutent 47 révolutions par minute quand le véhicule marche à sa vitesse normale de un mètre à la seconde. Le rapport des engrenages est tel que l'arbre auxiliaire commandé directement par les pistons exécute 180 révolutions à la minute (fig. 1, pl. 38-39),

Afin de compenser les petites inexactitudes d'exécution des deux dentures de la crémaillère, et en courbe, leur différence de longueur (en effet, en courbe, les deux rayons sont inégaux, le développement de la partie extérieure est plus grande que celui de la partie intérieure, du reste cette différence n'est pas très fortes, elle est de 0,06 millimètres dans la plus longue courbe de 80 mètres de rayon), les deux arbres des roues dentées peuvent prendre un léger mouvement, l'un par rapport à l'autre. A cet effet les roues d'angle à axe horizontal A sont montées folles sur l'arbre D et entraînées par la grande roue dentée, par l'intermédiaire de petits balanciers, qui leur permettent un léger mouvement relatif.

Les roues dentées, en acier fondu au creuset, de 409 millimètres de diamètre primitif avec pas de 85,7 millimètres, ont quinze dents. La hauteur de ces dents est de 28 millimètres, soit 15 millimètres en dedans du cercle primitif et 13 millimètres en dehors, leur épaisseur comptée sur la circonférence primitive est de 43 millimètres.

Leur largeur, égale à l'épaisseur de la couronne est de 50 millimètres. Un peu au-dessous de la denture est rapporté un bandage E en acier, d'un diamètre extérieur égal au diamètre primitif de la roue dentée, roulant sur la face verticale du fer Zorès, dont nous avons parlé.

L'emploi de ces bandages rend l'engrènement absolument certain, et assure la direction du véhicule, de sorte que l'on a pu supprimer les bandages des roues porteuses.

A la partie supérieure du véhicule, à 400 millimètres de l'essieu porteur sont également installées deux roues dentées identiques aux roues dentées motrices. Ces derniers servent uniquement à guider et au besoin, comme nous le verrons, à retenir le véhicule.

Quand le véhicule est vide ou peu chargé, l'essieu supérieur supporte une pression très faible. Il a fallu chercher à assurer la stabilité de la voiture, en ayant particulièrement égard à la poussée du vent, souvent très violent dans la partie supérieure de la montagne.

A cet effet on a fixé au châssis de la voiture, à proximité de l'essieu supérieur, de chaque côté, une espèce de griffe G (fig. 2, pl. 38-39).

Ces griffes embrassent les têtes des rails, de telle sorte qu'elles empêchent un soulèvement ou un renversement de la voiture sous l'action du vent. En temps ordinaire elles se déplacent sans frottement considérable le long des rails.

Les freins ont naturellement une grande importance sur une ligne où règnent

des inclinaisons si considérables, ils ont été étudiés avec soin et fonctionnent avec la plus grande précision.

Il y en a trois.

1° Un frein à air comprimé du système Riggenbach.

2° Un frein à friction monté sur l'arbre auxiliaire, actionné directement par les pistons.

3° Un frein à friction monté sur un arbre auxiliaire commandé par les roues dentées de la partie supérieure.

Le mécanicien, de son poste, peut commander ces trois freins.

Le frein n° 3 peut être mis en action par le conducteur de la voiture depuis sa place sur la plate-forme supérieure. Il est aussi actionné automatiquement, dès que la vitesse du véhicule à la descente atteint 1^m,30.

Les deux premiers freins sont tout à fait analogues à ceux déjà décrits ; nous allons examiner le troisième frein et ses systèmes de commandes, qui sont tout à fait particuliers au chemin de fer du Mont-Pilate.

Chacune des roues dentées directrice, installées à la partie supérieure du véhicule, entraîne avec elle un arbre portant à la partie supérieure une roue à rochets (fig. 3, pl. 40-41). A cette roue correspondent des cliquets, fixés à une roue hélicoïdale A folle sur l'arbre vertical, et commandant une vis sans fin B faisant corps avec un arbre creux horizontal C.

A la montée, les rochets fixés sur les arbres des roues dentées présentent leur dos aux cliquets, de sorte que ceux-ci sautent et ne sont pas entraînés. A la descente, au contraire, les cliquets butent contre les rochets et sont entraînés de sorte que les roues hélicoïdales et par suite les vis sans fin se mettent à tourner.

Le rapport de ces engrenages est de 1/6, de sorte qu'à la vitesse normale de 47 tours par minute des roues dentées (un mètre par seconde du véhicule), l'arbre des vis sans fin exécute 282 révolutions.

Le corps des vis sans fin C est un cylindre creux, calé sur un arbre D, de manière à pouvoir prendre un déplacement latéral de quelques millimètres. Cette disposition est prise pour compenser toutes les inexactitudes pratiques de l'engrènement des roues dentées avec les deux parties de la crémaillère.

Sur cet arbre D sont montés : à droite le disque de frein F et à gauche un disque E pour la commande automatique du frein (fig. 2, pl. 40-41).

Le disque de frein de 400 millimètres de diamètre et 60 millimètres de largeur, est creux. De l'eau est constamment amenée à l'intérieur, pendant tout le temps de la descente, et s'écoule à l'extérieur par de petits orifices percés sur le pourtour. L'emploi de cette eau a le double avantage : 1° de refroidir les surfaces frottantes de la poulie et des sabots ; 2° d'entretenir la surface extérieure de la poulie toujours humide, de sorte que le coefficient de frottement reste à

peu près constant et n'est pas brusquement diminué par l'interposition de poussières ou de corps étrangers.

Le rapport des engrenages étant très élevé ($1/6$), on comprend qu'il faille un effort très petit au pourtour de la poulie de frein, pour immobiliser les roues dentées supérieures et par conséquent arrêter le véhicule.

Le frein peut être mis en action par le conducteur, de la plate-forme supérieure, au moyen d'une traction exercée sur la tringle T, ce qui fait tourner l'arbre G dans le sens indiqué par la flèche. Il peut aussi être mis en action par le mécanicien, depuis sa place sur la plate-forme inférieure en poussant une tringle T₁, ce qui rend libre l'action d'un ressort R et fait appliquer le sabot S, contre le frein.

La commande automatique est réalisée de la manière suivante : Un tambour E de 320 millimètres de diamètre (fig. 1, pl. 40-41) est fixé à l'extrémité de gauche de l'arbre D. Sur ce tambour sont installés deux coulisseaux P attirés vers le centre du tambour par des ressorts *r*. Lorsque le tambour tourne, la force centrifuge tend à éloigner les coulisseaux du centre et à faire dépasser à leurs extrémités sa surface extérieure.

Les ressorts sont calculés de manière que ce fait ne se produise que quand l'arbre D exécute 350 révolutions par minute, ce qui correspond à 58,33 tours par minute des roues dentées, et à une vitesse du véhicule de 1^m,30 par seconde.

Au-dessous de ce tambour est installé l'appareil suivant : (fig. 1, pl. 40-41) Un levier *ab* monté sur l'arbre G (placé au-dessous de l'arbre D et dont la rotation dans le sens des flèches *f* et *f'*, fig. 4, pl. 38-39 et fig. 1, pl. 46-41, qui se correspondent, fait agir le frein) est attaché à un ressort R' qui a tendance à le faire tourner dans le sens de la flèche. Cette action est annulée par l'effet d'une tige *ca* qui cale le levier *ba*. Cette tige *ca* est reliée à angle droit à une lame verticale *h* et l'ensemble oscille autour d'un axe *c*. Si les glissières du tambour (qui à la descente tourne dans le sens indiqué par la flèche *f''*), font par suite de l'augmentation de la vitesse de rotation, saillie sur sa surface, elles viennent buter contre la tige verticale *h*, font ainsi baisser la tige *ca* et rendent libre l'action du ressort. L'arbre G tourne dans le sens de la flèche *f'* et le frein entre en action.

Une cataracte *d*, empêche que le ressort n'agisse trop brusquement et ne produise des détériorations.

Quand on actionne le frein au moyen de la tringle T, faisant tourner l'arbre G dans le sens des flèches *f* et *f'*, cela n'a aucun effet sur l'appareil automatique, car le levier *ba* est relié à l'arbre G, par une sorte rochet.

Une lentille *i* qui peut être déplacée le long d'un levier fixé au levier *ba*, a son action opposée à celle du ressort, en la plaçant plus ou moins près de l'arbre G, son action est plus ou moins grande, on peut donc ainsi régler exactement l'action du ressort. Quand celui-ci se fatigue on rapproche la lentille de l'arbre G.

En résumé, les dimensions principales de la voiture et de la machine sont :

Surface de la grille	0 ^m 2,380
Surface de chauffe directe.	2 ,400
Surface de chauffe indirecte	18 ,600
Surface de chauffe totale	21 ,000
Diamètre des cylindres	0 ^m ,220
Course des pistons	0 ,300
Nombre de tours a la minute de l'arbre auxiliaire commandé directement par les pistons	180
Nombre des roues dentées motrices	2
Nombre des roues dentées directrices	2
Diamètre primitif des roues dentées	0 ,409
Pas de la denture de la crémaillère et des roues	0 ,0857
Nombre de dents des roues	15
Diamètre des roues porteuses	0 ,400
Empatement des essieux porteurs.	6 ,100
Pression de la vapeur dans la chaudière.	12 at.
Eau dans la chaudière	0 ^m 3,485
Eau dans la caisse.	0 ,800
Combustible.	350 kilogrammes
Poids de la caisse de la voiture.	1100 kilogrammes
Poids de la machine	6500 »
Poids du véhicule en service avec 35 personnes	10500 »
Effort de traction	5500 »

III. — INSTALLATION DES STATIONS

Les figures 8 et 9 des planches 36-37, représentent les plans et profils des gares aux deux extrémités. Comme elles sont installées sur des rampes très fortes, les quais d'embarquement sont fermés par des escaliers. A l'entrée de chacune de ces gares est établi un chariot transbordeur permettant de faire passer les véhicules sur des voies de garage.

La voie de garage de la station d'Alpnach-Staad aboutit aux remises des véhicules.

A la station d'Aemsingen est installée une voie de garage reliée à la voie principale au moyen de deux chariots transbordeurs (fig. 7, pl. 36-37).

A proximité de cette station est installée une usine dans laquelle deux pompes fournies par la maison Schmiedt, de Zurich, refoulent l'eau nécessaire à la station de Pilate-Kulm et aux hôtels établis à proximité de cette dernière.

IV. — EXPLOITATION

Chaque train est composé de une ou plusieurs voitures, qui dans ce dernier cas se suivent à quelques mètres de distance. Le train montant et le train des-

cendant se croisent à la station d'Aemsingen, l'un des deux, pour laisser libre passage à l'autre, est amené au moyen du chariot transbordeur sur la voie de garage.

Le train montant fait d'abord de l'eau près du vallon de Wolfart puis ensuite à la station d'Aemsingen. De cette station il va jusqu'à la station de Pilate-Kulm sans avoir besoin de faire de nouveau de l'eau, car il a une différence de hauteur moindre à franchir que dans la première partie du parcours. (Voir le profil en long, fig. 2, pl. 36-37).

Les résultats de l'exploitation de la saison de 1889, qui a commencé le 4 juin et a duré 130 jours sont les suivants :

Nombre de voyageurs transportés

1° Par les trains montants	18583 soit 50,4 %
2° » descendants	18309 soit 49,6 %
Total	36892
Nombre de voyages des voitures	2174
Nombre de trains	1477
Nombre de personnes transportées en moyenne par jour.	284
» » » par voiture.	17
» » » par train. .	25
Nombre maximum de personnes transportées en un jour (18 août).	888
Nombre maximum de personnes transportées par un train (25 Juillet)	198
Bagages transportés.	3247 kilog.
Marchandises transportées.	1481780 »

Le tableau suivant montre avec quelle précision les frais de traction et autres avaient été calculés par les auteurs du projet.

Dépenses par train kilomètre

	Effectives	Prévues
Administration générale	1.36	1.40
Entretien et surveillance de la voie	0.52	1.00
Service des expéditions.	1.00	1.20
Frais de traction. Personnel. Combustible. En- retien et renouvellement des voitures, etc.	3.45	3.50
Dépenses diverses	0.57	0.50
Totaux.	6.90	7.60

Comme combustible on emploie des briquettes ovoïdes, de provenance belge. Au mois de juillet, le nombre des voitures a été porté de 6 à 8 et la société

reconnaissant qu'il fallait augmenter le matériel roulant, a acheté la voiture que la société de construction de locomotives de Winterthur avait exposée dans la classe 61.

Des faits acquis il résulte qu'il est moins important de pouvoir faire partir des trains à de faibles intervalles, (ce qui nécessiterait du reste l'installation de nouvelles voies de garage) que de pouvoir à un moment donné disposer d'un grand nombre de voitures pour en former un train.

La formation d'un train dans l'état actuel des choses exige beaucoup de temps et occasionne souvent des retards énormes.

La société a décidé d'agrandir la gare d'Alpnach-Staad en établissant une nouvelle voie de garage parallèle à la voie principale, qui sera desservie par le haut par le chariot transbordeur, conduisant à la remise et par le bas par un nouveau chariot que l'on installera.

Comme par suite de l'augmentation du matériel roulant il pourra se trouver jusqu'à 6 et même plus de voitures à la fois à la station supérieure. On y installera une nouvelle voie de garage que l'on pourra desservir en allongeant le parcours du charriot transbordeur.

LES LOCOMOTIVES POUR CHEMINS DE FER MIXTES A CRÉMAILLÈRE ET A ADHÉRENCE

Nous avons précédemment décrit :

1° Les locomotives avec arbre auxiliaire commandé directement par les pistons du système Riggenbach (voir page 110).

Comme nous l'avons vu, ces locomotives trouvent surtout leur emploi sur les lignes mixtes, où ses portions à crémaillère n'ont pas un grand développement.

2° Les locomotives à doubles paires de cylindres, l'une commandant le mécanisme denté, l'autre le mécanisme à adhérence ; telles que les locomotives du chemin de fer du Hoellenthal (voir page 130) et les locomotives du système Abt, (voir page 140).

Il en existe d'autres types pour chemins de fer mixtes.

M. Riggenbach avait en 1878, exposé un modèle de locomotive du système suivant :

Les roues motrices à adhérence et la roue dentée sont montées sur un même essieu, qui est commandé directement par les pistons, et la locomotive comporte aussi un essieu porteur avec roues du même diamètre et au même écartement que les roues motrices.

Cette locomotive comporte en outre un second système de quatre roues porteuses ayant un diamètre et un écartement moindres.

Dans les portions à crémaillère, règne une seconde voie, moins large que la voie ordinaire, et un peu surélevée.

Dans le parcours de ces portions, la locomotive est portée par les quatre roues du plus petit diamètre, les quatre grandes (les deux motrices et les deux porteuses) ne portant plus sur leurs rails. On voit donc que dans ce cas, la traction a uniquement lieu au moyen de la roue dentée.

M. Hagans d'Erfurth, a construit des locomotives de ce système pour la ligne de la vallée du Kimster, près Struthutten.

La voie de ce chemin de fer a 0^m,85 de largeur ; la voie intérieure dans les portions à crémaillère a 0^m,70.

Les roues motrices et les roues porteuses correspondant à la voie de 0^m,85 ont un diamètre de 0^m,80.

Les roues porteuses correspondant à la voie de 0^m,70 ont 0^m,58 de diamètre.

On a aussi dernièrement cherché à appliquer le système compound, aux locomotives pour chemins de fer à crémaillère.

M. A. Mallet, ingénieur des Arts et Manufactures, a étudié l'adaptation à la traction par crémaillère de son type de locomotive compound articulée, si connue par son application au chemin de fer Decauville de l'Exposition. Nous allons donner une idée de cette disposition qui constitue une relation très simple et très élégante.

Si il s'agit d'une machine devant fonctionner uniquement sur crémaillère, la partie fixe et l'avant-train articulé, sont munis chacun d'un essieu portant une roue dentée, et mûs par une paire de cylindre.

On réalise ainsi :

1° La division de l'effort moteur entre deux pignons accouplés seulement par la vapeur, de sorte qu'une pression égale de leurs dents sur celles de la crémaillère est assurée sans l'emploi d'aucun artifice.

2° La position des axes des roues dentées suivant le rayon de la courbe, ce qui permet évidemment l'emploi de plus faibles rayons de courbure, que ceux actuellement en usage sur les chemins de fer à crémaillère.

3° Une économie notable de combustible et d'eau, due à l'emploi du fonctionnement compound.

4° La répartition du poids de la machine, sur un grand nombre d'essieux (quatre en général) ce qui permet d'employer une voie légère, même avec une machine puissante.

Si il s'agit d'une machine pour une ligne mixte, voici comment les choses sont disposées.

La partie fixe de la machine comporte deux essieux accouplés actionnés par les cylindres à haute pression ; l'avant-train articulé comporte également deux essieux accouplés commandés par les cylindres à basse pression et en plus un arbre à roue dentée, accouplé.

Il y a également sur la partie fixe, un arbre à roue dentée accouplé ou non avec les essieux des roues, dans ce dernier cas, il agit seulement comme frein.

Sur les portions à adhérence, la machine fonctionne comme machine compound, avec introduction de la vapeur de la chaudière aux petits cylindres et détente dans les grands.

Supposons qu'alors chaque groupe exerce un effet maximum égal à 1 l'effort sera donc 2.

Sur les portions à crémaillère, on fait agir chaque groupe avec admission et échappement directs de la vapeur.

Dans ces conditions les petits cylindres exercent un effort égal à 1,25 par exemple, au lieu de 1, et les grands un effort proportionnel à leur section par rapport à celle des petits. Si le rapport des sections est de 1 à 2, 3, l'effort exercé par les grands cylindres sera $1,25 \times 2,3 = 2,875$.

L'effort total de traction sera :

$$1,25 \times 2,875 = 4,125$$

au lieu de 2.

On voit que cette variation de l'effort de traction est obtenue sans aucune complication, et simplement par la manœuvre d'un organe de distribution.

L'effort de traction sur les portions à crémaillère étant obtenu à la fois par la crémaillère et par l'adhérence totale de la machine, la première n'a à supporter qu'une partie de l'effort total, et pourra être construite plus légère.

La disposition de la machine permet en outre l'emploi de faibles rayons de courbure, tant sur les portions à adhérence que sur les portions à crémaillère.

M. l'ingénieur Klose (1) de Stuttgart a construit dernièrement une locomotive compound, pour traction mixte.

Le système de cette locomotive se rapproche de celui de la locomotive du Hoellenthal.

Elle comporte deux paires de cylindres, l'une actionnant le mécanisme denté, l'autre le mécanisme à adhérence.

Le mécanisme denté est actionné par la vapeur sortant des cylindres du mécanisme à adhérence.

Cette locomotive travaille sur les portions de voie à simple adhérence, comme une locomotive ordinaire, avec échappement à l'air libre. Sur les portions de voie à crémaillère elle travaille comme une machine compound, la vapeur qui agit sur les pistons du mécanisme à adhérence venant se détendre dans les cylindres du mécanisme denté.

Le principal avantage de ce système, outre l'économie de vapeur est que, dès qu'il y a patinement de la machine à adhérence, il y a augmentation de l'effort sur les pistons du mécanisme denté, de sorte que le patinement cesse de suite. Il y a donc aussitôt équilibre, sans que l'effort total varie, par suite de l'augmentation de pression de la vapeur dans les réservoirs reliant les deux paires de cylindres.

1. Voir un article de M. von Borries, paru dans le journal *Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens in technischer Beziehung*, 1^{re} et 2^e cahiers. 1880.

LES CHEMINS DE FER FUNICULAIRES

à crémaillère

PAR

MM. L. VIGREUX et F. LOPPÉ

INTRODUCTION

Ce système de chemins de fer ou d'ascenseurs, peut rendre de grands services pour franchir de brusques différences de niveau, avec des pentes allant jusqu'à plus de 60 %.

Le principe est le suivant : Deux voitures, roulant sur des rails ordinaires, sont fixées aux extrémités d'un câble, passant à la partie supérieure de la ligne sur une poulie de renvoi. L'un de ces wagons descend donc pendant que l'autre monte.

Pour obtenir ce mouvement on peut, et cela est plus simple, charger d'un poids supplémentaire le wagon descendant, qui alors entraîne l'autre.

Ce mode de traction est appliqué dans des carrières ou des mines situées sur la hauteur, car dans ce cas le wagon descendant est toujours chargé, l'autre ordinairement vide.

Dans le cas de transport de voyageurs, il n'en est pas de même et il peut arriver que la voiture qui doit commencer la course ascendante soit plus chargée que l'autre. Dans ce cas, l'on peut munir les deux voitures de réservoirs. Le réservoir de la voiture qui doit descendre est rempli d'eau à la station supérieure, tandis que l'on vide celui de la voiture qui est à la station inférieure.

Ce système de traction par contrepoids d'eau, dû à M. Riggenbach, a été appliqué par lui pour la première fois au chemin de fer funiculaire du Giessbach, dans l'Oberland bernois, inauguré en 1879.

On peut aussi actionner, au moyen d'un moteur quelconque, la poulie de la station supérieure, et dans ce cas, la traction a lieu par suite de l'adhérence du câble sur cette poulie. Au besoin, pour augmenter cette adhérence, on peut en-

rouler plusieurs fois le câble sur cette poulie, ou bien employer plusieurs poulies.

Dans certains cas spéciaux, il peut être plus avantageux d'employer deux câbles et deux poulies, l'une à la partie supérieure servant de poulie de renvoi, l'autre à la partie inférieure donnant le mouvement.

Dans ces chemins de fer, la crémaillère est employée comme moyen de sécurité. Les voitures sont munies de roues dentées engrenant avec elle, et les arbres de ces roues portent des freins.

Ces freins servent à modérer la vitesse des voitures et au besoin à obtenir leur arrêt complet dans le cas de rupture du câble.

Les lignes peuvent être construites, soit à deux voies ayant chacune leur crémaillère, soit avec deux crémaillères et un rail central commun aux deux voies soit enfin à voie unique.

Dans les deux derniers cas, au milieu de la ligne doit être installé un évitement, puisque les deux voitures s'y rencontrent, et l'on doit prendre les dispositions nécessaires pour que chacune d'elles prenne automatiquement sa direction au passage de cet évitement.

Les chemins de fer funiculaires à crémaillère ont pris un grand développement depuis quelques années, on installe un peu partout. En France, un de ces derniers est en construction au Havre (avec crémaillère du système Abt), et M. Sartor, d'Alger, a demandé plusieurs concessions pour des lignes, avec crémaillère du système Riggenbach, notamment pour Oran et pour la butte Montmartre.

Dans le cas de demande de concession pour une ligne de ce genre, il est beaucoup plus simple de la dénommer *ascenseur à crémaillère*, ainsi que l'a fait M. Sartor, ce qui est du reste rationnel. Dans ce cas on abrège considérablement la durée des formalités.

MM. Riggenbach, Abt et Sartor ont exposé dans leurs installations de la classe 61, des dessins et renseignements concernant ce système de chemins de fer.

Nous allons examiner en détail les lignes de ce genre, 1° avec crémaillère du système Riggenbach; 2° avec crémaillère du système Abt.

CHEMINS DE FER FUNICULAIRES A CRÉMAILLÈRE

(Système Riggenbach)

(Planches 42 à 45)

Le tableau suivant indique les lignes de ce système, construite par M. Riggenbach; actuellement en exploitation, leur longueur, leur pente maximum et le mode de traction employé.

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEUR de la ligne en mètres	PENTE maximum en millimètres par mètre	MODE DE TRACTION
Giesstach (Oberland bernois) . .	340	288	Contrepoids d'eau
Bom Jesus de Braga (Portugal). .	270	520	»
Territet Glion (Suisse)	680	570	»
Lisbonne — Lavra (Portugal) . .	180	250	Machine à vapeur
Lucerne Gutsch (Suisse)	165	530	Contrepoids d'eau
Lisbonns Gloria (Portugal)	265	180	Machine à vapeur
Piovene (Italie)	190	370	Transmission à la station inférieure
Ems. Malberg (Allemagne)	520	545	Contrepoids d'eau
Durlach Thurnberg »	315	340	»
Wiesbaden Neroberg »	490	260	»
Heidelberg-Château »	490	430	»

M. Riggenbach vient en outre de refaire complètement le chemin de fer funiculaire de Bahia, reliant la ville basse avec la partie de la ville se trouvant à environ 75 mètres plus haut au moyen d'une pente uniforme de 640 millimètres par mètre.

La direction de la « Companhia Linha circular de carris da Bahia », avait d'abord fait construire la voie et le matériel de cette ligne par une importante maison anglaise, mais à la suite de nombreux accidents, le gouvernement en interdit l'exploitation.

C'est alors que le directeur de la Compagnie s'adressa à M. Riggenbach, qui chargea la fabrique de locomotives d'Esslingen d'exécuter sur ses plans la voie et le matériel roulant.

Les travaux sont actuellement terminés et la ligne fonctionne à la satisfaction des intéressés.

M. Riggenbach a commencé par appliquer à ses funiculaires des freins à air comprimé, mais il a dû les abandonner à cause des inconvénients de leur fonctionnement.

En effet, les cylindres de ces derniers étaient souvent remplis d'eau, de sorte qu'au démarrage ils offraient une grande résistance, de là une oscillation du câble arrivant à l'enlever de dessus les poulies de guidage.

La voiture montante éprouvait du fait du fonctionnement de ce frein, une résistance importante et de plus, quand la ligne présentait un changement de pente, et que la voiture descendante passait d'une forte inclinaison à une inclinaison plus faible, elle ne pouvait à cause de la résistance du frein à air, continuer sa route si l'on n'augmentait sa vitesse peu avant le changement de pente. Il en résultait un ébranlement nuisible à la solidité de la voiture.

Comme exemple de chemin de fer funiculaire du système Riggenbach, nous allons décrire celui de Territet-Glion, desservant la colline de Glion ; où de nombreux étrangers viennent chaque année jouir de la vue splendide des Alpes et du lac de Genève.

La station inférieure est installée dans le village de Territet, qui possède une embarcadère où s'arrêtent les nombreux bateaux à vapeur qui sillonnent le lac de Genève et une station sur la ligne de Genève au Simplon.

L'origine du funiculaire à Territet est à la cote 388^m,67 au-dessus de la mer, et il aboutit à Glion à la cote 690^m,74. Il franchit donc une hauteur de 302^m,07.

Pour le tracé, deux solutions se présentaient :

1^o L'exécuter en ligne droite, ce qui est commode pour l'emploi du câble. Dans ce cas, vu l'état des lieux, l'emploi d'une rampe uniforme était impossible, à moins d'exécuter un mouvement de terres par trop onéreux.

L'inconvénient de l'emploi de rampes diverses fait que la composante du poids des voitures suivant la voie, varie et que par suite l'effort de traction n'est pas constant.

2^o L'exécuter avec pente uniforme, mais alors on était obligé d'abandonner la ligne droite et d'employer des courbes de raccordement peu commodes pour la traction par câble.

On a adopté la première solution et exécuté le tracé en ligne droite.

La longueur de la voie suivant l'horizontale est de 600^m,42 et la longueur réelle de 674^m,33.

La pente moyenne est de

$$\frac{302,07}{600,42} = 0^m,503 \text{ par mètre.}$$

La pente minimum est de 300 millimètres par mètre, régnant sur les 91 premiers mètres de la ligne.

La pente maximum est de 570 millimètres et règne sur les 354,12 derniers mètres (fig. 1, pl. 42-43).

Ces deux pentes se raccordent au moyen de deux arcs de cercle, placés dans un plan vertical, le premier tangent à la pente de 300 millimètres, a un rayon de 250 mètres, un développement de 31^m,95, sa projection horizontale est une droite de 30 mètres de longueur. Le deuxième de 1366 mètres de rayon, se raccorde avec l'extrémité inférieure du premier et à la partie supérieure, avec la rampe de 570 millimètres, son développement est de 150^m,12, sa projection horizontale, une ligne droite de 134^m,30, il rachète une différence de niveau de 67^m,07.

La voie a 1^m,045 de largeur d'axe en axe des rails.

La ligne pour éviter l'emploi d'appareils automatiques de changement de voie est établie à double voie.

Aux deux extrémités ces voies ont leurs axes à 1^m,138 l'un de l'autre (fig. 6, pl. 42-43) et la plate-forme à 2^m,40 de largeur.

Au milieu de la ligne, là où la rencontre des deux voitures a lieu, les axes des deux voies sont à une distance de 2^m,745 l'un de l'autre et la plateforme à une largeur de 4 mètres (fig. 6, pl. 42-43),

La longueur totale de la partie aménagée pour l'évitement est de 98^m,10. Chacune des voies dans le milieu de cette partie est en courbe de 1000 mètres de rayon, dont la concavité est tournée vers l'axe de la ligne. Ces courbes se raccordent aux parties de la voie en ligne droite, par des contre-courbes de 500 mètres de rayon.

Pour assurer la stabilité de la superstructure, les traverses métalliques reposent, par l'intermédiaire de coussinets en fonte, sur deux murs longitudinaux, servant de murs de soutènement, qui règnent sur toute la longueur du tracé. A l'emplacement de l'évitement un troisième mur est construit dans l'axe du tracé.

Ces murs, supportés par des voûtes aux endroits où la ligne a exigé des remblais élevés, sont terminés à la partie supérieure par des pierres de taille, disposées en gradins suivant la pente de la voie.

L'intervalle entre ces murs est rempli de pierrailles et au milieu est disposé une sorte d'escalier en pierres de taille (fig. 6, pl. 42-43) facilitant le trajet le long de la voie, pour la surveillance et les réparations.

A la station supérieure, une caisse ménagée dans la voiture descendante doit être remplie d'eau; à cet effet on a disposé à proximité un réservoir pouvant contenir 120 mètres cubes d'eau, qui communique par une conduite, avec un autre petit réservoir de 1^m,35 de largeur et 1^m,20 de longueur, contenant

7 mètres cubes d'eau, placé dans l'axe de la voie en contrebas de la chambre où est placée la poulie de renvoi (fig. 6, pl. 44-45).

De ce dernier réservoir part une conduite, qui se divise bientôt en deux branches, correspondant chacune à une des voitures arrivée à la station. Une vanne placée sur chacune de ces branches permet d'introduire dans la caisse du wagon la quantité d'eau nécessaire pour assurer la descente.

Nous allons examiner successivement :

1° *La superstructure* : Traverses, rails, crémaillères, poulies guides du câble, etc.

2° *Le matériel roulant.*

3° *Le câble.*

4° *Les freins.*

5° *L'exploitation et l'entretien.*

I. — SUPERSTRUCTURE

a) *Traverses.* — Elles sont formées de vieux rails à patin, pesant 36^k,8 le mètre courant, dont la section est indiquée sur la fig. 3, pl. 42-43.

Ces traverses, espacées de un mètre, sont maintenues en voie courante par deux coussinets en fonte scellés aux pierres de taille couronnant les murs latéraux. Elles ont alors une longueur de 2^m,50, dépassant de 0^m,05 de chaque côté de la plateforme.

Dans les parties de la voie d'évitement, ces traverses qui ont une longueur variant de 2^m,50 à 4^m,10, sont en outre maintenues par un troisième coussinet fixé au mur médian dont nous avons parlé.

Ces traverses sont maintenues par les coussinets, de sorte que le patin est placé parallèlement à la voie.

La figure 3 des planches 13-14 montre la coupe et la vue de face d'un de ces coussinets en fonte, la base horizontale de 200 millimètres de longueur, dans le sens de la voie et de 160 millimètres de largeur, est scellée dans la pierre de taille couronnant le mur et y est fixée par un talon de 22 millimètres de hauteur et 30 millimètres d'épaisseur et un boulon de fondation de 21 millimètres de diamètre. La traverse est appuyée contre une partie inclinée de même largeur que la base, ayant 16 millimètres d'épaisseur et qui épouse sa forme. Cette partie inclinée est renforcée par deux nervures de 16 millimètres d'épaisseur dont les axes sont distants de 116 millimètres.

L'inconvénient de cette disposition est d'exiger plusieurs modèles de coussinets; en effet, la base étant horizontale, la partie supérieure doit avoir une inclinaison telle que le patin du rail soit parallèle au plan de la voie, c'est-à-dire que pour chaque pente de la voie il faut un modèle de coussinet.

La traverse est fixée au coussinet au moyen d'un boulon de 21 millimètres de diamètre traversant son âme.

En voie courante les axes des deux coussinets sont à 1^m,90 l'un de l'autre ; à l'endroit de la plus grande largeur de l'évitement les axes des trois coussinets sont à 1^m,754 les uns des autres.

Lors de la pose on a fixé les traverses à leurs coussinets, puis placé le tout dans la position définitive et coulé du métal de Spencer pour sceller la base des coussinets à la pierre de taille.

b) *Rails*. — Les rails en fer sont du type à patin, leur poids est de 17 k. 5 par mètre courant, leur hauteur de 83 millimètres, la tête a 45 millimètres de largeur, le patin 77 millimètres, l'âme a une épaisseur de 10,5 millimètres. Les joints des tronçons de 9 mètres de largeur sont disposés au-dessus d'une traverse. L'éclissage est faite au moyen de plaques de fer de 360 millimètres de longueur, 50 millimètres de hauteur et 13 millimètres d'épaisseur, fixées à chaque tronçon par l'intermédiaire de deux boulons.

Les rails extérieurs sont fixés sur chaque traverse au moyen de deux taquets reliés à la traverse chacun par un boulon.

Les rails intérieurs en voie courante sont maintenus à leur partie intérieure chacun par un taquet. Les parties extérieures sont maintenues par un taquet commun (fig. 2, pl. 42-43).

Dans la partie en évitement, chaque rail est fixé à la traverse par deux taquets.

Pour empêcher le glissement longitudinal des rails, de petites plaques sont rivées au-dessous du patin et viennent buter contre les traverses.

c. — *Crémaillères*. — Les crémaillères sont du système ordinaire employé par M. Riggenbach.

Les fers en U, formant les montants de l'échelle, ont 120 millimètres de hauteur, 12 millimètres d'épaisseur et 60 millimètres de largeur d'âmes. L'espace libre entre les montants est de 120 millimètres ; la partie supérieure des échelons est à 24 millimètres du dessous de la partie supérieure des fers en U.

Les échelons ont une hauteur de 32 millimètres ; la base supérieure a 29 millimètres, et la base inférieure 47 millimètres de largeur.

Le pas est de 100 millimètres.

Les échelons avant la pose ont 150 millimètres de longueur ; les arêtes aux extrémités ont été arrondies sur 15 millimètres de longueur pour les faire pénétrer dans les fers en U, de sorte que, après le montage, elles dépassaient de 3 millimètres la face extérieure de ces fers, ce qui a permis de river.

La longueur des tronçons de la crémaillère est de 2,998 millimètres ; comme les traverses sont espacées de 1 mètre d'axe en axe, il y a un jeu de 2 millimètres.

La crémaillère est fixée à chaque traverse par quatre boulons de 15 millimètres de diamètre.

De petites plaques de fer, rivées sous les ailes des montants, viennent buter contre la partie supérieure de ces traverses et empêchent le glissement longitudinal de la crémaillère (fig. 4, pl. 42-43).

L'axe de l'échelon supérieur d'un tronçon est à 43 millimètres de son extrémité; l'axe de l'échelon inférieur à 55 millimètres, ce qui fait, avec les 2 millimètres de jeu entre deux tronçons consécutifs, la longueur de 100 millimètres du pas (fig. 5, pl. 42-43).

L'éclissage de deux tronçons a lieu entre deux traverses à la manière ordinaire, au moyen de fers cornières de 60 millimètres d'aile et 10 millimètres d'épaisseur, fixés par trois boulons à chacun des montants. Les boulons qui fixent ces fers cornières à la partie inférieure d'un tronçon ont un jeu de 3 millimètres pour la dilatation.

d. — Guides du câble. — En voie courante, les galets ont leurs plans médians placés à 0^m,30 de chaque crémaillère, du côté extérieur de la voie. Ils sont espacés de 15 mètres; leur largeur est de 115 millimètres; leur diamètre extérieur est de 360 millimètres; le diamètre au fond de la gorge de 240 millimètres (fig. 8, pl. 42-43).

Le fond de leur gorge est garni d'un alliage d'étain, de cuivre et d'antimoine.

Leur arbre en acier, de 35 millimètres de diamètre, porte sur deux paliers, qui reposent sur des plaques de fer de 70 millimètres de largeur, fixées aux traverses.

Dans les portions de voie en courbe, les galets ont une gorge non symétrique; l'une des joues de cette dernière (placée du côté de la concavité de la courbe) a un diamètre extérieur de 580 millimètres, l'autre de un diamètre de 420 millimètres; le fond de la gorge garni d'alliage (fig. 9, pl. 42-43) a un diamètre de 360 millimètres.

Leurs axes sont inclinés de telle sorte qu'à la partie supérieure la face intérieure de la joue la plus haute soit verticale.

Dans les courbes de 500 mètres de rayon, ces galets sont espacés de 9 mètres, et de 13 mètres dans les courbes de 1 000 mètres de rayon.

À la partie supérieure, le câble passe sur une poulie dont le plan est parallèle à celui de la voie. Cette poulie, de 3^m,60 de diamètre, est établie dans une chambre placée au-dessus du réservoir de la station (fig. 6, pl. 44-45).

Comme en voie courante, les deux brins du câble doivent être à une distance de 1^m,738 l'un de l'autre, on les ramène dans leurs directions respectives au moyen de deux poulies de renvoi de 0^m,95 de diamètre, dont les axes sont à 1^m,688 l'un de l'autre (fig. 7, pl. 44-45).

La poulie supérieure et les deux poulies de renvoi ont leurs gorges garnies en bois de chêne.

Dès qu'une voiture en descendant a franchi le changement de pente, le câble à cet endroit a une tendance à remonter. Si l'on n'empêchait ce mouvement, il pourrait sortir des galets et trainer sur les traverses. Pour obvier à cet inconvénient, on a disposé à côté de chacune des voies « *un guide automatique* ».

Ces appareils fonctionnent de la manière suivante : dès que la voiture descendante a dépassé l'un d'eux, une poulie vient se placer au-dessus du câble. En remontant, la voiture déplace cette poulie et l'amène en dehors de la voie.

La figure 7, des planches 42-43, représente l'appareil pour la voie de gauche.

Il est formé d'un levier I, qui porte à une de ses extrémités une poulie P en bronze, et à l'autre une roue C en fonte, dont le poids l'emporte un peu sur celui de la poulie.

Ce levier est monté sur un arbre A, perpendiculaire au plan de la voie. Cet arbre est fixé à un socle en fonte S, donc le plan supérieur est parallèle à la voie.

Le levier peut occuper deux positions extrêmes, ou être parallèle à la voie et, dans ce cas, la poulie est en dehors, ou bien être perpendiculaire à la direction de la voie ; dans ce cas, l'axe de la poulie P, de 300 millimètres de diamètre, qui vient se placer sur le câble, est à 345 millimètres au-dessus du niveau supérieur du rail. Le plan médian de cette poulie est dans la direction des plans médians des galets. Lorsque le levier occupe l'une des positions extrêmes, un verrou V, actionné par un contre-poids H, pénètre, soit dans la rainure T', soit dans la rainure T'', ménagées dans le socle, et enclanche l'appareil.

Pour faciliter le mouvement du levier, la roue C roule sur un chemin ménagé sur le socle S.

Sur l'arbre A est monté fou un ponce L, qui commande le verrou par l'intermédiaire d'une bielle. Quand ce ponce est déplacé dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, son action vainc celle du contrepoids H, et le verrou est déclanché.

Un double ponce dd₁ est également monté sur l'arbre A, et il est solidaire du levier.

A l'extrémité supérieure de la voiture (fig. 2, pl. 44-45), est fixé un butoir B, qui est à la même hauteur, au-dessus des rails, que les ponces; son extrémité est à 1^m15 de l'axe de la crémaillère.

Examinons le fonctionnement de l'appareil :

Quand le levier et les ponces sont dans les positions indiquées en traits pleins la voiture correspondante se trouve au-dessous de l'emplacement de l'appareil, et le câble est maintenu par la poulie P, qui l'empêche de remonter. Le verrou V, actionné par le contre-poids H, a pénétré dans la rainure T et fixé le levier dans sa position.

Supposons que la voiture remonte; le butoir B vient d'abord frapper le ponce L, ce qui fait déclancher le verrou et rend le levier libre de tourner autour de

l'arbre A. Le butoir frappe ensuite le ponce d , ce qui fait basculer le levier, qui décrit un arc de cercle de 90° , et se place parallèlement à la direction de la voie. A ce moment, le contre-poids H agit et fait pénétrer le verrou dans la rainure T. Les ponces occupent alors les positions indiquées en pointillé en $L' d' d_1'$.

Supposons maintenant que la voiture descende; comme la partie inférieure de son bâti est à une hauteur plus grande au-dessus du rail, que les ponces, elle passe sans difficulté. Quand le butoir B est en regard de l'appareil, il agit sur le levier L qui est en L' , en le poussant de droite à gauche, de sorte que le verrou est déclenché. A ce moment, le butoir agit sur le ponce d qui est en d' , et l'amène dans la position d , de sorte que la poulie vient se placer au-dessus du câble, le levier L étant perpendiculaire à la direction de la voie. Le levier L étant libre, le contre poids agit et enclanche de nouveau le verrou.

Ces appareils fonctionnent avec une très grande précision.

Pour éviter les chocs trop brusques, qui détérioreraient bientôt ces appareils, les conducteurs de voitures ralentissent la vitesse, quand l'une d'elles est en regard de l'appareil correspondant. A cet effet, un disque annonce au conducteur de la voiture qui est à la partie supérieure, que l'autre voiture arrive près de l'appareil.

2° MATÉRIEL ROULANT.

Le matériel roulant se compose de deux voitures identiques, attachées aux extrémités du câble.

Chacune de ces voitures (fig. 2, pl. 44-45) peut contenir 24 voyageurs; elle a trois compartiments de huit places.

A la partie supérieure est une plate-forme sur laquelle on place les bagages; à la partie inférieure est une plate-forme sur laquelle prend place le conducteur, ayant à sa portée les manivelles des freins.

Pour assurer une grande légèreté, la partie supérieure de ces voitures est complètement en bois; la partie inférieure ou le châssis est en tôle.

Dans l'intérieur du châssis, en dessous de la partie centrale de la voiture, est installée la caisse destinée à recevoir l'eau nécessaire à la traction. Cette caisse, de 1^m,83 de largeur et de 2^m,64 de longueur, peut contenir 7 mètres cubes d'eau.

Le remplissage s'effectue par un tuyau T qui vient aboutir à la partie supérieure de la voiture. Dans ce tuyau, quand la voiture est à la station supérieure, pénètre un des deux branchements de la conduite partant du réservoir de la station (fig. 6, pl. 44-45), de sorte que le conducteur n'a qu'à ouvrir la vanne correspondante pour introduire la quantité d'eau nécessaire à la descente.

Un tube en verre gradué, indique la quantité d'eau introduite.

A la station inférieure, la caisse se vide automatiquement.

A cet effet, sur le fond est installée une soupape S, avec une tige dépassant la partie inférieure de la caisse. Une cornière est fixée aux traverses à la station de Territet; la tige de la soupape est relevée par cette cornière, de sorte que la soupape se soulève et que la caisse se vide.

Sous la plate-forme supérieure est installée une seconde caisse R, pouvant contenir 350 litres d'eau pour la lubrification des poulies de frein pendant la descente. Deux petites conduites, munies de robinets que peut manœuvrer le conducteur, partent de ce réservoir et aboutissent aux freins.

La voiture est munie de deux essieux porteurs de 4^m,50 d'empattement; les roues en acier sont à boudin; leur diamètre est de 765 millimètres.

Le châssis porte sur ces essieux par l'intermédiaire de boîtes à ressorts d'un système particulier.

Les ressorts sont fermés par cinq plaques de liège carrées, de 150 millimètres de côté, et d'une épaisseur de 26 millimètres.

Ces plaques sont placées entre deux plaques de fer; le tout, traversé en son milieu par un boulon, est porté sous une presse hydraulique et comprimé à la pression qu'il doit subir en service, et, dans cet état, l'écrou du boulon est placé.

Les plaques de liège sont préalablement trempées dans un mélange de mélasse et d'eau, ce qui les maintient humides.

On obtient ainsi des ressorts excellents, solides, souples, légers et très bon marché.

Roues dentées. — Sur chaque essieu est montée une roue dentée, engrenant avec la crémaillère correspondante. Ces roues en acier ont une épaisseur de 100 millimètres à la jante.

Le diamètre du cercle primitif est de 764 millimètres, les pas de 100 millimètres.

Les dents, au nombre de 24, ont une largeur de 50 millimètres sur la circonférence primitive, les vides ont la même dimension.

Sur l'essieu inférieur est fixé une poulie de frein, dont les deux joues symétriquement placées par rapport à la roue dentée y sont fixées par six boulons.

Cette poulie, d'un diamètre extérieur de 650 millimètres, a son pourtour cannelé.

Sur l'essieu supérieur il n'y a pas de poulie de frein; cet arbre porte une roue dentée V en acier de 70 millimètres de largeur, de 776,16 millimètres de diamètre primitif, portant 48 dents de 22,3 millimètres de largeur.

Cette roue engrène avec un pignon P de 258,7 millimètres de diamètre primitif, portant 16 dents de 27 millimètres de largeur, montée sur un arbre auxiliaire A, portant deux poulies de frein F et F', avec cannelures au pourtour. Ces poulies ont une largeur de 140 millimètres et un diamètre extérieur de 500 millimètres.

III. — CABLE

Il est formé de 133 fils d'acier de 1,9 millimètres de diamètre, formant sept torons de 19 fils chacun, avec âme en chanvre. Sa longueur est de 700 mètres. Il est fixé à chaque voiture en D à la partie inférieure d'un levier ; son poids est de 3,6 kilogrammes par mètre courant. L'attache a lieu au moyen d'un tube percé d'une cavité conique. La partie de ce tube qui appuie contre le levier (fig. 8, pl. 44-45) est sphérique, de sorte que l'ensemble peut prendre toutes les directions sans que le câble se torde.

L'extrémité du câble est fixée dans le tube de la manière suivante :

Après avoir opéré au moyen d'un fil de fer, une ligature à quelque distance de cette extrémité, on détord les fils d'acier au-dessous de cette ligature et on en recourbe les extrémités. Puis on place le tout dans le tube et on scelle au métal.

On doit apporter les plus grands soins à cette opération, afin que tous les fils dont se compose le câble, travaillent de la même façon.

IV. — FREINS

Chaque voiture porte trois freins, l'un automatique agissant sur l'arbre auxiliaire supérieur, et deux à main, dont l'un agit sur le même arbre et l'autre sur l'arbre de la roue dentée inférieure.

Toutes les poulies de frein, dont nous avons donné les dimensions en parlant du matériel porteur, sont en fonte, leur pourtour porte des cannelures à 90 degrés.

Les sabots des freins à main sont en alliage de cuivre ordinaire, d'étain et de cuivre phosphoré ; ceux du frein automatique sont en fonte. La surface frottante de ces sabots est munie de cannelures correspondant à celles des poulies.

Frein automatique (fig. 3, pl. 44-45). — Ce frein agit sur la poulie F (fig. 2, pl. 44-45) de l'arbre auxiliaire A dans le cas de rupture du câble.

Quand ce cas se présente, une masse P fixée à un levier E V tombe. En E est fixé à ce levier une petite roue dentée qui engrène avec une crémaillère fixée à une tige FT, de sorte que la chute du poids P a pour effet d'exercer sur cette tige une traction dans le sens T F.

Cette tige commande par l'intermédiaire des leviers TG, GA, HJ, JM, ML, RR les deux sabots N et N' du frein. De sorte que la traction de la tige dans le sens T F fait serrer le frein. Des portions filetées, des leviers HJ et LM permettent de rattraper l'usure des sabots.

Pendant tout le temps que le câble exerce une traction de plus de 1200 kilogrammes (c'est-à-dire tant qu'il n'est pas rompu) sur la partie inférieure du

levier D I, une tige B D munie d'une fourche, maintient la masse P dans la position indiquée au dessin.

Quand le câble se rompt, les ressorts R qui étaient comprimés se détendent et la bielle S C, exerçant une traction sur le levier B C, fait pivoter celui-ci qui est relié à la tige DB de sorte que la masse M tombe.

La tige X S porte un renflement *a*, qui vient buter contre une plaque qui traverse cette tige et empêche que les ressorts se compriment de plus de 40 millimètres.

Pour éviter que le levier E V, une fois tombé, se relève par des secousses, ce qui rendrait l'action du frein intermittente, il porte une petite roue à rochets et un cliquet I empêche qu'il ne se relève.

Ce frein peut aussi être actionné par le conducteur, en appuyant avec le pied sur la tige *z*, qui dépasse un peu le plancher de la plateforme inférieure.

Pour éviter l'action trop brusque du contre-poids, la tige F T porte un ressort *r*.

Tant que le câble n'est pas rompu, il exerce une traction minimum d'environ 2000 kilogrammes à la partie inférieure du levier auquel il est attaché. Quand il est rompu, la plus grande traction qu'il puisse exercer est de 1200 kilogrammes.

Cette traction est exercée quand le câble se rompt à proximité de la voiture près de la station inférieure, de sorte que le câble est tout entier traîné par la voiture qui est près de la station supérieure.

Frein à main agissant sur l'arbre auxiliaire (fig. 4, pl. 44-45). Un petit arbre vertical fixé le long de la balustrade de la plate-forme inférieure dont l'extrémité inférieure est filetée et qui porte à la partie supérieure un volant muni d'une manivelle, actionne ce frein.

La rotation de cet arbre dans un sens ou dans l'autre a pour effet de faire monter ou descendre un écrou *h* qui ne peut tourner.

A cet écrou est fixé une fourche *gh*, qui commande par l'intermédiaire d'un système de leviers les deux sabots de frein N et N', agissant sur la poulie de frein P montée sur l'arbre auxiliaire A, extérieurement au châssis.

On comprend qu'en tournant plus ou moins le volant, le conducteur fasse agir le frein avec plus ou moins d'énergie.

Frein à main agissant sur l'arbre de la roue dentée inférieure (fig. 5, pl. 15-16). — Ce frein est tout à fait analogue à celui décrit ci-dessus. Les axes des 4 sabots J et J' J₁ et J' sont placés aux extrémités des diamètres parallèles à la voie.

V. — EXPLOITATION, ENTRETIEN, ETC.

Le conducteur de la voiture qui est à la station inférieure indique par une sonnerie à celui de la voiture qui est à la station supérieure le nombre de voyageurs qu'il a à fait entrer.

Ce dernier, se basant sur le nombre des voyageurs montés dans sa voiture et sur celui que son collègue vient de lui communiquer, introduit plus ou moins d'eau dans la caisse de sa voiture.

Pendant le trajet, chaque conducteur se place sur la plateforme, entre les deux manivelles des freins à mains et agit, pour modifier la vitesse, simultanément sur ces deux freins.

La vitesse normale est de $1^m,50$ par seconde, le trajet dure donc 8 minutes. En comptant le temps nécessaire pour remplir la caisse de la voiture qui est à la station supérieure, et pour l'embarquement des voyageurs, on peut faire cinq voyages à l'heure.

Le personnel de la ligne examine fréquemment l'état du câble qui est en outre vérifié deux fois par an par les ingénieurs du contrôle fédéral.

On procède aussi à de fréquents essais pour s'assurer du bon fonctionnement du frein automatique.

Dans un remarquable ouvrage (1) sur le chemin de fer de Territet-Glion, ouvrage auquel nous avons emprunté la plupart des renseignements qui précèdent, M. Emile Strub, ingénieur du contrôle des chemins de fer de la Confédération Suisse, donne tous les calculs de résistance relatifs à ce chemin de fer.

D'après M. Strub, les données de tous ces calculs sont les suivantes :

Poids de la voiture vide.	7000 kilogrammes
Poids de la plus grande quantité d'eau . . .	7000 »
Poids total.	14000 »

En admettant que la vitesse de marche de la voiture soit de 2 mètres à la seconde et que cette dernière doive être arrêtée par un seul frein après un parcours de 5 mètres et soient :

F. La pression des dents de la roue dentée sur les échelons de la crémaillère, pendant le parcours, $L = 5$ mètres.

P le poids de la voiture, $P = 14,000$ kilogrammes.

V la vitesse par seconde, $V = 2$ mètres.

g l'accélération de la pesanteur, $g = 9,81$ mètres.

i l'angle le plus grand que fait la voie avec l'horizon.

1. Die Drathseilbahn Territet-Montreux-Glion. Aarau, 1888.

On a : (voir page 104)

$$F = \frac{PV^2}{2g L} + P \sin i$$

et en remplaçant les lettres par leurs valeurs.

$$F = 14000 (0,04 + 0,495) = 7490 \text{ kilogrammes}$$

On a admis dans les calculs $P = 8,000$ kilogrammes.

En partant de cette donnée, M. Strub trouve que :

Le travail à la flexion d'un échelon de la crémaillère, en supposant la pression de la dent uniformément répartie sur la partie centrale, est de 9 k. 8 par millimètre carré.

Pour le cisaillement des montants à la partie inférieure de la crémaillère, on a comme travail par millimètre carré $R = 9 \text{ k. } 2$.

D'après le calcul, la masse placée à l'extrémité du levier du frein automatique doit avoir un poids de 81 kilogrammes. On lui a donné un poids de 90 kilogrammes.

L'effet à exercer sur la manivelle du frein à main, agissant sur l'arbre de la roue dentée inférieure, est de 15 kilogrammes. Celui à exercer sur la manivelle de l'autre frein à main est de 18 kilogrammes.

Le travail des dents d'une des roues dentées, supposée, arrêtant seule la voiture, est de 10 kilogrammes par millimètre carré.

Pour le câble, la résistance à la rupture, d'après les essais faits au laboratoire de l'école polytechnique de Zurich, est de 54 000 kilogrammes, sa tension maximum en service est de 6000 kilogrammes, le coefficient de sécurité est donc 9.

CHEMINS DE FER FUNICULAIRES A CRÉMAILLÈRE

(Système Abt)

(Planches 46-47)

M. Abt a employé son système de crémaillère comme moyen de sécurité sur les chemins de fer funiculaires.

Le tableau suivant indique les différentes lignes de ce système en exploitation ou en construction, leur longueur, le mode de traction employé, les pentes maxima.

DÉSIGNATION DE LA LIGNE	LONGUEUR	PENTE maximum en millimètres par mètre	MODE DE TRACTION
Lugano	250	248	Contrepoids d'eau
Bürgenstock	926	580	Moteur électrique
Zurich	200	270	Contrepoids d'eau
San Salvatore	1650	600	Moteur électrique
Naples Chiaia	700	280	Moteur à vapeur
Naples. Monte Santo.	800	230	»
Mondovi.	500	340	Contrepoids d'eau
Le Havre	350	378	Moteur à vapeur.

Comme exemple nous allons décrire en détail les installations du chemin de fer de Bürgenstock.

Ce chemin de fer à voie de 1 mètre de largeur, à traction par l'électricité, dessert le Bürgenstock, montagne sur laquelle est bâti un hôtel et d'où l'on jouit d'une vue splendide sur le lac de Lucerne et les Alpes.

L'origine de la ligne est à Kehrsiten, station desservie par les nombreux bateaux à vapeur du lac des Quatre-Cantons, à la cote 438 mètres au-dessus de la mer.

La station inférieure du Bürgenstock est à la cote 873^m,08. La longueur de la ligne mesurée horizontalement est de 826 mètres, la longueur réelle de 926 mètres.

La pente moyenne est de

$$\frac{878.08 - 438}{826} = 0^m,533$$

La pente minimum, de 320 millimètres par mètre règne sur les 50 premiers mètres et se raccorde avec la pente de 580 millimètres qui règne sur les 476 derniers mètres, au moyen de pentes de 400, 440, 480, 520, 550 et 570 millimètres par mètre, régnant chacun sur 50 mètres de longueur (voir le profil en long, fig. 2, pl. 46-47).

La ligne est à voie unique avec évitement sur une longueur de 108^m,60 au milieu du parcours à l'endroit où la voiture montante et la voiture descendante se rencontrent.

En plan (fig. 1, pl. 46-47), la ligne présente trois alignements droits de 353 mètres, 136 mètres et 141^m,80 de longueur. Les deux premiers qui font entre eux un angle de 112°, sont raccordés au moyen de trois arcs de cercle, ayant respectivement des rayons de 150, 220 et 150 mètres de longueur et des développements de 42 mètres, 48^m,20 et 75 mètres.

Les deux derniers alignements droits qui font entre eux un angle de 172°10' sont raccordés par une courbe de 220 mètres de rayon et de 30 mètres de développement.

La voie d'évitement est disposée dans la partie en courbe raccordant les deux premiers alignements droits, elle présente un alignement droit de 22 mètres de longueur, situé dans le prolongement du premier alignement droit de la voie unique, puis une courbe de 140 mètres de rayon et 76 mètres de développement se raccordant à la voie unique (qui est encore en courbe) au moyen d'un alignement droit de 10^m,60 (fig. 1, pl. 46-47).

En tranchée la plate-forme a 3 mètres de largeur totale, y compris deux fossés de 0^m,75 de largeur, en remblai, la voie est établie sur un mur en maçonnerie de ciment de 1^m,50 de largeur. Dans l'évitement la largeur maximum de la plate-forme est de 4^m,50.

Nous allons examiner en détail les diverses parties de cette ligne, en les classant dans l'ordre suivant :

1° *Superstructure*. Traverses. Rails. Crémaillère. Croisements. Galets et poulies de support du câble.

2° Voitures.

3° Câble.

4° Freins.

5° Installations mécaniques.

I. — SUPERSTRUCTURE

a). *Traverses.* Les traverses espacées de 0^m,96 sont formées de fer cornière à ailes inégales de $\frac{80 \times 120}{10}$. L'aile la moins large est encastrée dans la maçonnerie de sorte que l'autre aile est parallèle au plan de la voie.

La longueur des traverses est de 1^m,50, à chaque extrémité elles sont renforcées au moyen d'un morceau de cornière rivé.

b). *Rails.* Les rails à patin de 115 millimètres de hauteur pèsent 22 kilogrammes par mètre courant. Ils sont fixés aux traverses au moyen d'agrafes serrées par des boulons (fig. 7, pl. 46-47).

Au milieu de chaque tronçon, le rail, pour empêcher le glissement longitudinal, est fixé à la traverse correspondante au moyen de deux boulons traversant le patin (fig. 7, pl. 46-47).

Entre le patin du rail et la traverse est insérée une plaque de fer de 5 millimètres d'épaisseur, en voie courante et de 7 millimètres d'épaisseur, aux abords des croisements.

c). *Crémaillère.* La crémaillère est à deux lames, à dentures croisées, dont les axes sont à 48 millimètres l'un de l'autre. Les lames ont 85 millimètres de hauteur totale, 20 millimètres d'épaisseur, le pas est comme toujours de 120 millimètres.

Les lames ont 2 876 millimètres de longueur, et comme les traverses sont espacées de 960 millimètres, entre deux lames consécutives, il y a un jeu de 4 millimètres pour l'adilatation. Les joints sont placés sur les coussinets fixant la crémaillère aux traverses, et naturellement, quand sur un de ces derniers, est établi un joint d'une des lames, l'autre passe ininterrompue.

Les coussinets et le mode d'attache des lames sur ces derniers, sont un peu différentes de ceux employés pour les chemins de fer.

En effet, à cause de l'emploi des ancrs mobiles, fixées aux voitures dont nous parlerons plus loin, l'espace de 28 millimètres entre les deux lames et l'espace de 68 millimètres au-dessous de celles-ci, entre les deux parties du coussinet doivent être libres.

Pour obtenir ce résultat, le coussinet est formé de deux morceaux de cornière $\frac{90 \times 85}{20}$, de 120 millimètres de longueur, fixés chacun sur la traverse à une distance de 68 millimètres au moyen d'un boulon de 20 millimètres. Chacune des lames est fixée à la cornière correspondante au moyen de deux boulons à têtes noyées (fig. 3, pl. 46-47).

La partie supérieure des lames de la crémaillère est à 120 millimètres au-dessus

de la face supérieure des traverses, soit en voie courante à la même hauteur que les têtes des rails et près des croisements à deux millimètres au-dessous.

d) *Croisements.* — Les croisements sont établis au commencement et à la fin de l'évitement, les rails sont fixes. Les deux extérieurs, formant le prolongement des rails de la voie unique, ne sont pas interrompus. Les deux rails intérieurs (fig. 6, pl. 46-47) ont leur origine près des rails extérieurs et sont interrompus chacun au passage de la crémaillère de l'autre voie (dont la partie supérieure, comme nous l'avons vu, est à deux millimètres en contrebas) et à leur croisement.

Au croisement, les deux lames de la crémaillère commencent à s'écarter de plus en plus et chacune d'elles devient la lame extérieure de la crémaillère de la voie correspondante. Chacune des lames intérieures de ces crémaillères est installée à la distance réglementaire de la lame extérieure, dès que l'écartement de ces deux dernières le permet.

e) *Galets et poulies porteuses du câble.* — Les deux brins du câble doivent se trouver à 0^m,50 de distance l'un de l'autre, symétriquement de chaque côté de la crémaillère.

Dans les alignements droits, les deux brins glissent sur des galets de 0^m,16 de diamètre, munis de paliers reposant sur des règles de fer, prenant appui sur deux traverses consécutives (fig. 4, pl. 46-47).

Ces galets sont espacés de 14^m,40, sur le plan (fig. 1, pl. 46-47) est indiqué pour chaque alignement droit le nombre de paires de galets.

Dans les courbes, la direction des brins du câble est assurée au moyen de poulies de 0^m,60 de diamètre dont l'axe est incliné de manière que la joue contre laquelle le brin appuie, l'empêche de prendre la direction de la corde. Le plan indique pour chaque courbe le nombre et la position de ces poulies.

2° VOITURES

Chaque voiture de 6 mètres de longueur et 1^m,60 de largeur, comporte quatre compartiments et deux plateformes, aux extrémités. Le nombre total des voyageurs qui peuvent prendre place dans une voiture, est de 32, soit 8 dans chaque compartiment. La partie inférieure de chaque voiture de construction, aussi légère que possible, est en bois; le châssis est en fer et repose sur les essieux au moyen de longerons.

Chaque voiture porte, pour empêcher les déraillements, deux ancrs de sûreté (fig. 5, pl. 46-47). Ces ancrs sont des tiges d'acier, qui se déplacent entre les lames de la crémaillère et sont munies à la partie inférieure d'une tête

plus large, qui se meut dans le vide entre les deux cornières formant les coussinets, au-dessous des lames.

Le châssis repose sur deux essieux espacés de 3 mètres. Chacun de ces essieux est formé de trois parties absolument indépendantes, sur lesquelles sont fixées, au milieu, la roue dentée et sa poulie de frein et de chaque côté, une roue porteuse (fig. 4, pl. 46-47).

Chaque voiture a d'un même côté, deux roues porteuses avec jante à double boudin ; ces deux roues assurent la direction de la voiture aux croisements, car elles ne quittent pas le rail extérieur qui, comme nous l'avons vu, n'est pas interrompu.

De l'autre côté, la voiture a deux larges roues, à jantes plates, qui aux croisements passent facilement d'un rail sur l'autre et ensuite sur la crémaillère de la voie que la voisure ne suit pas, grâce à la surélévation du rail dont nous avons parlé.

Naturellement, les roues à double boudin, sur une des voitures sont établies à gauche et suivent le rail correspondant, et sur l'autre à droite, suivant l'autre rail.

Les roues dentées sont montées sur les parties médianes des essieux ; chacune d'elle comporte deux disques d'acier dont les dentures sont croisées, qui entourent une large poulie de fonte clavetée sur la partie de l'essieu correspondante.

Les deux disques dentés ne sont pas, comme dans les roues dentées des locomotives, fixées au moyen des ressorts. Ils sont fixés à la poulie en fonte, montée sur l'essieu, par huit boulons, qui servent également à maintenir les deux joues de la poulie de frein.

Les joues de ces poulies ont une section en forme de cornière et la face extérieure pour augmenter la surface frottante est munie de cannelures à 90°. (Les détails de la fig. 8, pl. 46-47 représentent une roue avec disques d'acier de 60 millimètres d'épaisseur. Ceux employés au Bürgenstock ont 48 millimètres d'épaisseur, mais la disposition est la même.)

3° CABLE

Il est formé de 114 fils d'acier de 3 millimètres de section, avec âme en chanvre. Sa résistance à la rupture est de 42 000 kilogrammes ; son poids par mètre courant de 3 k. 20. La longueur totale est de 1000 mètres, car à la partie supérieure comme nous le verrons, il s'enroule sur la poulie motrice et sur une poulie de renvoi.

Chacune de ses extrémités est fixée à la voiture correspondante à la partie inférieure d'un levier. L'attache a lieu au moyen d'un tube d'acier, percé d'une cavité conique dans laquelle l'extrémité du câble est scellée au métal.

Pour éviter la flexion, la partie de ce tube qui porte contre le levier a une forme sphérique qui permet au tube de prendre la direction du câble.

4° FREINS

Chaque voiture est munie de deux freins, l'un qui peut être actionné par le conducteur, agit sur la roue dentée inférieure, l'autre automatique agit sur la roue dentée supérieure.

a) *Frein à main* (fig. 8, pl. 46-47). — Pour mettre en action ce frein, le conducteur n'a qu'à tourner un volant muni d'une manivelle L, fixé à une tige dont l'extrémité inférieure est filetée. Sur cette partie filetée est fixé un écrou N qui ne peut participer au mouvement de rotation et par conséquent monte ou descend, suivant le sens de la rotation du volant.

Les deux joues de la poulie de frein sont entourées chacun d'un ruban d'acier, auquel sont fixés des sabots de frein.

L'une des extrémités de chacun de ces rubans est attachée en un point fixe H, l'autre est fixée à l'extrémité de leviers K I, sur un petit arbre I. Sur cet arbre est fixé un levier M I, portant un contrepoids C', et dont l'extrémité est commandée par une étrier M N, fixé à l'écrou N.

Quand par la suite de la rotation de la manivelle l'écrou N descend, le contrepoids agit sur le levier M I et le fait descendre, de sorte que les leviers K I exercent une traction sur les rubans et mettent les freins en action.

b) *Frein automatique*. — Les rubans d'acier qui entourent les joues de la poulie de frein supérieure ont chacun une de leurs extrémités fixées en V et l'autre en D, sur un levier E R, pouvant osciller autour du point E. Un contrepoids C, fixé à l'extrémité de ce levier, tend à le faire tomber et à serrer le frein par suite de la position des points V et D.

Le câble est attaché à la partie inférieure d'un levier coudé oscillant autour d'un axe. Tant que le câble exerce une traction sur la partie inférieure du levier qui bute à la partie supérieure contre une cornière G, ce dernier maintient un levier E B, fixé au levier à E R, dans la position indiquée au dessin et empêche le contre-poids d'agir.

Si une rupture du câble se produit, le levier coudé cesse d'appuyer sur l'extrémité du levier E B, le contre-poids provoque alors la chute du levier E R, et met instantanément en action le frein.

Ce frein peut également être mis en action par le conducteur qui, en appuyant avec le pied sur un levier O, annule par l'intermédiaire d'un renvoi de leviers, indiqué en pointillé sur le dessin, l'action du levier coudé, et provoque la chute du contre-poids, ce qui met le frein en action.

5° INSTALLATIONS MÉCANIQUES

La force nécessaire au fonctionnement du chemin de fer est fournie par deux dynamos A et B de 25 chevaux chacune (fig 9, pl. 46-47).

Ces deux dynamos qui exécutent 700 révolutions par minute, actionnent par l'intermédiaire de courroies un arbre xy , sur lequel sont montées deux roues coniques qui peuvent glisser le long de l'arbre et qui au moyen d'une fourchette d'embrayage, peuvent soit faire tourner un arbre auxiliaire VZ dans un sens ou dans l'autre, soit cesser de l'actionner.

Cet arbre auxiliaire, en commande un second st sur lequel est monté un pignon P, commandant une roue dentée P', sur chacun des côtés de laquelle est montée une poulie à gorge de bois C et B de 4 mètres de diamètre. L'arbre de ces poulies motrices exécute cinq révolutions par minute, ce qui correspond à peu près à une vitesse de un mètre pour le déplacement du câble et des voitures.

Le câble vient s'enrouler directement sur la poulie motrice C, puis de là passe sur une poulie de renvoi E de 3 mètres de diamètre, revient sur la poulie motrice D et passe ensuite sur une poulie F montée folle sur le même arbre que la poulie E et vient ensuite s'attacher à la seconde voiture.

Les dynamos marchant à 700 tours par minute, l'arbre principal a une vitesse de 140 tours et le treuil principal, de 4 mètres de diamètre, une vitesse de 5 tours, ce qui donne pour le câble une vitesse de 1 mètre à la seconde, environ.

Un frein à vis permet de modérer la vitesse dans le cas où la voiture descendante est beaucoup plus chargée que la voiture montante.

Un appareil spécial indique à chaque instant au mécanicien la position simultanée de deux voitures. Cet appareil est fermé d'une vis sans fin portant un écrou qui ne peut tourner. Quand la vis sans fin est actionnée par la transmission, cet écrou qui porte un index se déplace et l'index indique sur un tableau la position simultanée des deux voitures.

Un frein automatique arrête instantanément les engrenages quand les voitures sont à fin de course, et un appareil coupe en même temps le courant.

Sur l'arbre principal xy est monté un cône de friction qui le soir permet de mettre en mouvement une dynamo pour l'éclairage électrique de l'hôtel. Pendant que le chemin de fer ne marche pas, le courant est utilisé pour actionner une troisième dynamo, qui commande une pompe alimentant l'hôtel en eau de source.

La force motrice est fournie par une chute d'eau, située à environ 4 kilomètres du Burgenstock. Sur cette chute est installée une turbine de 120 à 150 chevaux.

Cette dernière commande deux dynamos génératrices, du système Thury, de 800 volts et 20 à 25 ampères à la vitesse normale de 800 tours.

Ces deux machines sont montées en tension et le courant de 1600 volts est

amené aux réceptrices, au moyen d'une distribution à 3 fils de 4,5 millimètres de diamètre.

Quand l'une des génératrices travaille seule, on couple le conducteur neutre avec l'un ou avec l'autre conducteur.

Les caractéristiques des machines sont les suivantes :

1° Machines génératrices.

Résistance de l'inducteur	1,30 ohm.
Résistance de l'induit	0,60 —
Diamètre des induits	0 ^m ,250
Longueur des induits	0 ^m ,350
Longueur utile enroulée par volt (pour 300 volts aux bornes).	0 ^m ,185

Pour un courant de 20 ampères, on a :

Travail des deux machines 1600 volts et 20 ampères . . .	32,000 watts.
Résistance intérieure : 76 volts, 20 ampères . . .	1,530 —
Frottements et courants de Foucault	900 —
Travail absorbé.	<u>34,420 watts.</u>

2° Machines réceptrices.

Résistance de l'inducteur	1,30 ohm.
Résistance de l'induit	0,50 —
Diamètre des induits	0 ^m ,230
Longueur de induits	0 ^m ,350
Longueur utile enroulée par volt (pour 712,5 volts). . .	0 ^m ,190

Pour un courant de 20 ampères, on a :

Travail : 1,425 volts et 20 ampères	28,500 watts.
Pertes dues à la résistance : 72 volts et 20 amp. }	2,340 —
Pertes dues aux frottements et courants de Foucault	
Travail utile disponible	<u>26,160 watts.</u>

Le rendement est donc de $\frac{26160}{34420} = 0,76$.

Ce rendement varie très peu quelque soit le travail à transmettre.

Comme les orages sont très fréquents sur le Bürgenstock, on a dû prendre des dispositions spéciales pour mettre les conducteurs à l'abri de la foudre.

Aux extrémités de chaque ligne, on a installé un paratonnerre à pointe com-

muniquant avec la terre, une bobine d'induction, offrant une résistance très faible à un courant continu et une résistance excessivement forte à un courant instantané; puis un condensateur à grande surface, dont une armature communique avec la terre et dont l'autre est branchée entre la bobine et la machine.

Les faibles décharges qui peuvent traverser la bobine viennent au condensateur et n'atteignent pas la machine.

Une faible partie des fortes décharges vient se condenser, le reste qui ne peut traverser la bobine passe à la terre par le parafoudre. S'il se produit un contact sur la ligne, il ne peut en résulter aucune avarie aux machines, car dans ce cas, deux déclancheurs automatiques ferment le circuit excitateur des machines et ces dernières sont immédiatement désamorçées.

La turbine motrice a été installée par la maison Bell de Kriens et la partie mécanique et électrique par la maison Cuenod Sautter et C^{ie} de Genève.

LE MATÉRIEL & L'OUTILLAGE

de la voie courante

à l'Exposition Universelle de 1889

PAR

L. BURGUION

INGÉNIEUR PRINCIPAL A LA C^{ie} DES CHEMINS DE FER DE L'EST

Pour les chemins de fer à voie normale, l'accroissement progressif du poids des locomotives et de la vitesse des trains, a conduit à renforcer la voie, notamment sur les lignes à grand trafic.

Ce résultat a été atteint par l'emploi de rails à la fois plus lourds et plus longs, par l'augmentation du nombre des traverses, par la consolidation des joints et autres attaches des rails.

D'autre part, l'extension croissante des chemins de fer a favorisé l'usage de la voie étroite qui par cela même qu'elle comporte l'emploi de courbes de plus faibles rayons, permet d'établir des lignes moins coûteuses, surtout dans les régions accidentées.

La voie de 1 mètre de largeur a été d'abord généralement adoptée, concurremment avec la voie de 0^m,75.

La voie de 0^m,60, qui est restée longtemps localisée sur la petite ligne bien connue du Festiniog, dans le pays de Galles, tend actuellement à se généraliser pour les lignes dont l'importance du trafic ne comporte même pas l'établissement de la voie de 1 mètre ou de 0^m,75.

Enfin la voie monorail, ou voie à rail unique surélevé, qui dans certains cas est encore plus économique que la voie de 0^m,60, vient de faire son apparition et a déjà reçu plusieurs applications.

A l'Exposition se trouvaient les spécimens des dispositifs les plus récemment adoptés pour ces divers types de voies, ainsi que quelques outils nouveaux relatifs à la voie normale.

Nous examinerons successivement :

- Les voies normales des chemins de fer français ;
- Les traverses en bois ;
- Les traverses métalliques ;
- La voie de 0^m,60, système Decauville ;
- La voie de 0^m,60, système Legrand ;
- Le monorail, système Lartigue ;
- Le levier pour le relevage des voies, système Cito et Funck ;
- Le chargeur de rails, système Guyenet exposé par la Compagnie d'Orléans ;
- La trieuse à ballast, système Lachèze ;
- L'instrument pour relever le profil des rails ou profilographe pour rails, système Napoli, exposé par la Compagnie de l'Est ;
- Les appareils pour mesurer la vitesse des trains.

VOIES NORMALES DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS

Les six grandes Compagnies françaises de chemins de fer, et l'Administration des chemins de fer de l'État ont présenté les types les plus récents de leurs voies.

Nous nous occuperons principalement des voies en rails les plus lourds actuellement en usage dans chacun de ces chemins de fer, à savoir :

Les voies en rails d'acier :

Double champignon de 38 kilog., du Midi ;
 d° de 40 kilog., de l'État ;
 d° de 42,500, de l'Orléans ;
 d° de 44 kilog., de l'Ouest.

Vignole de 43 kilog., du Nord ;
 d° de 44 kilog., de l'Est ;
 d° de 47 kilogrammes, du P.-L.-M.

Voie en rails d'acier à double champignon de 38 kgs. de la Compagnie du Midi

(Planches 1-2)

La Compagnie du Midi emploie exclusivement des rails en acier à double champignon symétriques, du poids de 38 kilogrammes par mètre linéaire et d'une longueur de 11 mètres. Cette longueur, exactement double de celle de

5^m,50 adoptée antérieurement, permet de substituer facilement les uns aux autres, pour l'entretien, les rails anciens et les rails nouveaux.

Les rails reposent par l'intermédiaire de coussinets en fonte sur des traverses en bois. Leurs joints sont en porte à faux et concordants.

Les coussinets sont de deux modèles, l'un de 10^k,500 qui présente sur la traverse une surface d'application de 0^m2,0316, l'autre de 14^k,500 dit « à large semelle » dont la surface d'application est de 0^m2,0427. Le modèle de 14^k,500 est employé sur les lignes où circulent des trains rapides, le modèle de 10^k,500 sur les autres lignes.

La surface d'application du coussinet à large semelle est à peu près double de celle des coussinets employés à l'origine de la construction du réseau.

Les coussinets sont fixés sur les traverses au moyen de tirefonds galvanisés de 21 millimètres de diamètre, employés exclusivement depuis 1880, au lieu des chevillettes dont la résistance à l'arrachement a été reconnue notablement inférieure.

Des expériences faites à ce sujet par la Compagnie du Midi ont montré que les efforts nécessaires pour arracher une chevillette ou un tirefond posés dans les conditions ordinaires du sabotage sont respectivement de :

1274 kilogrammes ou 4466 kilogrammes dans une traverse en pin ;

2078 kilogrammes ou 4717 kilogrammes dans une traverse en chêne.

Les rails sont maintenus dans les coussinets au moyen de coins *en chêne* ou *en acier*.

Les coins en chêne sont de deux longueurs ; les plus courts se placent aux coussinets voisins des joints, les plus longs aux autres coussinets.

Les coins en acier sont du système David ; ils sont formés d'une lame d'acier recourbée sur elle-même, comme le montre la figure 1 et constituent un ressort dont la pression sur la joue du coussinet dépend de la dépression à faire subir au coin pour le mettre en place. Ces coins métalliques sont employés depuis plusieurs années sur des voies principales très fatiguées où ils se comportent très bien ; une fois enfoncés ils restent en place sans jamais se desserrer.

Les éclisses des joints des rails sont en acier. L'éclisse extérieure a 0^m,450 de longueur ; elle porte une cannelure pour recevoir la tête des boulons d'assemblage et empêcher ces derniers de tourner pendant le serrage des écrous. L'éclisse intérieure a 0^m,540 de longueur ; elle bute contre les coussinets voisins du joint et s'oppose ainsi au déplacement longitudinal des rails.

Le nombre de traverses par longueur de rail de 11 mètres est normalement de 12 ; il est porté à 14 dans les fortes déclivités et dans les courbes de petit

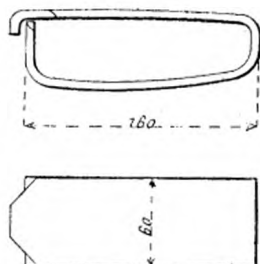


Fig. 1

rayon. Leur écartement d'axe en axe est de 0^m,60 pour les travées de joint, de 0^m,60, également pour la travée centrale et de 0^m,98 ou 0^m,817 pour les autres travées suivant qu'il y a 12 ou 14 traverses par longueur de rail. L'écartement de 0^m,60 de la travée centrale a été admis dans le but de permettre à une équipe de quatre hommes, de remplacer, en cas de rupture, un rail de 11 mètres par deux rails de 5^m,50 dont les rateliers de secours sont garnis à cet effet.

Voie en rails d'acier à double champignon de 40 kgs. de l'Administration des Chemins de fer de l'État

(Planches 3-4)

L'Administration des chemins de fer de l'État qui a jusqu'à présent posé dans ses voies des rails en acier à double champignon symétriques de 38 kilogrammes et de 11 mètres, du type de la Compagnie d'Orléans, vient d'adopter un nouveau type à double champignon dissymétrique qui a la même longueur de 11 mètres et qui pèse 40 kilogrammes le mètre courant.

Les rails de ce type reposent, par l'intermédiaire de coussinets en fonte à large base, sur des traverses en bois, avec joints en porte à faux et croisés à mi-rail, c'est-à-dire qu'un joint d'une file de rails correspond au milieu du rail de l'autre file.

Les coussinets sont fixés chacun par trois tirefonds de 21 millimètres de diamètre.

Ce qui les caractérise, c'est que deux de leurs trous sont disposés pour recevoir des bagues coniques en bois dans lesquelles les tirefonds passent avec frottement, et qui ont pour but de bien maintenir l'écartement de la voie. Une rondelle en fer placée sous la tête de chaque tirefond permet de pratiquer un serrage énergique sur la bague en bois et de l'enfoncer jusqu'au refoulement dans le trou du coussinet tant au moment de la pose qu'au fur et à mesure qu'il se produit de l'usure. Quand une bague usée ne procure plus un assemblage rigide, on la remplace par une autre.

Avec ces coussinets, on emploie soit des coins en bois, soit des coins en acier du système David.

Les éclisses des joints sont renforcées par un prolongement de leur partie inférieure; elles sont fixées par quatre boulons de 25 millimètres de diamètre. L'éclisse extérieure à la voie porte une rainure destinée à recevoir les têtes des boulons pour empêcher ces derniers de tourner, lorsqu'on les serre ou qu'on les desserre; sa longueur est de 0^m,45. L'éclisse intérieure a une longueur de 0^m,46; elle bute contre l'embase des coussinets voisins, ce qui empêche le rail de se déplacer longitudinalement.

Les traverses sont au nombre de 12 par longueur de rail.

Leur espacement d'axe en axe est de 0^m,60 pour les intervalles qui correspondent aux joints, et de 0,980 pour les autres intervalles.

Voie en rails d'acier à double champignon de 42 kgs. 50 de la Compagnie d'Orléans

(Planches 5-6)

La Compagnie d'Orléans, dont les voies sont en grande partie formées de rails en acier à double champignon symétriques de 38 kilogrammes, emploie pour ses voies fatiguées des rails à double champignon dissymétriques qui pèsent 42^k,50 le mètre courant et ont une longueur de 11 mètres.

Ces nouveaux rails, comme d'ailleurs ceux de 38 kilogrammes, sont posés avec joints en porte à faux et concordants.

Ils sont emprisonnés au moyen de coins en bois dans des coussinets en fonte à large base, fixés chacun par trois tirefonds de 22 millimètres de diamètre, sur des traverses en bois.

Les éclisses des joints sont renforcées par un prolongement de leur partie inférieure et sont réunies par quatre boulons de 25 millimètres de diamètre; elles ont toutes deux 0^m,45 de longueur, et butent contre les coussinets voisins pour s'opposer au déplacement longitudinal des rails. L'éclisse placée à l'intérieur de la voie comporte une rainure dans laquelle les têtes des boulons se logent, ce qui empêche ces derniers de tourner pendant le serrage ou le desserrage.

La pose se fait sur 12 ou 14 traverses par longueur de rail.

L'espacement des traverses d'axe en axe est de 0^m,60 au joint, de 0^m,70 pour les intervalles contre-joint et de 1 mètre ou 0^m,8186 pour les autres intervalles suivant qu'il y a 12 ou 14 traverses.

Voie en rails d'acier à double champignon de la Compagnie de l'Ouest

(Planches 7-8)

Les rails en acier que la Compagnie de l'Ouest vient d'adopter pour ses lignes fatiguées, en remplacement des rails à double champignon symétriques de 38^k75 en usage sur son réseau, sont à double champignon dissymétriques, pèsent 44 kilogrammes le mètre courant et ont une longueur de 12 mètres.

Ces rails sont posés avec joints en porte à faux et concordants, sur des tra-

verses en bois, par l'intermédiaire de coussinets en fonte fixés chacun par deux tirefonds de 21 millimètres de diamètre.

Ils sont emprisonnés dans les coussinets au moyen de coins en acier système David.

Les éclisses des joints sont renforcées par un prolongement de leur partie inférieure; elles sont réunies au moyen de quatre boulons de 25 millimètres de diamètre. L'éclisse extérieure a 0^m,45 de longueur et l'éclisse intérieure 0^m,46. Les trous de boulons de l'éclisse intérieure sont ovalisés de manière à recevoir des ergots dont les têtes des boulons sont munies pour assurer leur fixité pendant l'opération du serrage ou du desserrage; de plus cette même éclisse intérieure bute contre la base des coussinets adjacents, ce qui empêche les rails de se déplacer longitudinalement.

La pose se fait avec 15 ou 18 traverses par longueur de rail.

L'espacement d'axe en axe des traverses contre-joint est de... 0,60

Les autres traverses sont espacées suivant qu'elles sont au

nombre de.....	15 ou 18
pour chaque intervalle voisin de celui du joint de.....	0,72 ou 0,64
pour les autres intervalles, de.....	0,83 ou 0,67

Voie en rails Vignole acier de 43 kgs. de la Compagnie du Nord

(Planches 9-10)

La Compagnie du Nord dont la plupart des voies sont en rails Vignole acier de 30 kilogrammes remplace actuellement sur ses lignes parcourues par les trains rapides, les rails de 30 kilogrammes par des rails Vignole acier de 43 kilogrammes, au fur et à mesure des besoins de l'entretien et du renouvellement des rails.

Ces nouveaux rails de 43 kilogrammes reposent, comme d'ailleurs ceux de 30 kilogrammes, sur des traverses en bois par l'intermédiaire de semelles en feutre goudronné dont le but est de préserver le bois contre l'usure.

Ils ont 12 mètres de longueur et sont fixés sur chaque traverse au moyen de deux tirefonds de 23 millimètres de diamètre; les joints sont en porte à faux et concordants.

L'éclissage des joints est obtenu au moyen d'éclisses cornières à quatre boulons de 0^m,025 de diamètre. Les extrémités du patin de ces éclisses portent des encoches qui butent contre la tête des tirefonds des traverses contre-joint, ce qui empêche le glissement longitudinal des rails.

Pour s'opposer au déplacement latéral de la voie, on relie les deux traverses

voisines du joint ainsi que les deux traverses situées vers le milieu du rail, par deux petits madriers de 0^m,10 de hauteur sur 0^m,05 ou 0^m,06 d'épaisseur que l'on fixe aux abouts de ces traverses au moyen de broches.

On pose par longueur de rail :

12 traverses sur les points où la vitesse réelle des trains ne dépasse jamais 80 kilomètres à l'heure ;

13 traverses sur les points où la vitesse réelle varie de 80 à 95 kilomètres ;

14 traverses sur les points où la vitesse dépasse même accidentellement 95 kilomètres.

L'espacement d'axe en axe des traverses voisines des joints est invariablement de 0^m,70.

Les autres traverses, suivant qu'il y en a par longueur de rail, 12, 13 ou 14 sont espacées régulièrement de 1^m,0272 - 0^m,9416 ou 0^m,869.

Voie en rails Vignole acier de 44 kgs de la Compagnie de l'Est

(Planches 11-12)

Les rails Vignole acier de 30 kilogrammes dont l'emploi exclusif est adopté depuis longtemps par la Compagnie de l'Est règnent sur une grande partie de son réseau. Jusqu'en 1887 leur longueur était de 8 mètres avec pose sur 9, 10 ou 11 traverses. Depuis, la longueur de 12 mètres a été admise avec pose sur 14 ou 16 traverses.

Actuellement, on emploie sur les lignes de grands parcours, au fur et à mesure des remplacements nécessités par les besoins de l'entretien des voies de tout le réseau, des rails ayant également 12 mètres de longueur mais qui pèsent 44^k,200 par mètre linéaire.

Ces rails sont posés avec joints en porte à faux et croisés à mi-rail, c'est-à-dire de manière que les joints d'une file de rails correspondent au milieu des rails de l'autre file ; ils sont fixés sur les traverses au moyen de tirefonds goudronnés de 23 millimètres de diamètre.

Des semelles en feutre goudronné sont interposées entre les rails et les traverses afin de préserver le bois contre l'usure.

L'écissage des joints est obtenu au moyen de deux éclisses cornières réunies par quatre boulons de 27 millimètres pourvus de rondelles Grover.

Les éclisses cornières sont tirefonnées sur les traverses de contre-joint, ce qui empêche le glissement longitudinal des rails.

Les traverses sont au nombre de 16 par longueur de rail. Leur espacement

d'axe en axe est de 0^m,65 pour les travées de joint, de 0^m,75 pour les travées contre-joint et de 0^m,77 pour les autres travées.

Pour améliorer la tenue des joints dans la voie, la Compagnie de l'Est vient d'adopter, à titre d'essai, à la suite d'expériences ayant donné de bons résultats, un nouveau système de pose avec joints concordants qui est caractérisé par le rapprochement des traverses contre-joint dont l'espacement d'axe en axe est réduit à 0^m,42.

Un aussi faible espacement a pu être obtenu, sans nuire au bourrage, grâce à un chanfrein de 45° pratiqué sur une des arêtes supérieures de chacune des traverses contre-joint, de part et d'autre du rail.

Les figures 2 à 4 représentent les détails des joints et le plan de pose adopté pour les rails de 30 kilogrammes ayant 12 mètres de longueur et reposant sur 16 traverses.

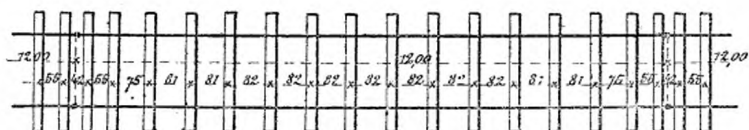


Fig. 2

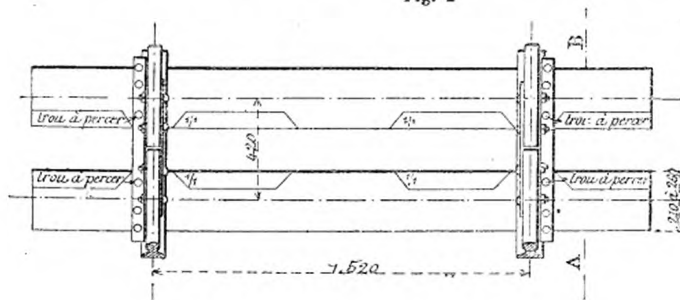


Fig. 3

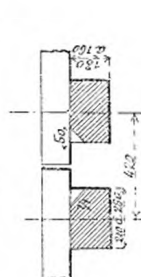


Fig. 4

L'espacement de 0^m,42 a été admis pour les traverses contre-joint, afin de pouvoir conserver les anciennes éclisses-cornières dans le patin desquelles il suffit de percer deux nouveaux trous comme le montre la figure 3.

Voie en rails Vignole acier de 47 kgs. de la Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée (Planches 13-14)

La Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée emploie actuellement des rails Vignole acier de 12 mètres de longueur et pesant 34, 39 et 47 kilogrammes le mètre courant.

Les rails de 34 kilogrammes sont destinés aux lignes secondaires, ceux de 39 kilogrammes aux lignes sur lesquelles circulent des trains express ou des trains de marchandises fortement chargés ceux de 47 kilogrammes aux pentes les plus fortes des lignes à grande circulation.

Les rails de 47 kilogrammes sont posés, avec joints en porte à faux et concordants, sur des traverses en bois dur, soit en chêne, soit en hêtre créosoté.

Ils sont fixés au moyen de tirefonds en acier de 20 millimètres de diamètre. Il y a généralement deux tirefonds par rail et par traverse.

Des selles en acier, avec saillies de chaque côté, sont interposées entre le rail et la traverse; elles sont destinées à rendre solidaires les tirefonds placés de chaque côté du rail et à protéger à la fois le rail et les traverses contre une usure trop rapide.

Ces selles sont percées de quatre trous, mais il n'y en a généralement que deux d'utilisés par les tirefonds, les deux autres servent comme trous de rechange en cas de besoin.

Pour l'éclissage, on emploie des éclisses cornières à 6 boulons de 25 millimètres de diamètre. Elles sont fixées sur les traverses au moyen des tirefonds qui traversent les selles : elles empêchent ainsi le déplacement en avant des rails.

Le nombre des traverses par longueur de rail est normalement de 15 ou 16, suivant la résistance que doit offrir la voie.



Fig. 5

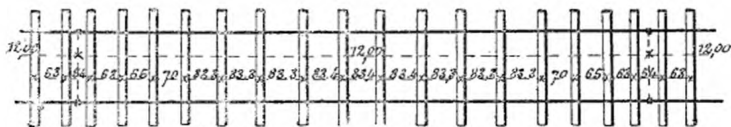


Fig. 6

Leur écartement d'axe en axe qui est de 0^m,54 au joint, augmente progressivement conformément aux indications des figures 5 et 6 pour atteindre un maximum de 0^m,95 ou 0^m,834 suivant qu'il y a 15 ou 16 traverses par longueur de rail.

TRAVERSES EN BOIS

Les traverses en bois de chêne ou de hêtre préparées à la créosote ou au chlorure de zinc continuent à être généralement employées pour les chemins de fer.

Les Compagnies françaises de l'Est et de l'Ouest ont exposé des spécimens de leurs traverses créosotées, qui avaient 20 ans de service et qui étaient encore bien conservées.

La Compagnie de Bône à Guelma a présenté des échantillons de trois espèces de traverses qu'elle emploie à l'entretien de ses lignes, à savoir :

(A) Traverses en chêne zéen non injectées provenant, les unes, de la forêt Beni-Salah (Algérie), les autres, de la forêt des Ouchtettas (Tunisie).

Le chêne zéen est une essence spéciale à la côte barbaresque. Il occupe, en Tunisie, dans les régions montagneuses de la Kroumirie, une étendue de plus de 10 000 hectares.

Ce chêne, qui croît dans les sols conservant de la fraîcheur pendant toute l'année, atteint une hauteur de 25 à 30 mètres avec une circonférence de 3 mètres. Il pousse rapidement et donne cependant un bois très-dense, résistant bien à la pourriture et se conservant longtemps malgré les alternatives de sécheresse et d'humidité, qualité qui est précieuse pour son emploi comme traverses de chemins de fer.

Les traverses en chêne zéen ont toutefois une tendance à se déjeter, à se gercer et à se fendre. Pour diminuer cet inconvénient il faut avoir le soin d'abattre les arbres pendant l'hiver, au moment où la végétation est la moins active.

(B) Traverses en hêtre de Croatie injectées au chlorure de zinc.

Ces traverses proviennent de vastes forêts de hêtres situées sur des collines de sables argileux. Les arbres dans lesquels elles sont débitées sont âgés de 60 à 90 ans et donnent un bois qui atteint, après injection et exposition à l'air, une durée remarquable.

(C) Traverses en eucalyptus non injectées.

Les traverses en eucalyptus ne sont pas encore entrées dans la pratique courante de la Compagnie de Bône à Guelma, qui ne les a encore employées qu'à titre d'essai; mais les résultats obtenus lui font espérer que ces traverses seront d'un usage avantageux.

Ces essais ont montré toutefois qu'on ne doit employer que l'*eucalyptus resinifera* ou *red gum*, dont les fibres sont rectilignes, à l'exclusion de l'*eucalyptus globulus* ou *blue gum* qui, avec ses fibres contournées en hélice, ne convient pas pour traverses.

La Compagnie de Bône à Guelma possède le long de sa ligne de Tunisie et dans ses pépinières, plus de 800 000 pieds d'eucalyptus qui, grâce à leur crois-

sance rapide, pourront bientôt fournir des traverses ; les traverses exposées ont, en effet, été prises dans des arbres âgés seulement de 8 ans.

Les trois Compagnies précitées de l'Est, de l'Ouest et de Bône Guelma ont donné, sur le mode de préparation de leurs traverses, des renseignements intéressants que nous reproduisons ci-après :

Préparation des traverses à la créosote par la Compagnie de l'Est

La Compagnie de l'Est prépare ses traverses à la créosote par le procédé Béthel, dans ses ateliers de Port d'Atelier et d'Amagne.

Les traverses sont empilées, au moment de la livraison, en piles mortes de 1^m,80 de hauteur minimum, sur des sous-traites et séchées d'abord à l'air libre.

Elles sont ensuite entaillées et percées à la machine à saboter, puis chargées sur de petits chariots à voie de 0^m,92 qu'on transporte, au moyen de lorrys, dans une étuve à air chaud où ils restent 24 heures au minimum.

Après le séchage à l'air chaud à une température maximum de 80° centigrades, les chariots sortant de l'étuve sont immédiatement introduits dans un grand cylindre en tôle de 1^m,90 de diamètre sur 11 mètres de longueur, qu'on ferme hermétiquement avec deux couvercles mobiles. On fait ensuite le vide dans le cylindre au moyen d'une pompe à double effet, jusqu'à ce que la pression soit réduite à 0^m,11 de mercure.

Le vide est maintenu pendant une demi-heure environ. On ouvre alors une vanne de communication placée entre le cylindre qui contient les traverses et le réservoir d'huile lourde de goudron. L'huile chauffée à 80° centigrades pénètre dans le cylindre jusqu'à une certaine hauteur, par la seule pression atmosphérique.

Lorsque le niveau de l'huile ne s'élève plus dans le cylindre, on ferme la vanne de communication avec le réservoir d'huile, et l'on termine le remplissage avec une pompe aspirante et foulante à simple effet. La pression est portée jusqu'à 6 kilogrammes par centimètre carré et maintenue à cette même pression pendant 1 heure à 1 heure 1/4 environ.

Quand les traverses ont absorbé la quantité d'huile nécessaire, on arrête la pompe foulante et l'on ouvre la vanne de communication avec le réservoir, en même temps qu'un robinet d'air placé à la partie supérieure du dôme du cylindre. L'huile en excédent retourne dans les réservoirs. On ouvre ensuite les deux fonds du cylindre en tôle et on retire les chariots chargés de traverses préparées. On peut commencer aussitôt une nouvelle opération.

Le cylindre contient quatre chariots chargés chacun en moyenne de 42 traverses ; on peut donc préparer par opération 168 traverses.

La quantité d'huile absorbée par opération se mesure au moyen d'un flotteur dont l'indice se déplace sur une règle verticale, divisée en centimètres, qui est fixée

sur le réservoir d'huile. En prenant le niveau de l'huile dans le réservoir, avant et après l'opération, on détermine par différence le volume absorbé par les traverses renfermées dans le cylindre.

Les essences de bois utilisées sont principalement le chêne et le hêtre.

Les traverses en chêne absorbent de 6 à 7 kilogrammes par pièce de $2^m,55 \times 0^m,230 \times 0^m,140$ (dim^s moy^{es}), soit 80 à 90 kilog. par mètre cube.

Les traverses en hêtre absorbent de 25 à 30 kilogrammes par pièce de $2^m,65 \times 0^m,235 \times 0^m,145$ (dim^s moy^{es}), soit 290 à 330 kilog. par mètre cube.

La durée d'une opération, comprenant le chargement du cylindre, le vide, la pression, la vidange, l'ouverture des fonds et le déchargement, est d'environ 4 heures.

Ce mode de préparation est pratiqué par la Compagnie de l'Est, depuis 1865.

Il a procuré des traverses qui se sont bien conservées; car, après 15 ans de service, les quantités hors de service se sont élevées au plus à 15 par mille pour le chêne créosoté, et à 50 par mille pour le hêtre créosoté.

Préparation des traverses à la créosote par la Compagnie de l'Ouest

La Compagnie de l'Ouest prépare à la créosote ses traverses en hêtre et ses traverses en chêne demi-rondes, avec aubier, dans ses trois chantiers de Dieppe, de Mézidon et de La Chapelle-Anthenaise.

De 1865 à 1876, elle a employé, comme la Compagnie de l'Est, le procédé Béthel que nous venons de décrire.

A partir de 1876, elle a apporté à ce procédé une modification consistant à soumettre les traverses, avant l'injection, à un chauffage à la vapeur d'eau sous une pression de cinq atmosphères. Cette opération a eu pour effet de réduire d'un tiers environ la quantité de créosote primitivement absorbée, et d'obtenir en outre une répartition plus régulière de ce produit dans la traverse.

Actuellement, les quantités de créosote absorbée sont en moyenne de 12 à 13 kilogrammes par traverse en hêtre, et de 4 à 5 kilogrammes par traverse en chêne demi-ronde avec aubier.

Préparation des traverses au chlorure de zinc par la Compagnie de Bône-Guelma

La Compagnie de Bône-Guelma prépare ses traverses en hêtre au moyen du chlorure de zinc. Elle a donné la préférence à cet antiseptique, parce qu'il a sur la créosote l'avantage de ne pas se volatiliser sous l'action du soleil.

Les traverses préalablement sabotées sont chargées sur des wagonnets en fer, en forme d'étrier, que l'on introduit dans le cylindre où se fera l'opération.

Après avoir fermé hermétiquement ce cylindre, on y fait pénétrer de la vapeur d'eau qui atteint, au bout d'une demi-heure environ, la pression de 1,5 atmosphère à laquelle correspond une température de 112° 5 centigrades. Cette même pression est maintenue pendant une autre demi-heure.

Pendant cette première phase de l'opération qui constitue l'étuvage, on fait d'abord, à l'aide d'un robinet spécial, sortir l'air que contient le cylindre, puis on fait écouler de temps en temps, au moyen d'un autre robinet, l'eau de condensation et les matières provenant du lessivage des traverses.

Après l'étuvage, on fait sortir la vapeur, et lorsque le cylindre est à peu près refroidi, on y fait le vide jusqu'à ce que la pression descende à 0^m,06 de mercure, ce qui arrive dans l'espace d'une demi-heure environ. Ce vide est maintenu pendant un temps qui varie d'une demi-heure à une heure, suivant que le bois à injecter est plus ou moins sec.

Pendant la durée de cette deuxième phase de l'opération, on fait écouler de temps en temps le liquide qui sort du bois.

Quand l'action du vide est terminée on ouvre, tout en laissant fonctionner la machine pneumatique, la communication entre les bassins contenant le chlorure de zinc et le cylindre où le liquide injectant pénètre, sous l'action de la pression atmosphérique.

Lorsque le niveau du liquide ne s'élève plus dans le cylindre, on ferme la communication avec les réservoirs de chlorure de zinc, on arrête le fonctionnement de la machine pneumatique, puis on achève le remplissage au moyen d'une pompe foulante jusqu'à ce que la pression atteigne 8 atmosphères ; cette pression est maintenue pendant trois heures.

Au bout de ce temps, on arrête la pompe foulante et l'on ramène dans les bassins le chlorure de zinc en excédent. On ouvre ensuite le cylindre et l'on fait sortir les wagonnets avec les traverses.

Le cylindre est alors nettoyé et préparé pour une nouvelle opération.

La durée d'une opération est d'environ six heures.

La quantité de liquide injectant absorbé varie de 25 à 28 kilogrammes par traverse en hêtre.

Ce liquide injectant doit avoir une densité de 1° 5 à 1° 7 Baumé à la température de 17° 5 centigrades.

On l'obtient au moyen d'une solution de chlorure de zinc neutre à 50° Baumé, soigneusement débarrassée de toutes matières étrangères.

Le liquide qui a déjà servi peut être remployé après avoir été mélangé avec une quantité suffisante de solution concentrée pour le ramener à la densité voulue.

TRAVERSES MÉTALLIQUES

Un certain nombre de nouveaux types de traverses métalliques se trouvaient à l'Exposition.

Avant de les décrire, nous donnerons un aperçu des essais qui ont déjà été faits sur les traverses métalliques, et des résultats acquis en ce qui concerne notamment leur emploi et leur avenir.

Les essais de traverses métalliques remontent à 1865.

Dès cette époque, la Compagnie des Chemins de fer de l'État Néerlandais posait dans des voies en rails Vignole, entre Deventer et Olst, sur la ligne d'Arnheim à Groningue, 10 000 traverses en fer qui subsistent encore et paraissent devoir durer au moins trente ans.

Ces traverses dont le type est d'ailleurs abandonné sont formées d'un fer à double T posé horizontalement; elles ont 2^m,70 de longueur et 0^m,20 de largeur avec des ailes de 0^m,062 de hauteur; leur poids est de 57 kilogrammes.

Le rail Vignole repose sur la traverse par l'intermédiaire d'un tasseau en bois de chêne. Il est fixé par deux boulons de 17 millimètres de diamètre qui traversent à la fois le tasseau et la traverse; les têtes de ces boulons s'appuient sur le patin du rail.

En 1865 également, la Compagnie de l'Est français a posé sur la ligne de Paris à Mulhouse 59 traverses en fer du système Vautherin pour rails Vignole.

Ces traverses qui avaient le profil bien connu reproduit par la figure 7, pesaient 30 kilogrammes.

Après huit années de service on avait déjà dû en remplacer 37 dont 10 étaient fendues longitudinalement. L'essai n'a pas été continué.

En 1867, la Compagnie du Nord français a posé 500 traverses semblables aux précédentes. Après huit années de service elles étaient toutes sorties de la voie pour cause de déformation ou de rupture.

En 1867-1868 et 1869, la Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée a posé sur ses chemins algériens, entre Alger et Oran, 90 000 traverses Vautherin qui ont donné de meilleurs résultats.

Ces traverses, qui existent encore, sont en fer et pèsent 35 kilogrammes; elles

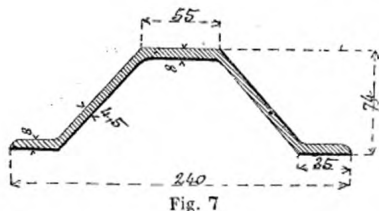


Fig. 7

ont donné lieu jusqu'en 1885, c'est-à-dire pendant les dix-sept premières années de pose, à des remplacements s'élevant ensemble à 3200 soit 3, 5 % seulement.

Leur durée moyenne est évaluée par les Ingénieurs des Chemins de fer algériens à vingt-cinq ans au minimum.

Ce bon résultat, tout différent de ceux qui ont été obtenus par les Compagnies de l'Est et du Nord, s'explique par le peu de fatigue de la voie où se trouvent posées les traverses.

A partir de 1869, les Ingénieurs de la plupart des Chemins de fer allemands et hollandais ont également mis à l'essai des traverses Vautherin en fer du poids de 30 à 35 kilogrammes qu'ils ont bientôt reconnues trop faibles.

Ils ont poursuivi leurs essais avec d'autres traverses du même système ou d'un profil analogue, mais de plus en plus robustes et qui en outre au lieu d'être en fer étaient en acier doux.

Depuis plusieurs années les traverses en acier sont généralement employées, à l'exclusion des traverses en bois, en Allemagne et en Hollande.

On les emploie aussi beaucoup en Autriche et en Suisse.

Dans ces quatre États réunis, la longueur des voies en rails Vignole posés sur traverses métalliques dépasse actuellement 10 000 kilomètres.

TYPE DES TRAVERSES

Les types adoptés définitivement dans les quatre États précités dérivent de la traverse Vautherin. Ils sont au nombre de six, à savoir :

1° *Type Vautherin primitif*. — La traverse de ce type qui est adoptée par la Compagnie des Chemins de fer hollandais est représentée en profil par la figure 8. Elle a 2^m,60 de longueur et pèse 45 kilogrammes.

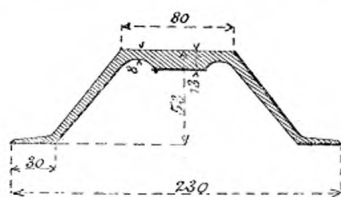


Fig. 8

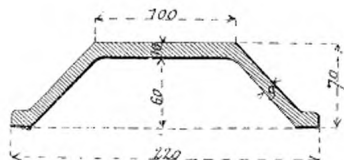


Fig. 9

2° *Type Vautherin à bords étroits*. — La figure 9 montre en profil la traverse de ce type adoptée par les Chemins de fer allemands du Mein-Neckar. Cette traverse a 2^m,50 de longueur et pèse 49 kilogrammes.

3° *Type Vautherin modifié*, dans lequel les bords du type Vautherin primitif sont remplacés par des bourrelets triangulaires.

L'État de Wurtemberg a adopté une traverse de ce type dont le profil fait l'objet de la figure 10. Sa longueur est de 2^m,40 et son poids de 59 kilogrammes.

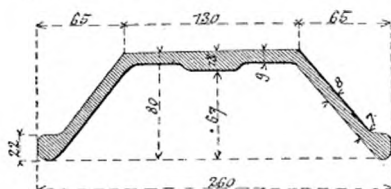


Fig. 10

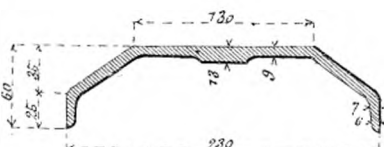


Fig. 11

4° *Type de Berg et Marche* ou *type d'Elberfeld* qui a été obtenu en rabattant verticalement les bords horizontaux de la traverse Vautherin primitive.

La figure 11 représente en profil la traverse de ce type qui est adoptée par le chemin de fer de Berg et Marche (Direction d'Elberfeld, Prusse Rhénane). Cette traverse a une longueur de 2^m,30 et un poids de 45 kilogrammes.

La traverse dite Heindl qui a été adoptée d'abord par les chemins de fer de l'État d'Autriche-Hongrie, puis par les chemins de fer de l'État de Bavière est en réalité du type Berg et Marche; elle n'en diffère que par les dimensions.

Celles des Chemins de fer de l'État d'Autriche est représentée par la figure 12. Sa longueur est de 2^m,40 et son poids de 72 kilogrammes.

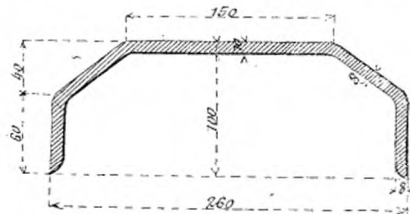


Fig. 12

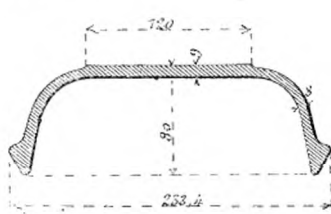


Fig. 13

5° *Type de Berg et Marche modifié*, dans lequel les angles du type Berg et Marche ont été arrondis et les arêtes inférieures renforcées par des bourrelets triangulaires qui augmentent en même temps le moment d'inertie (voir figure 13).

Ce type a été étudié par M. Post, Ingénieur de la Compagnie des Chemins de fer de l'État Néerlandais, pour la traverse qui porte son nom et qui est principalement caractérisée par le renflement et l'inclinaison du métal que l'on obtient au laminage à l'emplacement des rails.

Il est aussi appliqué aux traverses à profil constant.

La Compagnie des Chemins de fer du Saint-Gothard (Suisse) l'a adopté pour ses traverses dont le profil, qui est uniforme, est représenté par la figure 13. La longueur de ces traverses est de 2^m,40 et leur poids de 55 kilogrammes.

6° *Type Haarmann* ou à *chapeau* qui a été obtenu en redressant les faces inclinées de la traverse Vautherin et en élargissant les bords de manière à constituer de véritables semelles qui portent sur le ballast. Ces semelles ont en outre été munies de petits rebords verticaux pour maintenir le bourrage.

La figure 14 représente le profil des traverses de ce type qui ont été adoptées par la direction des Chemins de fer prussiens de la rive droite du Rhin. Elles ont 2^m,40 de longueur et pèsent 50 kilogrammes.

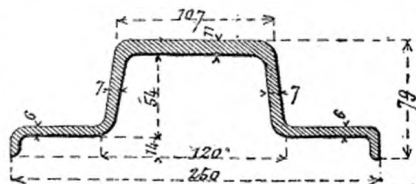


Fig. 14

Si l'on compare en ce qui concerne leur longueur et leur poids les traverses que nous venons de mentionner, on trouve les résultats indiqués dans le tableau ci-après :

TYPES DES TRAVERSES	CHEMINS DE FER où les traverses sont employées	LONGUEURS des traverses	POIDS des traverses
Vautherin primitif	Hollandais	2 ^m ,60	45 kg.
Vautherin à bords étroits	Allemands du Mein-Neckar	2 ^m ,50	49 —
Vautherin modifié	Etat de Wurtemberg	2 ^m ,40	59 —
Berg et Marche ou Elberfeld	Berg et Marche	2 ^m ,30	45 —
Berg et Marche dit Heindl	Etat d'Autriche-Hongrie	2 ^m ,40	72 —
Berg et Marche modifié	St-Gothard (Suisse)	2 ^m ,40	55 —
Haarmann ou à chapeau	Prussiens de la rive droite du Rhin.	2 ^m ,40	50 —

Nous ajouterons que la Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée, guidée par son expérience personnelle des traverses en fer du type Vautherin primitif, qui existent sur ses lignes d'Algérie depuis 1867, a posé en 1885 sur les mêmes lignes 20 000 traverses en acier doux du type Berg et Marche dont la longueur est de 2^m,30 et le poids de 44 kilogrammes.

De leur côté, l'Administration des Chemins de fer de l'État belge et la Compagnie des Chemins de fer de l'Est français ont mis à l'essai en 1886, des traverses Post en acier du type Berg et Marche modifié, qui ont une longueur de 2^m,50 et pèsent 79 kilogrammes.

Cette grande variété dans le profil, dans la longueur et dans le poids des traverses creuses actuellement en usage ou à l'essai, permettra sans doute d'arriver

bientôt à connaître quelles sont les traverses de ce genre qui conviennent le mieux, suivant l'importance du trafic des lignes et, s'il y a lieu, d'après la nature des ballast.

ATTACHE DU RAIL SUR LA TRAVERSE

Dans les traverses des divers types précités, l'attache du rail Vignole est généralement obtenue, soit au moyen de prisonniers maintenus par une clavette verticale, soit au moyen de crapauds fixés par des boulons dont le desserrage est empêché par l'emploi de rondelles à ressort.

Le système d'attache par prisonnier et clavette verticale est celui qui a d'abord été appliqué aux traverses Vautherin.

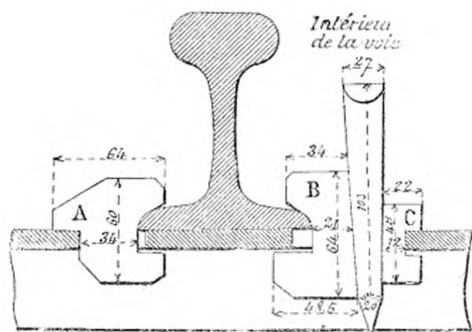


Fig. 15

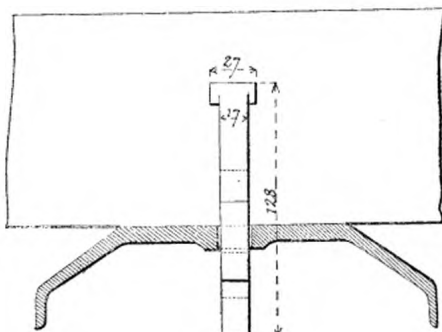


Fig. 16

Les figures 15 et 16 représentent l'une des dispositions actuellement en usage.

Pour obtenir le surécartement de la voie dans les courbes, en emploie des prisonniers spéciaux A et C dont l'épaisseur varie en conséquence; le prisonnier B et la clavette restent les mêmes.

Le mode d'attache dont il s'agit n'a été conservé que par la Direction prussienne d'Elberfeld et par les chemins de fer de l'État de Wurtemberg, de la Suisse occidentale et du Central suisse.

La Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée a également continué à l'appliquer aux 20000 traverses en acier doux du type Berg et Marche qu'elle a posées en 1885 sur ses lignes d'Algérie, en vue de poursuivre les expériences commencées en 1865 sur les mêmes lignes avec des traverses du type Vautherin.

Ce qui l'a décidé à choisir le système à clavette verticale, c'est qu'elle lui a reconnu l'avantage d'assurer à la fois le serrage vertical et le serrage horizontal.

Le système d'attache par crapauds et boulons a été appliqué aussitôt qu'on a pu maintenir le serrage à l'aide de rondelles à ressorts dites « rondelles Grover. »

Il est actuellement en usage sur tous les chemins de fer autres que ceux que nous venons de citer, et son emploi tend à se généraliser de plus en plus.

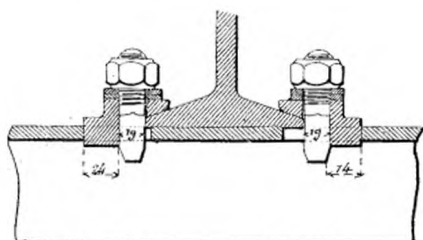


Fig. 17

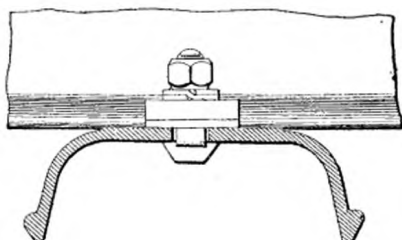


Fig. 18

Les figures 17 et 18 représentent les dispositions adoptées par la Compagnie de Saint-Gothard (Suisse).

L'élargissement de la voie de 0^m,01 ou 0^m,02 dans les courbes s'obtient en interposant soit sur une seule file de rails, soit sur les deux files des crapauds dont les épaisseurs diffèrent de 0^m,01. Pour racheter graduellement la différence de largeur aux extrémités des courbes, on fait usage de crapauds ayant d'autres épaisseurs.

L'un et l'autre système d'attache que nous venons d'examiner et surtout le dernier, assurent bien la fixité du rail sur la traverse et maintiennent rigoureusement la largeur de la voie.

On emploie aussi pour fixer le rail Vignole, un coussinet rivé sur la traverse et dans lequel le patin du rail est emprisonné au moyen d'une clavette horizontale, comme le montre la figure 19.

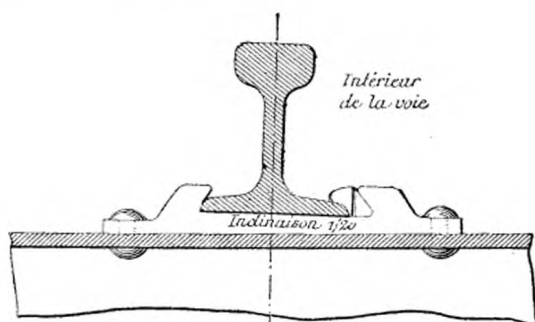


Fig. 19

La clavette est généralement placée à l'intérieur de la voie pour en faciliter la surveillance. Elle porte habituellement à son extrémité la plus étroite une fente que l'on ouvre pour empêcher le desserrage de l'attache.

Ce mode d'attache exige l'emploi de traverses spéciales pour obtenir l'élargissement de la voie dans les courbes.

Il n'est pas encore consacré par un long usage comme les deux systèmes précédents.

Enfin le rail Vignole peut être emprisonné au moyen d'un coin en bois dans un coussinet formé de deux mâchoires en acier estampées qui sont rivées sur la traverse, comme le montre la figure 20.



Fig. 20

Cette disposition a été employée à titre d'essai par la Compagnie anglaise « London and North-Western-Railway. » Elle a été étudiée par M. Webb, directeur des grands ateliers de Crewe, appartenant à cette Compagnie.

Les traverses métalliques creuses dont il s'agit se prêtent aussi à l'emploi des rails à double champignon.

La Compagnie anglaise précitée « London and North-Western-Railway » a mis à l'essai en 1880, des traverses du type Vautherin à bords étroits dont la table supérieure est très large (18 centimètres) et sur lesquelles sont fixés, au moyen de rivets, des coussinets en acier estampés dans lesquels les rails à double champignon sont maintenus comme d'habitude par des coins en bois.

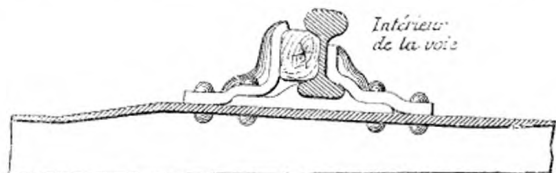


Fig. 21

Ces coussinets, qui ont été imaginés par M Webb, sont formés chacun de trois pièces, comme l'indique la figure 21.

La même Compagnie a mis également à l'essai, mais seulement en 1885, des coussinets en fonte d'une seule pièce qui sont représentés par la figure 22.

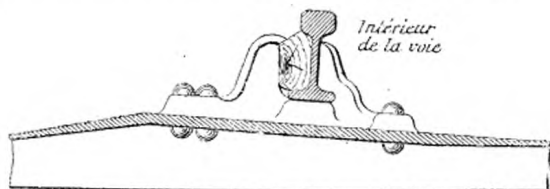


Fig. 22

L'Administration des chemins de fer de l'État français a adopté aussi des coussinets en fonte pour rails à double champignon, avec les traverses en acier du type Berg et Marche modifié, qu'elle a mis à l'essai en 1887, et qui sont aujourd'hui en usage courant sur son réseau. Ces traverses, qui sont représentées figure 23 à 25, ont 2^m,50 de longueur et 0^m,262 de largeur; leur poids est de 58 kilogrammes, non compris les coussinets.

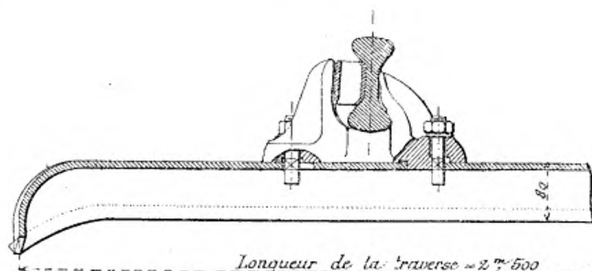


Fig. 23

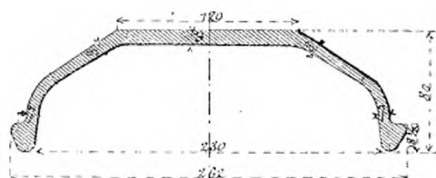


Fig. 24

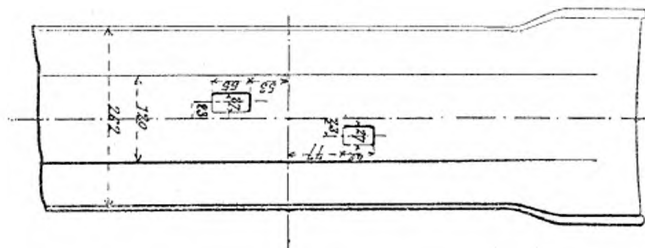


Fig. 25

Chaque coussinet porte deux talons qui s'engagent exactement dans des trous rectangulaires pratiqués dans la traverse; il est fixé par deux boulons qui ne supportent aucun effort de cisaillement par suite de la présence des talons. Au lieu de coins en bois, on emploie des coins en acier du système David, dont nous avons donné la description page 195, à propos de la voie en rails d'acier à double champignon symétrique de 38 kilogrammes, de la Compagnie française des chemins de fer du Midi

INCLINAISON DU RAIL

L'inclinaison du rail Vignole, quel que soit le type de traverse, s'obtient, soit en cintrant la traverse, soit en la coudant, soit par l'addition d'une semelle rivée ou d'une semelle indépendante, soit par l'emboutissage à froid, soit enfin, au laminage avec augmentation de l'épaisseur du métal, conformément au système Post dont nous avons déjà parlé.

Les traverses cintrées ou coudées sont moins stables que les traverses droites.

FERMETURE DES TRAVERSES AUX EXTRÉMITÉS

Les traverses creuses qui sont ouvertes à leurs extrémités offrent une très faible résistance aux efforts qui tendent à déplacer la voie latéralement. Le fait a été constaté notamment sur le chemin de fer d'Alger à Oran où l'on a dû retirer de la voie, dès les premiers temps de leur pose, les traverses Vautherin qui se trouvaient dans des courbes de 500 à 800 mètres de rayon et qui glissaient constamment suivant leur longueur, tantôt vers l'intérieur, tantôt vers l'extérieur de la courbe. Ces traverses étaient cependant droites, avec selles pour donner aux rails l'inclinaison voulue.

Aussi, dès le début des essais des traverses métalliques creuses, la nécessité de les fermer à leurs extrémités s'est-elle fait sentir.

A cet effet, on a d'abord employé des cornières rivées ; on a ensuite rabattu à froid la table supérieure ; maintenant on estampe généralement les bouts, à chaud, ce qui est le meilleur système.

Les traverses fermées ne peuvent glisser suivant leur longueur, qu'en entraînant le noyau de ballast intérieur qui fait pour ainsi dire corps avec la traverse. Elles ont par suite à vaincre le frottement de ce noyau de ballast sur la couche inférieure de ballast, ce qui fait qu'elles donnent à la voie une grande résistance dans le sens transversal.

DURÉE DES TRAVERSES

Les traverses métalliques placées dans une voie en exploitation ne s'oxydent pas d'une manière appréciable, sauf toutefois dans les souterrains humides ; elles se comportent à cet égard comme les rails.

Leur usure se manifeste au contact et aux attaches du rail ; elle est occasionnée par le passage des trains.

Leur durée sera donc limitée, non par le temps mais par le nombre, le poids et la vitesse des trains, ou autrement dit par la fatigue de la voie.

Elle dépendra aussi de la résistance que la traverse elle-même opposera, d'après son profil, ses dimensions et son poids, aux chocs répétés des locomotives et des véhicules composant les trains.

Les traverses Vautherin en fer de 35 kilogrammes que la Compagnie de P.-L.-M. a employées en Algérie sur une de ses lignes à très faible trafic feront, comme nous l'avons vu, un service évalué à 25 ans.

Sur la même ligne les traverses en acier de 50 kilogrammes environ, qui sont en usage depuis une dizaine d'années en Allemagne, en Hollande et en Suisse auraient sans doute une durée beaucoup plus grande.

Pour arriver à connaître assez rapidement le nombre probable d'années que pourraient durer des traverses d'un type déterminé, sur une section de voie appartenant à un réseau homogène comme poids et vitesse des trains, il suffit de placer ces traverses sur un des points spéciaux du réseau où les trains sont le plus nombreux.

Ainsi, par exemple, les traverses Post de 79 kilogrammes qui sont à l'essai à la Compagnie de l'Est sont situées sur la ligne à grand trafic de Paris à Mulhouse, près de Rosny, dans une partie de voie parcourue annuellement par 25 000 trains.

Ces traverses après trois ans d'usage ne présentaient d'autre altération qu'une usure d'un millimètre à peine, au contact des crapauds sur le patin des rails.

Placées sur la même ligne de Paris à Mulhouse ou sur une autre ligne à grand trafic du réseau de l'Est dans une voie supportant le passage de 5 000 trains par an, soit 14 par jour, les dites traverses seraient probablement dans le même état de conservation après 15 ans de service, et leur durée y serait sans doute de 45 ans, si elle atteint seulement 9 ans là où elles se trouvent actuellement.

Le même calcul appliqué aux mêmes traverses posées également sur le réseau de l'Est, mais dans une voie recevant 2 500 trains par an, conduirait à admettre que ces traverses seraient à peu près intactes après 30 ans d'usage et qu'elles feraient un service de 90 ans.

Ce dernier résultat paraît inadmissible, car les traverses métalliques en œuvre doivent sans doute se détériorer à la longue par la seule action des agents atmosphériques.

Lorsque nous avons dit ci-dessus que la durée des traverses métalliques n'était pas limitée par le temps, nous avons en vue les traverses en rapport, comme résistance et comme poids, avec la fatigue de la voie où elles sont placées.

Nous pensons que les traverses en acier doux qui répondraient à ces conditions pourraient facilement atteindre une durée moyenne de 30 à 40 ans dans les voies principales, sauf toutefois dans celles qui sont soumises à une fatigue exceptionnelle et où la durée serait moindre.

Ces mêmes traverses pourraient ensuite être utilisées, pendant un certain nombre d'années, dans les voies de garage où elles périraient généralement par la rouille.

AVENIR DES TRAVERSES MÉTALLIQUES

Au point de vue de la douceur du roulement des trains et de la sécurité de l'exploitation, les traverses métalliques creuses sont équivalentes aux traverses en bois.

L'avenir des traverses métalliques est donc exclusivement subordonné à une question de dépenses, à moins toutefois qu'il ne s'agisse de protéger l'industrie métallurgique d'un pays comme on semble s'y être attaché en Allemagne, par exemple; mais c'est là une autre question que nous laisserons de côté.

Les dépenses à considérer pour établir la comparaison entre les traverses métalliques et les traverses en bois employées sur une même ligne, sont :

1° Les dépenses de leur premier établissement et de leur renouvellement, abstraction faite des frais de première pose, des frais de transport et de la valeur du petit matériel, qui dans leur ensemble donnent généralement lieu à des différences à peu près négligeables, eu égard à l'aléa des autres éléments de comparaison ;

2° Les dépenses de main d'œuvre relatives à l'entretien de la voie.

En ce qui concerne les dépenses réunies de premier établissement et de renouvellement, limitées comme il vient d'être dit, elles dépendent du prix des traverses neuves, de leur durée et de leur valeur lorsqu'elles sont hors de service.

Ces dépenses peuvent en effet se traduire pour chaque traverse située dans la voie par une annuité qu'on obtient en ajoutant à l'intérêt simple du prix d'acquisition d'une traverse neuve, la somme annuelle qui serait à placer à intérêts composés pendant une période égale à la durée de la traverse, pour réaliser à l'expiration de cette période, la différence entre le prix d'acquisition de la traverse neuve et le prix de vente de la traverse hors de service.

Le montant de cette annuité sera représentée par la formule :

$$A = P r + \frac{(P - p) r}{(1 + r)^n - 1}$$

Si l'on appelle :

A L'annuité;

P Le prix d'acquisition d'une traverse neuve;

p Le prix de vente d'une traverse hors de service;

n La durée de la traverse;

r Le taux de l'intérêt.

Le prix de vente p d'une traverse hors de service étant exprimé par une fraction f du prix d'acquisition de la traverse neuve, on a :

$$p = f P$$

et par suite :

$$A = P r \left(1 + \frac{1 - f}{(1 + r)^n - 1} \right)$$

La valeur de la fraction f est habituellement de 0,10 pour les traverses en bois, de 0,40 pour les traverses métalliques.

D'où il résulte que l'annuité dont il s'agit, c'est-à-dire l'annuité relative aux dépenses de premier établissement et de renouvellement est égale au produit du prix d'une traverse neuve par un coefficient C qui est déterminé par l'expression :

$$C = r \left(1 + \frac{1-f}{(1+r)^n - 1} \right) \quad (a)$$

dans laquelle

$$\begin{array}{ll} f = 0,10 & \text{s'il s'agit d'une traverse en bois;} \\ f = 0,40 & \text{d' } \quad \quad \quad \text{métallique.} \end{array}$$

Si l'on affecte de l'indice b ou m les lettres des formules précédentes, suivant que l'on considère des traverses en bois ou en métal, on peut écrire :

$$A_b = P_b C_b \quad (b)$$

$$A_m = P_m C_m \quad (c)$$

Pour que l'emploi des traverses métalliques ne soit pas onéreux, abstraction faite des dépenses de main d'œuvre d'entretien dont il va être question, il faut que l'on ait :

$$\begin{array}{l} P_m C_m \leq P_b C_b \\ \text{ou } \frac{P_m}{P_b} \leq \frac{C_b}{C_m} \end{array} \quad (d)$$

Les coefficients C_b et C_m sont donnés, d'après la durée de la traverse et le taux de l'intérêt, par les deux tables ci-après qui s'appliquent, l'une aux traverses en bois, l'autre aux traverses métalliques :

Table I donnant pour les traverses en bois les coefficients

$$C_b = r \left(1 + \frac{0.90}{(1+r)^n - 1} \right)$$

DURÉE des tra- verses en années (n)	COEFFICIENT C_b , LE TAUX DE L'INTÉRÊT r ÉTANT DE :						
	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
5	0.199	0.203	0.206	0.210	0.213	0.216	0.220
6	0.169	0.172	0.176	0.179	0.182	0.186	0.189
7	0.147	0.151	0.154	0.157	0.160	0.164	0.167
8	0.131	0.134	0.138	0.141	0.144	0.147	0.151
9	0.119	0.122	0.125	0.128	0.132	0.135	0.138
10	0.108	0.112	0.115	0.118	0.121	0.125	0.128
11	0.100	0.103	0.107	0.110	0.113	0.117	0.120
12	0.093	0.097	0.100	0.103	0.106	0.110	0.113
13	0.088	0.091	0.094	0.097	0.101	0.104	0.108
14	0.083	0.086	0.089	0.092	0.096	0.099	0.103
15	0.078	0.082	0.085	0.088	0.092	0.095	0.099
16	0.074	0.078	0.081	0.084	0.088	0.091	0.095
17	0.071	0.075	0.078	0.081	0.085	0.088	0.092
18	0.068	0.072	0.075	0.078	0.082	0.085	0.089
19	0.065	0.069	0.072	0.076	0.079	0.083	0.086
20	0.063	0.067	0.070	0.074	0.077	0.081	0.084
21	0.061	0.065	0.068	0.072	0.075	0.079	0.082
22	0.059	0.063	0.066	0.070	0.073	0.077	0.080
23	0.057	0.061	0.064	0.068	0.071	0.075	0.078
24	0.056	0.059	0.063	0.066	0.070	0.073	0.077
25	0.055	0.058	0.062	0.065	0.069	0.072	0.076
30	0.049	0.052	0.056	0.060	0.063	0.067	0.071
40	0.042	0.046	0.049	0.053	0.057	0.061	0.066

Table II donnant pour les traverses métalliques le coefficient

$$C_m = r \left(1 + \frac{0.60}{(1+r)^n - 1} \right)$$

DURÉE des tra- verses en années (n)	COEFFICIENT C_m , LE TAUX DE L'INTÉRÊT r ÉTANT :						
	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
5	0.143	0.147	0.151	0.155	0.159	0.162	0.166
6	0.123	0.127	0.130	0.134	0.138	0.142	0.146
7	0.108	0.112	0.116	0.120	0.124	0.128	0.131
8	0.097	0.101	0.105	0.109	0.113	0.117	0.121
9	0.089	0.093	0.097	0.101	0.104	0.108	0.112
10	0.082	0.086	0.090	0.094	0.098	0.102	0.106
11	0.077	0.081	0.084	0.088	0.092	0.096	0.100
12	0.072	0.076	0.080	0.084	0.088	0.092	0.095
13	0.068	0.072	0.076	0.080	0.084	0.088	0.092
14	0.065	0.069	0.073	0.077	0.081	0.085	0.089
15	0.062	0.066	0.070	0.074	0.078	0.082	0.086
16	0.059	0.063	0.067	0.071	0.075	0.079	0.083
17	0.057	0.061	0.065	0.069	0.073	0.077	0.081
18	0.055	0.059	0.063	0.067	0.071	0.075	0.079
19	0.054	0.058	0.062	0.066	0.070	0.074	0.078
20	0.052	0.056	0.060	0.064	0.068	0.072	0.076
21	0.051	0.055	0.059	0.063	0.067	0.071	0.075
22	0.050	0.053	0.057	0.061	0.065	0.070	0.074
23	0.048	0.052	0.056	0.060	0.064	0.069	0.073
24	0.047	0.051	0.055	0.059	0.063	0.068	0.072
25	0.046	0.050	0.054	0.058	0.062	0.067	0.071
30	0.043	0.047	0.051	0.055	0.059	0.064	0.068
40	0.038	0.042	0.046	0.050	0.055	0.059	0.064
50	0.035	0.040	0.044	0.048	0.053	0.057	0.062
60	0.034	0.038	0.043	0.047	0.052	0.056	0.061
70	0.033	0.037	0.042	0.046	0.051	0.055	0.060
80	0.032	0.036	0.041	0.045	0.050		

On voit, d'après ces deux tables et la formule (a), que les coefficients C_b et C_m vont en diminuant au fur et à mesure que la durée des traverses augmente et qu'ils tendent vers une limite qui est précisément le taux même de l'intérêt ; cette limite est presque atteinte après une durée de 50 ans pour les traverses métalliques et une durée de 60 ans pour les traverses en bois.

La diminution qui est assez accentuée pour les quinze premières années de durée, devient très faible à partir de la vingtième année; au-delà de la trentième année, elle est à peine sensible, surtout pour les traverses métalliques.

D'autre part, à durée égale et pour un même taux d'intérêt, le coefficient des traverses métalliques est toujours moindre que celui des traverses en bois. L'écart entre ces deux coefficients, qui est assez fort pour une durée faible, devient de moins en moins grand lorsque la durée augmente; il est presque nul pour une durée de 30 ans.

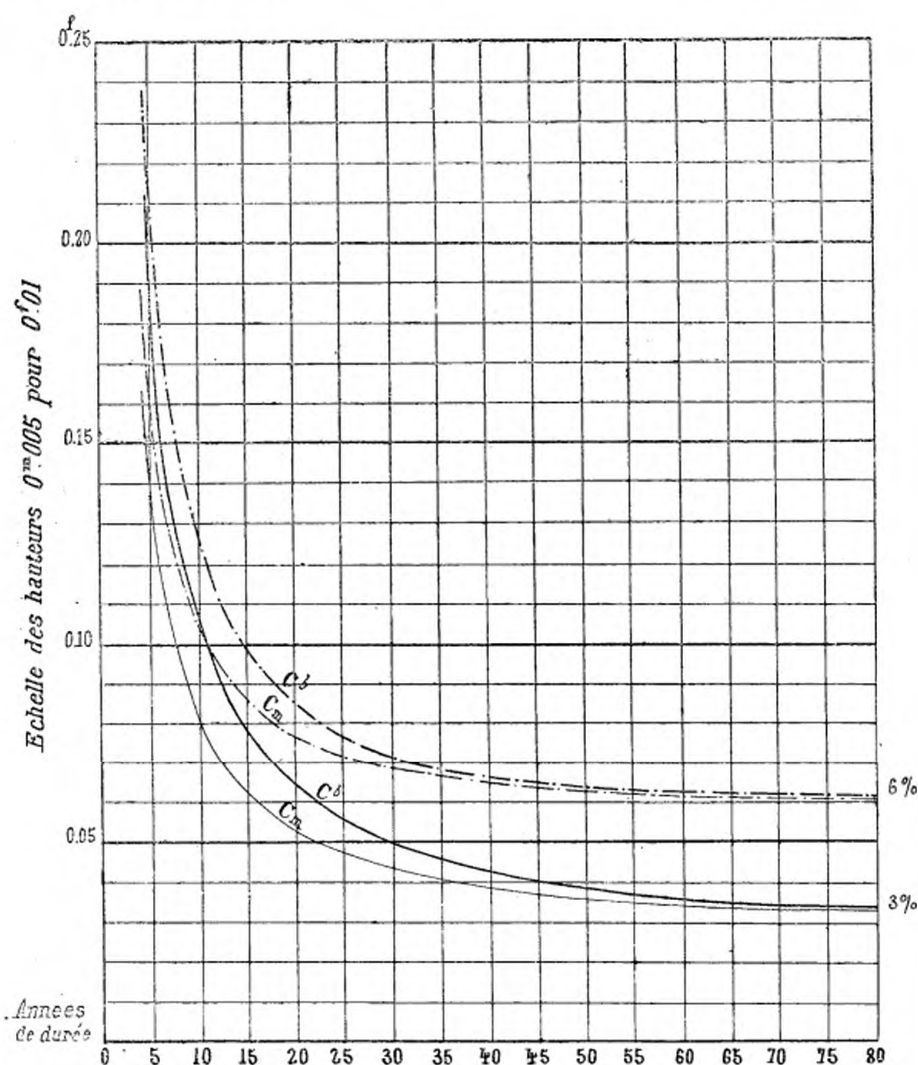


Fig. 26. — Diagramme donnant pour les taux d'intérêts de 3 et 6 0/0 le coefficient C_b ou C_m par lequel doit être multiplié le prix d'une traverse neuve en bois ou en métal pour obtenir l'annuité relative aux dépenses du premier établissement et de renouvellement de traverses d'après leur durée.

Ces résultats sont mis en lumière par le diagramme qui fait l'objet de la figure 26.

On voit encore, par exemple, au moyen des mêmes tables I et II et de la formule (d), qu'au point de vue de la dépense de premier établissement et de renouvellement, le rapport $\frac{P_m}{P_b}$ entre le prix d'une traverse métallique ayant une durée probable de 40 ans et le prix d'une traverse en bois qui, placée dans les mêmes conditions, aurait une durée de :

conditions, aurait une durée de :							25	20	15	10 ou 5 ans
peut atteindre avec l'intérêt au taux de :										
3.	—	$\frac{55}{38}$	$\frac{63}{38}$	$\frac{78}{38}$	$\frac{108}{38}$	ou $\frac{199}{38}$ soit	1.45	1.66	2.05	2.84 ou 5.50
3.5	—	$\frac{58}{42}$	$\frac{67}{42}$	$\frac{82}{42}$	$\frac{112}{42}$	ou $\frac{203}{42}$ soit	1.38	1.60	1.95	2.67 ou 4.83
4.	—	$\frac{62}{46}$	$\frac{70}{46}$	$\frac{85}{46}$	$\frac{115}{46}$	ou $\frac{206}{46}$ soit	1.35	1.52	1.85	2.50 ou 4.48
5.	—	$\frac{69}{55}$	$\frac{77}{55}$	$\frac{92}{55}$	$\frac{121}{55}$	ou $\frac{213}{55}$ soit	1.25	1.40	1.67	2.20 ou 3.87
6.	—	$\frac{76}{64}$	$\frac{84}{64}$	$\frac{99}{64}$	$\frac{128}{64}$	ou $\frac{220}{64}$ soit	1.19	1.31	1.55	2.00 ou 3.44

Ce rapport $\frac{P_m}{P_b}$ est tellement grand, quel que soit le taux de l'intérêt, lorsque la durée des traverses en bois est très-faible, que dans les contrées chaudes et humides où le bois enterré dans le ballast est hors de service au bout d'un très-petit nombre d'années, la traverse métallique s'impose sans avoir égard à la main-d'œuvre d'entretien ; aussi est-elle aujourd'hui adoptée dans ces contrées.

Dans nos pays, où les traverses en bois préparées à la créosote peuvent durer en moyenne 20 à 25 ans et même 30 ans, et où le taux d'intérêt supporté actuellement par les Compagnies de chemins de fer est d'environ 4 %, le rapport $\frac{P_m}{P_b}$ devrait être au plus de 1,52 à 1,35 ou seulement de 1,22, pour que l'emploi de traverses métalliques ayant une durée moyenne de 40 ans ne fût pas onéreux, en considérant seulement le premier établissement et les renouvellements, sans tenir compte de la main-d'œuvre d'entretien.

Dans le cas où les traverses en bois ont seulement une durée moyenne de 20 ans, si elles coûtent 7 francs pièce, le prix des traverses métalliques ne doit pas dépasser 10 fr. 64.

Les dépenses de main-d'œuvre d'entretien de la voie feront varier d'une certaine somme, en plus ou en moins, le prix maximum P_m de la traverse métallique qui résultera des dépenses de premier établissement et de renouvellement, si la substitution des traverses métalliques aux traverses en bois a pour effet de diminuer ou d'augmenter les dites dépenses de main-d'œuvre.

Soit S la somme en plus ou en moins dont il s'agit.

E la diminution ou l'augmentation des dépenses annuelles de main-d'œuvre d'entretien de la voie par traverse en œuvre.

Nous avons vu formule (c) que

$$A_m = P_m C_m$$

On aura de même

$$E = S C_m$$

d'où :

$$S = \frac{E}{C_m}$$

Pour avoir une idée de l'importance relative de la somme S par rapport au prix maximum P_m , nous supposons qu'il s'agit d'établir ou de réfectionner une ligne à deux voies dans laquelle il entre 2 500 traverses par kilomètre et dont l'entretien exigera en permanence 0,80 d'homme par kilomètre, dans l'hypothèse de l'emploi de traverses en bois valant 7 francs l'une et devant durer en moyenne 20 ans.

Nous venons de voir que l'équivalence des dépenses relatives au premier établissement ou à la réfection et aux renouvellements serait obtenue avec des traverses métalliques coûtant 10 fr. 64 pièce et dont la durée serait de 40 ans, le taux de l'intérêt étant de 4 %.

Admettons que l'emploi de ces traverses métalliques, au lieu de traverses en bois précitées, permette de réduire l'effectif des équipes d'entretien de 0,10 d'homme par kilomètre, soit 12,50 %.

Si un homme avec ses outils et les autres dépenses accessoires coûte 1200 fr. par an, la réduction de 0,10 d'homme dans l'effectif des équipes se traduira par une économie annuelle de 120 francs par kilomètre de ligne, soit de 0 fr. 048 par traverse en œuvre.

Le prix maximum de la traverse métallique qui avait été trouvé de 10 fr. 64 pourra donc être augmenté de $\frac{0 \text{ fr. } 048}{C_m}$, soit de..... 1 10 et atteindra par suite..... 11 fr. 74

Si, au lieu d'une réduction de l'effectif des équipes d'entretien, nous admettons une augmentation de 0,10 d'homme par kilomètre, le prix maximum de la traverse métallique de..... 10 fr. 64 devrait être diminué de..... 1 10 et ne pas dépasser..... 9 fr. 54

Cet exemple montre que les dépenses de main-d'œuvre d'entretien des voies sur traverses métalliques peuvent avoir une influence importante sur le maximum admissible pour le prix d'acquisition des traverses.

Les renseignements qui existent sur ces dépenses s'appliquent exclusivement aux traverses creuses, les seules en usage dans les chemins de fer qui ont adopté depuis longtemps la voie entièrement métallique.

D'après ces renseignements qui, d'ailleurs, ne sont pas encore concluants, les traverses métalliques creuses coûtent plus cher d'entretien que les traverses en bois, jusqu'au moment où elles ont leur creux rempli d'un noyau de ballast bien tassé faisant pour ainsi dire corps avec elles.

A partir de ce moment, c'est généralement l'inverse qui a lieu.

Quant à savoir quelle est l'importance de l'accroissement ou de la diminution des dépenses suivant la période considérée, les données manquent à ce sujet ou présentent des différences inexplicables.

Il en est de même en ce qui concerne le temps nécessaire pour bien asseoir les traverses métalliques et pendant lequel il y a augmentation des dépenses d'entretien de la voie; il est d'un an suivant certains ingénieurs, de deux et même trois ans d'après d'autres ingénieurs.

Toutefois, M. Post, ingénieur des chemins de fer néerlandais, qui s'est beaucoup occupé de la question est arrivé, au moyen de bourrages fréquents effectués avec soin au début de la pose de la voie, à constituer en quelques mois le noyau intérieur des traverses métalliques, et à réduire ainsi à ce laps de temps très court la période coûteuse d'entretien. Il recommande ce procédé qui, selon lui, est le seul permettant d'obtenir rapidement une bonne voie sur traverses métalliques creuses.

Nous ajouterons qu'avec un ballast argileux, les traverses métalliques creuses restent toujours plus coûteuses d'entretien que les traverses en bois, parce que l'on peut alors difficilement former et maintenir le noyau intérieur nécessaire à leur stabilité complète.

La qualité du ballast paraît donc avoir une grande influence sur les dépenses d'entretien des voies sur traverses métalliques creuses.

Cela peut expliquer, en partie, les résultats contradictoires au sujet de ces dépenses.

D'autre part, comme à la longue le meilleur ballast s'altère et tend à devenir mauvais, il est à craindre qu'après avoir occasionné d'abord une augmentation des dépenses d'entretien de la voie, puis procuré pendant un certain temps des économies, l'emploi des traverses métalliques creuses ne soit ensuite la cause d'une nouvelle augmentation des mêmes dépenses d'entretien, ou d'une réfection prématurée du ballast.

Quoi qu'il en soit, les traverses métalliques sont aujourd'hui adoptées, comme nous l'avons déjà dit, dans toutes les contrées où, par suite du climat, les traverses en bois n'ont qu'une très faible durée.

En outre, leur emploi est entré dans la pratique d'un grand nombre de chemins de fer, en Allemagne, en Hollande, en Autriche, en Suisse, où il existe déjà plus de 10 000 kilomètres de voies sur traverses métalliques, malgré le bon service que l'on peut attendre, dans ces pays, des traverses en bois convenablement préparées.

De plus, les traverses métalliques sont à l'essai, sur une grande échelle, en Belgique, en Angleterre, en France, en Algérie.

Dans ces conditions, il est naturel que les ingénieurs cherchent, soit à améliorer les types déjà consacrés par l'usage, soit à trouver un meilleur type.

Aussi, l'Exposition de 1889 contenait-elle une grande variété de traverses métalliques nouvelles que nous allons passer en revue.

TRAVERSES EXPOSÉES

Parmi les traverses métalliques exposées, les unes étaient creuses comme celles que nous venons d'examiner, tandis que d'autres présentaient, comme les traverses en bois, une surface d'appui plane.

L'expérience seule permettra de se prononcer sur la valeur relative de ces deux genres de traverses métalliques en ce qui concerne, notamment, leur stabilité et leur influence sur les dépenses d'entretien de la voie.

Les traverses métalliques étaient représentées par quinze types différents, dont huit de traverses creuses, un de traverse creuse ou plane et six de traverses planes, savoir :

1 —	Traverse Post	Creuse
2 —	Traverse Caramin.	»
3 —	Traverse Lambert.	»
4 —	Traverse Rainaud.	»
5 —	Traverse Cymbran.	»
6 —	Traverse Cordoba et Rosario Rly.	»
7 —	Traverse de la C ^{ie} de l'Ouest.	»
8 —	Traverse Boyenval et Ponsart.	»
9 —	Traverse Montcharmont.	Creuse ou plane.
10 —	Traverse Sévérac.	Plane.
11 —	Traverse Helson Cyriaque.	»
12 —	Traverse Bernard.	»
13 —	Traverse Willemin.	»
14 —	Traverse de la C ^{ie} de l'Est.	»
15 —	Traverse Paulet.	»

1. — Traverse Post

M. Post, ingénieur de la Compagnie des chemins de fer de l'Etat néerlandais, a imaginé d'appliquer à la fabrication des traverses métalliques creuses, quel que soit leur profil, la méthode de laminage à profil variable, déjà usitée pour la confection de divers produits industriels.

Cette méthode a permis de produire, au sortir des cylindres, des traverses métalliques droites, comportant à l'emplacement des rails, l'inclinaison voulue des surfaces d'appui et le renforcement du tablier.

M. Post a adopté, pour la traverse qui porte son nom, le profil Berg et Marche qu'il a modifié en arrondissant les angles et en renforçant les arêtes extérieures par des bourrelets triangulaires.

La traverse Post est fermée aux extrémités au moyen d'un estampage à chaud. Elle est spécialement destinée aux rails Vignole.

Les attaches du rail consistent en crapauds et boulons avec rondelles à ressort pour maintenir le serrage.

Les crapauds ont généralement, comme nous l'avons déjà dit, des épaisseurs inégales, afin de pouvoir obtenir, par leur simple interposition, un élargissement de la voie dans les courbes, sans modifier le perçage des traverses.

Les traverses Post sont adoptées depuis 1885 par la Compagnie des chemins de fer de l'Etat néerlandais.

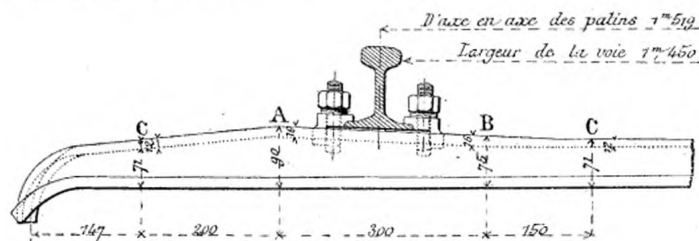


Fig. 27

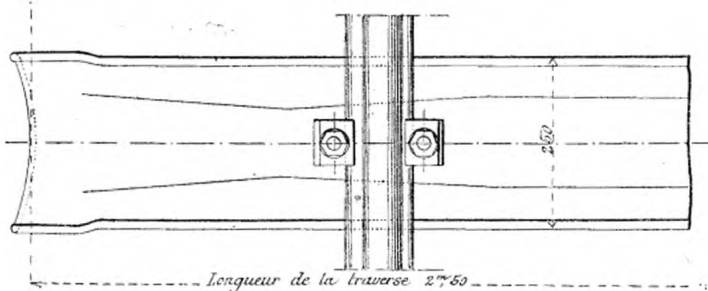


Fig. 28

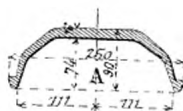


Fig. 29

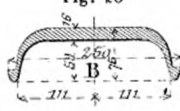


Fig. 30

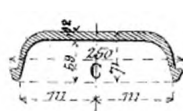


Fig. 31

Nous rappellerons que l'Administration des chemins de fer de l'Etat belge et la Compagnie française des chemins de fer de l'Est les ont mises à l'essai en 1886.

Nous rappellerons aussi qu'à la Compagnie de l'Est les traverses Post à l'essai sont placées sur la ligne de Paris à Mulhouse, près de Rosny, dans une voie parcourue annuellement par 25 000 trains et, qu'après avoir supporté le passage d'environ 80 000 trains, elles ne présentaient d'autre altération qu'une usure d'un millimètre à peine au contact des crapauds sur le patin des rails.

Ces traverses sont représentées par les figures 27 à 31. Elles ont une longueur de 2^m,50 et une largeur de 0^m,25; leur poids est de 77 kilogrammes.

2. — Traverse Caramin

La traverse Caramin a été exposée par le chemin de fer Grand-Central-Belge, qui l'emploie à titre d'essai sur son réseau depuis 1886.

Cette traverse est exclusivement destinée aux rails Vignole; elle est à la voie de 1^m,435.

Son profil rappelle celui de la traverse Vautherin; c'est un segment d'anneau avec deux ailes inférieures et un bourrelet ou renflement horizontal au sommet. Les extrémités de la traverse ne sont pas fermées.

Le rail repose sur une platine d'inclinaison indépendante. Il est fixé au moyen de tirefonds dont la partie filetée pénètre dans une plaque-écrou qui est rivée, soit aux ailes de la traverse, soit au corps même de la traverse.

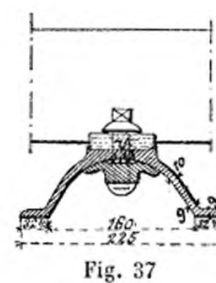
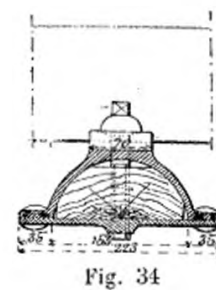
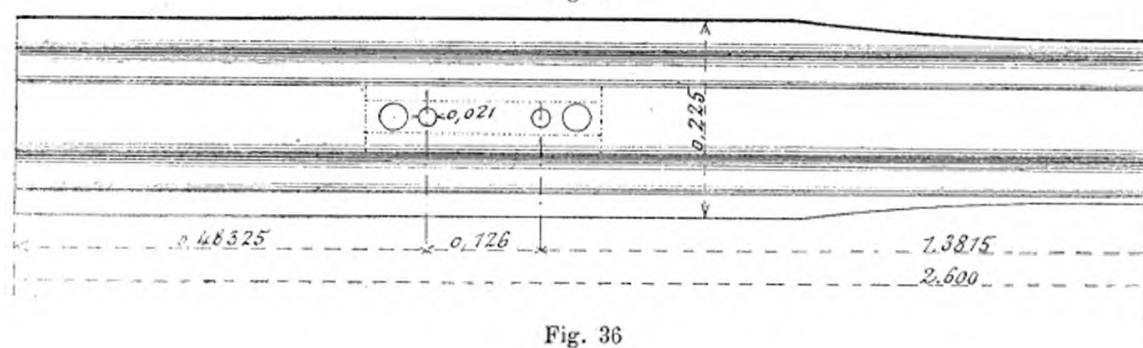
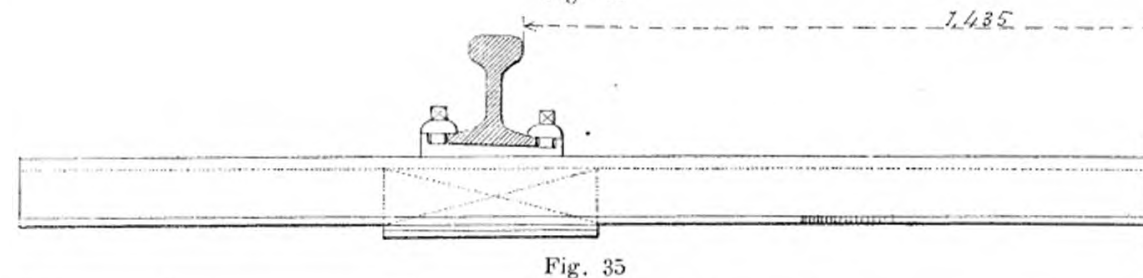
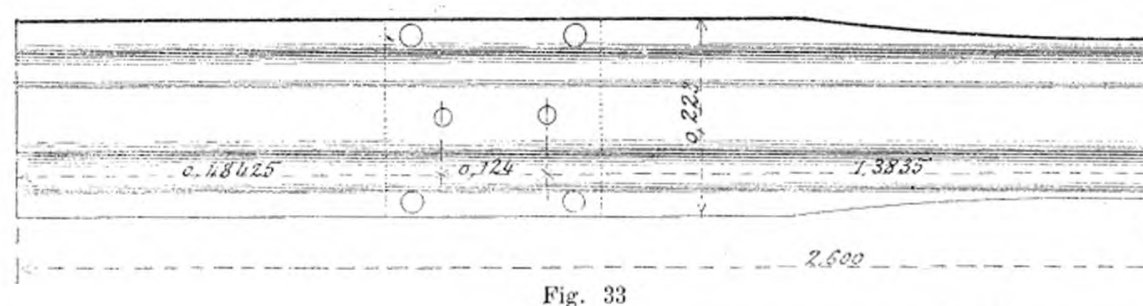
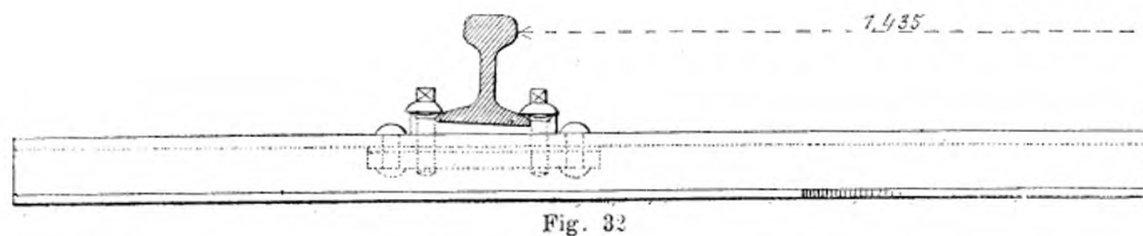
Le type de traverse avec plaque-écrou rivée aux ailes (fig. 32 à 34) est le premier qui ait été adopté en 1886. Le vide existant au-dessus de la plaque-écrou est rempli par un blochet en chêne dans lequel s'engagent également les tirefonds. Ce blochet bute contre le ballast et agit par suite comme une tête de traverse et supplée à la fermeture des extrémités.

La traverse de ce type a une longueur de 2^m,60 et une largeur de 0^m,223. Son poids y compris les attaches est de 73^k,32, dont 71^k,15 pour la partie métallique et 2^k,17 pour les blochets en chêne.

Le type de traverse avec plaque-écrou rivée au corps même de la traverse, qui est représenté par les figures 35 à 37, a été adopté en 1887. Il diffère en outre du type de 1886 par son profil qui est renforcé et par ses platines d'inclinaison qui emboîtent le patin du rail. Sa longueur est de 2^m,60, sa largeur de 0^m,225, et son poids de 69^k,10 y compris les attaches.

Le chemin de fer Grand-Central-Belge a posé en tout 11 000 traverses de l'un ou l'autre des deux types dont il s'agit.

Ces traverses ont jusqu'à présent donné de bons résultats comme stabilité de la voie et comme économie de l'entretien.



3. — Traverse Lambert

La traverse Lambert est un fer zorès dont la table supérieure est très large et porte, à sa partie inférieure, une forte nervure nécessitée par le système spécial d'attache des rails Vignole, auxquels la traverse est exclusivement destinée.

Ce système d'attache, qui caractérise d'ailleurs la traverse, consiste, comme le montrent les figures 38 à 41, à fixer le patin du rail sur la traverse au moyen de

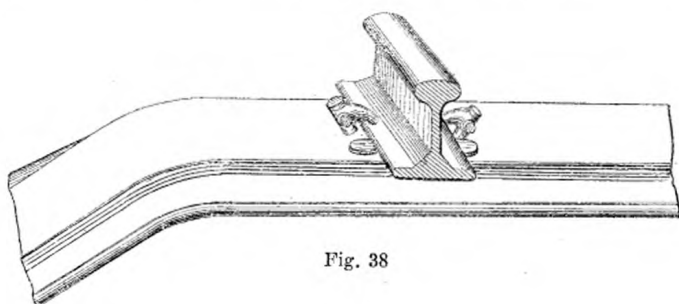


Fig. 38

deux crampons en acier, qui ont une forme rappelant celle du valet de menuisier et qui sont enfoncés de force dans deux trous convergents pratiqués, de chaque côté du rail, dans la nervure de la traverse, suivant une inclinaison de 45 degrés.

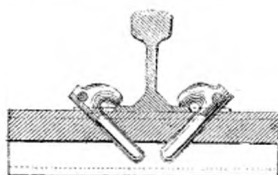


Fig. 39

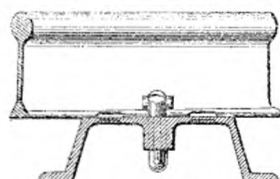


Fig. 40

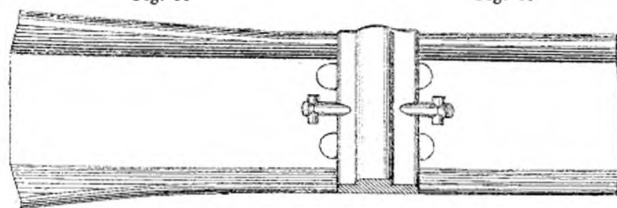


Fig. 41

La tige des crampons est ronde avec deux méplats latéraux. Son diamètre est un peu plus fort que celui du trou dans lequel elle pénètre de force et qu'elle déforme par suite légèrement, ce qui empêche le crampon de tourner après coup

et procure en outre, d'après l'inventeur, un bon serrage et une jonction parfaite des surfaces en contact, grâce à l'élasticité du métal.

Les crampons portent, de chaque côté de leur tête, deux cornillons qui servent à les retirer au moyen d'un outil spécial dont l'action s'exerce dans le sens de leur tige.

Pour compléter l'assemblage, la traverse porte, de chaque côté des crampons, deux bossages venus au laminage et entre lesquels s'engage exactement le patin du rail.

L'inclinaison du rail est obtenue au moyen du cintrage de la traverse.

Neuf traverses pour voie normale de 1^m,44, formant une longueur de rails, sont à l'essai depuis le mois de juin 1889 sur le chemin de fer de l'Est de Lyon. Elles ont d'abord été placées pendant trois mois dans la gare de Lyon, sur un point de la voie principale parcourue journellement par environ 60 trains ou machines marchant à une très faible vitesse. Elles ont ensuite été reportées à 600 mètres de la gare où elles ont subi, pendant quatre mois, le passage de 20 trains par jour circulant à des vitesses de 18 à 25 kilomètres à l'heure. Enfin, en janvier 1890, elles ont été posées en pleine voie sur une section où 20 trains passent également par jour, mais à des vitesses de 30 à 50 kilomètres. Six mois après, les attaches avaient parfaitement résisté, aucune trace de desserrage n'avait encore été constatée.

4. — Traverse Rainaud

La traverse Rainaud est une barre d'acier du type Vautherin à bords étroits

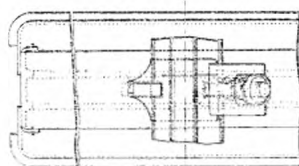
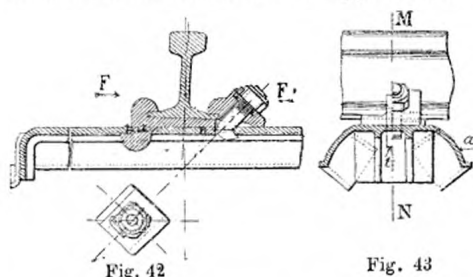


Fig. 44.

dont les côtés inclinés sont arrondis, et dont la table supérieure comporte, en son milieu et en dessous, une surépaisseur comprise entre deux nervures.

Cette traverse est caractérisée par l'attache du rail, qui est obtenue, aussi bien pour le rail Vignole que pour le rail à double champignon, au moyen d'un coussinet formé de deux parties ou mâchoires, sans clavette ni coin, conformément aux indications des figures 42 à 47.

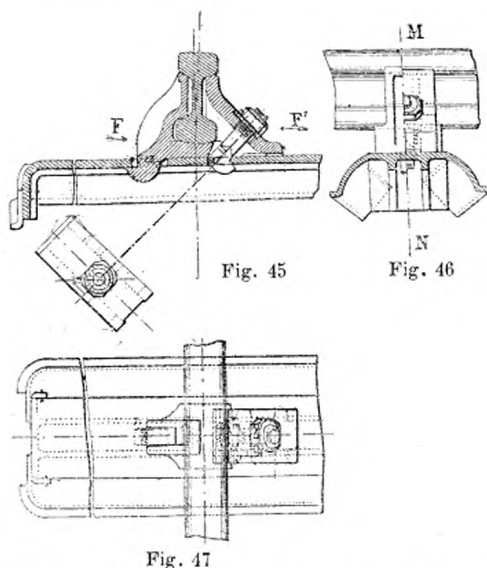


Fig. 47

La mâchoire extérieure à la voie est en acier coulé. Elle est munie d'un ergot qui s'engage dans un trou rectangulaire poinçonné dans la traverse ; elle porte en outre un mentonnet qui bute contre la traverse. On enlève à la lime tout ou partie de ce mentonnet lorsqu'on veut élargir la voie dans les courbes.

La mâchoire intérieure à la voie est en fonte. Elle est fixée au moyen d'un boulon incliné à 45 degrés, dont la tête à crochet s'agrafe à la traverse qui est percée, en conséquence, d'un autre trou rectangulaire. Ce boulon porte deux petites oreilles pour l'empêcher de passer au travers de la traverse ; le serrage de son écrou est maintenu par une rondelle à ressort.

5. — Traverse Cymbran

La traverse Cymbran a été exposée par la société anglaise « Ebbw Vale Steel Iron & Coal ».

Elle est exclusivement destinée aux rails à double champignon.

C'est une traverse creuse, non fermée aux extrémités, dont le profil, qui se rapproche du type Berg et Marche modifié, comporte deux ailes verticales situées de part et d'autre de la plate-forme horizontale supérieure.

Ces ailes sont encochées pour donner passage au rail qui est supporté et maintenu par deux mâchoires formant coussinet.

La mâchoire extérieure à la voie est en fonte. Elle est munie à sa partie inférieure d'un ergot qui la rend prisonnière.

La mâchoire intérieure est en fer.

Elle est fixée au moyen d'une clavette en forme de coin, qui s'engage dans les ailes de la traverse.

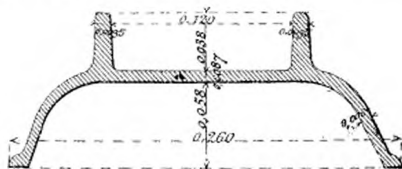


Fig. 48

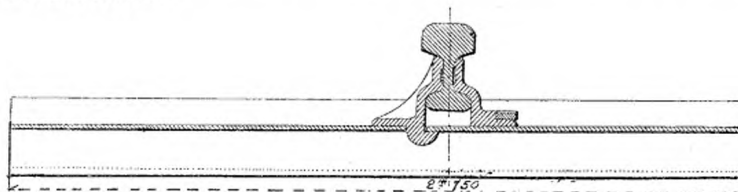


Fig. 49.

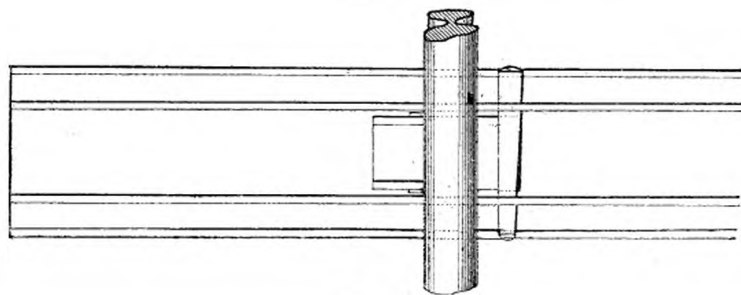


Fig. 50

La traverse représentée par les figures 48 à 50 est à la voie de 1^m,435. Elle a une longueur de 2^m,75 et une largeur de 0^m,26. Son poids est d'environ 80 kilogrammes y compris les attaches.

6. — Traverse Cordoba et Rosario Rly

La traverse Cordoba et Rosario Rly a également été exposée par la Société anglaise « Ebbw Vale Steel, Iron & Coal ». Elle est exclusivement employée dans les voies en rails Vignole.

Ce qui la caractérise, c'est qu'au lieu d'avoir sur toute sa largeur un profil uniforme venu au laminage, elle a au contraire un profil variable obtenu, à la presse, au moyen d'une plate-bande qui porte un renflement dans sa partie médiane.

Ce profil a la forme d'une cloche au milieu de la traverse ; il s'élargit en diminuant de hauteur jusqu'au droit des rails où il prend l'aspect d'une tuile creuse ; au-delà des rails, le profil s'évase encore et s'infléchit de façon à constituer la fermeture des extrémités de la traverse.

La traverse est cintrée pour donner l'inclinaison voulue aux rails qui reposent directement sur elle.

Le système d'attache des rails est également caractéristique. Au droit de chaque rail l'assise horizontale de la traverse est fendue et relevée de façon à constituer deux lèvres qui forment une espèce de coussinet, dans lequel le rail est emprisonné au moyen d'une clavette horizontale en forme de coin.

Cette clavette est placée à l'extérieur de la voie. Elle porte à son extrémité la plus étroite une fente que l'on ouvre pour empêcher le desserrage.



Fig. 51

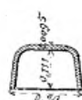


Fig. 52

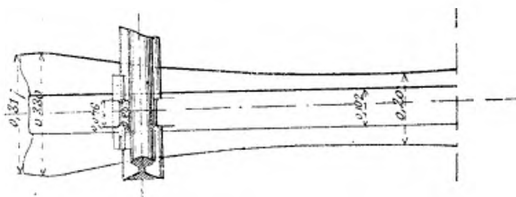


Fig. 53

La traverse représentée par les figures 51 à 53 est à la voie de 1^m,435. Sa longueur est de 2^m,36 ; sa largeur de 0^m,20 au milieu, de 0^m,26 au droit des rails, et de 0^m,33 aux extrémités. Elle pèse 46 kilogrammes, y compris les attaches.

7. — Traverse de la Compagnie de l'Ouest

La Compagnie de l'Ouest a exposé une traverse métallique creuse qu'elle a étudiée en vue de l'emploi des rails à double champignon, les seuls qui soient actuellement en usage courant sur son réseau.

Cette traverse, qui est représentée par les figures 54 à 56, est une barre d'acier en U renversé sur laquelle les coussinets en fonte sont coulés directement, de manière à envelopper sur une largeur de 0^m,10 toute la section de la traverse à laquelle ils adhèrent fortement par suite du retrait de la fonte.

Pendant l'opération du coulage, des trous pratiqués à l'avance dans les faces verticales de la traverse se remplissent de fonte faisant corps avec les coussinets qui se trouvent ainsi fixés d'une manière invariable sur la traverse.

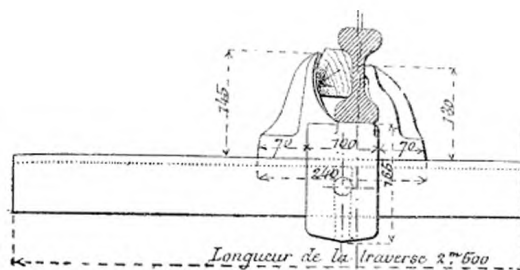


Fig. 54

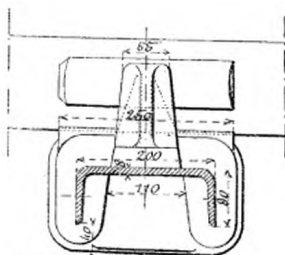


Fig. 55

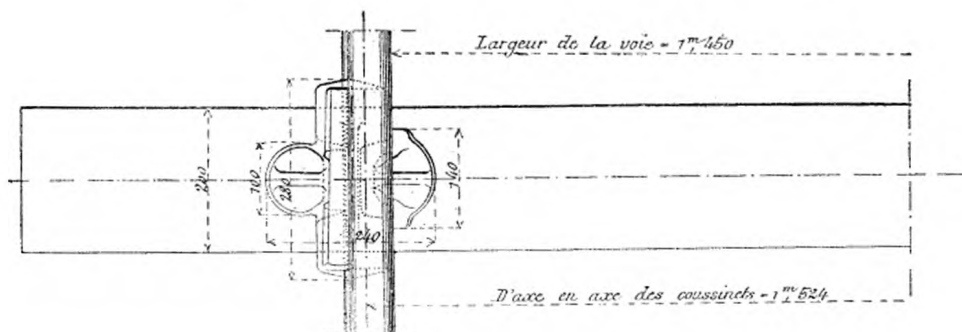


Fig. 56

La traverse se trouve fermée au droit des rails par les coussinets eux-mêmes. Sa résistance aux déplacements latéraux de la voie est par suite comparable à celle d'une traverse creuse fermée aux extrémités ; elle est de plus augmentée par la butée des coussinets dont la surface est plus grande que celle des bouts d'une traverse métallique creuse ordinaire.

La longueur de la surface d'appui du rail sur le coussinet est de 0^m,25, tandis qu'elle n'est que d'environ 0^m,10 avec un coussinet ordinaire, ce qui a l'avantage de réduire la portée du rail entre deux traverses, et de produire un encastrement plus complet. Cela doit avoir aussi pour effet de diminuer la profondeur de l'entaille qui tend à se produire dans le rail et dans le coussinet à leur surface de contact, cette surface étant environ deux fois et demie celle que l'on obtient avec les coussinets ordinaires.

La traverse dont il s'agit a 2^m,50 de longueur et 0^m,20 de largeur. Elle pèse 110 kilogrammes, dont 60 kilogrammes d'acier et 50 kilogrammes de fonte.

La Compagnie de l'Ouest a mis à l'essai des traverses de ce type, en 1887, sur des sections de voies les plus fatiguées de son réseau. En 1889, elle en a posé 5 000 pour continuer l'essai sur une plus grande échelle.

8. — Traverse Boyenval et Ponsard

La traverse Boyenval et Ponsard est un double fer zorès en acier doux qui forme deux cannelures dont les extrémités sont rabattues à la presse.

Son profil, comme le profil Vautherin et ses dérivés, se prête surtout à l'emploi des rails Vignole, mais il convient aussi à la pose des rails à double champignon.

Pour les rails Vignole, deux platines d'inclinaison, servant à recevoir le patin, sont rivées sur la surface supérieure de la traverse et à l'écartement de la voie.

L'attache du rail Vignole sur les traverses peut être obtenue au moyen des systèmes déjà connus à clavette ou à crapands, mais MM. Boyenval et Ponsard la réalisent par l'emploi de tirefonds, comme dans les traverses en bois.

Les tirefonds pénètrent par leur partie filetée, soit dans un blochet en bois soit dans une plaque-écrou que l'on place sous la platine d'inclinaison.

Le blochet en bois fait l'office d'écrou.

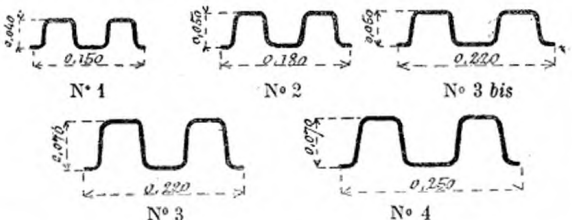
Il est serti entre la platine et les parois de la rainure située entre les deux cannelures, pour l'empêcher de se fendre au droit des tirefonds.

Mais, par son épaisseur qui n'est que de 0^m,06, 0^m,04 ou 0^m,03, suivant qu'il s'agit de traverses pour pose de 1^m,44, 1^m,00 ou 0^m,80 et 0^m,75, le blochet en bois doit sans doute constituer une attache d'une résistance insuffisante.

La plaque-écrou remplace avantageusement le blochet en bois. Les écrous de cette plaque sont fendus suivant leur rayon, comme ceux des boulons dits « *indesserrables* », système Linet, ce qui les transforme en ressorts puissants et empêche le desserrage des tirefonds. Pour que ces écrous fendus ne s'ouvrent pas sous l'action du serrage, le filetage des tirefonds diffère d'ailleurs du filetage ordinaire (grain d'orge), en ce sens que les surfaces en contact et sur lesquelles s'exerce le serrage sont perpendiculaires à l'axe du tirefond et de l'écrou. Ce filetage spécial contribue aussi au maintien du serrage des tirefonds.

MM. Boyenval et Ponsard ont adopté, pour les voies en rails Vignole, cinq types de traverses avec attaches entièrement métalliques.

Les profils de ces cinq types, les largeurs correspondantes de la voie et les poids approximatifs des traverses, y compris les attaches, sont indiqués ci-après pour la voie Vignole :

PROFILS DES CINQ TYPES DE TRAVERSES			Désignation des types	Largeur de la voie	Poids des traverses y compris les attaches
			N° 1	0.75 & 0.80	13 et 14 k.
			N° 2	1.00	25 —
			N° 3 bis	1.00 & 1.44	29 et 43 —
			N° 3	1.44	55 —
			N° 4	1.44	68 —

Les figures 57 à 60 donnent l'ensemble et les détails d'une traverse du type n° 4 pour voie de 1,44 en rails Vignole de 43^k,215.

La longueur de cette traverse est de 2^m,50.

Son poids exact est de 67^k,720 dont 64^k,880 pour la traverse elle-même et 2^k,840 pour les attaches.

Il se décompose comme suit :

Traverse proprement dite

Corps de la traverse (22 kilog. par mètre courant)...	55 ^k ,000	} 64 ^k ,880
2 platines d'inclinaison (4 ^k ,500 l'une).....	9 ,000	
8 rivets de 0.018 (0 ^k ,110 l'un).....	0 , 88	

Attaches

2 plaques-écrous (0 ^k ,600 l'une).....	1 ^k ,200	} 2 ^k ,840
4 tirefonds (0 ^k ,410 l'un).....	1 ,640	
Poids total pareil.....	67 ^k ,720	

Les figures 61 et 62 représentent le système d'attache avec blochet en bois d'un rail Vignole de 30 kilogrammes sur une traverse du type n° 4.

Les figures 63 à 65 montrent une application des traverses du type n° 3 bis aux voies de 1^m,44 en rails à double champignon avec coussinets en fonte.

Le coussinet est fixé sur la traverse au moyen de quatre boulons dits « *indesserrables* », système Linet.

Il porte sous le patin deux têtens venus de fonte qui s'engagent exactement dans des trous correspondants, pratiqués dans les tables supérieures de la traverse, et qui ont pour but d'éviter aux boulons tout effort de cisaillement.

Les traverses de ce type n° 3 bis ont une longueur de 2^m,50 et un poids de 63^k,50, y compris coussinets et boulons d'attache.

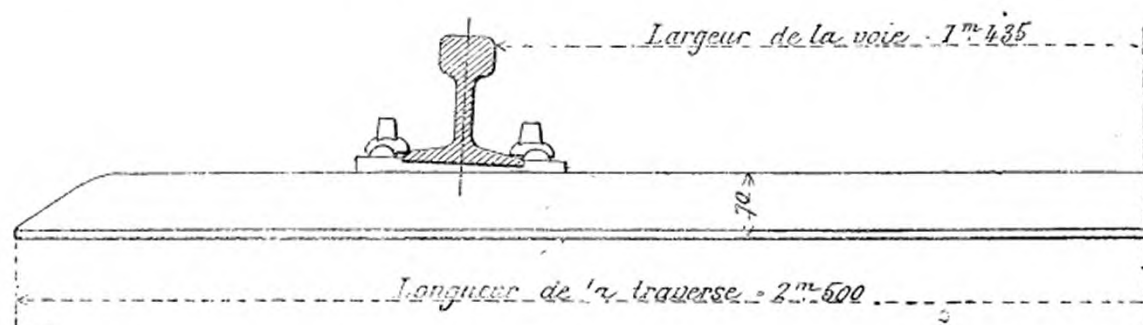


Fig. 57

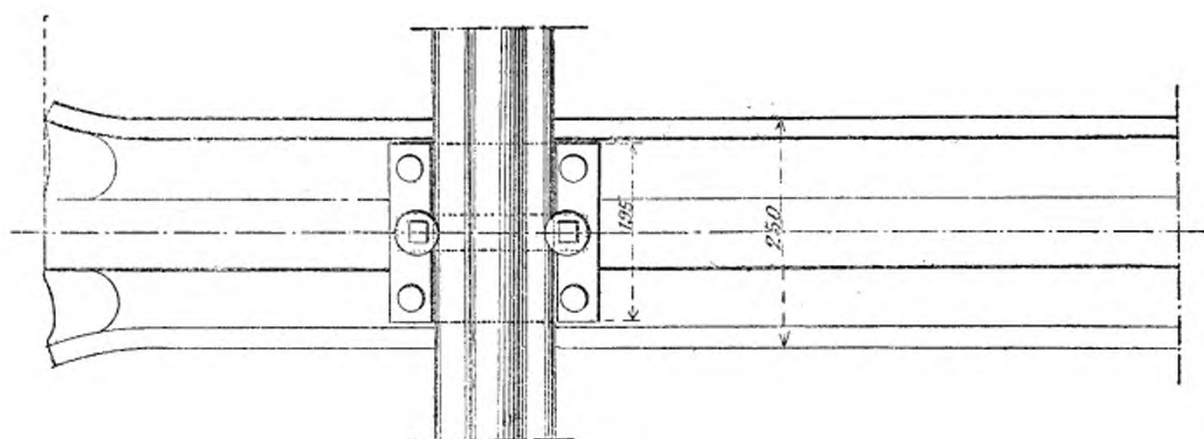


Fig. 58

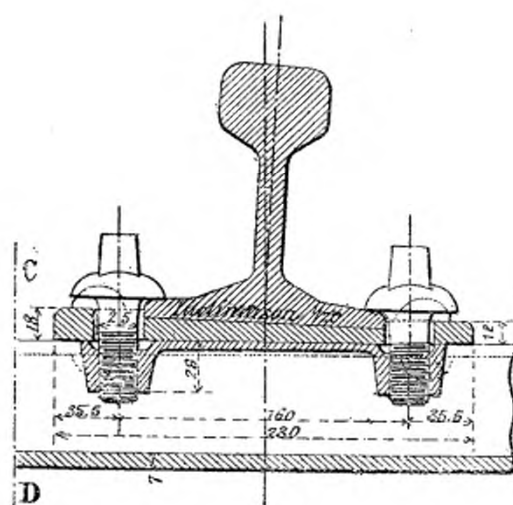


Fig. 59

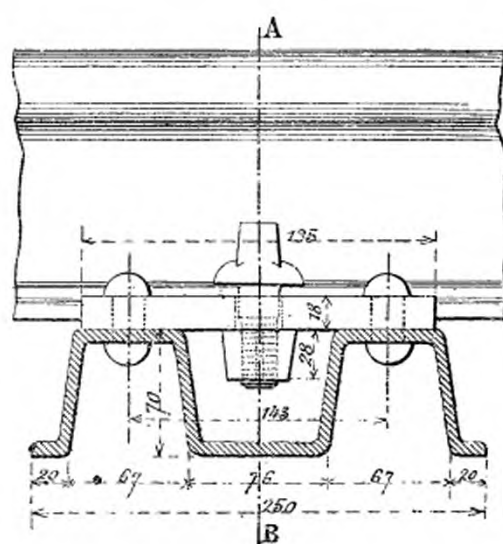


Fig. 60

La traverse proprement dite pèse.....	37*,500
Les deux coussinets pèsent chacun 11*,520 et ensemble	23 ,040
Les huit boulons pèsent chacun 0*,370, soit ensemble	2 ,960
Poids total pareil.....	<u>63*,500</u>

Pour obtenir l'élargissement de la voie dans les courbes, on est obligé d'employer des traverses spéciales, qu'il s'agisse de voies en rails Vignole ou de voies à double champignon.

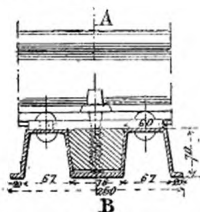


Fig. 61

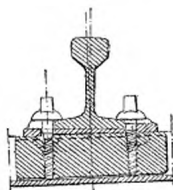


Fig. 62

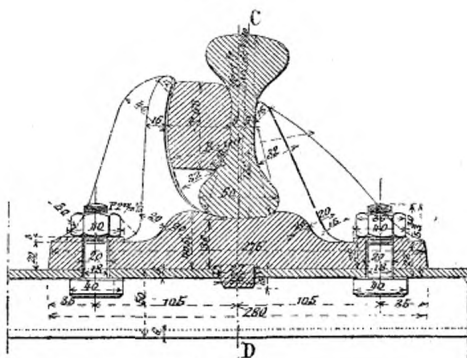


Fig. 63

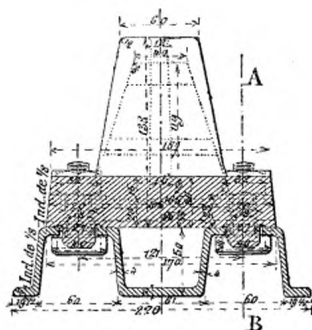


Fig. 64

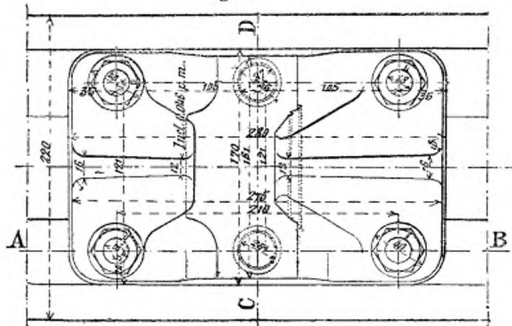


Fig. 65

Des traverses Boyenval et Ponsard sont posées, à titre d'essai, sur les chemins de fer de l'Etat français de Bône-Guelma, de l'Ouest algérien, de Dakar à Saint-Louis (Sénégal), d'Anzin, et de la Petite-Ceinture de Paris.

Fig. 65

Sur ce dernier chemin de fer, les traverses sont placées à la station Est-Ceinture où elles ont déjà subi, sans altération sensible, le passage de plus de 100 000 trains.

9. — Traverse Moncharmont

La traverse Moncharmont est une barre d'acier ayant la forme, soit d'un fer Zorès, soit d'un simple T renversé, à ailes inégales, soit d'une cornière, et sur laquelle se trouvent solidement rivés deux coussinets pour rails Vignole, dont la clavette est absolument indesserrable.

Le système repose principalement sur le moyen adopté pour rendre la clavette indesserrable, lequel consiste dans l'emploi d'un goujon d'arrêt vertical qui traverse à la fois le coussinet, dans un trou préparé à l'avance, et la clavette, dans une encoche pratiquée sur place, au moment de la pose, à l'aide d'un outillage spécial.

La clavette se place à l'intérieur de la voie; elle forme coin dans le sens vertical comme dans le sens horizontal; la mâchoire correspondante du coussinet comporte également une double inclinaison en concordance avec la surface de serrage de la clavette.

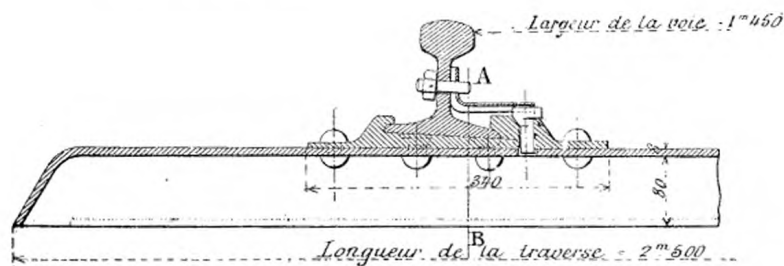


Fig. 66

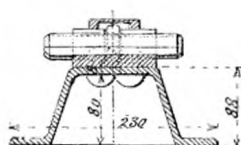


Fig. 67

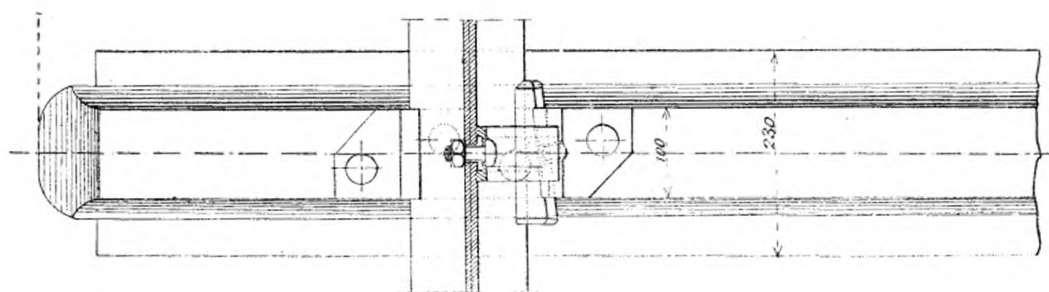


Fig. 68

Les figures 66 à 68 représentent une traverse avec fer Zorès pour voie de 1^m45.

Cette traverse a une longueur de 2^m,50 et une largeur de 0^m230; elle pèse avec ses attaches 69 kilogrammes.

Ses coussinets, en fer ou en acier, sont fixés par quatre rivets disposés en quinconce.

Chaque goujon d'arrêt est rendu prisonnier au moyen d'une plaque de garde en forme d'équerre qui est boulonnée sur l'âme du rail; pour les traverses contre-joints, cette plaque de garde est vissée sur l'éclisse intérieure.

La traverse du même système (fer Zorès) pour voie de 1 mètre a ses coussinets fixés par trois rivets seulement, mais également disposés en quinconce.

Sa longueur est de 1^m,70, sa largeur de 0^m,180 et son poids de 33 kilogrammes y compris les attaches.

La traverse à simple T est exclusivement destinée à la voie de 1^m,45, elle est représentée par les figures 69 à 71.

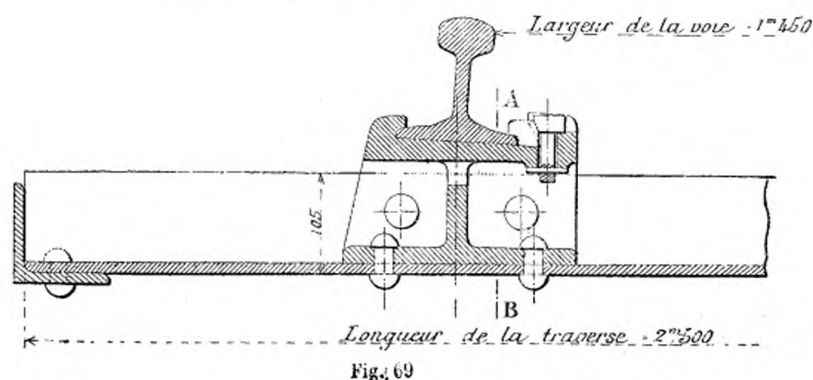


Fig. 69

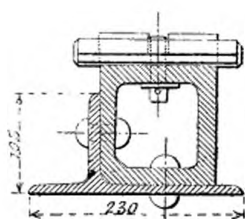


Fig. 70

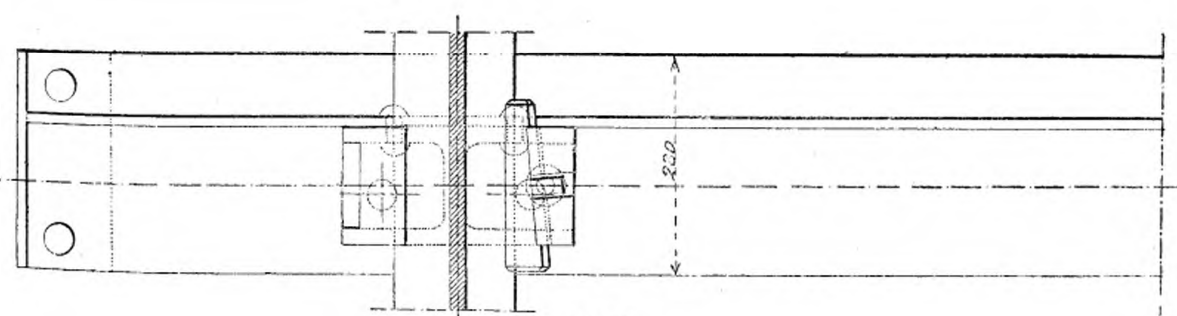


Fig. 71

Sa longueur est de 2^m,50, sa largeur de 0^m,230 et son poids de 104 kilogrammes, attaches comprises. Elle porte à chaque extrémité une cornière rivée sur son aile horizontale, de manière à constituer une butée contre le ballast.

Les coussinets sont en fonte et présentent la forme d'un bloc carré évidé à ses extrémités. Ils sont rivés à la fois sur l'aile horizontale et sur l'aile verticale de la traverse.

Chaque goujon d'arrêt est maintenu en place par une broche qui traverse sa tige à l'intérieur du coussinet. Lorsqu'on veut faire sortir cette broche, on se sert d'un repoussoir que l'on engage dans un trou ménagé à cet effet dans l'âme centrale du coussinet.

La traverse à cornières ne s'emploie que pour la voie de 1 mètre; elle présente des dispositions semblables à celles de la traverse à simple T, comme le montrent les figures 72 à 74 qui la représentent.

Sa longueur est de 1^m,70, sa largeur de 0^m,140 et son poids de 57 kilogrammes, y compris les attaches.

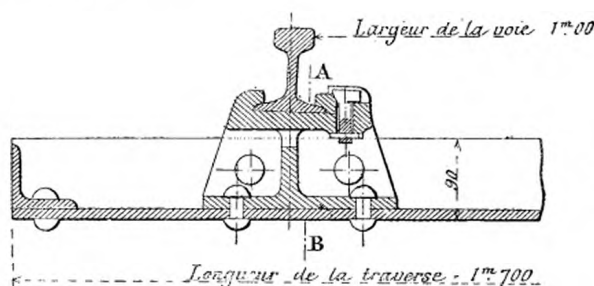


Fig. 72

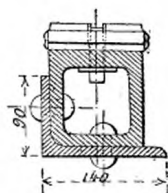


Fig. 73

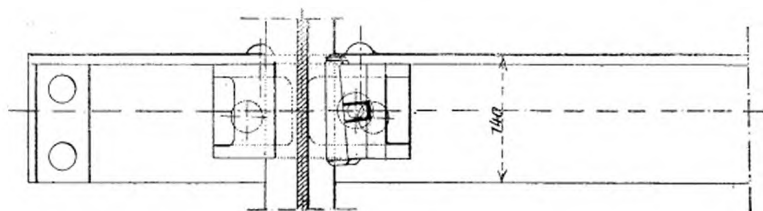


Fig. 74

Pour pratiquer dans les clavettes de serrage les encoches destinées à donner passage aux goujons d'arrêt, on procède comme suit :

(a) Les clavettes non encore encochées sont d'abord mises en place dans les coussinets et chassées à fond.

(b) On trace alors sur chacune d'elles, au moyen d'un marteau et d'un outil dit « marque clavettes », deux repères ou traits parallèles transversaux, situés l'un et l'autre à la même distance du trou du coussinet auquel doit correspondre l'encoche; cette distance est précisément égale à la moitié de la profondeur de la baie d'encochage de la machine à encocher dont il va être question.

Le marque-clavette (voir fig. 75 à 77) est une tranche double portant à égale distance de ses taillants un guide l et un pivot p .

Lorsqu'on se sert de l'outil, le guide s'engage exactement dans le trou du coussinet, tandis que le pivot repose sur la clavette. Pour marquer les repères sur la clavette, on y applique successivement chaque taillant et l'on frappe sur leur tête un coup de marteau.

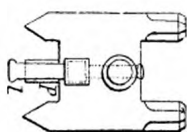


Fig. 75

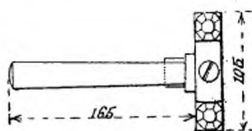


Fig. 76

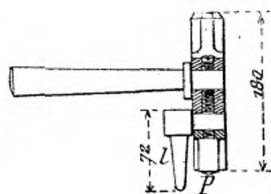


Fig. 77

(c) Lorsque les clavettes sont repérées, on les retire des coussinets pour les ranger dans les cases numérotées d'un panier en bois dit « porte-clavettes », qui est représenté par les figures 78 à 80.

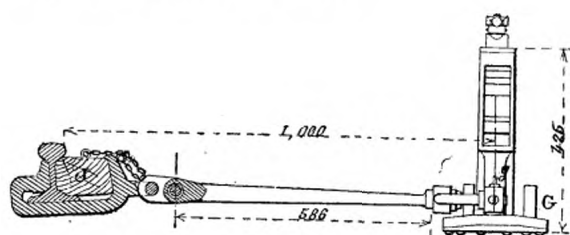


Fig. 81

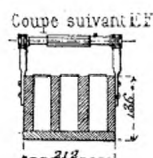


Fig. 78

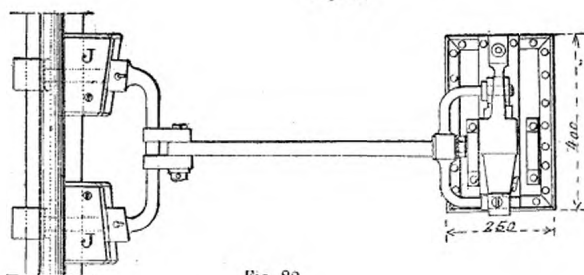


Fig. 82

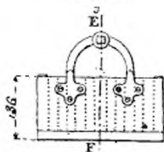


Fig. 79

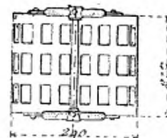


Fig. 80

On les apporte ensuite à la « machine à encocher » qui, au préalable, a été installée à proximité, contre la voie, en la fixant au rail au moyen d'un appareil dénommé « attelage de la machine à encocher » (voir fig. 81 et 82).

L'attelage comporte deux fourches articulées aux extrémités d'une tringle qui les relie. Ces fourches s'adaptent l'une au rail au moyen de deux coins *J*, l'autre à la machine à encocher au moyen de deux goujons *g*. La double articulation

de l'attelage permet d'installer la machine d'aplomb quelles que soient la hauteur et l'inclinaison du ballast par rapport au rail.

La machine à encocher est une poinçonneuse portable qu'un seul homme peut actionner (voir fig. 83 à 86).

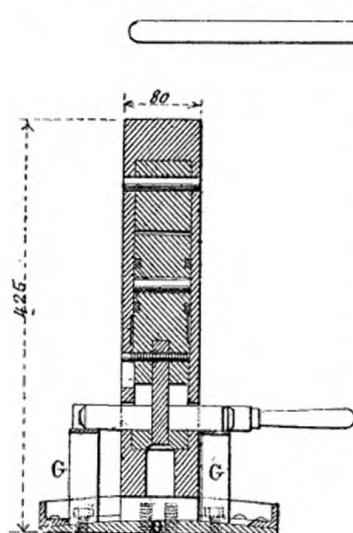


Fig. 83

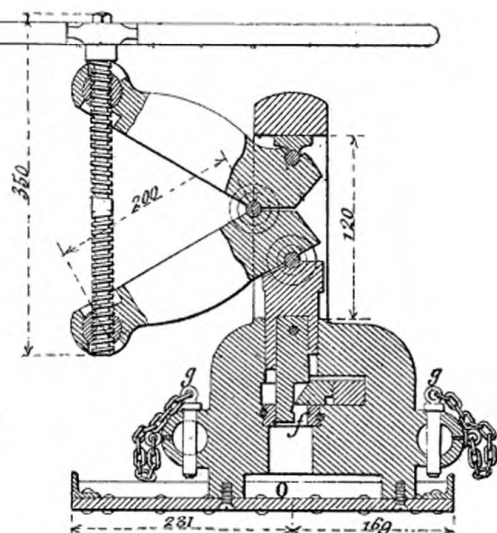


Fig. 84

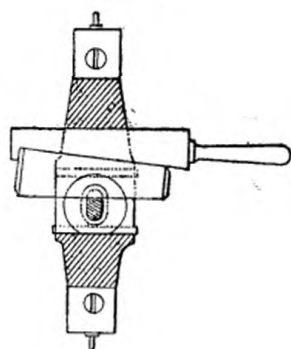


Fig. 85

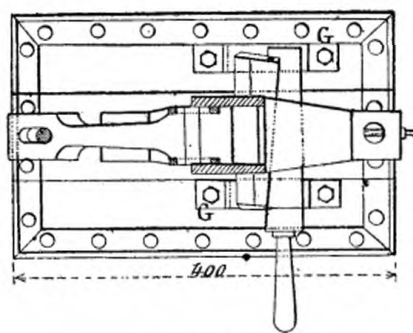


Fig. 86

Elle est formée d'un bâti en acier forgé qui est muni d'une plaque d'appui en tôle et qui est percé d'une moraise ou « baie d'encochage » destinée à recevoir la clavette à encocher.

Le poinçon est situé exactement au milieu de l'épaisseur du bâti ; il a pour section un rectangle terminé par deux demi-cercles, et comporte à l'opposé de sa partie active un prolongement qui s'engage dans la matrice de la machine ; ce prolongement est destiné à servir de guide au poinçon et à constituer en outre une butée pour la clavette placée dans la baie d'encochage.

L'autre butée de la clavette se produit contre le fond de la baie d'encochage ; elle est obtenue à l'aide d'une cale ayant en plan la même inclinaison que la clavette. Cette cale porte un talon contre lequel la clavette s'appuie par son gros bout, ce qui l'empêche de glisser dans le sens longitudinal pendant l'action du poinçonnage.

Il y a deux cales différentes qui sont symétriques (voir fig. 87 et 88) et qui servent l'une pour les clavettes situées à droite de la voie, l'autre pour les clavettes situées à gauche.

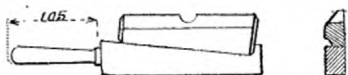


Fig. 87

Pour mettre la clavette exactement à la place qu'elle doit occuper dans la baie d'encochage, on fait coïncider ses deux repères avec les bords de la dite baie d'encochage.

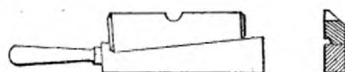


Fig. 88

Dans cette position la clavette et sa cale sont maintenues à leurs extrémités par deux supports *G* fixés sur la plaque d'appui de la machine.

Les mouvements de descente et de montée du poinçon sont produits par deux leviers articulés, lesquels sont actionnés par une vis à filets inverses qui se manœuvre à l'aide d'une clef à deux branches.

Un trou qui existe au centre de la plaque d'appui de la machine, et qui est fermé par un tampon à vis 0, permet de remplacer le poinçon sans qu'on ait à démonter le mécanisme de la machine.

(d) Enfin lorsque les clavettes sont encochées et remises dans leurs cases respectives du porte-clavettes, on va les replacer dans les coussinets d'où elles ont été retirées, puis on les munit de leurs goujons d'arrêt.

D'après l'inventeur, deux hommes peuvent facilement encocher et poser dans une journée de dix heures 250 ou 300 clavettes, suivant que le diamètre de l'encoche est de 18 ou de 15 millimètres.

10. — Traverse Sévérac

La traverse Sévérac est composée d'une poutrelle à double T aux extrémités de laquelle sont rivés, savoir : en dessous, deux plateaux, et au-dessus, à l'aplomb du milieu des plateaux, deux sellettes à mâchoires ou deux coussinets suivant qu'il s'agit d'une voie en rails Vignole ou d'une voie en rails à double champignon.

Les figures 89 à 91 représentent une traverse à la voie de 1^m,44 pour rails Vignole.

Les plateaux de cette traverse sont légèrement épaissis vers le milieu sous la

Des traverses Sévérac sont à l'essai depuis quelque temps sur les chemins de fer du Nord-Belge et de Bône-Guelma, mais elles diffèrent un peu du type que nous venons de décrire.

Dans les traverses posées sur le chemin de fer du Nord-Belge, les deux plateaux sont remplacés par une semelle rivée sur toute la longueur du double T et relevée verticalement, à ses extrémités, jusqu'au dessus de la poutrelle. Ces traverses ont jusqu'à présent supporté sans altération sensible le passage de 34 000 trains.

Dans les traverses posées sur le chemin de fer de Bône-Guelma, les plateaux sont profilés légèrement en U renversé, ce qui, avec le repliement des extrémités vers le bas, leur donne l'aspect d'une cloche, et les fait agir comme les traverses creuses en ce qui concerne la résistance au déplacement de la voie dans le sens transversal et dans le sens longitudinal. Ces traverses se sont également bien comportées, mais leur pose est trop récente pour que les résultats soient concluants.

11. — Traverse Helson Cyriaque

La traverse Helson Cyriaque est formée soit d'un tronçon de vieux rails Vignole, soit d'un fer spécial à âme verticale ayant l'un des cinq profils à bourrelet, à simple T ou à double T représentés par les figures 94 à 98.



Fig. 94

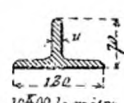


Fig. 95

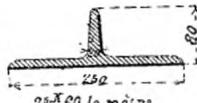


Fig. 96

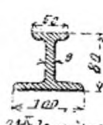


Fig. 97



Fig. 98

Sous la base du vieux rail ou des fers spéciaux sont rivés deux plateaux en tôle d'acier striée qui se relèvent verticalement aux extrémités de la traverse pour en constituer les têtes.

Ces plateaux sont toutefois remplacés par des cornières d'about dans le cas du fer à simple T ayant une largeur suffisante pour former la base d'appui de la traverse.

Qu'il s'agisse de voies en rails Vignole ou de voies en rails à double champignon, deux coussinets en fonte sont coulés directement sur le corps de la traverse.

À l'emplacement de chaque coussinet, le dessus de la traverse (bourrelet, tige ou aile) est entaillé ou enlevé totalement afin d'empêcher le déplacement du coussinet dans le sens transversal de la voie ; de plus l'âme de la traverse est

percée de plusieurs trous afin que les flasques du coussinet soient réunies par des entretoises venues de fonte.

Pour fixer les rails Vignole dans leur coussinet, M. Helson Cyriaque fait usage de la clavette de la société Cockerill de Seraing (Belgique) qu'il place à l'intérieur de la voie pour en faciliter l'inspection. Cette clavette a de l'inclinaison dans les deux sens de manière à exercer sur le patin du rail un serrage vertical et un serrage horizontal. Ce double serrage peut être obtenu grâce à une lame de plomb additionnée d'antimoine, qui est logée verticalement dans une fente longitudinale de la clavette et qui cède horizontalement jusqu'à ce que le serrage vertical soit complet. Par l'ouverture intérieure de la fente en question on empêche le desserrage de l'attache.

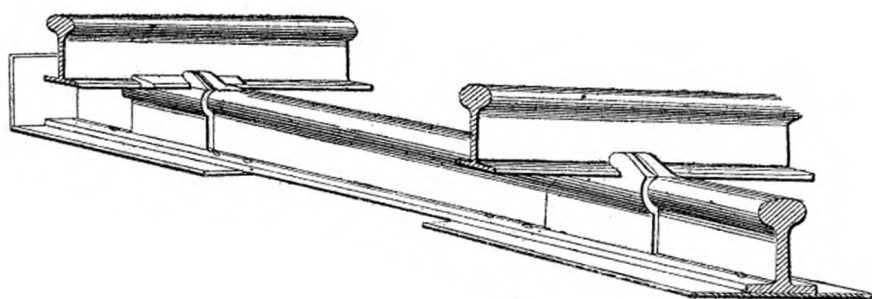


Fig. 99

La figure 99 représente une traverse pour voie de 1^m,44 en rails Vignole, qui est obtenue au moyen d'un vieux rail Vignole de 35 kilogrammes le mètre courant dont tout le champignon a été enlevé à l'emplacement des coussinets.

Cette traverse a une longueur de 2^m,50, une largeur de 0,25 et pèse 120 kilogrammes.

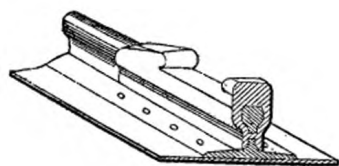


Fig. 100

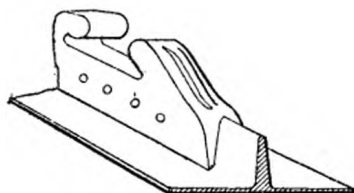


Fig. 101

Les figures 100 et 101 représentent l'une un coussinet fondu sur un fer profilé à bourrelet et coupé suivant l'axe d'une entretoise venue de fonte à la coulée, l'autre un coussinet fondu sur un fer à simple T dont la base de 0^m,25 de largeur forme la base d'appui de la traverse.

sivement sur les lignes à grand trafic de Bruxelles à Luxembourg et de Namur à Charleroi dans des sections de voies parcourues annuellement par 14 000 trains.

Ces trois modèles de traverses ont une longueur de 2^m,30 et une largeur à la base de 0^m,40.

Les traverses du premier modèle, qui sont en service depuis 1884, sont entièrement en fer; leur hauteur est de 0^m,162 et leur poids de 142 kilogrammes y compris les attaches. Elles ont bien résisté jusqu'à présent.

Les traverses du deuxième modèle sont également en fer sauf les plateaux inférieurs qui sont en acier; elles ont une hauteur de 0^m,137 et pèsent avec leurs attaches 116 kilogrammes. Leur pose date de 1886, mais comme les fers en U se fendaient, elles ont dû bientôt être enlevées et mises sur des points moins fatigués où elles se comportent bien.

Les traverses du troisième et dernier modèle qui font l'objet des figures 102 à 104 sont en acier avec sellettes en fer. Leur hauteur est de 0^m,1565 et leur poids, y compris attaches, de 134 kilogrammes. Elles ont été mises en œuvre en 1887 et se sont bien maintenues.

Les traverses Bernard ont un grand poids, mais il est à remarquer qu'elles présentent pour chaque rail deux points d'appui éloignés d'environ 0^m,30, ce qui permet de les écarter beaucoup plus que les traverses ordinaires et par suite d'en diminuer le nombre dans une assez forte proportion.

Ces traverses exigent un perçage spécial pour être employées dans les courbes où la voie doit être élargie.

13. — Traverse Willemin

La traverse Willemin est pourvue de coussinets en fonte ou en acier dont le type varie suivant qu'ils sont destinés à recevoir des rails Vignole ou des rails à double champignon.

Elle est formée de deux membrures en Z disposées symétriquement avec leurs ailes supérieures en dehors et entretoisées par les coussinets eux-mêmes qui sont fixés au moyen de longs rivets.

Les coussinets remplissent l'office de têtes pour la traverse.

Ils ont une base en forme de cloche rectangulaire et reposent par les deux arêtes longitudinales de cette base sur les ailes inférieures des membrures de la traverse, ce qui empêche les rivets d'attache de travailler par cisaillement.

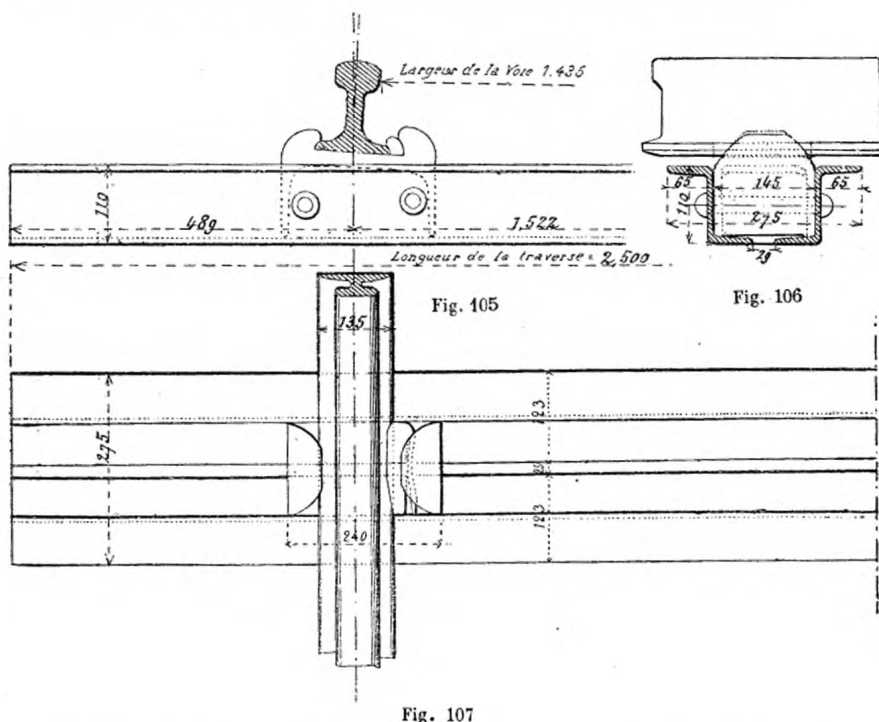


Fig. 107

Pour coincer le rail Vignole dans son coussinet, on emploie comme d'habitude une clavette placée à l'intérieur de la voie. Cette clavette est fendue de manière à constituer du côté du coussinet une bandelette qui se rapproche du corps de la

clavette sous l'action du serrage, et que l'on écarte ensuite à son extrémité, au moyen d'un coup de burin, pour empêcher le desserrage.

La traverse Willemin représentée par les figures 105 à 107 a été étudiée pour une voie de 1^m,435 en rails Vignole de 50 kilogrammes dits « rails Goliath » adoptés par l'Etat-Belge.

Elle a une longueur de 2^m,50, une largeur de 0,275, y compris un vide intermédiaire de 0^m,029 entre les membrures, et une hauteur de 0^m,110. Elle pèse 95 kilogrammes.

Des traverses Willemin pour voie de 1 mètre en rails Vignole ont été employées en 1887 par la Société nationale des chemins de fer vicinaux belges sur ses trois lignes de la banlieue de Charleroi qui sont parcourues annuellement par 5 500 trains. Ces traverses qui pèsent 52 kilogrammes se sont bien comportées.

14. — Traverse de la Compagnie de l'Est

La traverse exposée par la Compagnie de l'Est français et dont M. Guillaume est l'inventeur, est exclusivement affectée aux rails Vignole. Elle est à la voie de 1^m,445.

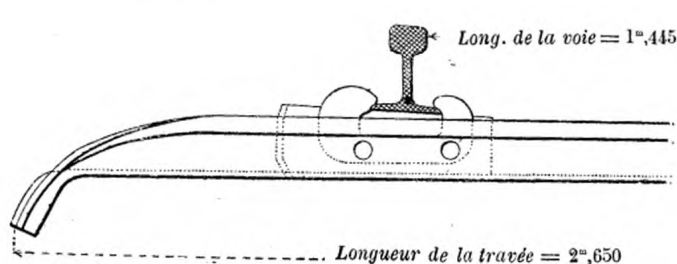


Fig. 108

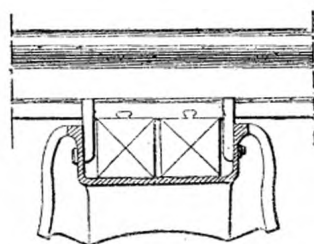


Fig. 110

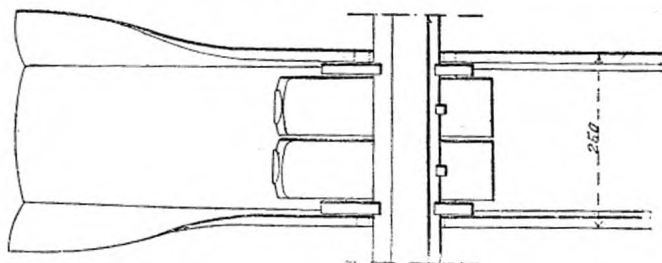


Fig. 109



Fig. 111

Cette traverse, dont les détails sont donnés par les figures 108 à 111, a la

section d'une auge reposant sur sa face plane ; elle est complètement enfouie dans le ballast. Les extrémités sont rabattues et évasées en vue de donner à la voie une grande résistance aux déplacements transversaux. L'effet produit par ce rabattement est analogue à celui de l'obturation des extrémités des traverses creuses en dessous.

Les attaches des rails sont constituées par des oreilles mobiles en acier fondu qui sont simplement accrochées par leurs deux tenons dans le corps de la traverse.

Le serrage des rails contre les oreilles est obtenu en chassant, entre la face plane de la traverse et le patin des rails, des coins en bois d'orme créosoté et comprimé.

Ces coins, qui assurent aux rails l'inclinaison du vingtième, suppriment le contact des surfaces métalliques. Ils sont maintenus invariables dans leur position par de simples clous qui affleurent le patin des rails à l'intérieur de la voie.

Pour obtenir l'élargissement de la voie dans les courbes, il suffit d'employer des oreilles spéciales.

La traverse a une longueur de 2^m,65, une largeur de 0^m,25 et un poids de 63^k,500, y compris les oreilles.

Une centaine de traverses de ce type sont à l'essai, depuis 1886, sur la ligne à grand trafic de Paris à Mulhouse, près de Rosny, dans une partie de voie parcourue annuellement par 25 000 trains. Elles ont donné des résultats satisfaisants.

15. — Traverses Paulet

Les traverses Paulet comportent deux modèles dits traverse simple et traverse double ou couplée.

L'un et l'autre modèle sont munis, aussi bien pour les voies en rails Vignole que pour les voies en rails à double champignon, de coussinets appropriés au type de rail.

La traverse simple est formée de deux cornières posées à plat et dos à dos, entre lesquelles les queues des coussinets sont fixées au moyen de rivets, et dont les extrémités sont fermées au moyen de deux autres bouts de cornières également rivées.

Les rails Vignole sont calés dans les coussinets à l'aide de clavettes placées à l'intérieur de la voie pour en faciliter l'inspection.

La traverse double ou couplée est un châssis rectangulaire rigide ayant comme grands côtés deux traverses simples dont les bouts ne sont pas fermés et dont

les cornières, situées à l'intérieur du châssis, ne règnent qu'aux extrémités. Les parties correspondantes de ces deux cornières appartiennent à une même barre qui, en plan, a la forme d'un U et qui constitue l'un des petits côtés du châssis.

Il existe par type de voies deux modèles de traverses doubles : la traverse intermédiaire et celle de joint.

Les figures 112 à 114 représentent une traverse simple pour la voie de 1^m,44 en rails Vignole.

Cette traverse simple a une longueur de 2^m,30 et une largeur de 0^m,205, y compris un vide intermédiaire de 0^m,025. Son poids est de 70 kilogrammes avec

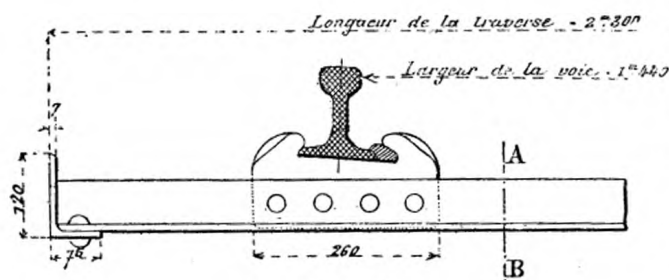


Fig. 112

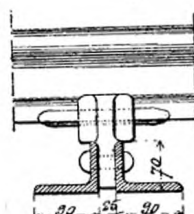


Fig. 113

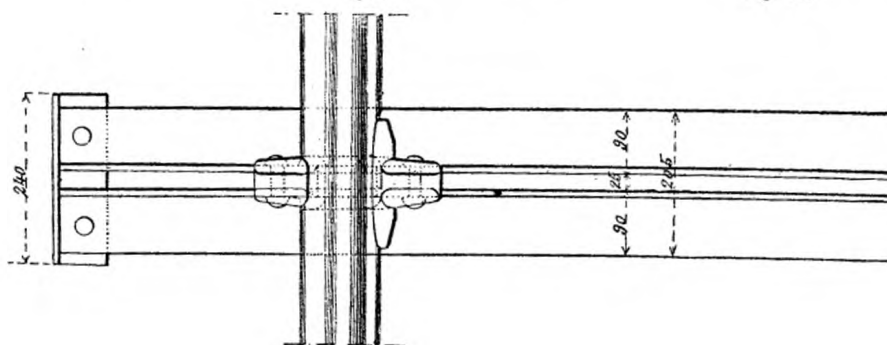


Fig. 114

coussinets pour rails Vignole, et de 75 kilogrammes avec coussinets pour rails à double champignon.

Les figures 115 à 117 représentent une traverse double intermédiaire pour voie de 1^m,44 en rails à double champignon.

Cette traverse double intermédiaire a la même longueur de 2^m,30 avec un espacement de 0^m,80 pour les traverses simples qui la composent et qui ont également 0^m,205 de largeur, y compris 0^m,025 de vide intermédiaire. Cette traverse double pèse 123 kilogrammes avec coussinets pour rails Vignole, et 137 kilogrammes avec coussinets pour rails à double champignon.

La traverse double de joint a ses deux traverses simples espacées de 0^m,60 au lieu de 0^m,80. Son poids est de 117 ou 131 kilogrammes suivant que les coussinets sont pour rails Vignole ou pour rails à double champignon.

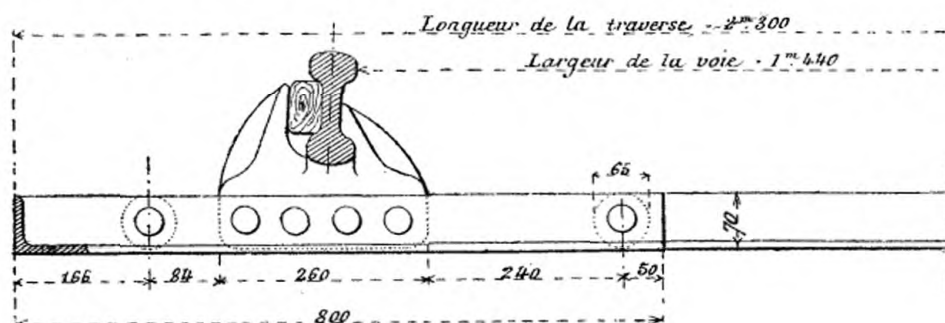


Fig. 115

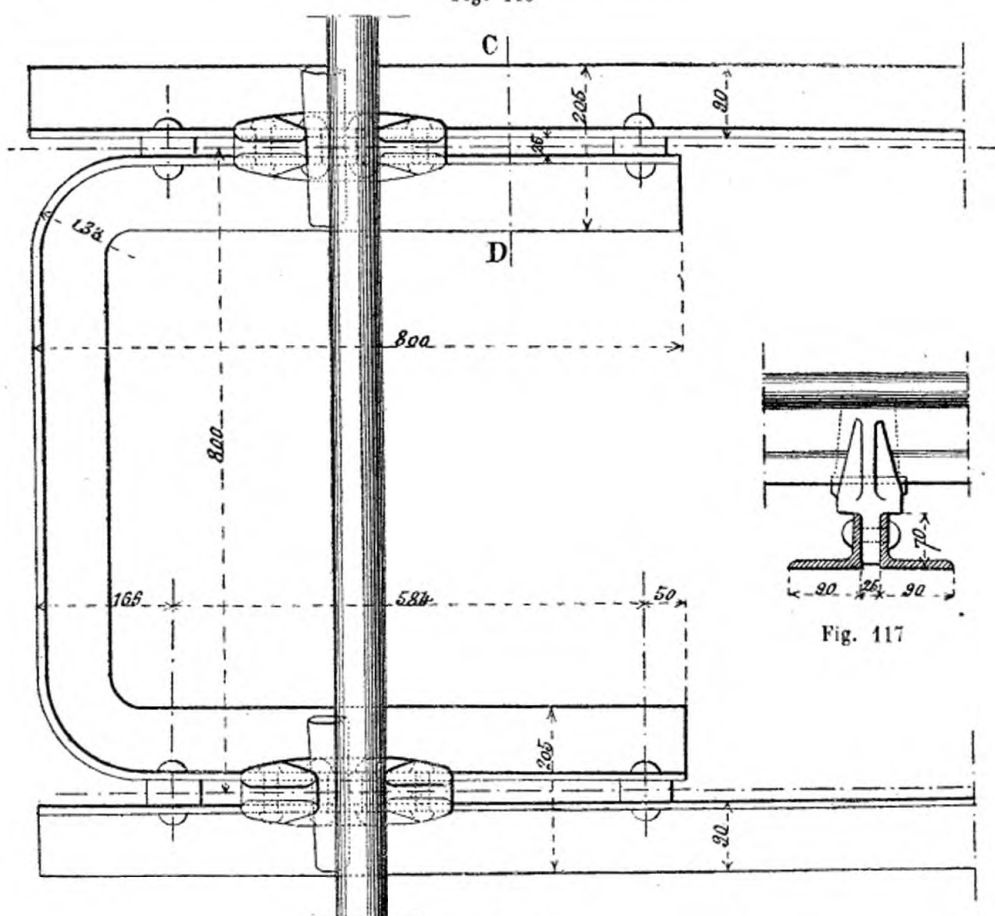


Fig. 116

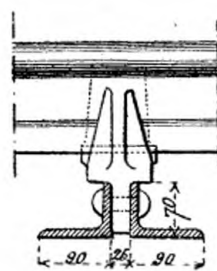


Fig. 117

Des traverses simples de 75 kilogrammes et couplées de 137 kilogrammes

sont en service au nombre de 114 sur la ligne de Paris au Havre entre Achères et Poissy. Elles ont subi sans altération sensible le passage de 62 500 trains.

Une autre expérience faite avec les traverses du même type, au nombre de 2886, posées sur la ligne de Paris à Niort, entre Airvault et St-Loup, a donné des résultats tout aussi satisfaisants.

M. Paulet a exposé aussi des traverses du même type pour voie de 1 mètre.

La traverse simple a 1^m,60 de longueur et 0^m,180 de largeur y compris un vide intermédiaire de 0^m,02. Elle pèse 34 kilogrammes avec coussinets pour rails Vignole et 38 kilogrammes avec coussinets pour rails à double champignon.

La traverse double intermédiaire et la traverse double de joint ont leurs traverses simples espacées de 0^m,80 et 0^m,60. Elles pèsent environ 60 ou 64 kilogrammes, suivant que leurs coussinets sont pour rails Vignole ou pour rails à double champignon.

Enfin, M. Paulet a encore exposé une traverse simple du même type, à voie étroite, pour rails Vignole de 18 à 20 kilogrammes le mètre courant.

Cette traverse avait 0^m,160 de largeur, 1^m,56 de longueur et pesait de 25 à 26 kilogrammes.

VOIE DE 0,60, système DECAUVILLE

La voie de 0^m,60 du système de M. Decauville, constructeur à Petit-Bourg (France), est formée d'éléments droits ou courbes qui sont placés bout à bout et qui sont constitués par deux rails en acier, du type Vignole, dont les patins sont rivés sur des traverses creuses, également en acier, du type de M. le capitaine Péchot.

Les éléments ou tronçons de voie ont normalement 5 mètres de longueur et comportent 8 traverses espacées de 0^m,65; les deux traverses extrêmes se trouvent situées à 0^m,225 de l'extrémité des rails, ce qui procure des joints en porte à faux d'équerre avec un espacement de 0^m,45 pour les traverses adjacentes.

Des éléments de 2^m,50 et de 1^m,25 sont, en outre, employés aux extrémités des alignements droits et des courbes, ou sur d'autres points spéciaux, suivant les exigences du tracé.

Les éléments courbes sont aux rayons de 100, 50, 30 et 20 mètres. Des éléments de 7^m,63 de rayon sont, en outre, adoptés pour les tournants brusques, où ne doivent passer que des wagons poussés à bras ou trainés par des chevaux.

Pour réunir les éléments entre eux, l'un des rails de chaque extrémité d'élément (celui de droite par rapport à l'élément) est muni de deux éclisses rivées qui constituent un *bout femelle*, tandis que l'autre rail, qui forme un *bout mâle*, porte une petite plaque d'acier rivée sous le rail qu'elle dépasse de 0^m,03 (voir fig. 118)

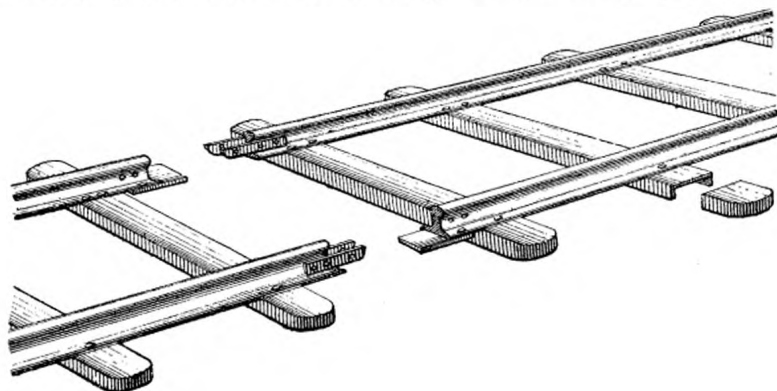


Fig. 118

Cette jonction hybride des éléments entre eux a pour but de permettre d'établir indifféremment les courbes à droite ou à gauche avec les mêmes éléments.

Les éclisses du bout femelle sont, d'ailleurs, percées chacune d'un trou qui correspond à un autre trou percé dans le rail correspondant du bout mâle. Il y a ainsi deux boulons seulement par tronçon de voie, un pour chaque rail.

Les rails pèsent 9^k,50 le mètre courant; leurs dimensions principales sont les suivantes :

Hauteur.....	0 ^m ,060
Largeur du patin.....	0 ,064
Largeur du champignon.....	0 ,030
Epaisseur de l'âme.....	0 ,007

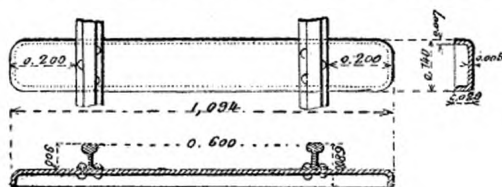



Fig. 119

Les traverses ont la section d'un fer  renversé (voir fig. 119) et sont fermées à chaque extrémité par un emboutissage à chaud. Elles ont :

Une longueur de.....	1 ^m ,094
Une largeur de.....	0 ,140
Une hauteur de.....	0 ,029
Leur poids est de.....	9 ^k ,14

Un tronçon de voie de 5 mètres pèse 170 kilogrammes. Quatre hommes suffisent pour le transporter.

Pour le passage à niveau des chaussées, les tronçons sont munis de contre-rails de 7 kilogrammes formant une ornière de 0^m,029 en alignement droit et de 0^m,035 dans les courbes. Dans les parties pavées, les rails sont surélevés comme le montre la figure 120, au moyen de consoles en acier qui font corps avec les traverses.

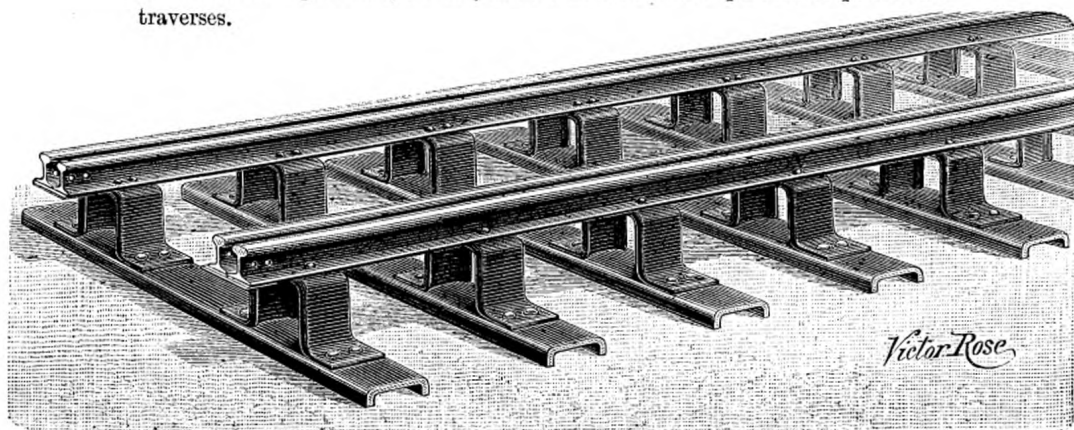


Fig. 120

Nous ajouterons que les appareils de changement et de traversée de voies, ainsi que les plaques tournantes, font l'objet de panneaux spéciaux qui s'ajustent dans la voie comme des tronçons ordinaires et qui ont, comme ces derniers, une hauteur totale de 0^m,089 mesurée du dessous du panneau au dessus du rail. Dans les appareils de changement de voie, les courbes ont un rayon de 20 mètres ou de 30 mètres. Les plaques tournantes ont un diamètre de 1^m,30 ou de 1^m,70.

La charge par essieu que peut supporter la voie Decauville est de 3 500 kilogrammes.

Le matériel roulant est établi d'après cette charge et de manière à pouvoir circuler dans les courbes à faible rayon que comporte la voie.

Les locomotives sont du système articulé Péchot-Bourdon. Elles ont été étudiées par M. le capitaine Péchot, avec le concours de M. Bourdon, ingénieur, et rappellent, comme dispositions d'ensemble, les machines Fairlie. Ces locomotives comportent deux bogies à deux essieux moteurs sur lesquels repose une chaudière au milieu de laquelle se trouvent deux foyers latéraux. Elles pèsent 10 tonnes à vide et 13 à 14 tonnes en charge, soit au maximum 3^t,5 par essieu.

On emploie également les locomotives du système Mallet compound articulé à deux groupes de deux essieux.

Les voitures à voyageurs sont montées sur deux bogies à deux essieux; elles sont ouvertes, avec abri léger, ou comportent des caisses fermées.

Les wagons à marchandises sont également sur bogies à deux essieux; ils peuvent porter habituellement 10 tonnes et pèsent, en moyenne, 3 500 kilogrammes, soit 350 kilogrammes par tonne transportée.

Les bogies portent en leur milieu une cheville ouvrière qui les relie aux châssis des voitures ou des wagons; ils portent, en outre, à leur partie supérieure, une voie circulaire qui est concentrique à la cheville ouvrière et qui sert de chemin de roulement aux galets dont sont munis les châssis. Les appareils de choc qui servent en même temps à la traction et qui se trouvent situés dans l'axe des bogies, sont également reliés à la cheville ouvrière. Ces dispositions facilitent le passage des véhicules dans les courbes et sur les plaques tournantes.

Pour le transport des fardeaux de grandes dimensions qui sont assez rigides pour se soutenir d'eux-mêmes, tels que troncs d'arbres, longs bois, canons, etc., on emploie deux trucs accouplés et pourvus de supports pivotants; les barres d'accouplement sont formées de tubes ou de fers profilés coulissant l'un dans l'autre, de manière à pouvoir régler leur longueur suivant celle du fardeau à transporter; les supports pivotants sont munis de galets reposant sur des chemins de roulement circulaires.

Les dispositions de ce matériel ont été étudiées par M. le capitaine Péchot.

Il existe des trucs à2.....3.....4..... 6 et 8 essieux qui, accouplés, peuvent porter, sans dépasser la charge de 3^t,5 par essieu....12....18....24.... 36 et 48 tonnes, et pèsent.....2200..3300..4500..6500 et 8800 kilogrammes, soit par tonne transportée ..183...183...188...181 et 183 kilogrammes.

Les trucs à 2 essieux ne sont autres que des bogies d'un wagon de 10 tonnes (voir fig. 121).

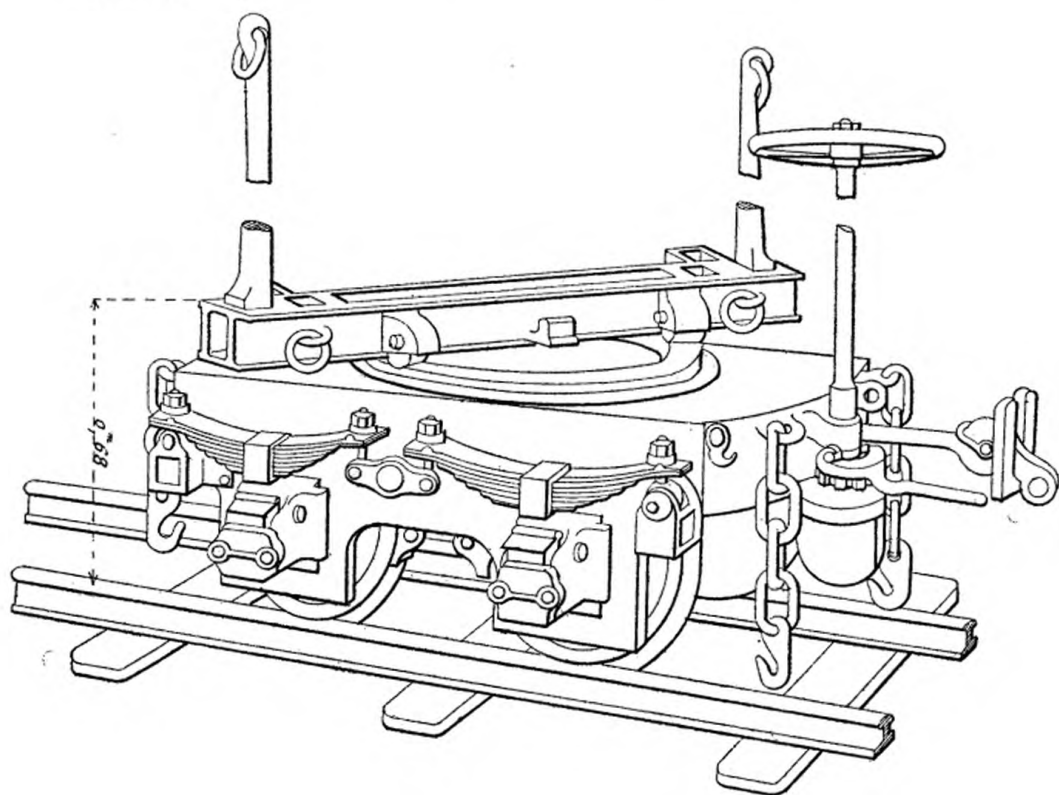


Fig. 121

Les trucs à 3 et 4 essieux sont d'un type spécial (voir fig. 122).

Les trucs à 6 et 8 essieux sont formés de deux trucs à 3 et 4 essieux réunis au moyen d'un châssis, sous lequel ils peuvent pivoter.

Comme on le voit, les trucs à 6 et 8 essieux sont articulés.

A l'Esplanade des Invalides se trouvait exposé le chargement d'un canon de 48 tonnes sur deux trucs articulés à 8 essieux.

Ce chargement est représenté par la figure 123.

Tous les véhicules dont nous venons de parler peuvent circuler dans les courbes de 7^m,63 de rayon ; ils peuvent aussi passer sur les plaques tournantes

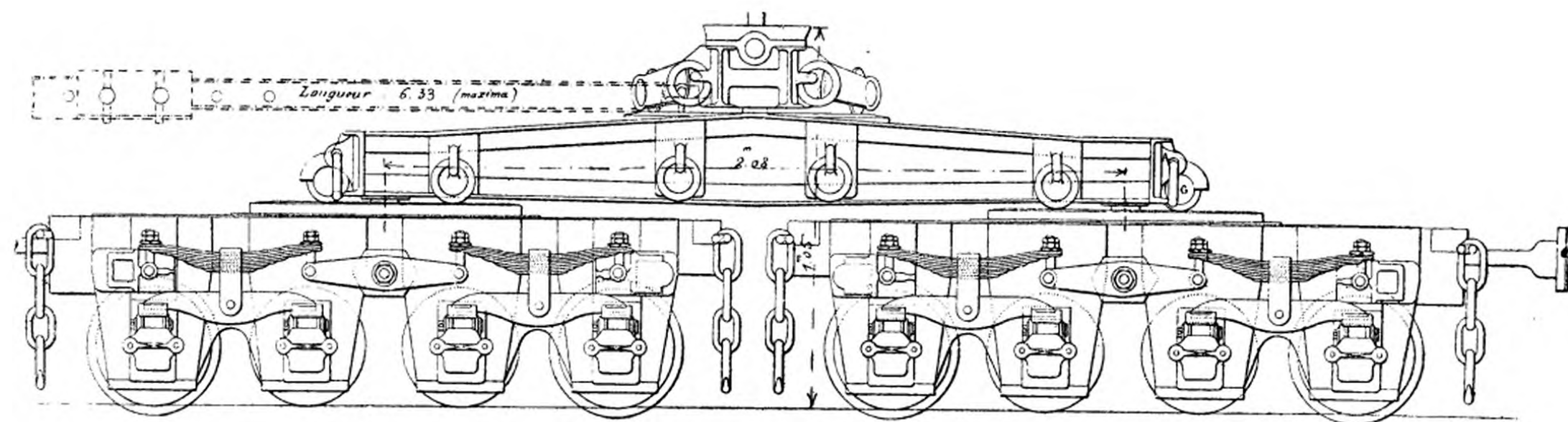


Fig. 122

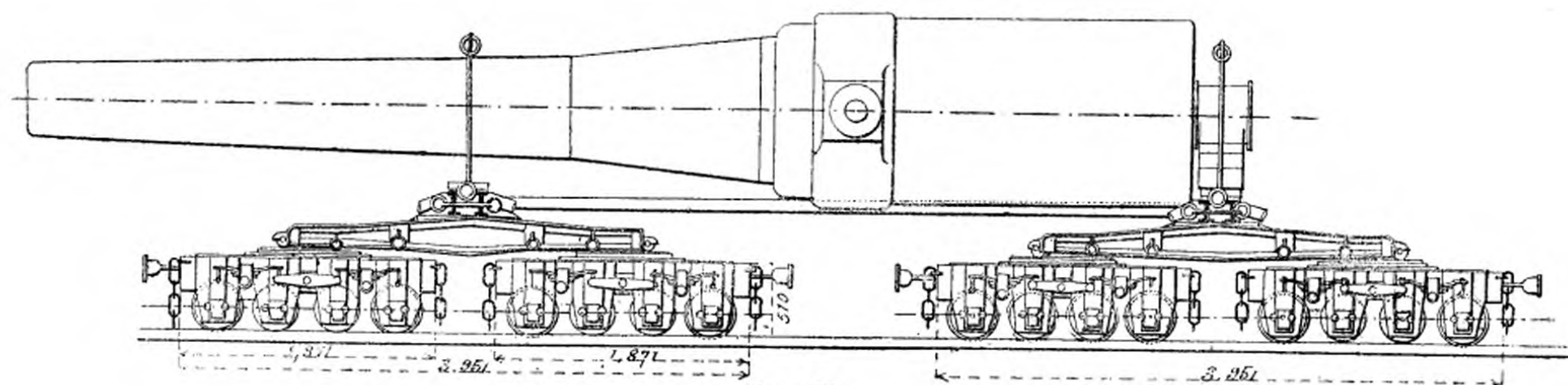


Fig. 123

Il traversait à niveau l'Esplanade des Invalides, l'avenue de Latour-Maubeourg et l'avenue Labourdonnais, et passait en souterrain sous la place du pont de l'Alma et au droit du pont d'Iéna.

Les passages à niveau avaient d'abord été munis de barrières, mais comme elles exigeaient trop de temps pour être manœuvrées, on les a bientôt remplacées par des cordes, ce qui a permis de n'intercepter chaque passage à niveau que pendant 45 secondes pour laisser passer un train.

La ligne était à deux voies, sauf, toutefois, dans l'étendue de la traversée à niveau de l'Esplanade des Invalides, où ne régnait qu'une seule voie, par mesure de précaution, à cause de l'affluence des visiteurs en ce point.

Le tracé comportait en pleine voie des déclivités de 0^m,025 et 0^m,028 et des courbes de 30 et 42 mètres de rayon ; une partie en courbe et contre-courbe de 30 mètres de rayon se trouvait située sur une déclivité de 0^m,028 ; une courbe de 42 mètres de rayon développant un quart de circonférence coïncidait avec une déclivité de 0^m,025.

Les gares étaient au nombre de cinq :

- Celles de la Concorde, à l'Esplanade des Invalides ;
- de la galerie de l'Agriculture, sur le quai d'Orsay ;
- du bâtiment des produits alimentaires, sur le quai d'Orsay ;
- de la tour Eiffel, au Champ de Mars ;
- de la Galerie des Machines, au Champ de Mars.

Les deux gares extrêmes étaient pourvues de voies de garage reliées entre elles au moyen d'appareils de changement de voie au rayon de 20 mètres ; les trois gares intermédiaires ne comprenaient que les deux voies principales.

Pendant les six mois qu'a fonctionné le chemin de fer Decauville à l'Exposition, du 6 mai au 6 novembre 1889, les deux voies principales ont supporté chacune, sans autre altération que l'usure normale du champignon des rails, le passage de 21 250 trains marchant à une vitesse moyenne de 23 kilomètres à l'heure. L'usure du champignon des rails a été de quatre à cinq dixièmes de millimètres en pleine voie et d'un millimètre deux dixièmes dans les gares où les voies étaient soumises à l'action des freins.

La voie unique de l'Esplanade des Invalides qui a supporté le double de ce trafic, soit le passage de 42 500 trains et les appareils de changement de voie dont quelques-uns ont été franchis par plus de 100 000 trains ou machines se sont également bien comportés.

Les locomotives employées étaient du type Mallet, pesant 11',5 en ordre de marche soit 2',9 par essieu.

On a fait aussi usage d'une locomotive articulée système Péchot-Bourdon.

Les voitures à voyageurs, qui avaient été étudiées spécialement pour le service de l'Exposition étaient de deux classes (1^{re} et 2^{me}). Les unes et les autres avaient

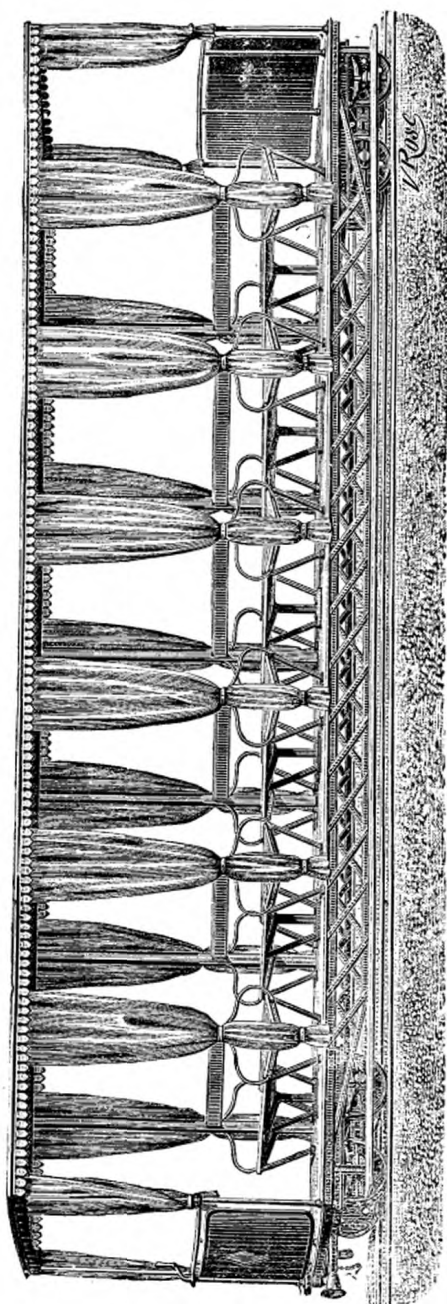


Fig. 125

9^m,25 de longueur sur 1^m,80 de largeur. Ces voitures étaient montées sur deux bogies à deux essieux ; elles portaient douze banquettes transversales à quatre places qui étaient adossées deux par deux et étaient simplement couvertes par un toit léger supporté par des montants ; quatre places debout se trouvaient en outre à chaque extrémité.

Ces voitures portaient donc 56 voyageurs dont 48 assis et 8 debout. Leur poids était de 3 tonnes, soit de 54 kilogrammes par place offerte.

Les voitures de 1^{re} classe et de 2^e classe ne se distinguaient que par leurs banquettes qui étaient rembourrées pour les 1^{res} et en bois pour les 2^{es}.

La figure 125 représente une voiture de 2^e classe.

Le chemin de fer dont il s'agit a mis en marche, comme nous l'avons déjà dit, 42 500 trains pendant les six mois qu'a duré l'exploitation, soit dans chaque sens une moyenne d'environ 120 par jour, de 7 heures du matin à 11 heures du soir.

Les prix perçus par voyageur étaient de 25 c. pour la 2^{me} classe, et de 50 c. pour la 1^{re} classe, quel que soit le parcours.

Le nombre de voyageurs transportés a été au total de 6 342 000, soit d'environ 35 000 par jour en moyenne. Certaines journées il a dépassé le chiffre de 60 000.

L'exploitation s'est effectuée sans un seul accident.

Un tel résultat dénote une admirable organisation de tous les services.

M. Grille, à qui revient tout le mérite de cette organisation, a bien voulu faire à la Société des Ingénieurs civils, au sujet du chemin de fer de l'Exposition dont il était le directeur, une communication fort intéressante où nous avons puisé la plupart des renseignements qui précèdent. Dans cette communication, M. Grille s'exprime comme suit en ce qui concerne d'une part les appareils de sécurité et autres moyens adoptés pour la circulation des trains, et d'autre part les résultats statistiques de l'Exploitation :

« Les appareils de sécurité étaient de plusieurs sortes : en premier lieu, les gares et les passages à niveau étaient munis de disques manœuvrés à distance ; en outre, des appareils de Baillehache avaient été appliqués à toutes les gares et passages à niveau.

« Ces appareils consistent en une pédale d'une forme particulière et isolée ; le passage de la roue sur cette pédale ferme le circuit et une sonnerie se met en marche au poste suivant ; l'appareil automatique ne faisait que répéter le signal déjà fait à la main, avec un bouton de sonnerie par le chef de gare en expédiant un train.

« Il était interdit à un chef de poste de laisser passer un train à moins de 90 secondes derrière un autre.

« Les cantonnements étaient au nombre de sept ; l'espacement des trains était ainsi parfaitement assuré. La preuve en est en ce que pendant toute la durée de l'Exposition il n'y a pas eu une seule rencontre de trains.

« Un réseau téléphonique, avec appareil de M. Bernheim, complétait les moyens de communication. Cet appareil de M. Bernheim serait parfait, au point de vue de l'exploitation des chemins de fer, s'il était accompagné d'un phonographe enregistrant les dépêches ; il serait alors supérieur à tout télégraphe écrivain.

« Des règlements généraux imprimés réglaient les services et, à ce titre, peuvent être classés parmi les mesures de sécurité.

« Au point de vue de la marche des trains, ceux-ci étaient réglés par un horaire qui était rigoureusement suivi ; les trains étaient numérotés de 1 à 252 pour les jours de semaine. Pour le dimanche et jours d'affluence, une autre marche de trains permettait d'intercaler 42 trains de midi à 7 heures du soir, soit 294 trains.

« Comme il n'y avait pas de voies de garage et qu'il fallait desservir la gare de la tour Eiffel, indépendamment de celle de la Galerie des Machines, on avait été conduit à avoir des trains directs qui, gagnant ainsi trois minutes, pouvaient arriver et repartir entre deux trains omnibus.

« L'effectif du personnel était considérable : 265 agents en moyenne ; mais il était nécessaire de doubler le personnel, car on ne pouvait lui demander dix-

sept heures de service, et, d'un autre côté, le gardiennage de la voie, des passages à niveau, absorbait à lui seul 120 hommes.

« Ce personnel, rapidement constitué avec les éléments les plus divers, a promptement acquis les qualités les plus désirables dans un personnel de chemin de fer. Poli, exact, d'une discipline parfaite, il a toujours apporté un zèle et, on peut le dire, un enthousiasme remarquable; il sentait qu'il participait pour une part énorme dans le succès de l'Exposition.

« Le faible espace ménagé au chemin de fer Decauville a conduit à employer des moyens très particuliers pour arriver à satisfaire à un trafic aussi énorme. Il a fallu organiser les queues comme au théâtre, puis interdire l'accès des voies aux voyageurs. La disposition qui a prédominé est celle de l'éclusage, si on peut s'exprimer ainsi, des voyageurs, contenus dans des barrières renfermant le chargement d'un train de 400 voyageurs. Un train arrivant était aussitôt évacué et rempli par les 400 voyageurs approvisionnés. On a pu réduire ainsi à trois minutes le temps nécessaire pour vider un train de 400 voyageurs et en embarquer 400 autres.

« Avec une minute de battement pour l'arrivée et le départ, un train toutes es quatre minutes était la limite extrême de l'exploitation; avec des voies de garage il aurait été possible d'expédier quatre fois plus de trains sans aucun danger, grâce au système de cantonnement.

« La statistique des trains donne les résultats suivants :

Nombre de trains.....	42.500
Kilomètres parcourus par les trains.....	106.250
Kilomètres parcourus par les machines.....	113.882
Effectif des locomotives.....	6
Consommation de coke par <i>km</i> de train.....	3k,7
Nombre de voyageurs transportés.....	6.342.000
Tonnage brut remorqué.....	1.781.018 <i>t</i>
Tonnage utile (non compris la machine).....	421.000 <i>t</i>
Nombre de <i>t</i> brutes transportées à un <i>km</i>	34.525.450 <i>t</i>
Recette brute par <i>km</i> (en six mois).....	550.000 fr.
Dépenses d'exploitation (en six mois).....	160.000 fr.
Prix de revient du <i>km</i> de train.....	3.765 fr.

« La recette ayant dépassé 1.650.000 francs pour trois *km*, on voit qu'en rapportant à l'année la recette kilométrique brute serait de 1.100.000 francs.

« Il convient d'ajouter cependant que les frais de construction et d'amortissement ont été énormes. »

La communication de M. Grille était accompagnée d'un graphique des recettes que nous reproduisons planches 15-16.

VOIE DE 0.60, système LEGRAND

M. Legrand, constructeur à Mons (Belgique), a exposé deux systèmes de voies de 0,60 : *la voie à traverses mobiles* et *la voie rivée*.

Voie à traverses mobiles. — La voie à traverses mobiles est formée de rails en acier du type Vignole de 6^m,50 de longueur, reposant avec joints d'équerre et en porte-à-faux sur 8 traverses creuses en acier, du type Vautherin; ce qui la caractérise c'est que les traverses sont à calage, dit « automatique ».

Pour réaliser ce mode spécial de calage les traverses sont de deux espèces qui alternent dans la voie; les unes portent deux attaches rivées qui emprisonnent les patins des rails du côté situé à l'extérieur de la voie, tandis que dans les autres, deux attaches pareilles sont disposées de manière à maintenir les patins à l'intérieur de la voie (voir fig. 126 et 127).

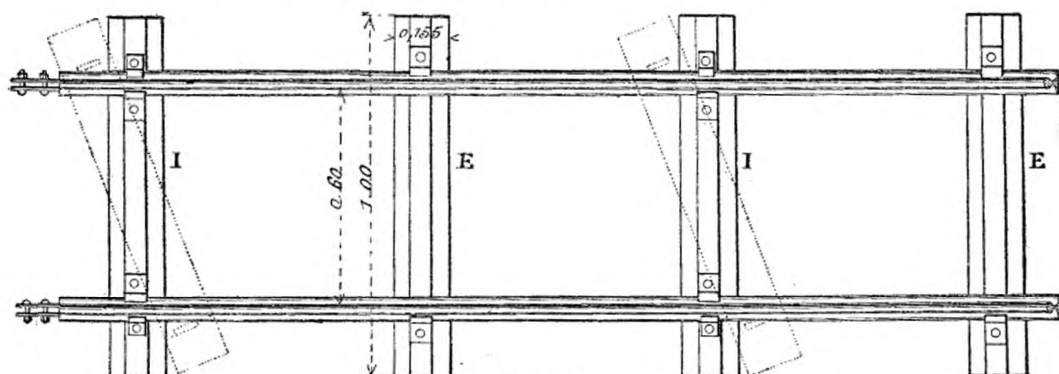


Fig. 126

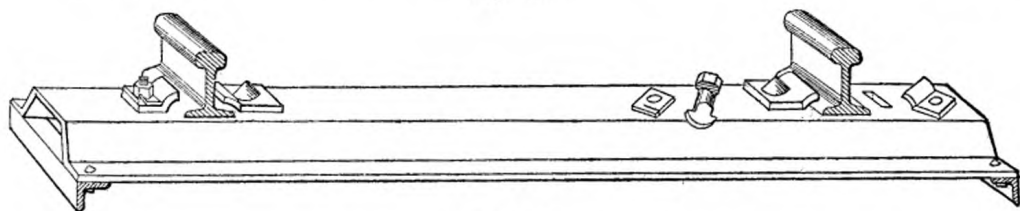


Fig. 127

Les traverses E à attaches extérieures étant d'abord posées normalement à la voie et dans leurs positions respectives, les traverses intermédiaires I à attaches intérieures sont placées obliquement, comme cela est indiqué par des traits poin-

tillés, puis redressées au moyen d'un coup de marteau après que les rails ont été posés avec leur patin engagé à fond dans les attaches des traverses E.

Pour achever de consolider les rails, les traverses I, à attaches intérieures, sont, en outre, munies de deux crapauds mobiles qui maintiennent les patins à l'extérieur de la voie au moyen de boulons à tête dits « à chapeau », comme le montre la figure 128. Le desserrage des boulons est évité au moyen d'une plaque fendue dont le bord est relevé après coup.

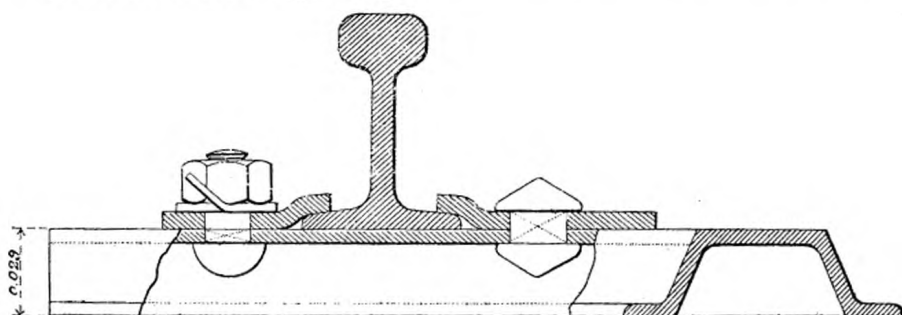


Fig. 128

Les traverses portent d'ailleurs à chaque extrémité une cornière rivée par dessous, dont le but est de donner à la voie de la stabilité dans le sens transversal ; elles sont en outre cintrées en vue du dévers des rails.

Leur longueur est de 1 mètre, leur largeur de 0,155, leur hauteur de 0^m,029 et leur poids de 7^k,500.

Les rails sont réunis bout à bout au moyen d'éclisses à quatre boulons.

Ils pèsent par mètre courant 9^k,50 ou 12 kilogrammes suivant que la voie est destinée à supporter par essieu une charge de 5 400 kilogrammes ou de 7 200 kilogrammes.

Cette grande résistance des rails tient à ce que par rapport à leur poids ils ont une hauteur relativement grande comme on le voit d'après leurs dimensions principales indiquées ci-dessous :

Rails de	9k.50	12k.00
Hauteur	0 ,075	0 ,080
Largeur du patin	0 ,060	0 ,064
Largeur du champignon	0 ,030	0 ,033
Epaisseur de l'âme	0 ,006	0 ,006

Dans les passages à niveau les rails, doublés préalablement de contre-rails du même type avec lesquels ils sont entretoisés au moyen de boulons, reposent sur des traverses d'un type spécial (voir fig. 129).

Ces traverses sont formées d'une barre d'acier plate, mise de champ, à

laquelle sont rivées de chaque côté et à l'aplomb des rails, de larges cornières de base donnant de l'assiette à la voie et des cornières plus petites portant les

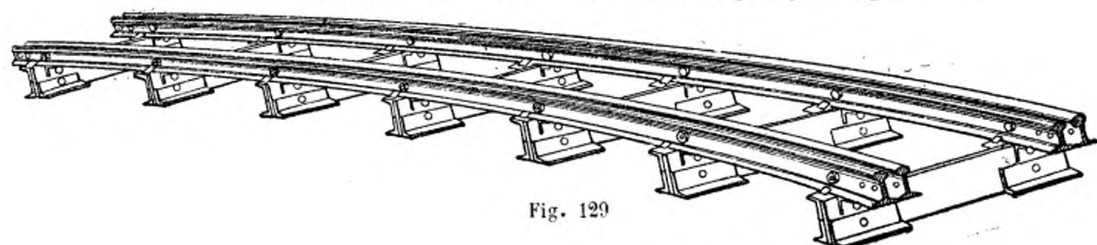


Fig. 129

attaches des rails ; ces attaches qui embrassent à la fois le rail et le contre-rail sont identiques à celles de la voie courante.

Les changements et traversées de voies ainsi que les plaques tournantes constituent, comme dans le système Decauville, des panneaux tout assemblés.

Voie rivée. - La voie rivée de M. Legrand est formée comme la voie Decauville de tronçons droits ou courbes de 5 mètres, 2^m,50 et 1^m,25 réunis également au moyen d'une jonction hybride qui toutefois ne comporte que des éclisses rivées à l'un des rails, éclisses qui d'ailleurs portent deux trous au lieu d'un seul (voir fig. 130 et 131).

Les voies en passage à niveau, les changements de voies, les traversées de

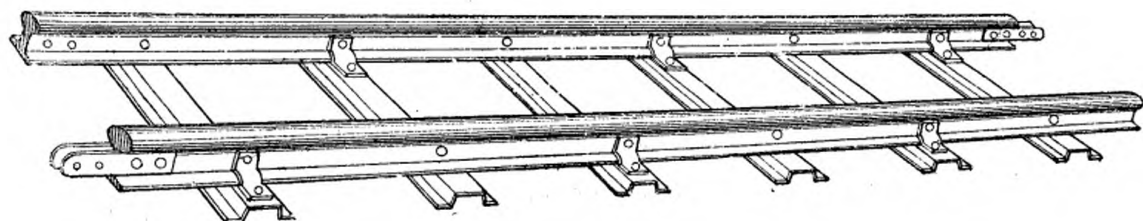


Fig. 130

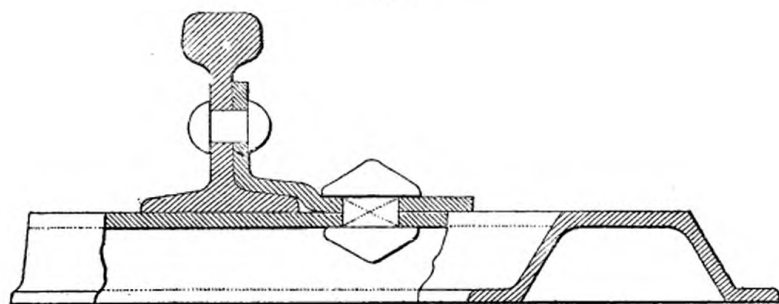


Fig. 131

voies et les plaques tournantes constituent également des panneaux spéciaux.

Ce qui distingue surtout la voie Legrand, c'est que les rails sont rivés à la

traverse non par leur patin mais par leur âme, au moyen de palettes verticales ; ces palettes sont placées alternativement à l'intérieur et à l'extérieur de la voie.

Les traverses sont au nombre de six par tronçon de 5 mètres ; elles sont du type Vautherin et ne sont pas fermées aux extrémités.

Leur longueur est de 1 mètre, leur largeur de 0^m,140, leur hauteur de 0^m,031 et leur poids de 5 kilogrammes.

Les rails pèsent 7 kilogrammes par mètre courant ;

Leur hauteur est de 0^m,065 ;

La largeur du patin de 0^m,050 ;

La largeur du champignon de 0^m,025 ;

L'épaisseur de l'âme de 0^m,0045.

Un tronçon de 5 mètres pèse environ 110 kilogrammes, soit 22 kilogrammes par mètre courant de voie.

La charge que peut supporter la voie est de 2 800 kilogrammes par essieu.

VOIE MONORAIL, système LARTIGUE

La *voie monorail*, ou voie à rail unique surélevé du système Lartigue, a été appliquée pour la première fois, comme chemin de fer à traction de locomotives, pour la ligne de Listowel à Ballybunion, en Irlande. Cette ligne, qui a 15 kilomètres de longueur, a été ouverte à l'exploitation le 1^{er} mars 1888 (1).

Peu de temps après, la société Lartigue obtenait, tant en Irlande qu'en Angleterre, la concession de plusieurs autres lignes d'une longueur totale de 85 kilomètres, ce qui portait à 100 kilomètres le réseau Lartigue dans le Royaume-Uni.

D'autre part, dans sa séance du 18 septembre 1889, le Conseil général de la Nouvelle-Calédonie, après avoir examiné des propositions relatives à l'exécution, en *voie monorail*, du chemin de fer de Nouméa à Bourail (170 kilomètres), a adopté en principe ces propositions et a autorisé, à titre d'essai, l'exécution immédiate de la 1^{re} section de Nouméa à la Dumbéa (18 kilomètres).

Enfin, M. le Ministre des travaux publics vient de déposer, dans la séance du 17 janvier 1891 de la Chambre des Députés, un projet de loi ayant pour objet de déclarer d'utilité publique l'établissement, dans le département de la Loire, du chemin de fer d'intérêt local, avec *voie monorail*, de Feurs à Pannissière (17 kilomètres).

La voie dont il s'agit est disposée de manière à recevoir un matériel roulant spécial qui y est placé à cheval et qui affecte la forme générale de cacolets roulant sur le rail unique au moyen de roues verticales à gorge.

La file unique de rails est formée de rails à double champignon symétriques qui pèsent 13^k,50 le mètre courant et qui ont 9^m,50 de longueur.

Ces rails sont éclissés avec joints en porte-à-faux ; ils sont supportés chacun par 10 chevalets en forme d'A, de 1 mètre de hauteur, dont l'espacement est de 1 mètre, sauf aux joints où il est réduit à 0^m,50.

Les chevalets (voir fig. 132) sont formés de deux cornières qui constituent leurs jambages et qui sont assemblées sur une traverse creuse de 1 mètre de longueur reposant sur le sol et bourrée de ballast.

Les jambages de chaque chevalet sont écartés de 0^m,45 à leur pied ; ils sont entretoisés à 0^m,70 en contre-bas du dessus du rail par une cornière horizontale

(1) La curieuse ligne de Listowel à Ballybunion a fait l'objet d'une communication de l'inventeur, M. Charles Lartigue, à la société des études coloniales et maritimes, le 19 août 1888 ; d'une communication de M. Emile Level à la Société des Ingénieurs civils en Avril 1888 ; et d'une note de M. Nicou publiée dans les annales des Ponts et Chaussées, en Août 1888.

aux extrémités de laquelle sont fixés horizontalement deux petits rails à demi-patin destinés à guider les galets horizontaux dont on a muni les véhicules pour éviter leur balancement.

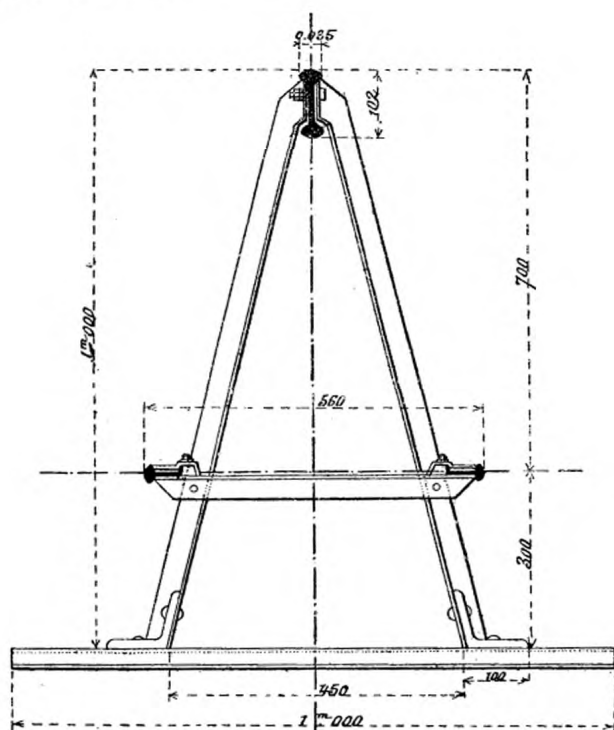


Fig. 132

Ces petits rails pèsent 5^k50 le mètre courant ; ils ont 6 mètres de longueur et sont éclissés avec joints en porte-à-faux, comme les rails de 13^k50 formant la file supérieure.

Par suite des longueurs différentes des rails de la file supérieure et des rails des deux files latérales (9^m,50 et 6 mètres), les joints de ces rails sont croisés, sauf à tous les 11,4 mètres où ils sont concordants.

Les chevalets se trouvent ainsi solidement réunis entre eux par le rail supérieur et par les deux guidages latéraux ; ils sont en outre entretoisés au droit du milieu de chaque longueur du rail, c'est-à-dire tous les 9^m,50, par des cornières disposées en croix de Saint-André.

Le rail supérieur est fixé à chaque chevalet au moyen d'un boulon (voir fig. 133). Il est emprisonné entre les deux montants qui s'appliquent sur son âme par

Dans les passages au niveau de la chaussée, une partie de la voie pivote autour d'un axe pour livrer passage aux voitures, tandis que dans les passages au niveau du rail, ce sont deux petits ponts-levis qui s'abaissent de chaque côté de la voie. Les appareils qui commandent la manœuvre de la partie de la voie mobile ou des ponts-levis sont d'ailleurs enclenchés avec des signaux destinés à protéger le passage à niveau. En outre, lorsque le passage à niveau n'est pas gardé, des barrières sont placées sur le chemin de chaque côté de la voie; ces barrières normalement ouvertes, sont munies de serrures spéciales qui obligent le passant, qui a franchi l'une d'elles à les fermer toutes deux avant d'intercepter la voie, puis à rétablir la continuité de la voie avant de pouvoir les rouvrir.

Nous ajouterons que les plaques tournantes et les ponts tournants sont construits comme les appareils analogues des chemins de fer ordinaires dont ils ne diffèrent que par des dispositions inhérentes au système de voie.

Quant aux changements de voies, ils sont obtenus au moyen d'un appareil très ingénieux dit « *aiguillage tournant* » qui a été imaginé par M. Bocandé, Ingénieur attaché à la Société Lartigue.

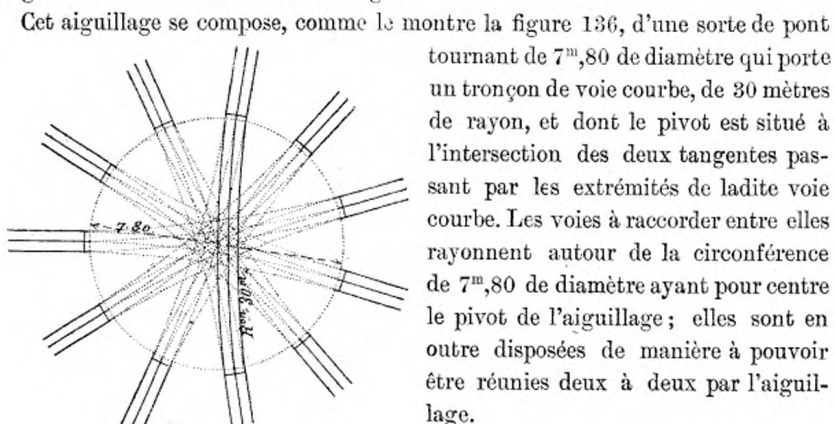


Fig. 136

Cet aiguillage se compose, comme le montre la figure 136, d'une sorte de pont tournant de 7^m,80 de diamètre qui porte un tronçon de voie courbe, de 30 mètres de rayon, et dont le pivot est situé à l'intersection des deux tangentes passant par les extrémités de ladite voie courbe. Les voies à raccorder entre elles rayonnent autour de la circonférence de 7^m,80 de diamètre ayant pour centre le pivot de l'aiguillage; elles sont en outre disposées de manière à pouvoir être réunies deux à deux par l'aiguillage.

On peut ainsi, en faisant tourner l'aiguillage, mettre en communication l'une quelconque des voies rayonnantes avec l'une ou l'autre des deux voies correspondantes.

On peut en outre, par une série de manœuvres en avant ou en arrière exécutées par la locomotive, faire passer un train entier d'une voie quelconque sur une autre voie quelconque et même le retourner bout pour bout.

Le matériel roulant, comme nous l'avons dit, est placé à cheval sur la voie et affecte la forme générale de cacolets roulant sur le rail unique au moyen de roues verticales à gorge; des galets horizontaux placés à la partie inférieure et de chaque côté des véhicules, portent sur les guidages latéraux de la voie et maintiennent l'équilibre.

Les voitures à voyageurs sont de deux modèles :

Les unes comportent de chaque côté de la voie un compartiment unique avec deux portières latérales et une banquette longitudinale contenant dix places, soit en tout deux compartiments et vingt places. Les voyageurs se tournent le dos comme sur l'impériale des omnibus et font face à la campagne.

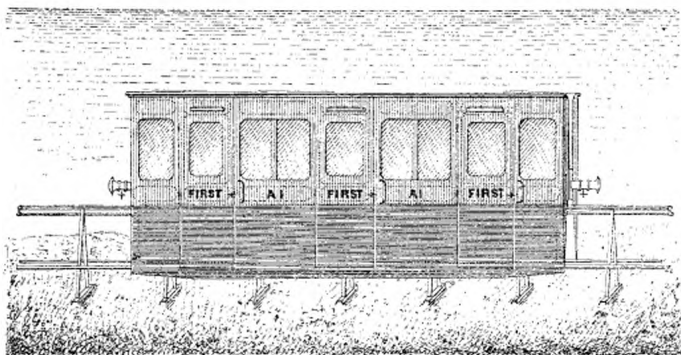


Fig. 137

Dans les autres voitures, il y a de chaque côté de la voie trois compartiments séparés, ayant chacun une portière latérale et deux banquettes transversales de deux places, ce qui représente en tout six compartiments de quatre places, contenant ensemble vingt-quatre places. Les voyageurs se font vis-à-vis comme dans les voitures ordinaires. La figure 137 représente une voiture de première classe de ce dernier type.

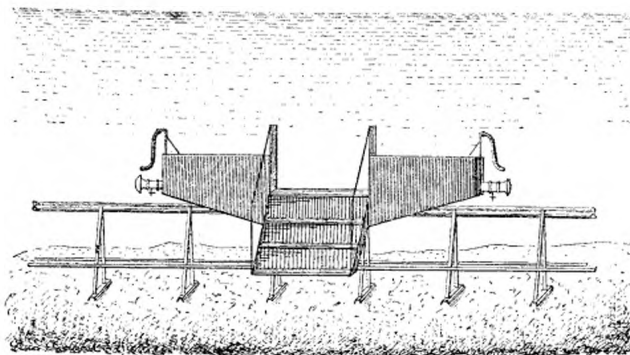


Fig. 138

Toutes ces voitures ont une longueur de 4^m,90, non compris les tampons, et une largeur de 2^m,50 ; elles pèsent 2 750 kilogrammes, soit 138 kilogrammes ou

115 kilogrammes par place, suivant qu'elles sont à banquettes longitudinales ou à banquettes transversales.

Pour que l'on puisse passer d'un côté à l'autre de la voie, on intercale dans chaque train deux véhicules spéciaux portant un escalier double et une plateforme, comme le montre la figure 138.

Un escalier double analogue est en outre placé dans les fourgons, lesquels contiennent aussi deux petits compartiments de troisième classe.

En ce qui concerne les wagons à marchandises, ils comprennent les divers types que comportent les besoins d'une exploitation normale : wagons ouverts ou fermés, wagons à bétail, wagons à chevaux, etc...

Ces wagons ont la même longueur que les voitures à voyageurs, soit 4^m,90 sans les tampons ; leur largeur est de 2^m,75.

Ils pèsent à vide environ 2 200 ou 3 000 kilogrammes suivant qu'ils sont ouverts ou fermés. En charge, leur poids est de 6 000 kilogrammes ce qui représente un tonnage utile de 3 800 ou 3 000 kilogrammes.

Le poids mort par tonne de charge utile se trouve être, par suite, de 570 kilogrammes pour les wagons ouverts et de 1 000 kilogrammes pour les wagons fermés.

Les locomotives, qui ont été étudiées par M. Mallet, comportent deux chau-

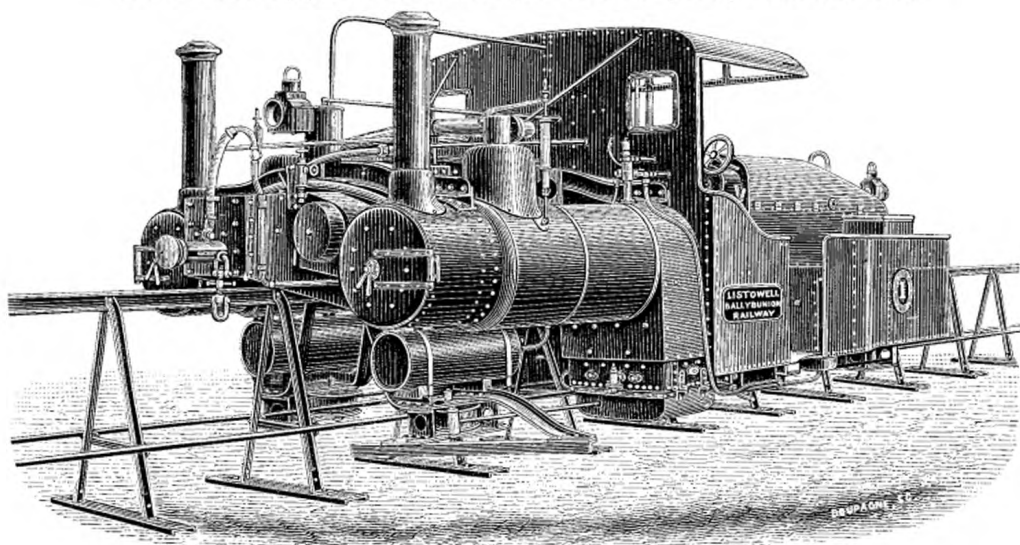


Fig. 139

dières communiquant ensemble et placées symétriquement de part et d'autre de la voie, comme le matériel roulant.

La figure 139 représente une des locomotives en usage sur la ligne de Listowel à Ballybunion.

Cette locomotive est à trois roues couplées de 0^m,610 de diamètre ayant un empatement total de 1^m,730; elle pèse 5 750 kilogrammes à vide et 6 750 kilogrammes en ordre de marche.

Son tender présente la particularité de pouvoir être utilisé comme moteur à la volonté du mécanicien, pour ajouter, en cas de besoin, notamment dans les rampes exceptionnellement fortes, un effort supplémentaire de traction à celui de la machine.

Il est pourvu à cet effet d'un mécanisme qui reçoit la vapeur de la chaudière et qui peut être rendu solidaire des deux roues couplées par un système d'embrayage à friction. Ce mécanisme n'est en mouvement que lorsqu'on s'en sert.

Le tender dont il s'agit pèse 3 100 kilogrammes à vide et 4 500 kilogrammes avec ses approvisionnements au complet, à savoir : 1 000 litres d'eau et 400 kilogrammes de combustible.

Le poids adhérent du moteur, qui est pour la locomotive de 6 750 kilogrammes et pour le tender de 3 100 à 4 500 kilogrammes, peut atteindre par suite un chiffre variant de 9 850 à 11 250 kilogrammes.

On emploie aussi un type de locomotive du même système, mais à deux trains articulés qui comprennent chacun trois roues couplées de 0^m,60 de diamètre et qui sont actionnés par quatre cylindres agissant en compound.

Cette locomotive pèse onze tonnes en ordre de marche.

Son effort normal de traction peut être augmenté momentanément, en cas de besoin, au moyen d'une disposition permettant d'envoyer la vapeur à pleine pression dans tous les cylindres.

APPAREIL POUR RELEVER LES VOIES, système Cito et Funck

Pour remplacer l'aspect dans le relevage des voies, on fait usage de divers appareils : les uns, à vis, qui, sous divers aspects, ne sont que des sortes de vérins, les autres, à crémaillère, constituent un eric métallique à large base.

Parmi ces derniers, le eric de la force de 2000 kilogrammes donne de bons résultats.

MM. Cito et Funck ont imaginé pour le même usage, un appareil simple et robuste, entièrement métallique, qui se compose comme le montrent les figures 140 et 141, d'un levier l en acier forgé dont la pointe s'engage sous le rail et à l'extrémité duquel un seul homme agit au moyen d'un manche à levier m .

Le levier l pivote sur un axe o entre deux flasques entretroisées j en tôle d'acier, qui sont munies à leur partie antérieure d'une plaque servant de base à l'appareil.

Il est terminé à son extrémité par une fourche qui porte un galet g sur lequel s'appuie le manche à levier.

Le manche à levier présente la forme d'un excentrique à l'extrémité qui s'appuie sur le levier ; il a la forme d'un pied de biche à l'autre extrémité.

Son point d'appui est constitué par un pivot p qui s'engage successivement dans des crans pratiqués dans les flasques.

Lorsqu'on cesse d'agir sur le manche à levier, le levier l conserve sa position, grâce à un frein f qui oscille autour d'un axe o' rivé sur les flasques, et qui s'appuie automatiquement contre un petit sabot s oscillant lui-même autour d'un axe rivé sur les bras de la fourche du levier. Le frein est constamment calé par un arrêt a glissant de son propre poids dans un coulisseau courbe et presque vertical pratiqué dans chaque flasque.

Pour rendre au levier sa liberté, il suffit de décaler le frein en soulevant l'arrêt a avec le pied de biche du manche à levier, que l'on introduit à cet effet entre le levier et l'arrêt.

Les bras du levier l sont dans le rapport de 2 à 1, et ceux du manche à levier dans le rapport d'environ 50 à 1, ce qui donne à l'appareil une puissance de 3000 à 6000 kilogrammes suivant que l'homme qui le manœuvre exerce un effort de 30 à 60 kilogrammes.

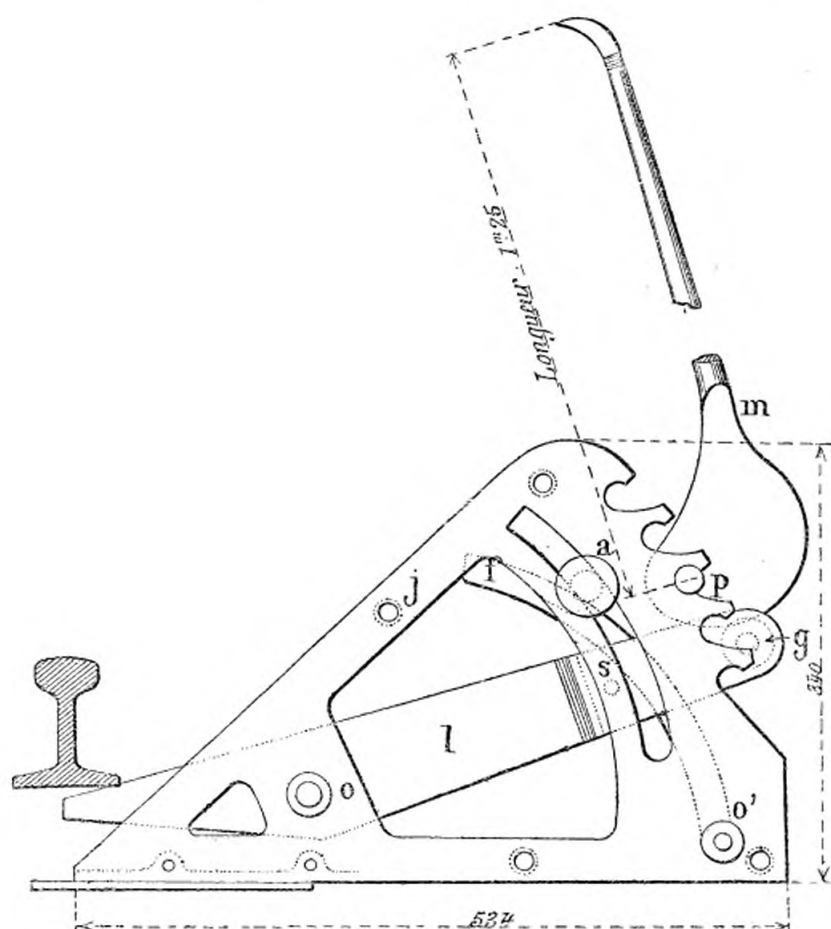


Fig. 140

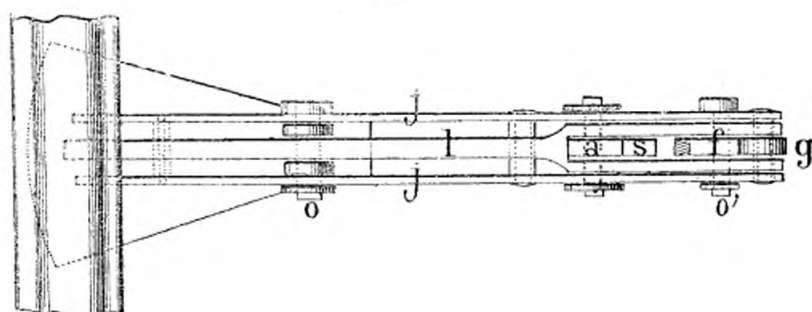


Fig. 141

L'appareil a été employé à titre d'essai par la Société Luxembourgeoise des chemins de fers et minières « Prince Henry », et par la Compagnie française des chemins de fer de l'Est. Les résultats ont été satisfaisants.

CHARGEUR DE RAILS (système GUYENET)

EXPOSÉ PAR LA COMPAGNIE D'ORLÉANS

(Planche 17-18)

La Compagnie d'Orléans emploie des rails en acier, de 11 mètres de longueur pesant 38 kilogrammes le mètre courant.

L'appareil Guyenet qu'elle a exposé a un double but : diminuer les frais et les dangers du chargement et du déchargement des rails longs, supprimer les chocs qui faussent les rails et altèrent leur qualité.

Le travail se fait avec deux chargeurs qui agissent simultanément et dont les dispositions sont données en détail planches 17-18.

Un chargeur est composé d'une charpente en fer C, très légère et très stable, présentant la forme d'un U renversé horizontalement. La branche inférieure est fixée sur la plate-forme à desservir ; sur la branche supérieure est installé un treuil roulant au moyen duquel on soulève les rails à charger ou à décharger.

Il faut six hommes pour manœuvrer les chargeurs : deux aux treuils, deux sur le tas de rails et deux auprès des rouleaux de renvoi pour guider le câble et porter les griffes aux hommes placés sur le tas.

Supposons qu'on veuille charger sur wagons des rails pris dans un parc.

Pour faire cette opération il faut, au préalable :

1° Disposer les chargeurs près de la traverse mobile du wagon portant les rails, de telle façon que cette traverse soit toujours du côté opposé au volant de manœuvre du treuil ;

2° Établir, au moyen de deux rails supportés par des chevalets, un plan incliné, pour haler les rails.

Cela fait, on amène le treuil roulant E à l'extrémité de la charpente C (côté des rails), on saisit la pince automatique I, puis on passe le câble sur le rouleau de renvoi H et l'on tire sur le câble jusqu'à ce qu'il soit suffisamment déroulé.

Pendant qu'un homme fait cette manœuvre, deux autres hommes saisissent un rail avec des pinces et le placent sur champ ; on engage le rail dans les pinces automatiques que l'on maintient fermées au moyen des crochets de sûreté.

Les hommes placés au volant de chaque treuil agissent alors en vitesse jusqu'à ce que le rail soit près des rouleaux de renvoi H ; à ce moment, la longueur de câble étant épuisée, la chaîne lui succède et abandonne le rouleau H, qu'un homme placé près du wagon A rejette en arrière de l'appareil. Les hommes continuent d'agir sur le treuil E jusqu'à ce que le rail soit arrivé à la hauteur voulue.

Ils maintiennent le treuil à cette hauteur en engageant le cliquet dans la den-

ture du rochet et font avancer le treuil roulant sur la charpente, jusqu'à l'emplacement désigné pour recevoir le rail.

Pour descendre, ils maintiennent la charge un instant au moyen du volant et font agir le frein; ils lèvent ensuite le cliquet et laissent descendre le rail lentement à la place qu'il doit occuper; on relève alors le crochet de sûreté et l'on retire la pince de dessus le rail; puis on ramène le treuil roulant à l'extrémité de la charpente pour recommencer une autre opération.

Le prix d'une paire de chargeurs de rails est de 1 400 francs.

Leur poids est de 810 kilogrammes.

Avec cet appareil, six hommes peuvent charger sans fatigue, et en toute sécurité, 300 rails de 11 mètres par jour; le chargement à bras pour le même nombre de rails exigerait douze hommes.

Dix paires de ces appareils sont en service à la Compagnie d'Orléans depuis 1885.

TRIEUSE A BALLAST, système LACHÈZE

La trieuse à ballast exposée par M. Lachèze, constructeur à Larche (Corrèze), est destinée à remplacer le crible ou la claie pour le triage du vieux ballast des voies ferrées.

Elle peut être utilisée sur les banquettes de la plate-forme du chemin de fer, mais elle a été spécialement étudiée en vue de son emploi sur la voie même.

Dans ce dernier cas, on met la trieuse comme le montre la fig. 142, sur les deux essieux d'un petit truc indépendant dont les roues ont 0^m,25 de diamètre,

La trieuse est entièrement construite en fer.

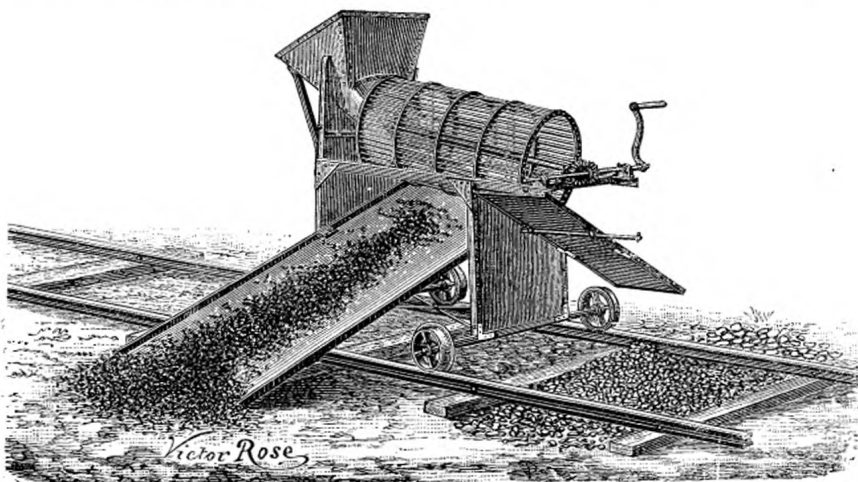


Fig. 142

Elle comporte un cylindre à claire-voie, légèrement incliné, qu'un homme fait tourner à l'aide d'une manivelle latérale placée à l'extrémité la plus basse, pendant que d'autres hommes, au nombre de 2 à 4, l'alimentent de vieux ballast au moyen d'une trémie située à l'autre extrémité.

Le cylindre, la manivelle et la trémie sont supportés par deux jambages entretreillis dont les pieds, en forme de fourche, peuvent emboîter les essieux du truc.

Un tablier suffisamment long, pour conduire au loin les détritits du ballast, occupe sous le cylindre l'espace compris entre les deux jambages; ce tablier, qui est à bascule, se démonte pour faciliter le transport de l'appareil.

Un second tablier, plus petit, que l'on enlève quand la trieuse est installée

sur la plate-forme, se trouve au bout du cylindre; il est supporté en son milieu par une tringle autour de laquelle il peut basculer et le long de laquelle il peut, en outre, glisser. Ce petit tablier, lorsque l'appareil est installé sur la voie, permet de répandre à volonté le ballast amélioré, d'un côté ou de l'autre des rails; pour le répandage au milieu de la voie, on éloigne le tablier du cylindre en le faisant glisser jusqu'à l'extrémité de la tringle qui le supporte.

Le cylindre a une longueur de 1^m,10 et un diamètre de 50 centimètres; ses barrettes laissent entre elles un espace qui est de 12 millimètres pour le ballast en gravier et de 16 à 18 millimètres pour le ballast en pierres cassées.

Chaque appareil comprend, au besoin, deux cylindres différents, dont un de rechange.

Le poids de la trieuse est de 190 kilogrammes, sans ses deux tabliers qui pèsent ensemble 40 kilogrammes.

Le truc pèse 80 kilogrammes.

La trieuse Lachèze est en usage sur les chemins de fer français de Paris à Lyon et à la Méditerranée, d'Orléans, de l'Est et de l'Etat, où elle donne de bons résultats comme rendement et comme qualité du produit obtenu.

INSTRUMENT POUR RELEVER LE PROFIL DES RAILS

(PROFILOGRAPHE DE M. NAPOLI) EXPOSÉ PAR LA COMPAGNIE DE L'EST

(Planches 19-20)

Le profilographe pour rails, de M. Napoli, est une sorte de pantographe se terminant d'un côté par une pointe S à double genouillère permettant de contourner le rail en tous sens, sans le rencontrer autrement que par l'extrémité pointue, et de l'autre côté par un stylet P, à ressort, qui trace sur une plaque en verre p , enduite de vernis au vermillon, le profil en coupe du rail.

L'appareil, essentiellement portatif, permet de relever sur place des profils de rails sans rien déranger à la voie.

Il comprend :

1° Un bâti sur lequel la plaque de verre p est calée à l'aide d'un arrêt mobile a muni d'un écrou de serrage;

2° Un système articulé terminé à ses extrémités par les deux stylets S, P.

Le bâti se fixe sur le champignon du rail au moyen de deux mâchoires M, M'. La mâchoire M' glisse dans deux rainures; elle est actionnée par une vis de serrage V à bascule.

Le système articulé comporte une règle R, ayant la forme d'un T, qui glisse entre 6 galets G montés sur le bâti, et deux bras B, B' portant à leurs extrémités les pointes S, P. Ces bras pivotent ensemble autour des axes O, O' de la règle glissante R, au moyen de deux secteurs T, T' engrenant l'un dans l'autre.

Le bras B est formé de 3 parties mobiles autour de deux axes, à la rencontre desquels se trouve exactement placée la pointe S. En sorte que la position de cette pointe S, par rapport à l'axe de rotation O du bras B, est invariable.

Le bras B' est équilibré par le contrepoids C.

Les deux distances SO, PO' des stylets S, P, aux centres de rotation des bras B, B', sont égales, et les deux secteurs T, T' de ces mêmes bras B, B' ont le même rayon.

Dans ces conditions, il est facile de voir que la pointe P trace une figure exactement symétrique à celle que décrit la pointe S.

APPAREILS POUR CONTRÔLER LA VITESSE DES TRAINS

Les agents qui se trouvent sur la voie ont souvent à contrôler la vitesse des trains, notamment sur les points où un maximum de vitesse est fixé.

A l'Exposition, les appareils ayant pour but d'obtenir automatiquement cette vitesse se trouvaient au nombre de cinq, dont trois appareils fixes et deux appareils portatifs, à savoir :

1° Contrôleur fixe, système de M. Bricka, exposé par l'Administration des chemins de fer de l'Etat français ;

2° Enregistreur fixe, système de MM. Rabier et Leroy, exposé par la Compagnie d'Orléans ;

3° Enregistreur fixe, système de M. Hubou, exposé par la Compagnie de l'Est ;

4° Enregistreur portatif, système de M. Sabouret, exposé par la Compagnie d'Orléans ;

5° Appareil portatif avec sablier au mercure, système de M. Burguion, exposé par la Compagnie de l'Est.

Contrôleur fixe de la vitesse des trains

(SYSTÈME DE M. BRICKA) EXPOSÉ PAR L'ADMINISTRATION DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT FRANÇAIS

Le contrôleur Bricka se compose de deux pédales et d'un récepteur Morse fonctionnant automatiquement.

Les deux pédales sont placées à 200 mètres de distance l'une de l'autre. Elles ont la forme d'un levier dont les bras sont dans le rapport de 1 à 10. L'extrémité du petit bras porte sous le rail ; elle est maintenue en contact par le grand bras qui fait contrepoids. La moindre flexion du rail fait relever le grand bras. Ce bras de levier, qui est relié à la terre ou à un circuit électrique, détermine en se relevant un contact.

Le récepteur Morse est installé dans un poste voisin ; il est actionné par chacune des pédales qui établissent des contacts de sens contraire. Un appareil dit inverseur débraye le Morse sous l'action du courant produit par la première pédale ; il l'embraye sous l'action du courant produit par la seconde pédale.

L'inverseur est disposé, en outre, pour fermer le circuit d'une pile spéciale qui actionne, lorsque le Morse est débrayé, l'imprimeur de l'appareil.

Pendant que le train parcourt 200 mètres, le Morse, dont l'appareil d'horlo-

gerie est réglé de manière à avoir une marche uniforme, déroule la bande de papier avec une vitesse régulière et connue; la longueur du trait tracé permet de calculer le temps écoulé entre les deux passages du train sur les pédales et, par suite, la vitesse.

Enregistreur fixe de la vitesse des trains

(SYSTÈME DE MM. RABIER ET LEROY) EXPOSÉ PAR LA COMPAGNIE D'ORLÉANS

(Planche 21)

L'enregistreur de MM. Rabier et Leroy enregistre le nombre de secondes qu'un train met à franchir une distance de 100 mètres.

Il se compose de deux pédales (système de M. Bricka) et de l'appareil enregistreur proprement dit.

Les deux pédales sont placées à 100 mètres l'une de l'autre.

L'appareil enregistreur comprend :

1° Un mouvement d'horlogerie mû par un poids et réglé par un balancier battant la seconde; ce mouvement fait faire, en une minute, un tour complet à un plateau en cuivre sur lequel se fixe un cadran en papier S, divisé en 60 secondes;

2° Une crémaillère verticale C portant un tire-ligne dont la pointe vient tracer un arc de cercle sur le cadran quand il tourne. A chaque mise en marche, la crémaillère descend d'une dent par l'intermédiaire d'un rochet dont le double encliquetage est commandé par l'électro-aimant E_1 . Grâce à cet artifice, l'arc de cercle mesurant la vitesse d'un train est nettement séparé de l'arc précédent et du suivant par des ressauts de 2 millimètres (fig. 4);

3° Un électro-aimant déclancheur E_2 (fig. 1) dont l'armature, en s'abaissant, dégage l'extrémité inférieure du balancier, maintenu en repos par une des deux butées à ressort $b-b$;

4° Un petit mouvement accessoire d'horlogerie H, qui a pour but de mettre les deux électros E_1 et E_2 hors du circuit de la première pédale, pendant deux minutes environ.

Les pédales (fig. 3) sont constituées par un levier mobile autour d'un axe horizontal et dont le petit bras, placé sous le rail, a 0^m,04 de longueur et le grand bras 0^m,40. L'abaissement du rail, quand il fléchit au passage d'une roue, est donc amplifié dix fois à l'extrémité du grand levier dont le mouvement ouvre ou ferme un contact électrique.

La première pédale rencontrée par le train, en touchant son contact, ferme le circuit d'une pile, dans lequel sont placés les électro-aimants E_1 et E_2 .

Le courant passe alors dans l'appareil par le fil L_1 , traverse l'électro-aimant E_1 , le fil L_2 , le mouvement d'horlogerie H , l'électro-aimant E_2 , le fil L_3 , puis revient à la pile après avoir passé par la seconde pédale.

L'électro-aimant E_2 , en attirant sa palette, a dégagé le balancier qui oscille librement. En même temps, cette palette, par son extrémité prolongée p , a abaissé la tige k qui désembraye le mouvement d'horlogerie H et rompt le circuit en o , et, par un ressort dont elle est munie à l'autre extrémité, a fermé, au moyen du contact D , un courant dérivé passant par le fil L_3 dans l'électro-aimant E_2 .

L'électro-aimant E_1 n'a donc agi que pendant un temps très-court, suffisant cependant pour que son armature ait pu, par le double cliquet qu'elle porte, faire avancer d'une dent le rochet R et, par suite, faire descendre d'un cran la crémaillère C et son tire-ligne.

L'électro-aimant E_2 , grâce au courant dérivé, maintient abaissée son armature, ce qui permet au balancier qui règle le mouvement du cadran, d'osciller librement pendant la durée du passage de la machine, de la première à la seconde pédale.

La seconde pédale, qui repose normalement sur son contact, ouvre, sous l'action des roues de la machine, le circuit dérivé précité. L'électro-aimant E_2 permet alors à son armature, qui est sollicitée par un ressort antagoniste, de se relever et d'arrêter par une de ses deux butées b , b le mouvement du balancier.

Le circuit général qui a été ouvert en O , au passage de la machine sur la première pédale, est maintenu ouvert pendant deux minutes par le mouvement d'horlogerie H .

Le délai de deux minutes est généralement suffisant pour permettre aux trains les plus longs de franchir la première pédale.

Lorsque ce délai est écoulé, la tige K , en remontant à sa position normale, embraye le mouvement d'horlogerie H , bute contre la palette de l'électro-aimant E_2 et enfin rétablit le contact O .

L'appareil se trouve alors prêt à recevoir un autre train.

Il permet d'enregistrer la vitesse de 30 trains consécutifs.

On renouvelle le papier du cadran et l'on remonte les deux mouvements d'horlogerie à des intervalles variables avec l'importance de la circulation des trains.

La vitesse indiquée par l'appareil est réellement la vitesse du train, lorsque l'espace de 100 mètres qui sépare les deux pédales est franchie en un nombre exact de secondes. Si le train franchit ces 100 mètres en un nombre entier de secondes N plus une fraction, l'appareil enregistre le nombre entier immédiatement supérieur $N+1$ et indique, par suite, une vitesse V_i inférieure à la vitesse réelle V_r du train.

La vitesse exprimée en kilomètres à l'heure ayant pour valeur l'expression générale

$$V = \frac{360}{t},$$

dans laquelle t représente, en secondes, le temps qu'un train met à franchir 100 mètres; l'écart entre la vitesse indiquée par l'appareil et la vitesse réelle peut atteindre une valeur qui est donnée par la formule

$$\frac{V_i}{V_r} = \frac{N}{N+1}$$

d'où

$$V_i = \frac{N}{N+1} V_r$$

Le nombre de secondes N étant respectivement de 12 — 6 — 4
pour des vitesses réelles V_r de..... 30 — 60 — 90 kilom.
l'écart maximum sera de..... $\frac{1}{13}$ — $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{5}$
de la vitesse réelle du train, soit de..... 2 — 9 — 18 kilom.

Le premier appareil de MM. Rabier et Leroy a été mis en service régulier, près de Tours, en 1885. Depuis 1889, plusieurs autres appareils sont posés sur divers points du réseau d'Orléans.

Enregistreur fixe de la vitesse des trains

(SYSTÈME DE M. HUBOU)

EXPOSÉ PAR LA COMPAGNIE DE L'EST.

(Planches 23-24)

L'enregistreur de M. Hubou, indique non seulement la vitesse des trains, mais encore l'heure exacte de leur passage en un point déterminé.

Il se compose de deux transmetteurs à contacts (*système de M. Guillaume*) et de l'enregistreur proprement dit qui est placé dans le circuit d'une pile et des deux transmetteurs à contacts.

TRANSMETTEURS A CONTACTS

Les transmetteurs à contacts sont formés chacun de quatre lames en acier, découpées en dents et formant un peigne de 0^m,50 de longueur totale. Les dents sont recourbées à angle droit à leur extrémité.

Les lames sont maintenues par une platine sur une pièce de bois isolante portée par deux sellettes boulonnées au patin du rail.

Elles sont réunies au fil de ligne dans le circuit duquel sont intercalés la pile et l'enregistreur de vitesse.

Au passage du train devant chaque transmetteur, les bandages des roues des véhicules établissent une communication électrique entre les lames et les rails qui forment terre, ce qui provoque une fermeture du circuit et par suite le fonctionnement de l'enregistreur.

DESCRIPTION DE L'ENREGISTREUR

L'enregistreur comprend :

1° Un cylindre enregistreur horizontal H mû par un mouvement d'horlogerie H₁ et faisant un tour complet en vingt-huit heures. Ce cylindre est garni de papier ;

2° Une vis hélicoïdale A parallèle au cylindre ;

3° Un chariot formant écrou mobile le long de la vis A, au moyen de deux galets supérieurs *g* et de deux autres galets inférieurs *g'*, qui roulent dans les rainures des glissières correspondantes R, R', isolées à leurs extrémités par de l'ébonite *i*. Les chapes des paires de galets *g g'* sont également isolées l'une de l'autre par de l'ébonite *i'*.

Le chariot dont il s'agit est muni d'un électro-aimant boîteux GG, mobile autour de l'axe *o* et portant à l'aide d'un doigt *e* le crayon *c* qui s'appuie sur le cylindre et y trace une section droite.

L'électro-aimant GG est relié électriquement à la pile et au second transmetteur au moyen des deux conducteurs isolés que forment, d'une part, les deux galets *g* du chariot et la glissière R, et d'autre part, les deux galets *g'* et la glissière R' ;

4° Un électro-aimant de départ EE qui est relié au premier transmetteur et dont l'armature mobile autour de l'axe *xx* porte un doigt *d*, qui maintient à l'arrêt le chariot et la vis, constamment sollicités par un mouvement d'horlogerie à contrepoids π .

Les communications électriques de l'appareil sont représentées par le schéma des planches 24-25.

MARCHE DE L'APPAREIL

Au moment du passage de la première roue d'un train sur le premier transmetteur, l'armature de l'électro-aimant de départ EE est attirée, et le chariot mobile, déclenché, est entraîné par la rotation de la vis. Son crayon trace un trait suivant une génératrice du cylindre.

Lorsque le train atteint le second transmetteur, l'électro-aimant GG du cha-

riot est attiré par son armature fixe a . Le crayon se relève et se trouve maintenu écarté du cylindre par le crochet du béquet h k qui vient se placer de lui-même au-dessous du doigt e portant le crayon.

Le chariot continue néanmoins son mouvement de translation jusqu'à l'extrémité du cylindre et revient ensuite, le crayon toujours relevé, à son point de départ après l'avoir toutefois dépassé un peu. Le crayon abandonne le crochet du béquet h k lorsque la tête de ce béquet vient buter contre la pointe de la vis V . Il s'appuie alors un instant sur l'équerre l et ne retombe sur le papier qu'au moment où le chariot est revenu se réenclencher de nouveau.

Le mouvement de va-et-vient du chariot est obtenu au moyen d'un pignon conique P fixé à la vis A , engrenant successivement avec deux demi-secteurs S_1 S_2 à dents de côté, se faisant face et actionnés par la chute du contrepoids π .

L'aller du chariot, opéré par le secteur S_1 , est régularisé par la vis sans fin d'un régulateur F ; sa durée est de 20 secondes. Le mouvement dans l'autre sens, qui est produit par le secteur S_2 , est retardé par un autre régulateur F' qui ne fonctionne qu'au retour, grâce au rochet r ; sa durée est de 60 secondes.

Au moment où le chariot est revenu à sa position primitive après un premier mouvement complet de va-et-vient ayant duré 80 secondes, si le train n'a pas encore franchi le premier transmetteur à contacts, le chariot repart de nouveau avec le crayon relevé, pour accomplir une nouvelle révolution.

Le crayon trace donc, d'un trait continu, une section droite du cylindre, ligne des abscisses donnant les heures du passage des trains, et, au moment de ce passage, il trace une portion de génératrice dont la longueur est proportionnelle à la vitesse du train dans l'intervalle des deux transmetteurs.

On obtient ainsi des graphiques donnant, à première lecture, la vitesse d'un train et son heure de passage. Les feuilles de papier sont graduées et préparées pour faciliter cette lecture; elles sont remplacées sur le cylindre toutes les vingt-quatre heures.

Enregistreur portatif de la vitesse des trains

(SYSTÈME DE M. SABOURET)

EXPOSÉ PAR LA COMPAGNIE D'ORLÉANS.

(Planche 22)

L'appareil de M. Sabouret permet de mesurer la vitesse des trains sur une longueur très courte de 6 mètres, le temps étant évalué au moyen d'un diapason dont les vibrations sont enregistrées.

L'enregistreur proprement dit est mis en communication par des tubes de

caoutchouc avec quatre pédales à air placées le long du rail, à l'extérieur de la voie.

Il comprend :

1° Un cylindre en cuivre *c*, qu'on place au sommet d'un arbre fixe. Une rainure hélicoïdale gravée autour de cet arbre imprime un mouvement de rotation au cylindre, quand il descend. On colle sur le cylindre une feuille de papier qu'on noircit à la flamme d'une bougie résineuse ;

2° Un diapason *d*, donnant le *la* normal et dont le nombre de vibrations à la seconde est par suite de 435 ; ce diapason est muni au sommet d'une de ses branches d'un crin qui inscrit les vibrations sur le papier enfumé ;

3° Un soufflet à air en caoutchouc *s*, dont le soulèvement déclenche, à la fois, un petit marteau *m* qui vient frapper le diapason et un crochet *f* qui empêchait le cylindre de céder à l'impulsion d'un ressort *r* ;

4° Une soupape en cuivre, tronc conique, *g*, dont le couvercle, soulevé par une chasse d'air, fait buter une pointe contre le cylindre, près du crin du diapason.

Les pédales sont formées chacune d'un petit cube en bois, percé d'un trou, au fond duquel vient déboucher un des tubes. La première pédale communique avec le soufflet de déclenchement *s* ; les tubes des trois autres se réunissent sur un tube commun, qui débouche sous le clapet de la soupape à air *g*.

La première roue de la machine enfonce successivement un bouchon de liège dans le trou de chaque pédale. Les quatre chasses d'air ainsi produites sont donc utilisées dans l'enregistreur : pour la pédale n° 1, à mettre l'appareil en marche, et, pour les pédales n°s 2, 3 et 4, à faire tracer trois repères le long de la courbe des vibrations.

Le nombre *n* des vibrations comptées entre les repères des pédales 2 et 4, qui sont espacées de 6 mètres, donne la vitesse *V* du train en kilomètres à l'heure, au moyen de la formule :

$$V = \frac{6 \times 3600 \times 435}{1000 n} = \frac{9400}{n}$$

Une vitesse de 100 kilomètres est donc mesurée par 94 vibrations.

La pédale 3 est placée à égale distance des pédales 2 et 4. Si l'opération est bien faite, son repère doit partager en deux parties égales le nombre des vibrations comprises entre les repères des pédales 2 et 4. L'expérience démontre que cette vérification est obtenue le plus souvent à moins de deux vibrations près, c'est-à-dire que l'erreur est inférieure à 2 % pour la mesure d'une vitesse de 100 kilomètres à l'heure.

L'appareil est assez petit pour pouvoir être dissimulé dans le ballast. Avec tous ses accessoires, les tubes, les quatre pédales, un flacon de fixatif et sa cuvette, la bougie résineuse et les bandes de papier, il tient dans une caisse de 0,245 × 0,21 × 0,20, qui pèse, toute garnie, 4^k,200.

L'appareil est donc léger et aisément transportable. Dix minutes suffisent pour le mettre en expérience.

Le premier appareil a été essayé à Périgueux, en 1886. Dix autres appareils viennent d'être mis en service régulier à la Compagnie d'Orléans.

Appareil portatif avec sablier au mercure pour mesurer la vitesse des trains

(SYSTÈME DE M. BURGUION)

EXPOSÉ PAR LA COMPAGNIE DE L'EST

(Planches 25-26)

Cet appareil permet de mesurer la vitesse des trains d'après le temps qu'ils mettent à franchir un espace de 50 mètres.

Il est portatif et se compose de :

- 1° D'un sablier au mercure supporté par un plateau vertical;
- 2° De deux pédales à ressorts actionnées par les trains et reliées au sablier par des transmissions en fil d'acier.

SABLIER AU MERCURE ET PLATEAU LE SUPPORTANT

Le sablier au mercure est un petit sablier spécial en verre, dont la boule inférieure se prolonge de côté par un tube fermé servant à mesurer le mercure écoulé dans cette boule.

Il est monté sur une planchette portant le long du tube une échelle des vitesses.

Le plateau qui supporte le tablier est en tôle; il est fixé au moyen d'une vis de serrage sur un bâton ferré fiché dans le sol, à 1^m,50 au moins du rail, au point où l'on veut observer les vitesses des trains.

Le sablier, dont tout le mercure a été amené dans la boule supérieure est suspendu au plateau, du côté de la voie, au moyen d'un crochet C_1 et de deux crochets mobiles à ressort C_2 C_3 .

Dans cette première position l'écoulement du mercure n'a pas lieu.

L'appareil comporte deux sabliers, dont un de rechange. Pour transporter ces sabliers, on se sert d'une boîte dont les dispositions sont représentées planches 25-26.

PÉDALES A RESSORT ET TRANSMISSIONS LES RELIANT AU SABLIER

Les deux pédales sont en fonte ou en acier coulé et agissent par un ressort, au moyen de transmissions en fil d'acier, sur les deux crochets mobiles C_2 , C_3 , de suspension du sablier.

On les place contre le rail, à l'extérieur de la voie, et à peu près à égale distance du plateau supportant le sablier. Leur espacement est de 50 mètres.

Les figures des planches 25-26 montrent les dispositions d'une pédale en fonte adaptée à un rail Vignole neuf, du type de 44^s,200 de la Compagnie de l'Est.

La pédale proprement dite *dc*, est mobile et peut pivoter autour d'un axe *a*. Elle est maintenue dans sa position normale par le poids de sa culasse *c*, qui est plus fort que celui de sa pointe *d*, et par la traverse *t* sur laquelle elle s'appuie. Dans cette position normale, la pointe *d* dépasse de 6 à 10 millimètres le dessus du rail et la culasse *c* engage de 2 à 3 millimètres le ressort *R* qu'elle maintient tendu.

Au passage de la première roue d'un train, le ressort *R* se trouve dégagé; en se détendant, il agit brusquement sur la transmission en fil d'acier et soulève en même temps la culasse *c* de la pédale qui se trouve alors à l'abri du choc des autres roues du train.

La même pédale peut être adaptée à tous les types de rails Vignole de la Compagnie de l'Est, lesquels ont des hauteurs variant de 0^m,120 à 0^m,141 et des largeurs de patin de 0^m,099 et 0^m,130.

La différence de 0^m,031 dans la largeur du patin est rachetée au moyen des deux rondelles de serrage des écrous de la pédale.

La différence de hauteur des rails est rachetée à l'aide du disque *d*, formant la pointe de la pédale, qui est excentré de 0^m,016 et dont on règle la position d'après la hauteur du rail. Un petit ergot triangulaire placé sur le tourillon du disque *d* vient se loger dans l'une des encoches continues pratiquées en forme de couronne dans le support correspondant, et empêche le disque de tourner lorsqu'il est serré contre ledit support.

Les deux fils d'acier qui relient les pédales aux crochets mobiles du sablier ont 0^m,0012 à 0^m,0015 de diamètre et sont supportés chacun par deux pitons fixés sur deux petits piquets que l'on place, l'un à 3 mètres environ du sablier, l'autre vers le milieu de l'intervalle restant jusqu'à la pédale.

Chaque fil est terminé à ses extrémités par des S en fil de fer que l'on fixe, l'un au ressort de la pédale, et l'autre dans l'un des maillons d'une chaînette de 0^m,50 de longueur attenante au crochet du sablier. Cette chaînette permet de tendre convenablement la transmission sans que le sablier soit placé tout à fait à égale distance des deux pédales.

MÉCANISME DE L'APPAREIL

Les pédales et la transmission étant en place, on met le sablier dans sa première position.

Au passage d'un train, la première roue de la machine appuie successivement

sur les deux pédales et dégage, l'un après l'autre, les ressorts R. Ces ressorts, en agissant sur les transmissions en fil d'acier, décrochent le sablier qui prend les deuxième et troisième positions correspondantes.

Un ressort r_2 , porté par le plateau, amortit le choc qui se produit lorsque le sablier pivote autour des attaches C_1 , C_3 pour prendre sa deuxième position.

Un autre ressort r_3 accroche et arrête le sablier dans sa troisième et dernière position.

Dans la deuxième position qui dure tout le temps que le train met à franchir l'intervalle qui sépare les deux pédales, une partie du mercure amassé en totalité dans la boule supérieure du sablier s'écoule dans la boule inférieure.

Dans la troisième position, le mercure écoulé marque à l'échelle longeant le tube, la vitesse du train.

Lorsqu'on a relevé cette vitesse, si l'on veut constater celle d'un autre train, on tire d'abord sur les transmissions en fil d'acier pour armer les pédales qui, ayant, comme nous l'avons vu, la culasse plus lourde que la pointe, se mettent d'elles-mêmes dans leur position normale, puis on dispose le sablier dans sa première position après avoir ramené tout le mercure dans la boule supérieure.

GRADUATION DU SABLIER AU MERCURE

Pour graduer le sablier au mercure, on se sert d'un instrument qui se compose de deux parties (voir planches 25-26) :

1° Un plateau P semblable à celui de l'appareil, et sur lequel sont montés deux aimants A_2 , A_3 qui maintiennent à l'arrêt les deux crochets mobiles C_2 , C_3 dont les ressorts agissent pour cela en sens inverse de ceux de l'appareil.

Ce plateau est fixé à l'aide d'une vis de pression sur un support en fonte à large base ;

2° Un compte-secondes dont l'aiguille trotteuse a se met en mouvement lorsque la tige d atteint le milieu de la course qu'on lui imprime vivement avec le doigt pour l'amener en d' .

Une aiguille f montée au centre du verre du compte-secondes permet de marquer à volonté le temps sur la durée duquel on veut faire porter l'observation.

La tige d et la trotteuse a se trouvent en communication permanente avec l'enveloppe métallique du compte-secondes par l'intermédiaire des rouages intérieurs. Elles sont l'une et l'autre, à l'aide de la dite enveloppe métallique, placées, comme le montre le schéma des planches 25-26, dans les deux circuits d'une pile passant l'un par l'aimant A_2 pour aboutir au contact p situé au milieu de la course de la tige d , l'autre par l'aimant A_3 pour aboutir à l'aiguille fixe f .

Le compte-secondes fait donc passer successivement autour des deux aimants A_2 , A_3 deux courants électriques, l'un au moment du départ de l'aiguille trot-

teuse a , l'autre au moment où cette trotteuse arrivée en a' atteint l'aiguille fixe f marquant la durée de l'observation.

L'action de ces deux courants électriques a pour effet de supprimer l'aimantation des aimants A_2 , A_3 ce qui produit le déclenchement immédiat et successif des crochets de suspension du sablier et permet de marquer contre le tube de ce sablier la hauteur du mercure écoulé pendant la durée de l'observation.

Pour ramener et maintenir la trotteuse en a , on presse sur le bouton t après avoir remplacé la tige de manœuvre en d .

Si l'on considère que la durée d'une observation représente en secondes le temps t que la tête d'un train met à franchir le nombre de mètres e qui sépare les deux pédales de l'appareil, la vitesse correspondante V , exprimée en kilomètres à l'heure, a pour valeur :

$$V = \frac{3600 e}{1000 t} = \frac{3,6 e}{t}$$

L'espacement e des pédales étant de 50 mètres.

Pour graduer le sablier, on observe le mercure écoulé pendant :

$$V = \frac{180}{t}$$

ce qui donne des points marquant les vitesses de :

1''8	3''	5''	7''2	10''
100 km	60 km	36 km	25 km	18 km

Les autres vitesses de 18 à 120 kilomètres se déterminent par interpolation ou extrapolation, à l'aide d'une échelle spéciale représentée planches 25-26, et au moyen d'une bande de papier que l'on promène sur ladite échelle, après y avoir indiqué les cinq points relevés au compte-secondes.

LE MATÉRIEL ROULANT des CHEMINS DE FER

à l'Exposition Universelle de 1889

PAR

L. BURGUION

INGÉNIEUR PRINCIPAL A LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE L'EST

A l'Exposition universelle de 1889 se trouvaient de nombreuses variétés de voitures à voyageurs et de wagons, tant à la voie de 1^m,44 qu'à celle de 1 mètre, ainsi que divers appareils et objets entrant dans la constitution du matériel roulant.

Avant d'entrer dans le détail de cette partie intéressante de l'Exposition, nous en donnerons un aperçu historique et général, en examinant séparément les voitures à voyageurs, les wagons et les appareils ou objets y relatifs.

VOITURES A VOYAGEURS A LA VOIE DE 1^m,44.

VOITURES AMÉRICAINES

En Amérique, à l'origine des chemins de fer à voie large, les voitures à voyageurs comportaient comme en Europe un châssis à deux essieux avec deux tampons de choc et une caisse divisée en compartiments transversaux avec portes latérales.

Mais dès 1833, au moment de l'adoption du truc articulé pour l'avant-train des locomotives dans le but de faciliter le parcours dans les courbes, on a été conduit, dans le même but, à placer les caisses des voitures sur deux trucs ou bogies et à doubler par suite leur longueur en vue de ne pas alourdir outre mesure le matériel.

On a été conduit, en outre, à concentrer dans l'axe du véhicule les appareils de choc qu'on ne pouvait plus conserver en dehors de cet axe, sans les exposer à subir des compressions exagérées, à cause de la grande longueur des voitures et

des courbures plus prononcées de la voie que l'emploi du double truc rendait possibles.

D'autre part, l'allongement des caisses, en augmentant l'espacement des points d'appui a obligé de constituer les parois latérales en poutres armées qui ne permettaient plus le maintien des accès aux compartiments transversaux.

On a alors remplacé d'une part les portes latérales par des plates-formes avec marches d'accès aux extrémités de chaque voiture, et d'autre part les compartiments transversaux par une sorte de salle commune occupant toute la voiture et traversée dans sa longueur par un passage central de chaque côté duquel se trouvaient des banquettes transversales de deux places chacune.

On a de plus profité de cette disposition particulière des voitures pour les relier entr'elles, au moyen de passerelles placées au droit de leur passage central, et donnant ainsi aux voyageurs et aux employés la faculté de circuler sur toute la longueur du train.

C'est ce même type de voiture qui est encore en usage sur tous les chemins de fer américains, type unique, car, comme on le sait, il n'y a pas de distinction de classes de voyageurs en Amérique.

Il a permis de mettre à la disposition de tous les voyageurs des water-closets, et de résoudre facilement les questions relatives à l'éclairage, au chauffage, à la ventilation.

Il a permis aussi, au moyen d'aménagements intérieurs spéciaux, d'avoir, dans les trains, des salons, des restaurants, des lits, des cabinets de toilette que les voyageurs riches peuvent occuper moyennant un supplément de prix.

Une voiture américaine, du type ordinaire, a été exposée dans la section des États-Unis par la Compagnie du chemin de fer de Pensylvanie. Elle est représentée en plan par la figure 1.

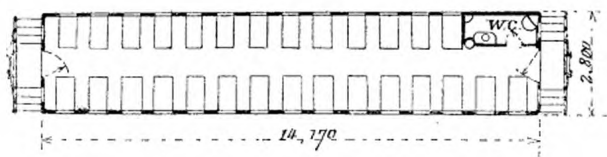


Fig. 1

VOITURES EUROPÉENNES

En Europe, contrairement à ce qui s'est passé en Amérique, on a généralement continué, sur les chemins de fer à voie large, à employer, en l'améliorant, le type primitif de voiture à compartiments séparés.

Dix voitures ordinaires des derniers modèles de ce genre, dont sept à deux essieux et trois à trois essieux, étaient exposées, à savoir :

Par les chemins de fer français de l'Etat	2 à 2 essieux.
— — — du Midi	2 à 2 —
— — — d'Orléans	1 à 2 —
— — — de P.-L.-M.	2 à 3 —
Par le chemin de fer du Grand Central Belge	1 à 2 —
Par la Société Belge « La Métallurgique » à Bruxelles	1 à 3 —
Par le chemin de fer italien de la Méditerranée	1 à 2 —
Total pareil	<u>10</u>

Étaient également exposées cinq autres voitures du même type à deux ou trois essieux mais comprenant, pour les voyageurs privilégiés et pour les malades, des compartiments pourvus de water-closets avec lavabo et dont un ou plusieurs des sièges utilisés pendant le jour se transforment en lits pour la nuit.

Quatre de ces voitures appartenaient respectivement aux quatre Compagnies françaises du Midi, du Nord, de l'Ouest, de Paris à Lyon et à la Méditerranée (P.-L.-M.) et la cinquième à la Compagnie italienne de la Méditerranée.

Dans cette même catégorie de voitures avec compartiments à lits doit être rangée une voiture à lits (Sleeping-car) exposée par la Compagnie anglaise « London and North Western Railway ». Ce véhicule est à 4 essieux. Les deux essieux du milieu sont rigides. Les deux essieux extrêmes sont mobiles sur des boîtes radiales en vue du passage dans les courbes.

Depuis quelques années, le matériel américain a fait son apparition en Europe comme trains de luxe, exploités notamment par la Société internationale des Wagons-lits, qui, pour la traction de ses voitures, s'entend avec la Compagnie de chemin de fer dont elle emprunte les rails.

Cette Société a exposé un train comprenant un wagon-salon, un wagon-restaurant et un wagon-lits.

Plusieurs compagnies de chemins de fer ont même, à la satisfaction du public, autorisé la Société des Wagons-lits à ajouter un wagon-restaurant à certains de leurs trains rapides, formés de voitures ordinaires, à compartiments séparés. Les voyageurs montent dans le wagon-restaurant pendant un arrêt du train, et en descendent pendant un autre arrêt.

Ce commencement de confort en voyage a conduit les compagnies européennes de chemins de fer à chercher un type de voiture donnant aux voyageurs les commodités de la voiture américaine, tout en respectant leurs habitudes d'isolement.

Le problème a été résolu de bien des manières, mais, dans toutes les solutions, on s'est attaché à munir les voitures de water-closets et de lavabos accessibles aux voyageurs en cours de route.

Dix-huit voitures de ce genre, mais de modèles différents, ont été exposées.

Elles sont pourvues, soit d'un châssis à deux ou trois essieux, soit de deux trucs ou bogies à deux ou trois essieux.

Les unes se rattachent au type primitif européen par leur isolement dans le train, les autres dérivent du type américain par la possibilité qu'elles donnent aux voyageurs et au personnel de circuler sur toute la longueur du train.

Les tampons de choc, au lieu de se trouver dans l'axe même des véhicules, comme dans les voitures américaines, ont été conservés en dehors de cet axe, comme dans les anciennes voitures européennes, avec lesquelles elles doivent pouvoir être attelées. Toutefois, dans les longues voitures, des dispositions spéciales ont généralement été adoptées pour assurer le contact permanent des tampons dans les courbes.

Les voitures isolées dans le train, ou à non intercirculation, étaient au nombre de sept, et comprenaient trois types, à savoir :

1° Type à compartiments séparés desservis chacun par un water-closet avec lavabo.

Il y avait de ce type trois voitures exposées, l'une par la Compagnie française de P.-L.-M. (fig. 2), les deux autres par chacune des deux Compagnies italiennes de la Méditerranée (fig. 3) et de l'Adriatique (fig. 4).

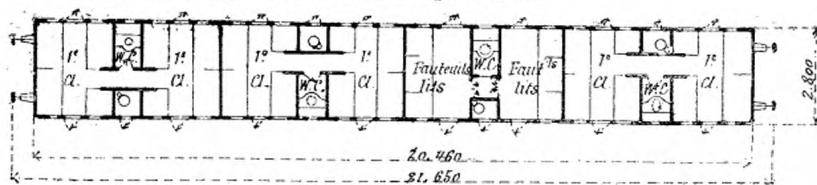


Fig. 2

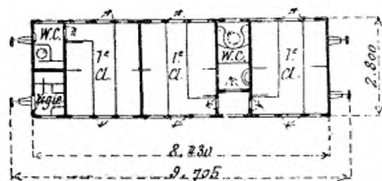


Fig. 3

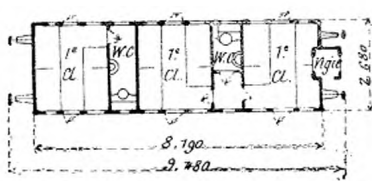


Fig. 4

Une quatrième voiture, dérivant du même type, était présentée par la Compagnie anglaise Midland Railway (fig. 5).

Elle comprenait des compartiments pourvus chacun d'un water-closet avec

lavabo, des compartiments ordinaires spécialement affectés aux fumeurs, et un compartiment pour les bagages.

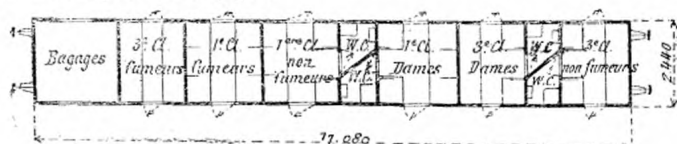


Fig. 5

2° Type à compartiments séparés dont plusieurs, communiquant entr'eux, sont desservis par un même water-closet avec lavabo.

Ce type était représenté par deux voitures appartenant, l'une à la Compagnie française du Midi (fig. 6), l'autre à la Compagnie italienne de la Méditerranée (fig. 7).

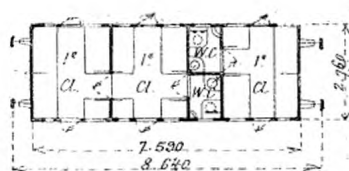


Fig. 6

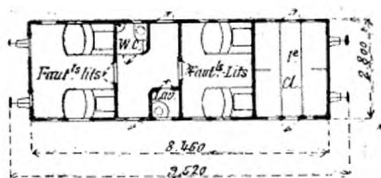


Fig. 7

3° Type à compartiments séparés desservis par un même water-closet avec lavabo, à l'aide d'un couloir latéral partiel muni de portes extérieures au droit des compartiments correspondants.

Une seule voiture de ce type a été exposée par la Compagnie française de l'Est (fig. 8).

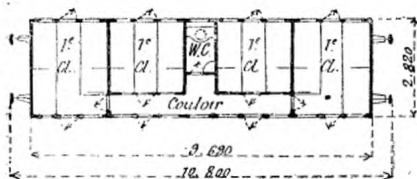


Fig. 8

Les voitures à intercirculation avec water-closet et lavabo, étaient au nombre de onze, répondant aux cinq types suivants :

1° Type à compartiments séparés avec portes latérales et à couloir latéral extérieur percé de portes au droit des compartiments.

Une seule voiture de ce type a été exposée par la Compagnie italienne de la Méditerranée (fig. 9).

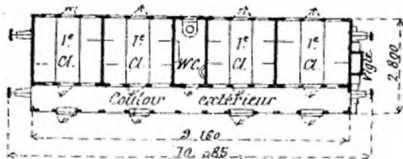


Fig. 9

2° Type à compartiments séparés et à couloir latéral intérieur, avec plate-forme et escaliers latéraux à chaque extrémité.

Il y avait six voitures de ce type, dont trois (1^{re}, 2^e et 3^e classes), appartenait

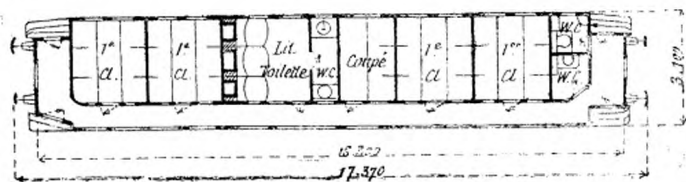


Fig. 10

à l'Administration des chemins de fer de l'État français (fig. 10); une à la

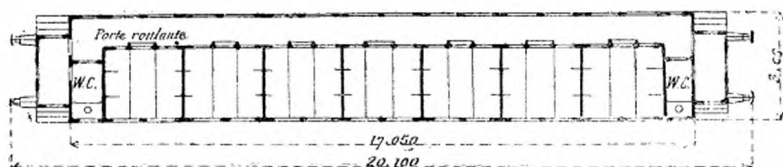


Fig. 11

Compagnie française d'Orléans (fig. 11); une à la Compagnie italienne de la



Fig. 12

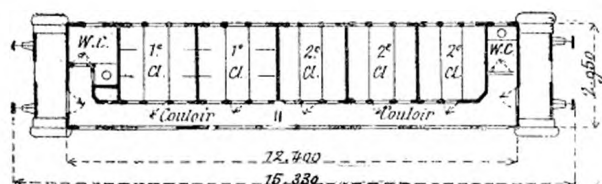


Fig. 13

Méditerranée (fig. 12); une à la Société des ateliers de construction de Malines (Belgique), (fig. 13).

3° Type à compartiments séparés, avec portes latérales et à couloir en Z avec portes aux extrémités et au droit de la brisure.

Une voiture répondant à ce type a été exposée par la Compagnie française de matériel de chemin de fer d'Ivry-Port (fig. 14).

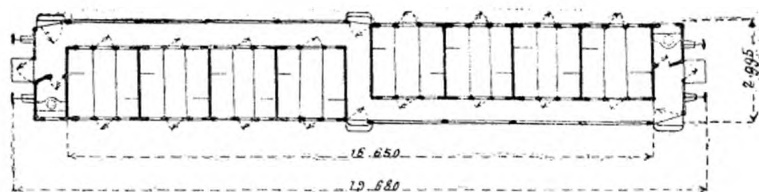


Fig. 14

4° Type à compartiments séparés, et à couloir en Z avec plate-forme à escaliers latéraux aux extrémités et portes au droit de la brisure.

La Compagnie française du P.-L.-M., et la Compagnie algérienne de Bône à Guelma, ont l'une et l'autre présenté une voiture de ce type.

5° Type à salle commune et à compartiments fermés, avec passage intérieur terminé par des plates-formes à escaliers latéraux.

L'unique voiture de ce type appartenait à la Compagnie française du P.-L.-M. (fig. 15).

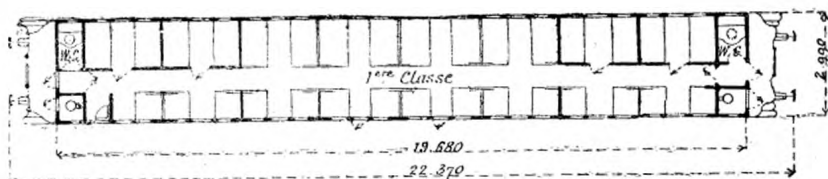


Fig. 15

Le tableau suivant indique pour la voiture américaine et pour les diverses voitures européennes que nous venons de passer en revue, le nombre d'essieux, le nombre de places offertes, le poids total et le poids par place offerte.

Le nombre d'essieux des voitures à bogies est désigné par l'expression $2 \times n$, dans laquelle n est remplacé par le nombre d'essieux d'un bogie.

Le poids total comprend le frein continu dont toutes les voitures sont pourvues.

Le poids par place de chaque classe, lorsque les voitures comportent plusieurs classes, a été obtenu proportionnellement à la surface occupée par l'ensemble des places de même nature.

TYPE DES VOITURES	Numeros d'ordre des voitures	Nombre d'essieux	NOMBRE de places offertes				POIDS BRUT par place offerte				EXPOSANTS	
			Lits	1 ^{re}	2 ^e	3 ^e	TOTAL	Lits	1 ^{re}	2 ^e		3 ^e
				cl.	cl.	cl.			cl.	cl.		cl.

VOITURES A NON INTERCIRCULATION

							kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	
Voitures à compartiments séparés.	1	2	»	32	»	»	11 530	»	360	»	»	Orléans (France)
	2	2	»	»	32	»	10.300	»	»	321	»	État Français.
	3	2	»	»	»	50	10.400	»	»	»	208	
	4	2	»	»	50	»	10 800	»	»	216	»	Midi (France).
	5	2	»	»	50	»	10.500	»	»	»	210	Méditerran. (Italie)
	6	2	»	»	50	»	10.200	»	»	»	204	G. Central Belge
	7	2	»	16	20	»	10.600	»	351	249	»	P-L-M. (France)
	8	3	»	32	»	»	14.260	»	445	»	»	
	9	3	»	»	»	50	10.890	»	»	»	217	
	10	3	»	20	30	»	14.900	»	388	238	»	La Métallurgique (Belgique).
Voitures avec compartiments à lits.	11	2	2	18	»	»	11.500	2501	361	»	»	Midi (France).
	12	2	6	10	»	»	12.580	1200	350	»	»	Nord (Id.).
	13	2	4	16	»	»	10 500	1188	359	»	»	Ouest (Id.).
	14	2	4	8	»	»	12.500	2327	399	»	»	Méditerran. (Italie)
	15	3	9	»	»	»	17.095	1299	»	»	»	P-L-M. (France)
	16	4	12	»	»	»	22.000	1833	»	»	»	London & North Western.
Voitures à compartiments séparés desservis chacun par un water-closet.	17	2	»	21	»	»	13.000	»	615	»	»	Méditerran. (Italie)
	18	2	»	21	»	»	13.200	»	629	»	»	Adriatique (Id.)
	19	2 × 2	6	42	»	»	35.145	1283	654	»	»	P-L-M. (France)
	20	2 × 3	10 à 6	» w-c	18 à 10	» w-c	25.000	»	827	»	397	Midland Railway (Angleterre).
Voitures à compartiments séparés, dont plusieurs communiquant entre eux sont desservis par un même water-closet.	21	2	»	20	»	»	10.600	»	530	»	»	Midi (France).
	22	2	»	»	34	»	11.500	»	»	339	»	Méditerran. (Italie)
Voiture à compartiments séparés, desservis par un même water-closet avec lavabo, à l'aide d'un couloir latéral partiel muni de portes extérieures au droit des compartiments.	23	2	»	26	»	»	14.000	»	538	»	»	Est (France).

(1) Les chiffres en italique correspondent aux places desservies par W.-C.

[illegible]

VOITURES A INTERCIRCULATION

[illegible]

COMPARAISON DU MATÉRIEL EUROPÉEN ANCIEN ET DU MATÉRIEL ACTUEL

Les améliorations des voitures européennes ont été faites successivement et par étapes, aux époques où s'est imposée la nécessité de grandes augmentations de matériel.

La Compagnie de l'Ouest, pour donner la comparaison du matériel ancien et du matériel moderne, a exposé des aquarelles qui sont reproduites planches (27-28) et qui représentent les voitures dont la nomenclature suit :

Lignes de banlieue

1840	1889
1. — Voiture de 1 ^{re} classe à 3 compartiments avec 2 banquettes d'impériale (chemin de Paris à Saint-Germain). Longueur de la caisse. . . 5 ^m 06	3. — Voiture de 1 ^{re} classe à 3 compartiments, Eclairage au gaz, Frein continu, Intercommunication. Longueur de la caisse. . . 6 ^m 16
2. — Voiture de 2 ^e classe à 4 compartiments, Toiture, Filetslatéraux. Longueur de la caisse. . . 5 ^m 46	4. — Voiture de 2 ^e classe à 4 compartiments et à 9 banquettes d'impériale couverte, Frein continu. Longueur de la caisse. . . 6 ^m 76

Grandes lignes

1843	1889
5. — Voiture de 1 ^{re} classe à 3 compartiments. (Paris à Rouen).	8. — Voiture de 1 ^{re} classe à 2 compartiments et 2 coupés-lits avec toilette, Frein continu et intercommunication.
6. — Voiture de 2 ^e classe à 3 compartiments. (Paris à Rouen).	9. — Voiture de 2 ^e classe à 4 compartiments, Frein continu et intercommunication.
7. — Voiture découverte de 3 ^e classe. (Paris à Rouen).	10. — Voiture de 3 ^e classe à 5 compartiments, Frein continu et intercommunication.

La Compagnie de l'Est a exposé dans le même ordre d'idées une série de dessins et de photographies représentant notamment les modèles successifs de voitures de 1^{re}, de 2^e et de 3^e classe employées sur son réseau à partir du matériel d'origine qui date de 1847.

Dans toutes ces voitures le nombre de places par compartiment est de huit pour la 1^{re} classe et de dix pour les deux autres classes.

Le tableau ci-après donne pour chaque voiture le nombre de places, les dimensions intérieures d'un compartiment, le volume par place, le poids total et le poids par place.

DÉSIGNATION des places	MODÈLE de cons- truction	NOMBRE de places	DIMENSIONS INTÉRIEURES d'un compartiment			VOLUME d'un compar- timent par place	POIDS MORT d'origine et sans frein		POIDS MORT avec améliorations y compris le frein Westinghouse à air comprimé	
			Largeur	Longueur	Hauteur		Total	par place	Total	par place
1 ^{re} classe	1847	24	1 ^m 800	2 ^m 390	1 ^m 740	0.935	5.500	229	6.400	266
	1855	24	1.910	2.470	1.685	0.994	5.790	241	7.300	304
	1865	24	2.140	2.650	1.850	1.311	6.150	256	8.700	362
	1877	24	2.300	2.600	2.050	1.532	9.785	407	10.600	442
2 ^e classe	1847	30	1.570	2.300	1.700	0.586	5.050	168	5.800	193
	1855	40	1.665	2.430	1.735	0.702	6.100	153	8.200	205
	1865	40	1.740	2.650	1.800	0.835	6.670	167	8.600	215
	1877	40	1.785	2.630	2.100	0.986	9.215	230	9.745	243
	1888	50	1.800	2.630	2.100	0.994	10.420	208	10.950	219
3 ^e classe	1847	40	1.320	2.300	1.700	0.516	5.090	127	5.700	142
	1855	50	1.328	2.430	1.735	0.560	5.680	114	7.700	154
	1865	50	1.422	2.650	1.820	0.686	6.200	124	8.200	164
	1877	50	1.420	2.630	2.160	0.784	9.170	184	9.700	194
	1888	60	1.500	2.630	2.160	0.828	10.370	173	10.900	181

On voit à l'examen de ce tableau que les compartiments ont été constamment en augmentant dans tous les sens et que leur volume par place a varié progressivement, à savoir :

Pour la 1^{re} classe de 0^m,935 à 1^m,532 soit de 64 % ;

Pour la 2^e classe de 0^m,586 à 0^m,994 soit de 70 % ;

Pour la 3^e classe de 0^m,516 à 0^m,828 soit de 60 %.

D'où il résulte que le volume attribué actuellement aux 2^e et 3^e classes est sensiblement le même que celui de la 1^{re} classe en 1847.

On voit aussi que le poids mort des voitures a suivi, naturellement, la marche progressive des compartiments.

Si l'on ne considère que le poids mort sans le frein, la variation a été par place :

Pour la 1^{re} classe de 229 à 407 kilogrammes soit de 78 %;

Pour la 2^e classe de 168 à 208 kilogrammes soit de 24 %;

Pour la 3^e classe de 127 à 173 kilogrammes soit de 36 %.

Si l'on tient compte du frein et des autres améliorations, l'augmentation se trouve portée :

Pour la 1^{re} classe de 229 à 442 kilogrammes soit à 93 %;

Pour la 2^e classe de 168 à 219 kilogrammes soit à 30 %;

Pour la 3^e classe de 127 à 181 kilogrammes soit à 42 %.

L'accroissement de poids par place résultant des améliorations est donc :

Pour la 1^{re} classe de 35 kilogrammes ou de 15 %;

Pour la 2^e classe de 11 kilogrammes ou de 6 %;

Pour la 3^e classe de 8 kilogrammes ou de 6 %.

La Compagnie d'Orléans, de son côté, pour établir la comparaison du matériel ancien et du matériel actuel a exposé un dessin que nous reproduisons planches 27-28 et qui montre dans quelle mesure ont varié de 1840 à 1889, avec la puissance toujours croissante des locomotives, les dimensions de ses voitures, leur poids, la charge des trains et leur vitesse.

En 1840, une machine ayant un poids adhérent de 12 000 kilogrammes et une puissance de traction de 1 274 kilogrammes remorquait un train de quatorze voitures pesant 90 tonnes à la vitesse de 40 kilomètres à l'heure. La capacité du tender était de 4 mètres cubes. On voit que les voitures de 3^e classe en usage à cette époque étaient découvertes et que les voitures de 1^{re} classe rappelaient beaucoup par leurs formes les diligences.

En 1854, les voitures étaient devenues plus grandes et plus lourdes, leur aspect général était déjà celui que devait conserver le matériel de chemin de fer. Les trains se composaient de vingt-quatre voitures, nombre qu'il a été reconnu bon de ne pas dépasser, ce qui donnait une charge de 185 tonnes. Les machines avaient un poids adhérent de 13 tonnes et remorquaient cette charge à la vitesse de 40 kilomètres à l'heure. La contenance du tender était de 5^m³,360.

En 1867, des machines plus puissantes sont créées pour remorquer à la vitesse de 50 kilomètres à l'heure, les trains de vingt-quatre voitures dont le poids atteint 210 tonnes. Ces machines avec 25 600 kilogrammes de poids adhérent ont une puissance de traction de 3 476 kilogrammes. Un abri est donné au mécanicien qui était jusqu'à cette époque exposé aux intempéries. La capacité du tender est de 5^m³,600.

En 1878, les dimensions des voitures sont encore augmentées. Le poids du train de vingt-quatre voitures s'élève à 255 tonnes. Les machines de 25 600 kilogrammes de poids adhérent et dont la puissance de traction est de 3 680 kilogrammes remorquent ce train à la vitesse de 50 kilomètres à l'heure. La capacité du tender est de 10 mètres cubes.

Depuis 1878, la charge des trains rapides a progressivement augmenté et la Compagnie d'Orléans a construit de nouvelles voitures à bogies et à couloir destinées à circuler dans certains trains rapides marchant à 75 kilomètres à l'heure.

Le train de ce type que représente le dessin précité se compose de neuf voitures et pèse 224 tonnes. La machine a un poids adhérent de 31 400 kilogrammes et une puissance de traction de 5 703 kilogrammes. La capacité du tender qui est de 14^m500 permet d'accomplir sans arrêt de longues étapes.

Le travail développé peut être considéré dans chacun des cas respectivement comme proportionnel aux chiffres suivants :

Train de 1840 (Poids × vitesse)	90 × 40 =	3.600
— 1854 —	185 × 40 =	7.400
— 1867 —	210 × 50 =	10.500
— 1878 —	255 × 50 =	12.750
— 1889 —	224 × 75 =	16.800

Il a donc presque quintuplé de 1840 à 1889.

VOITURES EUROPÉENNES POUR TRAINS LÉGERS

Pour diminuer les frais d'exploitation des lignes secondaires à voie de 1^m44, on a depuis quelque temps organisé sur ces lignes, pour le transport des voyageurs, des trains légers composés d'un petit nombre de voitures, sans interposition de fourgon de choc entre ces voitures et la machine, et ne comportant que deux agents : le mécanicien sur la machine, le conducteur dans le train pour délivrer des billets aux voyageurs qui montent aux arrêts, pour faire la perception et pour suppléer au besoin le mécanicien.

Ces trains légers s'arrêtent et démarrent avec beaucoup plus de rapidité que les trains ordinaires. Ils peuvent, par cela même, desservir sans perte de temps, un bien plus grand nombre de points intermédiaires entre les stations, tels que passages à niveau, sans installations spéciales, sans personnel pour délivrer et pour recueillir les billets, sans éclairage, sans abri, etc.

L'emploi des mêmes trains légers a en outre été étendu au service de la banlieue des grandes villes en les intercalant entre les trains ordinaires.

En France, les premiers trains légers ont été mis en circulation en 1885 sur le réseau du Nord entre Lille, Roubaix et Tourcoing.

Pendant l'année 1888, la Compagnie du Nord en a mis chaque jour en marche.

1° 332 composés d'une seule voiture et desservant 19 sections présentant une longueur de 287 kilomètres.

2° 177 composés de 2 à 6 véhicules et desservant 21 sections d'une longueur de 803 kilomètres.

Ainsi, déjà en 1888, sur le réseau français du Nord, 1 090 kilomètres étaient parcourus par ce système de trains, soit dans la banlieue des grandes agglomérations, soit sur les lignes secondaires à faible trafic, et le parcours de ces trains représentait 2 934 596 kilomètres.

La Compagnie du Nord a assuré jusqu'à ce jour le service de ses trains légers avec ses anciennes voitures transformées à cet effet en voitures à grande capacité, à couloir latéral ou à passage central.

Elle a exposé une de ses voitures à passage central, auquel on accède par trois plates-formes à marchepieds. Cette voiture qui, à elle seule, constitue un train est à six essieux. Elle se compose de trois corps articulés entre eux et comprenant un compartiment de chacune des 1^{re}, 2^e et 3^e classes, un compartiment de bagages et un compartiment postal.

M. Prosper Hanrez, ingénieur à Bruxelles, a présenté les dessins d'une voiture à passage central de son système, qui est formée, comme celle du Nord, de plusieurs caisses articulées entre elles et qui peut aussi constituer à elle seule un train.

Ce qui caractérise le système, c'est que chaque caisse intermédiaire repose sur deux essieux dont chacun fait partie d'un bogie commun à deux caisses.

Une voiture à trois corps comporte donc deux essieux extrêmes et deux bogies intermédiaires à deux essieux.

La Compagnie de l'Ouest français a exposé une voiture mixte, pour trains légers, qui diffère totalement de celle du Nord. C'est un type à deux essieux avec compartiments de 1^{re} et 2^e classes munis de portes latérales, comprenant en outre pour les bagages, d'une part, dans la caisse, un compartiment spécial pourvu d'une banquette mobile pouvant recevoir au besoin des voyageurs de 3^e classe ; d'autre part, au-dessus de la toiture, un rouf fermé sur les côtés par deux bâches et une plate-forme découverte bordée par une galerie.

Ce véhicule permet de constituer par la seule adjonction d'une voiture de 3^e classe, un train suffisant pour un certain nombre de lignes secondaires du réseau de l'Ouest.

L'Exposition contenait encore quatre voitures pour trains légers, lesquelles étaient à deux essieux avec passage central aboutissant à des plates-formes extérieures couvertes et pourvues d'escaliers latéraux.

Trois de ces voitures dont une de 1^{re} classe, une de 2^e classe et une de 3^e classe, appartenaient à la Compagnie italienne de la Méditerranée.

La quatrième, divisée par une cloison transversale en deux grands compartiments l'un de 1^{re} classe, l'autre de 2^e classe, était exposée par la Société des Ateliers de construction de Malines (Belgique). Elle était destinée aux chemins de fer de l'État Belge.

Le tableau ci-après donne pour ces sept voitures de trains légers les mêmes renseignements que ci-dessus relatifs aux voitures des trains ordinaires.

TYPE DES VOITURES	Numéros d'ordre des voitures	Nombre d'essieux	NOMBRE de places			POIDS BRUT			EXPOSANTS
			1 ^{re} cl.	2 ^e cl.	3 ^e classe	TOTAL	par place		
							1 ^{re} cl.	2 ^e cl.	

VOITURES A NON INTERCIRCULATION

Voiture à comparti- ments séparés.	36	2	8	20	» 1 bag.	kil. 10.200	kil. 352	kil. 222	kil. »	Ouest (France.)
						2.956	

VOITURES A INTERCIRCULATION

Voiture à 3 corps articulés avec pas- sage central . . .	37	6	12	20	70 1 bag. 1 poste	27.800	354	265	185	Nord (France).
						5.301	
Voiture montée sur deux demi-bogies avec passage cen- tral.	38	2	32	»	»	»	»	»	»	Prosper Hanrez, ingénieur à Bruxelles.
						»	»	»	»	
Voitures à passage central.	39	2	32	»	»	11.000	343	»	»	Méditerr. (Italie)
	40	2	»	40	»	11.000	»	275	»	
	41	2	»	»	58	11.000	»	»	190	
	42	2	16	21	»	7.350	244	164	»	

VOITURES A DEUX ÉTAGES POUR TRAINS ORDINAIRES
DE BANLIEUE

La Compagnie de l'Est fait usage, pour son service de banlieue, de voitures à deux étages. Elle a exposé les plans d'ensemble des voitures du type qu'elle a adopté en 1882.

Ces voitures sont à deux essieux et comprennent deux caisses superposées.

La caisse inférieure est à compartiments séparés avec portes latérales, et la caisse supérieure, à laquelle on accède par un escalier droit double, à chaque extrémité, est à passage central.

Les principaux éléments de ces voitures sont indiqués ci-après :

TYPE DES VOITURES	Numéros d'ordre des voitures	Nombre d'essieux	NOMBRE de places			POIDS BRUT				EXPOSANT
			1 ^{re} cl.	2 ^e cl.	3 ^e cl.	TOTAL	par place			
							1 ^{re} cl.	2 ^e cl.	3 ^e cl.	
Voitures à deux étages	43	2	32	40	»	12.340	205	145	»	Est (France).
	44	2	»	78	»	12.265	»	157	»	
	45	2	»	»	80	11.500	»	»	144	

VOITURES A VOYAGEURS POUR VOIE DE 1 MÈTRE

VOITURES AMÉRICAINES

Les voitures américaines pour voie étroite sont du même type que les voitures pour voie normale du même pays.

Elles présentent cependant deux modèles.

Bes unes, malgré leur moindre largeur, ont, comme les voitures à voie large, des banquettes à deux places de chaque côté du passage central.

Les autres sont à double siège d'un côté du passage central, à simple siège seulement de l'autre côté. A partir du milieu, dans le sens de la longueur, les doubles sièges et les sièges uniques changent de côté pour établir l'équilibre.

Ce sont ces dernières voitures qui sont les plus usitées.

Elles ont généralement, pour la voie de 1 mètre, une longueur de 12^m,20, une largeur intérieure de 2^m,13, et une hauteur de 2^m,28. Elles contiennent 36 places et pèsent 7200 kilogrammes, soit 200 kilogrammes par place.

VOITURES EUROPÉENNES

Les voitures européennes, pour la voie de 1 mètre, sont généralement pourvues, comme les voitures américaines, d'un passage central permettant la circulation dans toute la longueur du train, et de tampons centraux de choc en vue du passage dans les courbes de faible rayon.

Ces voitures sont à deux trucs ou à deux essieux.

Elles sont rarement pourvues de water-closets : il s'en trouve parfois dans le fourgon pour tous les voyageurs du train.

Les sièges sont placés, soit transversalement, soit longitudinalement.

Les sièges transversaux, qui sont les plus usités, contiennent ordinairement, pour la 3^e ou la 2^e classe, deux places de part et d'autre du passage central, et, pour la 1^{re} classe, deux places d'un côté, une place de l'autre.

Les voitures à passage central, qui se trouvaient à l'Exposition, répondaient aux quatre types suivants :

1^o Type à salle commune par classe, avec passage central et sièges transversaux.

Il y avait trois voitures de ce type, dont deux appartenaient à la Société française des Chemins de fer économiques (fig. 16 et 17), et une à la Compagnie des Chemins de fer du Sud de la France (fig. 18).

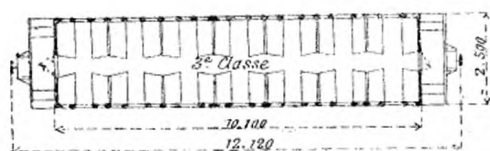


Fig. 16

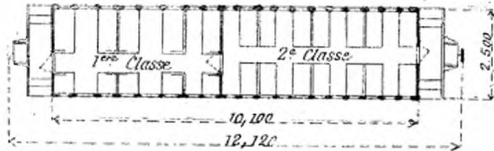


Fig. 17

2^o Type à salle commune, par classe, avec passage central, sièges transversaux et compartiments pour les bagages.

Deux voitures de ce type, qui peuvent à elles seules constituer un train, ont été exposées, l'une par la Société française des Chemins de fer économiques (fig. 19), l'autre par la Société belge de Construction « la Métallurgique » (fig. 20).

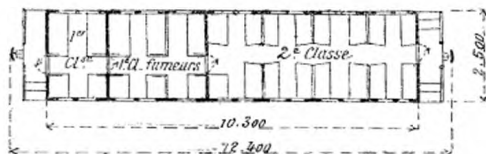


Fig. 18

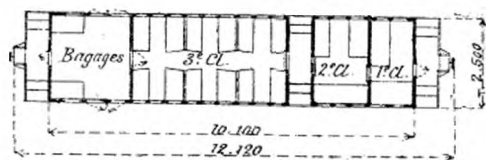


Fig. 19

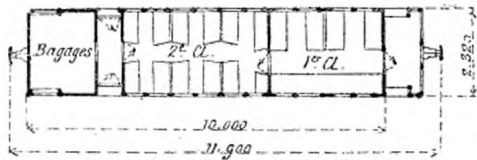


Fig. 20

3^o Type à compartiments fermés, avec passage central, avec water-closet et cabinet de toilette.

L'unique voiture de ce type a été présentée par la Compagnie algérienne de de Bône à Guelma (fig. 21).

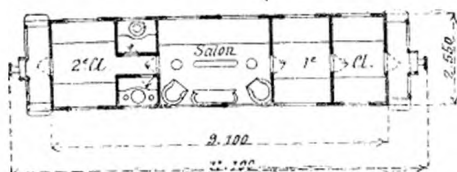


Fig. 21

4^e Type à salle commune par classe avec passage central, sièges longitudinaux, et places pour voyageurs debout sur la plateforme.

Les chantiers de la Buire (France) ont exposé l'unique voiture de ce type (fig. 22).



Fig. 22

On se sert aussi, en Europe, de voitures à la voie de 1 mètre, avec compartiments séparés à portières latérales, comme dans les voitures habituelles à la voie de 1^m,44.

Une voiture de ce type a été présentée par M. Chevalier, constructeur à Paris (fig. 23).

Elle est à deux essieux, et porte à chaque extrémité deux tampons de choc avec dispositions spéciales facilitant le passage dans les courbes.

Le nombre de places par compartiment est le même que dans les voitures semblables à la voie de 1^m,44, soit huit pour la 1^{re} classe, et dix pour les 2^e et 3^e classes.

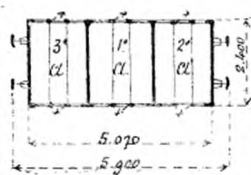


Fig. 23

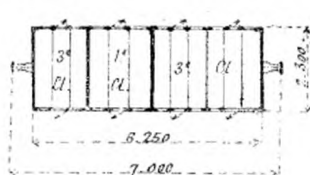


Fig. 24

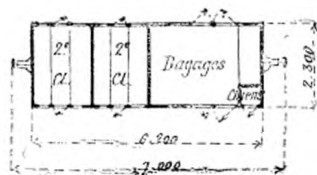


Fig. 25

Les deux voitures du chemin de fer de Saint-Georges-de-Commiers à La Mure, qui étaient présentées en dessin par le Ministère des travaux publics, sont aussi du même type, à compartiments séparés, mais portent trois essieux dont les deux extrêmes sont montés avec boîtes radiales du système Roy. Elles sont en outre pourvues de tampons centraux de choc comme les voitures à passage central.

L'une de ces voitures n'a que des compartiments pour voyageurs (fig. 24); l'autre contient en outre un compartiment pour les bagages (fig. 25).

Les compartiments de 1^{re} classe comportent seulement six places et ceux de 2^e ou 3^e classe huit places.

Le tableau suivant donne, pour ces diverses voitures européennes à la voie de

1 mètre, les mêmes renseignements que nous avons indiqués précédemment pour les voitures à la voie de 1^m,44.

TYPE DES VOITURES	Numéros d'ordre des voitures	Nombre d'essieux	NOMBRE de places			POIDS BRUT			EXPOSANTS	
			1 ^{re} cl.	2 ^e cl.	3 ^e classe	TOTAL	par place			
							1 ^{re} cl.	2 ^e cl.		3 ^e classe

VOITURES A INTERCIRCULATION

Voitures à salle commune par classe avec passage central et sièges transversaux.	46	2 × 2	15	28	»	kil. 9.600	kil. 293	kil. 186	»	Chemins de fer économiques (France). Chemin de fer du Sud de la France.
	47	2 × 2	»	»	56	9.600	»	»	171	
	48	2 × 2	15	31	»	9.420	268	174	»	
Voitures à salle commune par classe, avec passage central sièges transversaux, et compartiment pour les bagages.	49	2 × 2	4	7	24	9.600	333	227	184	Chemins de fer économiques (France). La Métallurgique (Belgique).
	50	2 × 2	14	24	Bag.	8.400	208	156	»	
					Bag.	1.755				
Voiture à compartiments fermés avec passage central, water-closet et cabinet de toilette.	51	2 × 2	24	8	»	8.600	279	237	»	Chemin de fer de Bone-Guelma (Algérie).
Voiture à salle commune par classe avec passage central, sièges longitudinaux et places debout sur les plates-formes.	52	2	6	8	pl-forme 16	3.300	183	138	69	Chantiers de la Buire (France).

VOITURES A NON INTERCIRCULATION

Voitures à compartiments séparés avec portes latérales.	53	2	8	10	10	4.150	192	139	122	M. Chevalier, à Paris. Ministère des Travaux publics (France)
	54	3	6	»	24	6.000	295	»	176	
Voiture à compartiments séparés avec portes latérales et compartiments pour les bagages.	55	3	»	16	»	8.000	»	206	»	Ministère des Travaux publics (France)
					Bag.	4.707				

WAGONS A LA VOIE DE 1^m,44 ET A LA VOIE DE 1^m,00

Les constructeurs américains ont généralement adopté, pour les wagons comme pour les voitures, le type à bogies avec attelage et tampons de choc centraux.

Ils ont été conduits par suite, pour diminuer le poids mort, à accroître successivement la capacité des wagons, qu'ils ont portée, pour la voie de 1^m,44, jusqu'à 20 et 30 tonnes.

Quatre wagons américains à la voie de 1^m,44 étaient exposés, à savoir :

Un wagon glacière, par la Compagnie *Merchants Dispatch Transportation* (Transport rapide des négociants).

Un wagon couvert à marchandises, de 30 tonnes, par la Compagnie du chemin de fer de Pensylvanie.

Un wagon à houille, de 30 tonnes, par la même Compagnie. Ce wagon porte au centre un fond basculant à trémie par lequel on peut faire tomber les deux tiers environ de la charge.

Un wagon plat à marchandises, de 30 tonnes, du système Goodfellow et Cushman's, par les inventeurs. Ce système est caractérisé par un châssis tubulaire et démontable qui donne au wagon une grande légèreté et facilite le remplacement des pièces avariées.

Les wagons européens sont habituellement à deux essieux avec tampons de choc latéraux pour la voie de 1^m,44 et tampons centraux pour la voie de 1 mètre. Leur capacité est généralement de 10 tonnes.

Des wagons plats à bogies sont toutefois employés exceptionnellement pour le transport de certains objets d'une grande longueur qui, par leur défaut de rigidité, ne peuvent être supportés par deux wagons ordinaires de 10 tonnes accolés au moyen d'une flèche.

Deux de ces wagons à bogies pour la voie de 1^m,44 figuraient à l'Exposition : l'un de 25 tonnes appartenait à la Compagnie française du Nord, l'autre de 20 tonnes était présenté par le Grand Central Belge.

Les wagons à deux essieux pour la voie de 1^m,44 qui étaient exposés relevaient des trois genres suivants :

Wagons spéciaux ;

Wagons ordinaires ;

Wagons à déchargement automatique.

Parmi les wagons spéciaux, nous en citerons six :

Le fourgon à bagages de la Compagnie française d'Orléans ;

Le wagon à lait de la même Compagnie ;

Le wagon à messageries de la Compagnie française du Midi ;

Le wagon écurie de la Compagnie française de l'Est ;

Le wagon citerne pour le transport des alcools, de M^{me} Veuve Taza-Villain, constructeur à Anzin (Nord).

Le wagon à plate-forme surbaissée et à mouvement vertical de M. Chevalier, constructeur à Paris.

Les wagons ordinaires étaient représentés par deux spécimens :

Un wagon plat de 10 tonnes présenté par la Compagnie du Midi ;

Un wagon couvert de 10 tonnes appartenant à la Compagnie de l'Est.

Les wagons à déchargement automatique étaient au nombre de six, à savoir :

Wagon à plans inclinés latéraux système de Dietrich et C^{ie}, constructeurs à Lunéville (Meurthe-et-Moselle), exposé par MM. de Dietrich et C^{ie} ;

Wagon à trappes, système Méraux, exposé comme wagon à ballast par la Compagnie de l'Est ;

Wagon déversant à mouvement pneumatique, système Buette et Chevalier, de Paris, exposé par M. Chevalier, constructeur à Paris ;

Wagon à houille de 10 tonnes à caisse unique basculante du type des mines de Lens, présenté par la Société des usines et fonderies de Baume et Marpant, à Marpant (Nord) ;

Wagon à houille de 10 tonnes à deux caisses basculantes, du type des mines d'Anzin, exposé par M^{me} Veuve Taza-Villain, constructeur à Anzin (Nord) ;

Wagon à houille de 10 tonnes pour basculeur avec fermeture spéciale, du type des Mines de Marles, exposé également par M^{me} Veuve Taza-Villain.

M^{me} Veuve Taza-Villain a exposé aussi les dessins du basculeur de ce wagon, qui est installé aux mines de Marles, pour l'embarquement des charbons. C'est un basculeur à pendule différentiel et à frein hydraulique imaginé par M. Malissard-Taza, directeur-gérant de la Maison Veuve Taza-Villain. Nous décrirons cette installation qui est remarquable.

En ce qui concerne les wagons à la voie de 1 mètre, nous en citerons quatre :

Le fourgon à bagages exposé par la Compagnie de Bône-Guelma.

Le wagon plat de 10 tonnes et le wagon-tombereau de 10 tonnes appartenant à la Compagnie du Sud de la France.

Le wagon à houille de 10 tonnes du chemin de fer de Saint-Georges de Commiers à la Mure, qui figurait en dessin dans l'Exposition du Ministère des Travaux publics. Ce véhicule est à trois essieux avec boîtes radiales du système Roy pour les deux essieux extrêmes, comme dans les voitures à voyageurs de la même ligne.

Le tableau suivant fait ressortir pour les wagons à marchandises ordinaires

ou à déchargement automatique que nous venons d'indiquer, le poids mort par tonne de chargement.

Numéros d'ordre des wagons	DÉSIGNATION des wagons	Nombre d'essieux	Tonnage	Poids à vide	Poids mort par tonne de chargement p. les wagons			EXPOSANTS
					plats	tombereaux	couverts	

WAGONS A LA VOIE DE 1^m,44

				kilog.	kil.	kil.	kil.	
1	Wagon couvert à bogies.	2 × 2	30	13.200	»	»	440	Compagnie de Pensylvanie (États-Unis)
2	Wagon à houille à bogies avec fond basculant à trémie.	2 × 2	30	10.400	»	347	»	
3	Wagon à châssis tubulaire à bogies.	2 × 2	30	8 600	287	»	»	Goodfellow et Cush- man's (États-Unis)
4	Wagon plat à bogies.	2 × 2	25	16.900	676	»	»	Cie du Nord (France).
5	Wagon plat à bogies.	2 × 2	20	12.250	613	»	»	Grand Central Belge.
6	Wagon plat.	2	10	6.350	635	»	»	Cie du Midi (France).
7	Wagon couvert.	2	10	7.120	»	»	712	Cie de l'Est (France).
8	Wagon à plans inclinés laté- raux, système de Die- trich et Cie.	2	15	8.550	»	570	»	De Dietrich et Cie, constructeurs à Lunéville (M.-et-M.)
9	Wagon à trappe, système Méreaux.	2	15	9.720	»	648	»	Cie de l'Est (France).
10	Wagon déversant à mouve- ment pneumatique, système Buette et Chevalier.	2	10	6.200	»	620	»	Chevalier, construc- teur à Paris.
11	Wagon à houille à caisse uni- que basculante du type des mines de Lens.	2	10	6.200	»	620	»	Usines de Baume et Marpant à Marpant (Nord).
12	Wagon à houille à 2 caisses basculantes du type des mi- nes d'Anzin.	2	10	6.700	»	670	»	M ^{me} ve Taza-Villain, constructeur à Anzin (Nord).
13	Wagon à houille pour bascu- leur du type des mines de Marles.	2	10	6.100	»	610	»	

WAGONS A LA VOIE DE 1 MÈTRE

14	Wagon plat.	2	10	3.670	367	»	»	Chemin de fer Sud de la France.
15	Wagon tombereau.	2	10	4.060	»	406	»	
16	Wagon à houille du chemin de fer de Saint-Georges de Commiers à La Mure.	3	10	4.900	»	490	»	Ministère des Travaux publics (France).

Tel est l'exposé rapide du matériel roulant qui figurait à l'Exposition.

Nous allons maintenant décrire successivement, en ayant le soin de rappeler leurs numéros d'ordre, les véhicules catalogués dans les tableaux précédents, lesquels comprennent 55 voitures à voyageurs et 16 wagons à marchandises.

Nous donnerons enfin quelques détails sur divers objets relatifs au matériel roulant, qui figuraient également à l'Exposition et qui feront l'objet des chapitres ci-après désignés :

Appareils d'intercommunication ;

Attelages à manœuvre latérale ;

Attelages assurant le contact permanent des tampons ;

Attelage central, système Roy ;

Ventilateur, système Pignatelli ;

Décrochage et accrochage des wagons en marche ;

Menottes des ressorts à lames, système Féraud, pour améliorer la suspension des véhicules ;

Ressorts compensateurs, système Déprez pour atténuer les chocs des véhicules entre eux et dans les manœuvres de gare.

VOITURES A VOYAGEURS

1. — Voiture de 1^{re} classe, à compartiments séparés
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie française d'Orléans.

(Planches 29-30)

La voiture de 1^{re} classe exposée par la Compagnie d'Orléans est un spécimen des voitures à compartiments séparés qui sont en usage sur son réseau.

Elle est montée sur deux essieux et comprend quatre compartiments contenant huit places chacun, soit ensemble trente-deux places.

Tous les châssis vitrés des compartiments sont mobiles. Ils sont garnis de velours pour éviter le bruit, et de baguettes à ressorts pour empêcher les courants d'air.

Les coussins des banquettes sont supportés par des garnitures à ressorts d'acier trempé en spirale. Les dossiers sont aussi rendus élastiques par l'emploi de ressorts semblables. Les accoudoirs sont mobiles.

Les parties des compartiments sur lesquelles on ne s'appuie pas habituellement sont rembourrées au moyen de cellulose en fibres, ce qui donne un aspect satisfaisant tout en réalisant une économie importante.

Une toile cirée est appliquée au plancher pour éviter toute pénétration de poussière et faciliter le nettoyage à l'eau. Elle est recouverte d'un tapis.

Les portières sont munies, à l'intérieur, de poignées en passementerie pour faciliter la montée des voyageurs. Elles sont en outre pourvues de garde-mains du côté des charnières.

Pour que le voyageur puisse fermer la portière de l'intérieur de son compartiment et contrôler la fermeture, la serrure à pêne tournant réglementaire a été

munie à l'intérieur d'une poignée spéciale qui se rabat devant le montant, quand la portière est fermée, et qui occupe une position telle qu'une pression de haut en bas ne peut que compléter la fermeture.

En outre, deux plaques fixes donnent l'indication OUVERT, FERMÉ.

Caisse. — La caisse, dont les parties principales sont en bois de teck, est munie d'un double plafond pour garantir le voyageur contre les fortes chaleurs de l'été ; elle comporte aussi un double plancher qui atténue le bruit et forme une meilleure clôture. Ce double plafond et ce double plancher sont remplis de cellulose en poudre, substance d'une grande légèreté qui possède à un haut degré la propriété de s'opposer à la transmission du bruit et de la chaleur.

La caisse repose sur le châssis par l'intermédiaire de rondelles en caoutchouc qui amortissent la transmission des vibrations.

Châssis. — Le châssis est en acier.

Les ressorts sont formés d'un acier spécial avec lequel on a pu augmenter notablement l'allongement élastique sous lequel on fait généralement travailler les ressorts en acier ordinaire.

L'emploi de cet acier spécial a permis de diminuer de 20 % le poids des ressorts dont la flexibilité a augmenté dans la même proportion. On a obtenu ainsi une suspension plus douce de la caisse de la voiture sans avoir à craindre l'affaiblissement des ressorts.

En raison de leur grande flexibilité, les ressorts de la voiture dont il s'agit sont pourvus d'appareils de réglage qui permettent de racheter les diminutions de hauteur dues à l'usure des roues, des coussinets et organes de la suspension.

Les boîtes à huile, à graissage supérieur, sont construites de façon à rendre facile la visite des tampons graisseurs. Cette visite peut être faite en desserrant une seule vis. Des obturateurs doubles, en bois d'érable, s'opposent à la sortie de l'huile et à l'entrée de la poussière.

Les boîtes à huile ont dans les plaques de garde un jeu de 10 millimètres de chaque côté dans le sens longitudinal et de 15 millimètres dans le sens transversal. Ce jeu est suffisant pour éviter les frottements et les vibrations désagréables qui résultent de la marche à grande vitesse.

Les appareils de choc et de traction sont du système de M. Dutheil. Ils assurent le contact permanent des tampons dans les courbes de faible rayon tout en conservant une rigidité qui s'oppose au mouvement de lacet.

Les roues sont pleines et ont une surface extérieure absolument plane qui ne produit ni entraînement ni projection de poussière.

Le bandage, alésé et embattu avec grand soin sur des centres pleins à jante renforcée, est relié à cette jante sur la face intérieure et sur la face extérieure

de la roue, par deux agrafes circulaires à double talon. Le talon dont est munie la circonférence extérieure de l'agrafe pénètre dans une rainure pratiquée dans le bandage, et le talon de la circonférence intérieure s'appuie sur la face intérieure de la jante. Les deux agrafes sont réunies par des rivets.

Grâce à cette disposition, un bandage cassé en plusieurs morceaux est maintenu en contact avec la roue de façon à permettre au véhicule auquel il appartient d'arriver sans accident jusqu'au lieu de visite.

Ventilation. — La ventilation de chaque compartiment est obtenue au moyen d'un ventilateur Pignatelli.

Cet appareil intercepte bien la poussière, il abaisse un peu la température, et le renouvellement de l'air se faisant très librement, sans courant d'air, l'atmosphère du compartiment reste agréable à respirer.

Éclairage. — Chaque compartiment est éclairé par deux lampes à huile minérale du système Shallis et Thomas. Ces lampes qui sont actuellement en usage à la Compagnie d'Orléans donnent une lumière très vive et sans ombre portée.

La flamme est horizontale et placée notablement au-dessus du niveau de l'huile, qui monte dans la mèche par capillarité. Cette flamme se trouve dans une chambre de combustion en acier émaillé qui est séparée du réservoir d'huile par une enveloppe et un feutrage, qui empêchent les vapeurs inflammables, accidentellement produites, d'y pénétrer.

L'air nécessaire à la combustion est pris à l'extérieur de la voiture et arrive à la flamme dans des conditions qui assurent une combustion complète.

La mèche est coupée à chaque voyage et sa longueur peut être réglée à volonté.

L'évacuation des produits de la combustion se fait par une cheminée en métal.

Pour éviter l'échauffement du réservoir d'huile, à cause du voisinage de la chambre de combustion, une circulation d'air très active est assurée autour de ce réservoir, avec de l'air pris dans le compartiment.

Une double enveloppe, percée de deux trous à la partie supérieure, a été établie autour de la lampe même; des conduits verticaux soudés au réservoir débouchent dans cet espace, dans le but d'assurer une rapide évacuation du liquide en cas de renversement de la lanterne dans un accident.

Le remplissage et l'allumage des lampes se font à la lampisterie; on apporte ainsi aux trains des lanternes munies de lampes tout allumées, dont la hauteur de flamme a pu être convenablement réglée à l'avance.

L'huile minérale consommée par ces lampes doit répondre aux conditions suivantes :

L'inflammabilité des gaz ne doit pas se produire à une température inférieure à 125 degrés centigrades.

La densité de l'huile à la température de 15 degrés centigrades peut être comprise entre 0,822 et 0,832, pour les huiles de pétrole et pour les huiles Boghead. Pour les huiles provenant du raffinage des naphthes de Russie, elle peut être comprise entre 0,830 et 0,860.

L'huile employée pendant la saison d'été ne doit pas se troubler sous l'influence d'une température inférieure à 0 degré. L'huile employée en hiver doit provenir exclusivement des naphthes de Russie et ne doit pas se troubler en abandonnant des traces de paraffine sous l'influence d'un froid de 12 degrés au-dessous de zéro.

L'huile doit être parfaitement blanche et limpide, exempte d'eau et de toutes matières étrangères en suspension et brûler sans donner aucun résidu.

La température de l'huile dans le réservoir des lampes ne s'élevant pas au-dessus de 38 à 40 degrés la sécurité est complète.

Ces lampes peuvent fournir un bel éclairage pendant 12 ou 15 heures. La flamme est blanche et la quantité de lumière donnée par appareil peut être évaluée à plus d'un carcel.

Chauffage. — Le chauffage des compartiments est obtenu au moyen de bouillottes à eau chaude, comme pour toutes les voitures de la Compagnie d'Orléans.

Appareils de sécurité. — Comme appareils de sécurité la voiture est munie :

- 1° Du frein continu à air comprimé système Wenger ;
- 2° D'un appareil d'intercommunication à sonnerie électrique et à voyants extérieurs ;
- 3° De vitres placées dans les cloisons séparatives et permettant de voir d'un compartiment dans le compartiment voisin.

Dimensions principales et poids.

CHASSIS

Nombre d'essieux	2
Écartement des essieux	5 ^m ,550
Longueur en dehors des tampons	9,972
Longueur en dehors des traverses extrêmes	8,800
Écartement intérieur des brancards.	1,852
Longueur des traverses extrêmes	2,600

Dimensions des brancards	{	Épaisseur	0 ^m ,015
		Hauteur	0 ,250
		Largeur des ailes	0 ,085
— des traverses extrêmes —	{	Épaisseur	0 ,010
		Hauteur	0 ,250
		Largeur des ailes	0 ,080
Ressorts de suspension.	{	Nombre des lames	9
		Largeur des lames	0 ^m ,090
		Épaisseur des lames	0 ,012
		Longueur de la maitresse lame, d'axe en axe des points de suspension	2 ,220
		Flexibilité par tonne	0 ,130

ESSIEUX MONTÉS

Fusées	{	Diamètre	0 ^m ,115
		Longueur	0 ,230
Corps de l'essieu	{	Diamètre du corps cylindrique	0 ,145
		Diamètre extérieur de la portée de calage co- nique	0 ,1595
		Diamètre intérieur de la portée de calage co- nique	0 ,160
		Type :	pleins à nervures
Roues	{	Centres { Longueur du moyeu	0 ^m ,150
		Diamètre de la jante	0 ,900
	{	Bandages { Nature du métal	Acier.
		Diamètre au contact des rails	1 ^m ,040
Rapport du diamètre de la fusée au diamètre de la roue			0 ,110
Poids moyen d'un essieu monté			1.215 ^{kg} .
Charge maxima par essieu	{	sur les rails	6.965
		sur les deux fusées.	5.750
Pression par centimètre carré du coussinet			16 ^{kg} ,6
Travail du frottement par centimètre carré, à la vitesse de 75 ki- lomètres à l'heure			1 ^{kgm} ,47

CAISSE

Longueur maxima du pavillon, suivant l'axe longitudinal (corniches non comprises)		8 ^m ,840
Largeur maxima de la caisse (corniches non comprises)		2 ,800
Nombre de compartiments		4
Nombre de places par compartiment		8
Nombre total de places		32
Longueur d'un compartiment		2 ^m ,600
Longueur par place		0 ,650
Largeur d'un compartiment		2 ,150
Hauteur d'un compartiment du plancher au plafond, au milieu de sa longueur		2 ,075
Largeur des portières		0 ,670

POIDS

Poids de la voiture vide.	11.530 ^{kg.}
Maximum de chargement (le voyageur avec ses bagages de route étant compté pour 75 kilogrammes).	2.400
Poids mort par place offerte.	360

2-3. — Voitures de 2^e et de 3^e classe, à compartiments séparés,
pour voie de 1^m,44,
exposées par l'Administration des chemins de fer
de l'Etat français

(Planches 29-30)

Les deux voitures de 2^e et de 3^e classe que l'Administration des chemins de fer de l'Etat français a exposées, sont des spécimens des types à compartiments séparés qu'elle a adoptés en 1880, peu de temps après la création du réseau d'Etat.

Elles sont montées sur deux essieux.

227 voitures de 2^e classe et 617 voitures de 3^e classe ont été construites sur le même modèle.

La voiture de 2^e classe renferme 4 compartiments contenant chacun 8 places seulement, soit ensemble 32 places. Chaque banquette présente deux stalles doubles, séparées par un accoudoir mobile. Les sièges sont rembourrés et munis de ressorts en spirale. Le plancher est garni d'une toile cirée recouverte d'un tapis en coco. Les plafonds et les parties supérieures des parois sont en bois de yellow-pin verni.

La voiture de 3^e classe a été l'objet d'un soin particulier. Elle renferme 5 compartiments, contenant chacun 10 places, soit ensemble 50 places. Des accoudoirs existent dans les angles des compartiments. Les sièges et les dossiers sont garnis en crin recouvert d'une étoffe spéciale en cuir caoutchouté. Le bois employé pour la garniture intérieure est, comme pour les voitures de 2^e classe, du yellow-pin verni. Chaque compartiment est isolé. On y a installé des planchettes faisant office de filet et sur lesquelles les voyageurs peuvent déposer les colis à la main qu'ils désirent conserver avec eux.

Dans ces deux voitures la hauteur à l'intérieur des compartiments a été portée à 2^m,143, afin que même les voyageurs d'une taille très élevée puissent aisément y circuler debout, aussi bien dans les troisièmes ou secondes que dans les premières.

Les baies sont pourvues de rideaux permettant aux voyageurs de toutes classes de se garantir contre le soleil.

Un double plafond préserve des fortes chaleurs et du froid l'intérieur des voitures.

Un double plancher évite la poussière, amortit le bruit et rend les voitures mieux closes.

Des ventilateurs installés au-dessus des portières permettent d'aérer les compartiments, tout en maintenant les glaces fermées. Les châssis de glace des portières et des baies sont munis, sur les côtés latéraux, de clés recouvertes de velours pour éviter le bruit.

Des poignées montoires ont été adaptées à toutes les portières afin de faciliter l'accès et la descente des compartiments.

Des bandes en étoffe ou en bois suivant la classe, sont fixées le long de chaque porte, du côté des charnières, de manière à empêcher les doigts d'être pincés au moment de la fermeture des portières.

Les serrures des portières sont à fermeture automatique, avec pêne de sûreté système Fondu. Ces serrures portent, en outre, un petit levier qui permet de faire jouer le pêne de sûreté de l'intérieur du compartiment et qui agit en même temps sur un indicateur portant les mots « ouvert » « fermé ». Lorsque le mot fermé a paru, le petit levier n'a plus d'action sur le pêne de sûreté. On est ainsi assuré que sans le secours du loqueteau, la porte est doublement fermée, et qu'elle ne peut être ouverte que de l'extérieur.

La caisse repose sur le châssis, qui est tout en fer, par l'intermédiaire de rondelles en caoutchouc, afin d'arrêter la transmission des vibrations venant du châssis.

Les ressorts de choc sont indépendants des ressorts de traction, ce qui permet de donner à chacun d'entre eux la flexibilité convenable, en vue d'assurer le contact des tampons dans les courbes.

Les tendeurs sont munis de grands leviers permettant de serrer énergiquement l'attelage, condition essentielle pour diminuer le mouvement de lacet dans les trains à grande vitesse.

Les deux voitures exposées sont éclairées par le gaz d'huile et chauffées au moyen de bouillottes à eau chaude.

Elles sont munies du frein à air comprimé, système Wenger, et de l'appareil d'intercommunication, type Etat, qui détermine l'arrêt du train.

Leurs conditions principales d'établissement ainsi que celles des voitures de 1^{re} classe, type 1880, sont résumées ci-après :

DÉSIGNATION des Voitures	Nombre de places	Largeur d'un compartiment	LONGUEUR		Volume par place	POIDS MORT		PRIX	
			d'un compartiment	par place		Total	par place	Total	par place
1 ^{re} classe . . .	18	2 ^m ,160	2 ^m ,420	0 ^m ,806	1 ^m ,744	10.000 ^k .	555 ^k .	16.320 ^l .	907 ^l .
2 ^e classe . . .	32	1 ^m ,832	2 ^m ,450	0 ^m ,612	1 ^m ,145	10.300 ^k .	321 ^k .	12.270 ^l .	383 ^l .
3 ^e classe . . .	50	1 ^m ,465	2 ^m ,450	0 ^m ,490	0 ^m ,733	10.400 ^k .	208 ^k .	9.210 ^l .	184 ^l .

Les poids et prix ci-dessus comprennent le frein Wenger, l'éclairage au gaz et l'intercommunication, mais non les appareils de chauffage.

4-5. — Voitures de 2^e et de 3^e classe, à compartiments séparés pour voie de 1^m,44, exposées par la Compagnie française du Midi

(Planches 31-32)

Les deux voitures de 2^e et de 3^e classe à compartiments séparés, exposées par la Compagnie française du Midi, appartiennent, celle de 2^e classe à une série de 67 voitures construites de 1882 à 1885 pour faire le service des trains express et directs ; celle de 3^e classe, à une série de 100 voitures construites de 1883 à 1885 pour faire le service des trains directs et des trains omnibus à long parcours.

La voiture de 2^e classe comprend cinq compartiments isolés par des cloisons pleines. Ces compartiments contiennent chacun 10 places soit ensemble 50 places.

La voiture de 3^e classe comprend également 5 compartiments à 10 places, mais celui du milieu seulement est isolé des autres par des cloisons pleines. Les deux compartiments de chacun des bouts ne sont séparés que par des cloisons à jour s'arrêtant au dossier de la banquette.

La caisse de la voiture de 2^e classe et celle de la voiture de 3^e classe sont en bois de teck et possèdent un double plancher. L'espace compris entre les deux planchers, ainsi que celui qui se trouve entre le plafond et la toiture sont garnis de varech fortement tassé.

Les portières des compartiments s'encastrent dans les battants inférieurs de caisse pour dégager les marchepieds ; des garde-mains sont fixés sur les montants d'ouverture, du côté des charnières. Les portières des compartiments de 2^e classe,

compriment dans le bas un tube en caoutchouc fixé sur le battant, lequel intercepte le passage de l'air.

Dans la voiture de 2^e classe les sièges et les dossiers sont garnis de crin. La garniture intérieure est en drap bleu marine.

Dans la voiture de 3^e classe, les sièges seulement sont garnis de crin, ils sont recouverts en étoffe de crin noir. Des étagères règnent tout le long des parois de bout et des deux cloisons pleines. Des porte-chapeaux sont placés au-dessus des deux cloisons de séparation à jour.

Les châssis des deux voitures sont en bois de chêne et les brancards sont doublés à l'extérieur d'une tôle de fer.

Les roues sont à centre plein. Celles de la voiture de 2^e classe ont leur bandage fixé à la jante au moyen de rivets borgnes, c'est-à-dire ne perçant pas sur la table de roulement du bandage, quel que soit son degré d'usure. Les bandages des roues des wagons de 3^e classe sont fixés aux jantes au moyen d'agrafes Mansell.

Les voitures de 2^e et de 3^e classe sont munies l'une et l'autre du frein à air comprimé Wenger, et de l'intercommunication pneumatique, type Midi, qui permet à tout voyageur, en cas de danger, d'arrêter le train.

Les cloisons pleines qui séparent les compartiments sont garnies de glaces dormantes permettant de voir l'intérieur du ou des compartiments voisins.

Dimensions principales et poids.

DÉSIGNATION	VOITURES DE	
	2 ^e classe	3 ^e classe
CHASSIS		
Nombre d'essieux	2	
Écartement des essieux	4 ^m ,850	
Longueur de dehors en dehors des tampons . . .	9 ,260	
— — — des traverses de tête	8 ,140	
Écartement intérieur des brancards	1 ,807	
Longueur des traverses extrêmes	2 ,560	
Équarrissage des brancards. {	Hauteur	0 ,280
	Largeur	0 ,090
Section de la doublure en fer { des brancards.	Hauteur	0 ,280
	Épaisseur	0 ,010
Equarrissage des traverses de tête. {	Hauteur	0 ,280
	Largeur	0 ,100
Ressorts de suspension {	Nombre de lames	9
	Largeur des lames	0 ^m ,090
	Épaisseur des lames	0 ,014
	Longueur de la maîtresse lame	2 ,223
	Flexibilité par tonne	0 ,0805

DÉSIGNATION		VOITURES DE	
		2 ^e classe	3 ^e classe
Ressorts de choc et de traction	Nombre de lames.	12	
	Largeur des lames.	0 ^m ,090	
	Épaisseur des lames.	0,010	
	Longueur de la maîtresse lame.	1,7595	
	Flexibilité par tonne (choc).	0,082	
Ressorts additionnels de traction	Nombre de lames.	5	
	Largeur des lames.	0 ^m ,090	
	Épaisseur des lames.	0,010	
	Longueur de la maîtresse lame.	0,9785	
	Flexibilité par tonne (choc et traction réunis)	0,024	
ESSIEUX MONTÉS			
Fusée	Diamètre.	0 ^m ,110	
	Longueur.	0,220	
	Diamètre au milieu.	0,135	
Corps de l'essieu.	— près de la portée de calage.	0,150	
	Diamètre de la portée de calage.	0,160	
	Type.	En fer plein.	
Roue.	Centre.	0 ^m ,153	
	Longueur du moyeu.	1,000	
	Diamètre à la jante.	Acier fondu.	
	Nature du métal.	1 ^m ,120	
Bandage.	Diamètre au contact des rails.	0,098	
	Rapport du diamètre de la fusée au diamètre de la roue	1.090 ^{kg} .	1.165 ^{kg} .
Poids moyen d'un essieu monté.		7.275 ^{kg} .	7 125 ^{kg} .
Charge maxima par essieu (sur rails).			
CAISSE			
Longueur maxima de la caisse.		8 ^m ,280	
Largeur — — — — —		2,760	
Hauteur de la caisse du plancher au plafond au milieu de sa largeur (intérieurement).		2 ^m ,015	1 ^m ,950
Nombre de compartiments.		5	
Nombre de places par compartiment.		10	
Nombre total de places disponibles.		50	
Volume d'air par voyageur.		0 ^m ³,727	0 ^m ³,735
POIDS			
Poids de la voiture vide		10.800 ^{kg} .	10.500 ^{kg} .
Poids mort par place offerte.		216 ^{kg} .	210 ^{kg} .

6. — Voiture de 3^e classe à compartiments séparés,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Société des chemins de fer italiens
de la Méditerranée

(Planches 3334)

La voiture de 3^e classe à compartiments séparés exposée par la Société des chemins de fer italiens de la Méditerranée a été construite en 1889 par la maison Silvestri et C^{ie} de Milan.

Cette voiture appartient à une série de 185 voitures.

Elle est montée sur 2 essieux et comprend 5 compartiments contenant 10 places chacun, soit ensemble 50 places. Les deux compartiments de chaque extrémité sont séparés l'un de l'autre par une cloison à jour qui va jusqu'à la hauteur des dossiers des sièges. Le compartiment du milieu est complètement isolé des autres par des cloisons pleines; il est destiné aux *non-fumeurs*.

La voiture exposée est pourvue de l'éclairage à l'huile, du frein à vis, du frein continu à air comprimé automatique système Westinghouse et d'une vigie ordinaire.

Ces éléments principaux sont les suivants :

Nombre d'essieux	2	
Écartement des essieux	4 ^m ,50	
Longueur du châssis entre les tampons.	9 ,065	
Longueur du châssis entre les traverses extrêmes.	7 ,740	
Caisse . . .	Longueur extérieure de la caisse.	7 ,760
	Largeur — — — — —	2 ,800
	Largeur intérieure des compartiments.	1 ,530
	Longueur — — — — —	2 ,620
	Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu)	2 ,215
	Nombre de places.	50
Poids de la voiture vide.	10.200 ^{kg} .	
Poids mort par place offerte.	204	

7. — Voiture mixte de 1^{re} et 2^e classes à compartiments séparés,
pour voie de 1^m,44,
exposée par le Grand Central belge

La voiture mixte de 1^{re} et 2^e classes à compartiments séparés exposée par le Grand Central belge, représente le type qui remplace les voitures de 1^{re} classe

et de 2^e classe sur les lignes de son réseau où le trafic des voyageurs a peu d'intensité et un faible parcours moyen.

Cette voiture est montée sur deux essieux (voir fig. 26).

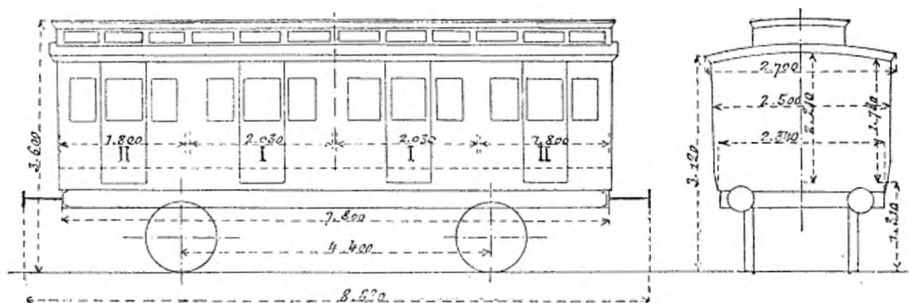


Fig. 26.

Elle comporte deux compartiments de 1^{re} classe à 8 places et 2 compartiments de 2^e classe à 10 places, ce qui représente en tout 36 places dont 16 de 1^{re} classe et 20 de 2^e classe.

La caisse est construite en pitch-pin.

Les menottes des ressorts de suspension sont appliquées en dedans des ressorts, à titre d'essai, d'après le système de M. Féraud, en vue d'améliorer la suspension de la caisse.

L'éclairage est obtenu au moyen de lampes Schallis et Thomas à l'huile de pétrole.

Le chauffage est du système Belleruche, lequel consiste dans des chaufferettes fixes, encastrées au niveau du plancher, sous les pieds des voyageurs et chauffées par un courant d'eau partant de la locomotive ou d'un fourgon chauffeur, pour revenir à son point de départ, après avoir parcouru le train dans les deux sens de sa longueur. On peut régler à volonté la vitesse et la température de ce courant d'eau chaude.

La voiture est pourvue du frein à vide automatique de la Compagnie anglaise du frein à vide.

Les éléments principaux sont les suivants :

CHASSIS

Nombre d'essieux	2
Ecartement des essieux	4 ^m ,400
Longueur du châssis entre les tampons	8 ,880
Longueur du châssis entre les traverses extrêmes	7 ,800
Longueur des ressorts de suspension	2 ,100
Dimension des fusées des essieux.	{ Longueur 0 ,171 Diamètre 0 ,086

CAISSE

Longueur extérieure de la caisse	7 ^m ,900
Largeur »	2 ,500
Nombre de compartiments { 1 ^{re} classe	2
2 ^e classe	2
Nombre de places par compartiment { 1 ^{re} classe	8
2 ^e classe	10
Nombre total de places { 1 ^{re} classe	16
2 ^e classe	20
Ensemble pour les 2 classes.	36
Longueur d'un compartiment	2 ^m ,340
Longueur par place { 1 ^{re} classe	0 ,585
2 ^e classe	0 ,468
Largeur d'un compartiment { 1 ^{re} classe	2 ,030
2 ^e classe	1 ,800
Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu)	2 ,210

POIDS

Poids de la voiture vide	10 600 ^{kgm}
Poids mort par place offerte { 1 ^{re} classe	351
2 ^e classe	249

8-9 — Voitures de 1^{re} et de 3^e classe à compartiments séparés,
pour voie de 1^m,44,
exposées par la Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée
(Planches 35-36)

Les deux voitures, l'une de 1^{re} classe, l'autre de 3^e classe, à compartiments séparés, exposées par la Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée, sont montées sur 3 essieux.

La voiture de 1^{re} classe renferme 4 compartiments de 8 places chacun, soit en tout 32 places.

La voiture de 3^e classe comprend 5 compartiments à 10 places, ce qui représente 50 places. Le compartiment du milieu est fermé et les quatre autres communiquent deux à deux par leur partie supérieure.

Les portières de l'une et l'autre voiture ont des poignées intérieures qui permettent de les ouvrir et de les fermer de l'intérieur sans qu'on soit obligé de baisser les glaces.

Les baies de custode de la voiture de 1^{re} classe sont munies de volets capitonnés qui, une fois relevés, doublent les châssis de glace pour garantir les voyageurs contre le froid et les rentrées d'air.

Les deux voitures exposées ont leur châssis en fer.

Leurs attelages sont à balancier du système Chevalier et Rey qui assure le contact permanent des tampons dans les courbes.




Elles sont éclairées au gaz d'huile.

Elles sont munies du frein continu à air comprimé, automatique et modérable, système Henry-Westinghouse, agissant sur les 4 roues extrêmes.

Elles sont en outre pourvues de l'intercommunication électrique et de l'intercommunication pneumatique permettant aux voyageurs d'appeler, en cas d'urgence, le mécanicien ou le chef de train, mais ne leur permettant pas d'arrêter le train. Ce système pneumatique d'intercommunication va être substitué par la Compagnie P.-L.-M. au système électrique actuellement en usage sur son réseau.

Enfin les cloisons pleines des compartiments sont garnies de glaces dormantes permettant de voir dans le ou les compartiments voisins.

Dimensions principales et poids.

DÉSIGNATION		Voiture de 1 ^{re} classe		Voiture de 3 ^e classe	
CHASSIS					
Nombre d'essieux		3		3	
Écartement d'axe en axe des essieux extrêmes		5 ^m ,900		4 ^m ,300	
Longueur hors tampons		10 ,130		8 ,990	
Longueur en dehors des traverses extrêmes . .		8 ,900		7 ,800	
Écartement d'axe en axe des brancards . . .		2 ,000		1 ,810	
Profil des brancards		Fer en I		Fer en 	
Profil des travers		Fer en 		Fer en 	
		Milieu	Extrêmes	Milieu	Extrêmes
		—	—	—	—
Ressorts de suspension à lames ordinaires	Nombre de lames	9	10	10	11
	Largeur des lames	0 ^m ,100	0 ^m ,100	0 ^m ,075	0 ^m ,075
	Épaisseur des lames	0 ,011	0 ,011	0 ,010	0 ,010
	Longueur développée de la maîtresse lame	2 ,650	2 ,650	1 ,765	1 ,765
	Flexibilité par tonne	0 ,1425	0 ,129	0 ,0605	0 ,0555
Ressorts de choc à lames ordinaires	Nombre de lames	15			
	Largeur des lames	0 ^m ,075			
	Épaisseur des lames	0 ,012			
	Longueur développée de la maîtresse lame	1 ,782			
	Flexibilité par tonne	0 ,04329			
Ressorts de traction à lames ordinaires	Nombre de lames	10			
	Largeur des lames	0 ^m ,075			
	Épaisseur des lames	0 ,012			
	Longueur développée de la maîtresse lame	1 ,304			
	Flexibilité par tonne	0 ,00732			

DÉSIGNATION		VOITURES DE		
		1 ^{re} classe	3 ^e classe	
ESSIEUX MONTÉS				
Fusées.	Diamètre.	0 ^m ,100	0 ^m ,085	
	Longueur.	0 ,220	0 ,170	
Corps de l'essieu.	Diamètre au milieu.	0 ,130	0 ,115	
	Diamètre près de la portée de calage	0 ,153	0 ,136	
	Diamètre de la portée de calage.	0 ,169	0 ,150	
Roues {	Type : à rais en fer forgé.	Fabrication	Arbel.	
	Centres. { Longueur du moyen.	0 ^m ,180	0 ^m ,180	
	Bandages {	Diamètre de la jante	0 ,820	0 ,820
		Nature du métal.	Fer	Fer
		Diamètre au contact des rails.	0 ^m ,930	0 ^m ,930
Rapport du diamètre de la fusée au diamètre de la roue		0 ,107	0 ,091	
Poids moyen d'un essieu monté.		849 ^{kg} .	737 ^{kg} .	
CAISSE				
Longueur de la caisse.		9 ^m ,100	7 ^m ,950	
Largeur maxima de la caisse.		2 ,800	2 ,800	
Hauteur de la caisse, du plancher au plafond (au milieu).		2 ,083	2 ,135	
Nombre total de places.		32	50	
POIDS				
Poids de la voiture vide.		14.260 ^{kg}	10.890 ^{kg}	
Poids mort par place offerte.		445	217	

10. — Voiture mixte de 1^{re} et 2^e classes à compartiments séparés
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Société de Construction *La Métallurgique*
à Bruxelles

(Planches 37-38)

La voiture mixte, exposée par la Société de Construction *la Métallurgique*, est montée sur 3 essieux. Elle a été prélevée sur un lot de voitures commandées pour le chemin de fer de l'Etat belge et en cours de construction au moment de l'ouverture de l'Exposition.

C'est une voiture à compartiments séparés comprenant deux compartiments de 1^{re} classe à huit places, un coupé de 1^{re} classe à quatre places et trois com-

partiments de 2^e classe à dix places, ce qui représente en tout 50 places, dont 20 de 1^{re} classe et 30 de 2^e classe.

La caisse est suspendue sur le châssis au moyen de vingt ressorts d'acier en spirale, qui reposent sur autant de consoles en fonte dont seize sont rivées aux longerons et quatre aux traverses extrêmes.

Le revêtement extérieur est en planchettes de teck posées verticalement, assemblées à rainures et languettes et fixées par des vis sur la membrure. Il est simplement poncé et verni. Ce système d'assemblage a été adopté en vue de faciliter l'écoulement des eaux pluviales et de favoriser ainsi la conservation du bois.

La devanture des boîtes à l'huile s'enlève, ce qui permet de visiter facilement le coussinet et le tampon graisseur. L'huile est contenue dans un réservoir qui est situé sous la fusée, et qui peut être extrait de la boîte par la dite devanture.

Les ressorts de choc et ceux de traction sont formés de lames d'acier; les premiers buttent contre la première traverse intermédiaire du châssis, les extrémités des seconds prennent appui sur les traverses de tête.

La voiture est munie du frein Westinghouse automatique et du frein à vis.

Ses dimensions principales sont les suivantes :

CHASSIS

Nombre d'essieux.	3		
Écartement des essieux extrêmes.	7 ^m ,00		
Longueur du châssis entre les tampons	12 ,00		
Longueur du châssis entre les traverses de tête.	10 ,92		
Ressorts de suspension	Longueur de la maitresse lame.	Milieu. 2 ^m ,31	Extrêmes, 2 ^m ,40
	Dimensions des lames. {	Largueur.	0 ^m ,075
		Épaisseur	0 ,012
	Nombre de feuilles.	9	10

CAISSE

Longueur extérieure de la caisse.		11 ^m ,20
Largeur — —		2 ,61
Nombre de compartiments.	1 ^{re} classe.	2 à 8 places.
	Coupé.	1 à 4 places.
	2 ^e classe	3 à 10 places.
Nombre de places	1 ^{re} classe et coupé.	20
	2 ^e classe.	30
Ensemble pour les deux classes et le coupé.		50
Longueur des compartiments.		2 ^m ,45
Largeur d'un compartiment	1 ^{re} classe.	2 ,10
	Coupé.	1 ,44
	2 ^e classe.	1 ,73
Hauteur intérieure du plancher au plafond, (au milieu).		2 ,10

POIDS

Poids de la voiture vide.		14.900 ^{kg.}
Poids mort par place offerte.	1 ^{re} classe et coupé.	388
	2 ^e classe.	238

11. — Voiture de 1^{re} classe avec coupés-lits,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie française du Midi
(Planches 37-38)

Cette voiture, construite en 1882 dans les ateliers de la Compagnie du Midi, appartient à une série de 17 voitures du même type, faisant le service des trains express.

Elle comprend : deux compartiments de 1^{re} classe, deux compartiments de coupé avec cabinet de toilette et water-closet.

Le siège des coupés est, sur les trois quarts de sa longueur, disposé en tiroir; par tirage vers l'intérieur du compartiment, on forme un lit de 0^m,80 de large.

La caisse est en bois de teck, elle a un double plancher. L'espace compris entre les deux planchers, ainsi que celui compris entre le plafond et la toiture, est garni de varech fortement tassé.

Les portières des compartiments s'encastrent dans les battants inférieurs de caisse pour dégager les marchepieds. Lorsqu'elles sont fermées, elles compriment, dans le bas, un tube en caoutchouc, fixé sur le battant, lequel intercepte le passage de l'air. Des garde-mains sont fixés sur les montants d'ouverture du côté des charnières.

Les sièges et les dossiers sont garnis de crin ; ils reposent sur des sommiers élastiques.

La garniture intérieure est en drap couleur gris mastic.

Des bandes de caoutchouc, interposées entre la caisse et le châssis, sont destinées à amoindrir les vibrations et la sonorité.

Le châssis est en bois de chêne et les brancards sont doublés à l'intérieur d'une tôle de fer. Les roues sont à centre plein et les bandages sont fixés aux jantes au moyen de rivets borgnes, c'est-à-dire ne perçant pas sur la table de roulement du bandage, quel que soit son degré d'usure.

Cette voiture est munie du frein à air comprimé Wenger et de l'intercommunication pneumatique (type Midi) qui permet à tout voyageur, en cas de danger, de serrer les freins et par suite, d'arrêter le train.

Les cloisons séparatives des compartiments sont garnies de glaces dormantes permettant de voir l'intérieur des compartiments voisins.

Dimensions principales et poids.

CHASSIS

Nombre d'essieux.	2
Écartement des essieux.	5 ^m ,500
Longueur de dehors en dehors des tampons.	9 ,970
— — — des traverses extrêmes.	8 ,850
Ecartement intérieur des brancards.	1 ,807
Longueur des traverses extrêmes.	2 ,560
Équarrissage des brancards.	<div>Hauteur. 0 ,280</div> <div>Largeur. 0 ,090</div>
Section de la doublure en fer des brancards.	<div>Hauteur. 0 ,280</div> <div>Épaisseur. 0 ,010</div>
Équarrissage des traverses de tête.	<div>Hauteur. 0 ,280</div> <div>Largeur. 0 ,200</div>
Ressorts de suspension	Nombre de lames. 9
	Largeur des lames. 0 ^m ,090
	Épaisseur des lames. 0 ,014
	Longueur de la maîtresse lame. 2 ,275
	Flexibilité par tonne. 0 ,0865
Ressorts de choc et de traction.	Nombre de lames. 12
	Largeur des lames. 0 ^m ,090
	Épaisseur des lames. 0 ,010
	Longueur de la maîtresse lame. 1 ,7595
	Flexibilité par tonne (choc). 0 ,082
Ressorts additionnels de traction.	Nombre de lames. 5
	Largeur des lames. 0 ^m ,090
	Épaisseur des lames. 0 ,010
	Longueur de la maîtresse lame. 0 ,9785
	Flexibilité par tonne (choc et traction réunis). 0 ,024

ESSIEUX MONTÉS

Fusée.	Diamètre.	0 ^m ,110
	Longueur.	0 ,220
Corps de l'essieu.	Diamètre au milieu.	0 ,135
	— près de la portée de calage.	0 ,150
	— de la portée de calage.	0 ,160
Roue.	Type.	en fer plein.
	Centre.	Longueur du moyeu. 0 ^m ,153
		Diamètre à la jante. 1 ,000
	Bandage.	Nature du métal. Acier fondu.
		Diamètre au contact des rails. 1 ^m ,120
Rapport du diamètre de la fusée au diamètre de la roue		0 ,098
Poids moyen d'un essieu monté.		1.000 ^{kg} .
Charge maxima par essieu (sur rails).		6.650

CAISSE

Longueur maxima de la caisse.	9 ^m ,000
Largeur.	2 ,760

Hauteur intérieure du plancher au plafond, (au milieu)	2 ^m ,025
Nombre de compartiments { de 1 ^{re} classe.	2
{ de coupé	2
Nombre de places par compartiment { de 1 ^{re} classe	8
{ de coupé	4
Nombre total de places disponibles.	24

POIDS

Poids de la voiture vide.	11.500 ^{kg} .
Poids mort par place offerte.	479

12. — Voiture de 1^{re} classe avec lits,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie française du Nord
(Planches 39-40)

Cette voiture est formée de trois compartiments de 1^{re} classe, dont un ordinaire de huit places et deux à lits qui communiquent entre eux au moyen d'un couloir sur lequel donnent deux water-closets avec lavabo. Les deux compartiments à lits renferment chacun trois lits rabattants et un fauteuil fixe.

La voiture peut donc recevoir seize voyageurs.

Les compartiments à lits sont à volonté séparés ou réunis au moyen d'une porte roulante qui se dissimule entre les deux water-closets.

La caisse repose sur le châssis par l'intermédiaire de quatorze ressorts à spirale en acier.

Le châssis est à brancards en bois armés extérieurement de tôle. Il est porté sur deux essieux par l'intermédiaire de quatre ressorts montés avec une tension initiale de 300 kilogrammes. Il est muni de deux ressorts de traction, servant également au choc, montés avec une tension initiale de 2000 kilogrammes.

Chauffage. — La voiture est chauffée au moyen d'appareils de chauffage par briquettes.

L'appareil de chauffage du compartiment ordinaire est composé de deux fourneaux à grilles mobiles, que l'on charge de quatre briquettes, logés sous les deux parclozes. Les foyers communiquent avec l'extérieur par une porte donnant sur la face longitudinale de la voiture et par un cornet de prise d'air fixé sous les brancards de caisse; les foyers communiquent entre eux par un conduit

qui augmente la surface de chauffe et imprime au gaz un courant allant d'un appareil vers l'autre.

Les orifices des cornets de prise d'air sont orientés en sens opposé l'un de l'autre, c'est-à-dire que l'un d'eux regarde l'avant de la voiture et l'autre l'arrière; par suite de cette disposition, le courant se produit spontanément soit dans un sens, soit dans l'autre, suivant la direction du vent, ou l'état de stationnement ou de mouvement de la voiture.

L'appareil de chauffage des deux compartiments à lits diffère essentiellement de celui appliqué au compartiment ordinaire. Les deux fourneaux sont placés extérieurement sous les brancards de caisse et sont garnis d'une double enveloppe.

Les deux appareils sont indépendants l'un de l'autre. Ils communiquent avec l'air extérieur, au-dessous du pavillon de la voiture, par le moyen de deux colonnes apparentes à l'intérieur des compartiments.

Les fourneaux sont pourvus de cornets disposés de manière à faciliter l'entrée de l'air, quelle que soit la direction de la voiture en stationnement ou en marche.

La partie supérieure des fourneaux reçoit le chauffage direct de la combustion des briquettes. Elle affleure le plancher de la voiture et est recouverte par une plaque en laiton de 2 millimètres d'épaisseur, fixée au plancher. C'est celle-ci qui, avec les colonnes montantes, produit le chauffage du compartiment. Chaque colonne montante est entourée d'un treillis destiné à prévenir les brûlures. Elle est en outre pourvue à sa partie supérieure et dans l'épaisseur du pavillon, d'une cheminée de ventilation par laquelle s'établit un appel d'air de l'intérieur du compartiment vers l'extérieur.

Pour qu'aucune émanation des gaz, produits de la combustion, ne puisse pénétrer dans le compartiment, le bord de la plaque en laiton, qui se fixe au plancher, repose sur un joint en carton d'amiante. De plus, toutes les parties de l'appareil qui ne peuvent avoir de double enveloppe sont garnies d'amiante minérale Muller.

Appareils de sécurité. — La voiture est pourvue d'un frein à vide, non automatique, système Smith-Hardy, et d'un frein à air comprimé automatique et direct, système Henry-Westinghouse. Elle est pourvue en outre de l'intercommunication électrique Prudhomme et de l'intercommunication pneumatique permettant aux voyageurs de faire fonctionner le frein à air comprimé.

Dimensions principales et poids.

CHASSIS

Nombre d'essieux.	2
Ecartement des essieux.	5 ^m ,300
Longueur de dehors en dehors des tampons.	9 ,620
Longueur du châssis.	8 ,600
Dimensions des fusées des essieux.	200/100

Ressorts de suspension.	{	Longueur de la maîtresse lame.	2 ^m ,200
		Nombre de lames.	9
		Largeur des lames.	0 ^m 090
		Epaisseur des lames.	0,012
Ressorts de choc et de traction.	{	Flexibilité par tonne.	0,115
		Longueur de la maîtresse lame.	1,720
		Nombre de lames.	15
		Largeur des lames.	0 ^m 075
Ressorts de suspension de caisse. (Ressort spirale)	{	Epaisseur des lames.	0,015
		Flexibilité par tonne.	0,020
		Largeur.	0,034
		Epaisseur.	0,0095
		Flexibilité par 100 kilogr.	0,010

CAISSE

Longueur totale de la caisse.	8 ^m ,806
Largeur en œuvre à la ceinture.	2,565
Hauteur en œuvre au milieu de la caisse.	2,030
— — sur les côtés.	1,880
Longueur en œuvre du compartiment de huit places.	2,250
— — d'un compartiment à lits.	1,845
Longueur des lits.	1,900
Largeur des lits.	0,600
Largeur du couloir à la ceinture.	0,614
Largeur en œuvre des cabinets.	0,750
Nombre de places. { 1 ^{re} classe.	10
Lits.	6

POIDS

Poids de la voiture vide		12.580 ^{kg} .
Poids mort par place offerte. }	1 ^{re} classe.	350
	Lits	1.200

13. — Voiture de 1^{re} classe avec lits,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie française de l'Ouest
(Planches 33-40)

Cette voiture qui est à deux essieux comporte, au centre, un compartiment salon-lits-toilette, et, à chaque extrémité, un compartiment ordinaire de 1^{re} classe. Il a été établi pour les lignes où les places de luxe ne sont demandées qu'en petit nombre à la fois.

Le compartiment-salon offre cinq places de jour et quatre lits pour la nuit. Trois de ces lits sont placés parallèlement à la voie et se développent par un mouvement de bascule. Le quatrième lit a été obtenu en plaçant sur le côté du véhicule le cabinet de toilette contenant le water-closet; il est constitué par une banquette qui se prolonge sous la tablette du lavabo, de manière à permettre aux voyageurs de se coucher complètement. Ce quatrième lit est assez large pour deux enfants.

En outre, on a logé, dans divers emplacements, des oreillers, un pliant, une table articulée et un tabouret permettant de faire chaise longue avec un des fauteuils.

Pour prévoir le cas du transport des personnes infirmes dans le salon-lit, la porte a été établie avec deux battants, dont l'un est habituellement condamné. En ouvrant ce dernier battant, on obtient une ouverture suffisante pour introduire un lit, un brancard ou un fauteuil roulant.

Dans tous les compartiments, on a placé, sous les tapis, un feutre épais destiné à amortir les trépidations.

Les brancards sont en fer, ils ont un profil en I de 0^m,235 de hauteur. Le reste du châssis est en bois. Une bande de caoutchouc est interposée entre le châssis et la caisse.

Les essieux et les bandages sont en acier. Les roues pleines sont à centre ondulé.

Les boîtes à graisse ne sont maintenues dans les plaques de garde que par une seule joue intérieure; elles ont, dans le sens transversal et dans le sens longitudinal, un jeu de 10 millimètres de chaque côté.

Les ressorts sont en acier rainé donnant un allongement élastique minimum de 0,0073 en feuille et de 0,0063 en ressort fabriqué.

Les coussinets sont en métal blanc et à portée réduite.

La voiture est munie du frein Westinghouse à air comprimé; elle est munie en outre de l'intercommunication pneumatique permettant aux voyageurs d'appeler l'attention du mécanicien, mais ne leur permettant pas d'arrêter le train.

Dimensions principales et poids.

CHASSIS

Nombre d'essieux	2	
Ecartement d'axe en axe des essieux	4 ^m ,400	
Longueur de dehors en dehors des tampons.	8,520	
— — — des traverses extrêmes.	7,420	
Ressorts de suspension. {	Longueur de la maîtresse lame	2,200
	Flexibilité par tonne.	0,130

ESSIEUX MONTES

Fusées	{	Diamètre	0 ^m ,100
	{	Longueur.	0,180

Corps de l'essieu. . .	{ Diamètre au milieu.	0 ^m ,130
	{ Diamètre près de la portée de calage.	0 ,145
	{ Diamètre à la portée de calage.	0 ,150
Roues.	{ Diamètre à la jante.	0 ,920
	{ Diamètre du bandage au contact des rails.	1 ,030

CAISSE

Longueur maxima de la caisse.	7 ^m ,620
Largeur — — — — —	2 ,700
Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu).	2 ,070
Nombre de compartiments { de 1 ^{re} classe.	2
{ de salon-lits.	1
Nombre de places par { de 1 ^{re} classe.	8
compartiment. { de salon-lits (la nuit, 4 lits) le jour.	5
Nombre total de places disponibles.	21

POIDS

Poids de la voiture vide.	10.500 ^{kg}
Poids mort par place offerte.	500 »

14. — Voiture de 1^{re} classe avec lits,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Société des chemins de fer italiens
de la Méditerranée

(Planches 41-42)

La voiture de 1^{re} classe avec lits, exposée par la Société des chemins de fer italiens de la Méditerranée a été construite en 1889 par la maison Miani, Silvestri et Cie de Milan.

La Société possède actuellement 5 voitures de ce type.

Ces voitures sont montées sur deux essieux.

Elles renferment un compartiment ordinaire de 1^{re} classe à huit places, situé à une extrémité, et deux compartiments à deux sièges transformables en lits par rabattement du dossier. On accède à ces deux compartiments à lits par un vestibule intermédiaire qui est pourvu, de chaque côté, d'une portière latérale et dans lequel se trouvent un cabinet de toilette et un water-closet.

Des rideaux en reps de laine servent à isoler les lits.

Les plafonds des compartiments à voyageurs et du vestibule sont revêtus de panneaux d'érable et d'acajou.

Les parois des compartiments à voyageurs sont recouvertes en partie de panneaux d'érable et d'acajou et en partie de velours vert capitonné.

Les parois du vestibule sont composées de montants en teck et de panneaux en pitch-pin.

En face de chaque fauteuil-lit est placée une petite console pourvue d'un miroir en cristal et au-dessous de laquelle est situé un tabouret à bascule.

Dans le compartiment à lits situé à une extrémité de la voiture, les miroirs des consoles sont remplacés par deux fenêtres entre lesquelles se trouve un straptontin surmonté d'un miroir.

Chaque compartiment à lits est pourvu de filets pour les bagages, de portemanteaux et de pliants.

La voiture est éclairée au gaz d'huile. Elle est munie du frein continu à air comprimé, système Westinghouse, du frein continu à air comprimé modérable, système Henry-Westinghouse, et d'une conduite pour le frein continu à vide, système Smith-Hardy.

Ses éléments principaux sont les suivants :

Nombre d'essieux.	2
Écartement d'axe en axe des essieux extrêmes	5 ^m ,00
Longueur du châssis de dehors en dehors des tampons.	9 ,520
— — de dehors en dehors des traverses extrêmes.	8 ,360
Longueur extérieure de la caisse.	8 ,460
Largeur — —	2 ,800
Caisse.	Largeur intérieure des compartiments { à lits. . . 2 ^m ,140 milieu 2 ^m ,320 extrême
	ordinaire. 2 ,120
	Longueur — — 2 ,620
	Hauteur intérieure du plancher-plafond (au milieu). 2 ,175
	Nombre de places { à lits. 4
	ordinares 8
Poids de la voiture vide.	12.500 ^{kg} .
Poids mort par place offerte.	1.042

15. — Voiture à lits-salons, pour voie de 1^m,44, exposée par la Compagnie française de P.-L.-M.

(Planches 41-42)

Cette voiture est montée sur trois essieux.

Elle renferme trois compartiments communiquant chacun avec un cabinet de toilette à water-closet; deux de ces compartiments, peuvent à volonté, communiquer entre eux, ou être isolés l'un de l'autre. Chaque compartiment renferme

trois sièges transformables en lits par le rabattement du dossier. Le nombre total de places est donc de neuf.

Toutes les baies sont munies de volets capitonnés qui, une fois relevés, doublent les châssis de glace pour garantir les voyageurs contre le froid et les rentrées d'air.

Les châssis de glace de portière sont équilibrés au moyen de ressorts à barillet.

Le châssis de la voiture est en fer et les attelages sont à balancier, système Chevalier et Rey.


La voiture est éclairée au gaz d'huile et chauffée par un poêle à thermo-siphon, desservant les trois compartiments, avec circulation continue d'eau chaude dans des bouillottes fixes logées dans le plancher.

Elle est munie du frein continu à air comprimé, automatique et modérable, système Henry-Westinghouse, agissant sur les quatre roues extrêmes.

Elle est, en outre, pourvue de l'intercommunication électrique et de l'intercommunication pneumatique permettant aux voyageurs d'appeler, en cas d'urgence, le chef de train ou le mécanicien, mais ne leur permettant pas d'arrêter le train. Ce système pneumatique d'intercirculation va être substitué par la Compagnie de P.-L.-M. au système électrique actuellement en usage sur son réseau.

Dimensions principales et poids.

CHASSIS

Nombre d'essieux	3	
Ecartement d'axe en axe des essieux extrêmes.	5 ^m ,900	
Longueur de dehors en dehors des tampons	10 ,730	
Longueur de dehors en dehors des traverses extrêmes	9 ,540	
Écartement d'axe en axe des brancards.	2 ,000	
Profil des brancards.	fer en I	
Profil des traverses.	fer en 	
	Milieu Extrêmes	
Ressorts de suspension	Nombre de lames.	11 12
	Largeur des lames.	0 ^m ,100 0 ^m ,100
	Épaisseur des lames.	0 ,011 0 ,011
	Long. développée de la maîtresse lame.	2 ,650 2 ,650
	Flexibilité par tonne	0 ,1197 0 ,1085
Ressorts de choc	Nombre de lames.	15
	Largeur des lames.	0 ^m ,075
	Épaisseur des lames.	0 ,012
	Longueur développée de la maîtresse lame.	1 ,782
	Flexibilité par tonne	0 ,04329
Ressorts de traction	Nombre de lames.	10
	Largeur des lames.	0 ^m ,075
	Épaisseur des lames.	0 ,012
	Longueur développée de la maîtresse lame.	1 ,304
	Flexibilité par tonne	0 ,00732

ESSIEUX MONTÉS

Fusées	{	Diamètre.	0 ^m ,100
		Longueur.	0 ,220
Corps de l'essieu.	{	Diamètre au milieu.	0 ,130
		Diamètre près de la portée de calage.	0 ,153
		Diamètre à la portée de calage.	0 ,169
Roues	{	Type : à rais en fer forgé.	fab ^{ca} . Arbel.
		Centres . { Longueur du moyeu.	0 ^m ,180
		Diamètre de la jante.	0 ,820
	{	Bandages { Nature du métal	fer.
		Diamètre au contact des rails	0 ^m ,930
Rapport du diamètre de la fusée au diamètre de la roue.			0 ,107
Poids moyen d'un essieu monté			849 kg.

CAISSE

Longueur maxima de la caisse.	9 ^m ,740
Largeur maxima de la caisse.	2 ,800
Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu).	2 ,283
Nombre total des places.	9

POIDS

Poids de la voiture vide.	17.095 ^{kg} .
Poids mort par place offerte	1.899

16. — Voiture à lits (Sleeping-car),
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie anglaise L.-N.-W. Railway

La voiture à lits, exposée par la Compagnie du chemin de fer *London and North Western* a été construite dans ses ateliers de Wolverton.

Elle est montée sur quatre essieux. Les deux essieux du milieu sont fixes et les deux extrêmes sont montés sur boîtes radiales, système Webb.

Cette voiture (voir fig. 27) renferme quatre compartiments desservis chacun

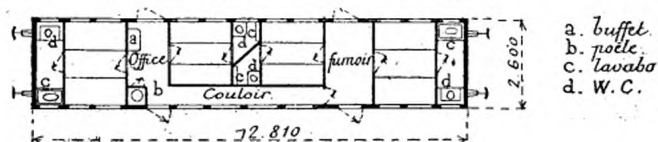


Fig. 27

par un cabinet de toilette avec water-closet. Deux de ces compartiments, situés aux extrémités de la voiture, contiennent, l'un et l'autre, quatre lits dont deux

reposent sur le plancher et deux se trouvent en l'air, comme dans les cabines des navires. Les deux autres compartiments sont situés au milieu de la voiture et contiennent chacun deux lits. Cela fait en tout douze lits.

On accède aux quatre compartiments par deux vestibules qui sont pourvus, chacun, de deux portières latérales et qui sont reliés entre eux au moyen d'un couloir longeant les deux compartiments centraux.

L'un des deux vestibules, le plus grand, sert de fumoir. Il est pourvu de quatre sièges tournants.

L'autre vestibule sert d'office à un agent de la Compagnie, ou gardien du wagon qui est à la disposition des voyageurs et qui leur vend des rafraîchissements, du thé et du café. Dans ce vestibule, se trouvent un petit buffet, pour renfermer la vaisselle, les couverts, le linge, etc., un poêle pour chauffer l'eau nécessaire, et un tableau à guichets relié, par une communication électrique, à chaque compartiment pour permettre aux voyageurs d'appeler le gardien.

Le poêle de ce vestibule sert aussi à chauffer la voiture, à l'aide d'un tuyau tournant chaque compartiment, et dans lequel circule un courant d'eau chaude.

La voiture est éclairée au gaz d'huile.

Elle est pourvue du frein à air comprimé Westinghouse et du frein à vide automatique de la Société anglaise du frein à vide.

Ses éléments principaux sont les suivants :

Nombre d'essieux	4	
Écartement d'axe en axe des essieux du milieu	4 ^m ,88	
Écartement entre les essieux du milieu et les essieux extrêmes	2 , 44	
Écartement d'axe en axe des essieux extrêmes	9 , 76	
Caisse	Longueur totale	12 , 81
	Largeur extérieure	2 , 60
	Largeur intérieure	2 , 39
Nombre de places	12	
Poids de la voiture vide	22 000 kg.	
Poids mort par place offerte	1.834	

17 — Voiture de 1^{re} classe
à compartiments séparés pourvue de water-closets,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Société des chemins de fer italiens de la Méditerranée
(Planches 43-44)

Cette voiture a été construite en 1889 par la Maison Miani, Silvestri et C^{ie} de Milan et appartient à une série de 50 voitures.

Elle est montée sur deux essieux et comprend trois compartiments de 1^{re} classe, deux water-closets et une cabine pour le garde-frein.

Les compartiments contiennent chacun 7 places soit ensemble 21 places.

Un des water-closets est placé à une extrémité de la voiture, à côté de la cabine, et dessert le compartiment à voyageurs contigu. Dans les voitures du même type dépourvues de freins, la cabine du garde-frein est remplacée par une entrée qui donne à la fois accès au water-closet de l'extérieur de la voiture et de l'intérieur du compartiment voisin.

Le second water-closet est placé entre les deux autres compartiments, qu'il dessert au moyen d'un petit vestibule.

La voiture est éclairée au gaz d'huile. Elle est pourvue du frein à vis ordinaire et du frein continu à air comprimé automatique, système Westinghouse.

Ses éléments principaux sont les suivants :

Nombre d'essieux.	2
Écartement d'axe en axe des essieux.	5 ^m ,00
Longueur du châssis de dehors en dehors des tampons	9,705
— — de dehors en dehors des traverses extrêmes	8,380
Longueur extérieure de la caisse	8,430
Largeur — —	2,800
Largeur intérieure des compartiments.	2,170
Longueur — —	2,620
Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu).	2,200
Nombre de places.	21
Poids de la voiture vide.	13.000 kg.
Poids mort par place offerte.	619

18. — Voiture de 1^{re} classe
à compartiments séparés pourvue de water-closets,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Société italienne des chemins de fer Méridionaux
(Réseau de l'Adriatique)

(Planches 43-44)

Cette voiture qui est du type en usage pour les trains express de la Société italienne des chemins de fer Méridionaux (réseau de l'Adriatique), a été construite par cette Société dans ses ateliers de Florence.

Elle est montée sur deux essieux et comporte trois compartiments de 1^{re} classe contenant chacun 7 places, soit ensemble 21 places. Elle est en outre pourvue de deux water-closets et d'une vigie pour le garde-frein.

L'un des water-closets dessert un des compartiments situés à l'extrémité de la voiture dont il est séparé par une entrée.

Le second water-closet est placé entre les deux autres compartiments qu'il dessert et dont il est également séparé par une entrée commune.

La voiture est éclairée au gaz d'huile.

Elle est pourvue du frein à vis ordinaire et du frein continu à vide, non automatique, du système Smith-Hardy.

Ses éléments principaux sont les suivants :

Nombre d'essieux	2
Ecartement d'axe en axe des essieux	4 ^m ,60
Longueur de dehors en dehors des tampons	9,48
Longueur de dehors en dehors des traverses extrêmes	8,13
Longueur extérieure de la caisse	8,19
Largeur extérieure de la caisse	2,68
Largeur intérieure des compartiments	2,15
Longueur intérieure des compartiments	2,51
Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu)	2,185
Nombre total de places	21
Poids de la voiture vide	13200 ^{kg.}
Poids mort par place offerte	629

19. — Voiture de 1^{re} classe à compartiments séparés
desservis chacun par un water-closet,
pour voie de 1^m,44
exposée par la Compagnie française P.-L.-M.

(Planches 45-46)

Cette voiture est montée sur deux bogies à deux essieux.

Elle renferme six compartiments de 1^{re} classe communiquant deux à deux, deux compartiments de fauteuils-lits, communiquant ensemble, et quatre cabinets de toilette avec water-closets. On accède aux compartiments par des portières latérales.

Chaque compartiment de 1^{re} classe contient sept places et chaque compartiment de fauteuils-lits trois places. La voiture renferme donc quarante deux places de 1^{re} classe, et six de fauteuils-lits, soit quarante huit places en tout.

Un cabinet de toilette avec water-closet dessert chaque groupe de deux compartiments.

Toutes les baies sont munies de volets capitonnés qui, une fois relevés, dou-

blent les châssis de glace pour garantir les voyageurs contre le froid et les rentrées d'air.

Tous les châssis de glace sont équilibrés au moyen de ressorts à barillet.

Des poignées intérieures permettent d'ouvrir ou de fermer les portières, de l'intérieur, sans qu'on soit obligé d'abaisser les glaces.

Les bogies sont en fer.

Le châssis de la caisse est également en fer ; ses brancards en tôle et cornières armés de tirants intérieurs, n'ont pu être dissimulés dans les parois de la caisse, à cause des portières latérales ; ils portent chacun un faux brancard en bois sur lequel vient s'assembler la charpente de caisse, qui est en bois.

Les attelages sont à balancier du système Chevalier et Rey.

Le chauffage est obtenu au moyen de quatre poêles à thermo-siphon desservant chacun un groupe de deux compartiments, par une circulation continue d'eau chaude dans des bouillottes fixes, logées dans le plancher ;

La voiture est munie du frein continu à air comprimé, automatique et modérable, système Henry-Westinghouse agissant sur les huit roues.

Elle est en outre pourvue de l'intercommunication électrique, permettant aux voyageurs d'appeler, en cas d'urgence, le chef de train.

Dimensions principales et poids

BOGIES

Nombre d'essieux par bogie..	2	
Ecartement d'axe en axe des deux essieux d'un bogie.	2 ^m , 350	
Longueur totale d'un bogie	4, 210	
Ressorts de suspension	{ Nombre de lames	10
	{ Largeur des lames.	0 ^m , 140
	{ Epaisseur des lames	0, 011
	{ Longueur de la maitresse lame	1, 326
	{ Flexibilité par tonne	0, 01885
Ecartement d'axe en axe des bogies	15, 030	

ESSIEUX MONTÉS

Fusées	{	Diamètre	0 ^m , 130
		Longueur	0, 280
Corps de l'essieu . . .	{	Diamètre au milieu	0, 157
		Diamètre près de la portée de calage	0, 186
		Diamètre de la portée de calage.	0, 205
Roues	{	Type : Centre plein à nervures.	Fabrication Arbel
		Longueur du moyeu.	0 ^m , 180
	{	Diamètre de la jante	0, 850
		Nature du métal	Fer
		Diamètre au contact des rails	1 ^m , 000
Rapport du diamètre de la fusée au diamètre de la roue			0, 130
Poids moyen d'un essieu monté.			1190 ^{kg}

CHASSIS DE CAISSE

Longueur de dehors en dehors des tampons	21 ^m ,550
Longueur de dehors en dehors des traverses extrêmes	20 , 360
Ecartement intérieur des brancards.	2 , 454
Profil des traverses	Fer en L
Ressorts de suspension	Nombre de lames 28
à	Largeur des lames. 0 ^m ,090
pincettes	Epaisseur des lames 0 , 007
	Longueur des maîtresses lames 0 , 963
	Flexibilité par tonne 0 , 057
Ressorts de choc	Nombre de lames 15
à lames, ordinaires	Largeur des lames 0 ^m ,075
	Epaisseur des lames 0 , 012
	Longueur développée de la maîtresse lame 1 , 746
	Flexibilité par tonne 0 , 04329
Ressorts de traction	Nombre de lames. 10
à lames, ordinaires	Largeur des lames 0 ^m ,075
	Epaisseur des lames 0 , 012
	Longueur développée de la maîtresse lame. 0 , 880
	Flexibilité par tonne 0 , 00732

CAISSE

Longueur maxima de la caisse	20 ^m ,460
Largeur maxima de la caisse.	2 , 800
Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu)	2 , 083
Nombre de places	de 1 ^{re} classe. 42
	de fauteuils-lits. 6
	Total. 48

POIDS

Poids de la voiture vide	35145 ^{kg}
Poids mort par place offerte	1 ^{re} classe. 654
	Lit. 1 283

20.—Voiture mixte de 1^{re} et 3^e classes à compartiments
séparés pourvue de water-closets,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie anglaise Midland Railway

(Planches 47-48)

Cette voiture est montée sur deux bogies à trois essieux et représente le type ordinaire des voitures à bogies en usage sur le chemin de fer du Midland.

Elle contient trois compartiments de 1^{re} classe, trois compartiments de 3^e classe, quatre cabinets de toilette et un compartiment pour les bagages dans lequel se tient le gardien de la voiture.

Deux des compartiments de 1^{re} classe contiennent chacun cinq places et le troisième six places.

Le nombre des places de 3^e classe est de neuf dans deux compartiments et de dix dans le troisième.

La voiture peut donc recevoir seize voyageurs de 1^{re} classe et vingt-huit de 3^e classe, soit au total quarante-quatre voyageurs.

Les deux compartiments de 1^{re} classe à cinq places et les deux compartiments de 3^e classe à neuf places sont pourvus chacun d'un cabinet de toilette avec water-closet et sont réservés dans chaque classe, l'un aux dames, l'autre aux non-fumeurs.

Les fumeurs disposent du compartiment de 1^{re} classe à six places et du compartiment de 3^e classe à dix places, qui sont l'un et l'autre dépourvus de cabinet de toilette.

Le compartiment de 1^{re} classe pour dames est tapissé en peluche brune. Les parois sont en noyer rehaussées de moulures et de ciselures dorées.

Le compartiment de 1^{re} classe des non-fumeurs est tapissé en drap bleu.

Les parois sont formées de panneaux en sycomore avec moulures en érable et en noyer.

Le compartiment de 1^{re} classe pour fumeurs est tapissé en maroquin cramoi. Les parois sont recouvertes de Lincrusta-Walton avec placages en acajou.

Les compartiments de 3^e classe sont entièrement tapissés en peluche cramoi et noire.

Le châssis et la carcasse de la caisse sont en chêne blanc.

Le plancher, les cloisons, la toiture et les parois intérieures sont en sapin rouge de Suède.

Les panneaux et les moulures extérieures sont en acajou de Honduras.

Les bogies ont leurs pièces principales en fer forgé.

Les ressorts de suspension et de traction sont en acier Bessemer laminé.

Les centres des roues sont formés de segments en bois de teck. Le moyeu est en fonte.

Les boîtes à graisse sont disposées de manière à permettre d'enlever et de remettre les coussinets en bronze, sans avoir à soulever la caisse de la voiture.

La voiture est éclairée à la lumière électrique.

Elle est pourvue d'un frein à vis ordinaire et du frein continu à vide automatique de la Société anglaise.

Le compartiment à bagages contient des casiers et tablettes pour lettres et paquets, un commutateur pour régler la lumière électrique, la manivelle du frein

à vis, un indicateur du vide du frein continu, un robinet pour agir sur ce frein continu, et des appareils d'intercommunication à corde pour correspondre avec le mécanicien.

Dimensions principales et Poids

BOGIES

Nombre d'essieux par bogie	3
Ecartement d'axe en axe des essieux extrêmes d'un bogie	3 ^m ,60
Ecartement d'axe en axe des bogies	11 , 285

CAISSE

Longueur extérieure de la caisse	17 ^m ,08
Largeur de la caisse extérieure	2 , 44
Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu)	2 , 13
Largeur des compartiments de 1 ^{re} classe	2 , 211
Largeur des compartiments de 3 ^e classe	1 , 83
Largeur du compartiment à bagages	2 , 415
Nombre de places { de 1 ^{re} classe	16
{ de 3 ^e classe	28
{ Ensemble pour les deux classes . .	44

POIDS

Poids de la voiture vide	25000 ^{kg}
Poids mort . { par place offerte en 1 ^{re} classe . . .	722
{ par place offerte en 3 ^e classe . . .	352
{ pour le compartiment à bagages . .	3593

21. — Voiture de 1^{re} classe à compartiments séparés
desservis par un même water-closet,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie française du Midi
(Planches 49-50)

Cette voiture, construite en 1880, dans les ateliers de la Compagnie du Midi, appartient à une série de vingt-cinq voitures du même type, faisant le service des trains express.

Elle comprend trois compartiments de 1^{re} classe; deux de ces compartiments communiquent entre eux, et ont accès dans un cabinet de toilette avec water-closet.

Le troisième compartiment, desservi par un cabinet de toilette particulier avec water-closet, est isolé du groupe des deux autres, et peut être réservé, soit pour dames seules, soit pour une famille.

La caisse est en bois de teck, elle a un double plancher. L'espace compris entre les deux planchers, ainsi que celui compris entre le plafond et la toiture, est garni de varech fortement tassé.

Les portières des compartiments s'encastrent dans les battants inférieurs de caisse pour dégager les marche-pieds; lorsqu'elles sont fermées, elles compriment, dans le bas, un tube en caoutchouc fixé sur le battant, lequel intercepte le passage de l'air. Des garde-mains sont fixés sur les montants d'ouverture du côté des charnières.

Les sièges et les dossiers sont garnis de crin; ils reposent sur des sommiers élastiques.

La garniture intérieure est en drap couleur gris mastic.

Des bandes de caoutchouc, interposées entre la caisse et le châssis, sont destinées à amoindrir les vibrations et la sonorité.

Le châssis est entièrement en fer; les roues sont à centre plein, et les bandages sont fixés aux jantes au moyen d'agrafes genre Mansell.

La voiture est munie du frein à air comprimé Wenger, et de l'intercommunication pneumatique (type Midi) qui permet à tout voyageur, en cas de danger, de serrer les freins, et par suite d'arrêter le train.

Dimensions principales et poids.

CHASSIS

Nombre d'essieux.	2
Écartement d'axe en axe des essieux	4 ^m ,500
Longueur de dehors en dehors des tampons.	8,640
— — — des traverses extrêmes	7,520
Écartement intérieur des brancards.	1,807
Longueur des traverses extrêmes.	2,700
Dimensions des fers en [
des brancards et des tra-	Hauteur 0,250
verses extrêmes . . .	Largeur des ailes. 0,080
	Épaisseur 0,010
	Nombre de lames. 11
	Largeur des lames 0 ^m ,090
Ressorts de suspension. .	Épaisseur des lames. 0,011
	Longueur de la maîtresse lame 2,006
	Flexibilité par tonne. 0,0995
	Nombre de lames. 17
	Largeur des lames 0 ^m ,075
Ressorts de choc? . . .	Épaisseur des lames. 0,010
	Longueur de la maîtresse lame 1,751
	Flexibilité par tonne. 0,0648

Ressorts de traction.	{	Nombre de lames.	7
		Largeur des lames.	0 ^m ,075
		Épaisseur des lames.	0 ,010
		Longueur de la maîtresse lame.	0 ,830
		Flexibilité par tonne.	0 ,0155

ESSIEUX MONTÉS

Fusée.	{	Diamètre	0 ^m ,110
		Longueur	0 ,220
Corps de l'essieu.	{	Diamètre au milieu	0 ,135
		— près de la portée de calage	0 ,150
		— de la portée de calage.	0 ,160
Roues	{	Type.	en fer plein.
		Longueur du moyeu.	0 ^m ,153
		Diamètre à la jante.	1 mètre.
		Nature du métal.	Acier fondu.
		Diamètre au contact des rails.	1 ^m ,120
Poids moyen d'un essieu monté			1.165 ^{kg}
Charge maxima par essieu (sur rails).			6.050

CAISSE

Longueur maxima de la caisse.	7 ^m ,590
Largeur. — —	2 ,760
Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu)	2 ,080
Nombre de compartiments de 1 ^{re} classe.	3
Nombre de places par compartiment de 1 ^{re} classe.	2 de 7 places.
	1 de 6 places
Nombre total de places disponibles.	20

POIDS

Poids de la voiture vide.	10.600 ^{kg}
Poids mort par place offerte.	530

22. — Voiture de 2^e classe à compartiments séparés
desservis par un même water-closet,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Société des chemins de fer italiens
de la Méditerranée

(Planches 49-50)

Cette voiture, qui est montée sur deux essieux, a été construite, en 1889, par la maison Miani, Silvestri et C^{ie} de Milan, et appartient à une série de quatre-vingt-neuf voitures.

Elle comprend quatre compartiments de 2^e classe, qui communiquent entre eux deux à deux, et ont accès, au moyen d'un petit vestibule, dans un water-closet placé au milieu de la voiture.

Les compartiments d'extrémité contiennent chacun neuf places, et les compartiments intermédiaires huit places, ce qui donne en tout trente-quatre places.

L'éclairage est obtenu au moyen du gaz d'huile; les lampes des compartiments sont munies de stores de laine.

La voiture est pourvue du frein continu à air comprimé, automatique, système Westinghouse.

Ses éléments principaux sont les suivants :

Nombre d'essieux.	2	
Écartement d'axe en axe des essieux.	5 ^m ,00	
Longueur du châssis de dehors en dehors des tampons	9,520	
— — — de dehors en dehors des traverses extrêmes	8,360	
Caisse.	Longueur extérieure de la caisse.	8,460
	Largeur — — — — —	2,800
	Largeur intérieure des compartiments	1,855
	Longueur — — — — —	2,650
	Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu)	2,200
	Nombre de places.	34
Poids de la voiture vide.	11.500 ^{kg}	
Poids mort par place offerte.	339	

23. — Voiture de 1^{re} classe à compartiments séparés
avec couloir latéral partiel et water-closet,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie française de l'Est

(Planches 51-52)

Depuis l'année 1878, la Compagnie de l'Est a placé, en tête et en queue de ses trains rapides, des fourgons pourvus d'un cabinet de toilette, avec water-closet et petits compartiments d'attente, que les voyageurs peuvent occuper entre deux stations, en y prenant place lors d'un arrêt.

Trouvant cette mesure insuffisante, en raison de la longue durée des étapes des trains rapides, la Compagnie de l'Est a décidé la construction de voitures de 1^{re} classe, montées sur deux essieux, et munies d'un cabinet de toilette à water-closet, accessible à tous les voyageurs de la voiture. Elle a provisoirement fixé

le nombre de ces voitures à dix, ce qui permet d'en placer une dans chacun des trains rapides.

C'est à ce nouveau type qu'appartient la voiture exposée par la Compagnie de l'Est.

Elle renferme quatre compartiments de 1^{re} classe, munis de portières latérales et débouchant sur un couloir latéral partiel, situé entre les deux compartiments extrêmes, et au milieu duquel se trouve en retrait l'entrée du water-closet. Ce retrait, ménagé pour faciliter la circulation dans le couloir, est en partie occupé par un strapontin réservé au gardien, dans le cas où la voiture serait accompagnée. Le couloir est accessible de l'extérieur au moyen de trois portières, dont deux correspondent à celles des compartiments centraux et une au water-closet.

Les compartiments extrêmes contiennent chacun sept places, et ceux du milieu six places, ce qui donne en tout vingt-six places.

La garniture des compartiments est établie suivant les dispositions adoptées normalement pour tous les compartiments de 1^{re} classe de la Compagnie de l'Est : drap mastic, galon noisette et pavillon en drap, accotoirs mobiles, volets capitonnés, sièges à ressorts montés sur articulations qui permettent, par un mouvement de tirage, de les amener à la position horizontale et d'élargir, par suite, les sièges, de façon à les transformer en lits de repos pour la nuit. Le plancher est recouvert à la fois d'un feutre épais, d'une toile imperméable et d'un tapis en moquette.

Les filets sont à deux étages : celui du haut pour les colis volumineux, celui du bas pour les petits objets.

Les petits filets du bas, sont coupés en leur milieu pour réserver l'emplacement d'une glace étamée.

Enfin, les avis et recommandations aux voyageurs, imprimés en trois langues (français, allemand et anglais), et une carte du réseau de l'Est, placés dans des cadres spéciaux, complètent l'aménagement des compartiments.

Les portières extérieures des compartiments et du couloir sont pourvues d'une serrure avec poignée intérieure permettant aux voyageurs de les fermer sans être obligés d'abaisser le châssis de glace.

Les portes intérieures des compartiments à six places sont munies d'une serrure de sûreté qui permet au besoin, de ce côté, l'isolement des compartiments. Elles sont en outre munies, à leur partie supérieure, d'un châssis vitré mobile. Des châssis semblables règnent également des deux côtés de ces portes. Tous ces châssis, qui permettent la vue du paysage, en même temps que l'aération sur le couloir, peuvent être placés à la hauteur qui convient le mieux au voyageur, grâce à des arrêts à bascule qui s'engagent sur les repos de crémaillères fixées contre les montants des parois.

La disposition de portes développantes a été adoptée pour les deux compartiments à six places, afin d'éviter les accidents qui pourraient, dans un arrêt

Brusque, résulter de la fermeture automatique de portes à coulisses passant rapidement devant les châssis ouverts, dans lesquels un voyageur se trouverait engagé. En outre, les portes développantes donnent une fermeture plus hermétique, et, sous l'action des vibrations de la marche, produisent moins de bruit que les portes à coulisses.

Le couloir est vitré sur sa face extérieure de larges glaces fixes, d'une hauteur telle que les voyageurs de grande taille peuvent voir jusqu'à l'horizon sans être obligés de se baisser. La charpente, en noyer de France, est ornementée, sur les deux faces, de panneaux en cuir gaufré, encadrés de baguettes en noyer d'Amérique. Le plafond est formé de frises en pitch-pin verni.

Water-closet avec lavabo. — Les parois du water-closet sont tendues de moleskine, et le plancher est couvert d'un tapis en caoutchouc.

Un appareil inodore est placé face à la porte d'entrée, contre la paroi longitudinale opposée au couloir. Il est recouvert d'un coffre en noyer verni qui contient une petite armoire et une case ouverte pour accessoires de toilette.

Ce coffre est surmonté d'un meuble renfermant, dans sa partie centrale, un lavabo, et, latéralement, deux armoires pour le linge. La cuvette est fixée à demeure sur la porte du lavabo. Par un simple rabattement de cette porte, on amène la cuvette à sa position d'emploi et sous le jet du robinet d'arrivée d'eau. La vidange s'exécute par la seule fermeture de la porte qui, en renversant la cuvette, rejette les eaux dans le réservoir intérieur, d'où elles s'évacuent sur la voie.

A droite de la porte d'entrée, se trouve un urinoir en porcelaine avec effet d'eau. Cet urinoir est enfermé dans une armoire métallique dont la porte ouverte déborde sur le chambranle de la porte d'entrée du water-closet. Par suite celle-ci ne peut plus être ouverte sans que l'urinoir ait été préalablement refermé. Cette disposition assure, malgré la négligence des voyageurs, la fermeture constante de l'urinoir.

Un second coffre métallique, fermé par une clef spéciale, est placé au-dessous de l'urinoir, et contient un robinet de prise d'eau et les ustensiles de propreté à l'usage des agents chargés de l'entretien.

De plus, l'aménagement du water-closet comprend deux porte-chapeaux sur l'une des parois transversales; sur l'autre paroi, se trouvent une grande glace étamée et un porte-serviette. La tringle, qui maintient la serviette sans fin, ne peut être dégagée qu'au moyen d'une clef spéciale.

La ventilation du water-closet est assurée par un aspirateur à cône placé au plafond, et par une persienne avec obturateur à coulisse fixée sur la paroi longitudinale, au-dessus de la baie, fermée par un verre dépoli, qui fournit l'éclairage de jour.

L'eau nécessaire au siège, au lavabo et à l'urinoir, est fournie par un réservoir

de 250 litres, placé entre le plafond du water-closet et le pavillon de la voiture. Le réservoir, qui occupe en largeur l'espace compris entre les deux parois des compartiments intermédiaires, et se trouve ainsi garanti contre la gelée, repose sur des cornières amovibles pour en permettre la visite, et, au besoin, le démontage. Ces cornières sont masquées par un plafond en pitch-pin.

La canalisation est apparente et comprend : un tuyau de remplissage, un tuyau de trop plein et deux tuyaux de distribution, l'un pour le siège avec branchement pour le lavabo, l'autre pour l'urinoir avec branchement pour le robinet de prise d'eau.

Tous les robinets employés sont à repoussoir et à fermeture automatique.

Le tuyau de remplissage du réservoir débouche au-dessous du cadre de caisse et porte un branchement latéral de façon à présenter un raccord à vis des deux côtés de la voiture. Le remplissage se fait, soit au moyen de ces raccords et en utilisant la canalisation d'eau des gares, soit, dans le cas où cette canalisation fait défaut, au moyen d'une petite pompe rotative qui débite 2 000 litres à l'heure et qui se trouve montée sur un brancard du châssis.

Les matières provenant du water-closet sont recueillies dans une tinette métallique suspendue sous le châssis et dont le trop plein liquide s'évacue par un siphon. Cette tinette est suspendue sur un système à leviers qui en permet le dégagement et l'enlèvement pour le nettoyage.

Caisse. — La caisse est construite en bois de teck, avec panneautage en tôle d'acier de 1 mil. 1/4. Ces panneaux, comme dans toutes les voitures de la Compagnie de l'Est, sont cloués par leurs bords sur les montants de la carcasse de caisse, sur les brancards et sur les battants de pavillon. Les joints sont recouverts, sur les quatre angles de la caisse, par des cornières, sur les montants par des couvre-joints en fer ayant la section de segment de cercle, et autour des baies et des portières, par des recouvrements et des encadrements en laiton.

Pour annuler autant que possible les vibrations du roulement, la caisse repose sur le châssis par l'intermédiaire de cales en caoutchouc. De plus, la plate-forme est pourvue de deux planchers dont l'intervalle est rempli de varech.

Le plancher inférieur est recouvert extérieurement, dans la partie centrale où sont placés les conduites et les réservoirs à gaz sous pression, de feuilles de tôle étamée, pour le protéger contre les risques d'incendie qui pourraient résulter de fuites aux réservoirs à gaz destinés à l'éclairage de la voiture.

La caisse a reçu toute la largeur permise par le gabarit de l'Est, étant donnée la condition que la possibilité de circuler sur les marchepieds devait être maintenue. La hauteur intérieure a été portée à son maximum par une surélévation du pavillon.

Châssis. — Le châssis, complètement construit en fer, est du type depuis

longtemps adopté par la Compagnie de l'Est pour tous ses véhicules à voyageurs. Il consiste principalement en deux brancards en fer à I reliés par deux traverses extrêmes en fer à [.

Ce cadre est relié transversalement par trois traverses intermédiaires également en fer à [et quatre longrines en cornière.

Tous les assemblages sont consolidés par des équerres et des goussets qui assurent la rigidité du système.

Les dispositions de détail adoptées depuis 1878 par la Compagnie de l'Est, pour les châssis des véhicules à voyageurs, n'ont subi aucune modification et se retrouvent dans cette construction. Nous mentionnerons cependant :

La modification du profil des brancards portés de $220 \text{ m/m} \times 100 \text{ m/m}$ à $250 \text{ m/m} \times 100 \text{ m/m}$, en raison du poids croissant des véhicules, de l'augmentation de leur longueur et de l'écartement des roues ;

Le déplacement des appareils de choc et de traction reportés aux extrémités du châssis, tant par économie de poids mort que pour atténuer les inconvénients d'une traction centrale sur des véhicules de grande longueur ;

Et enfin, l'augmentation du jeu transversal et du jeu longitudinal des boîtes pour éviter des chocs résultant de leur contact avec les plaques de garde. Ce jeu est de 10 millimètres de chaque côté dans le sens longitudinal et dans le sens transversal.

Éclairage. -- La voiture est éclairée au gaz. Les appareils adoptés sont ceux de la Société internationale d'éclairage par le gaz d'huile, appliqués depuis quelques années à un certain nombre de voitures de la Compagnie de l'Est.

Le gaz est comprimé à 7 kilogrammes dans trois réservoirs placés sous le châssis de la voiture et dont la capacité totale est de 845 litres. Avant d'arriver aux lanternes, il est détendu dans un régulateur placé également sous le châssis.

Le nombre des lanternes est de six : une par compartiment, une pour le couloir, une pour le water-closet.

Les lanternes des compartiments et celle du couloir sont munies d'un brûleur intensif, système Delmas, qui a pour effet, par le réchauffement préalable de l'air destiné à la combustion, d'augmenter le pouvoir éclairant de 40 % environ, à égalité de consommation. La flamme des brûleurs intensifs est horizontale.

La lanterne du water-closet est une lanterne normale à brûleur Manchester à flamme verticale. La coupe de cette lanterne peut s'ouvrir de l'intérieur du water-closet à l'aide d'une clef spéciale pour permettre le nettoyage et l'entretien du brûleur qu'on ne pourrait faire que difficilement du pavillon de la voiture, à cause de la profondeur de la cage de cette lanterne. Les opérations d'allumage et d'extinction se font cependant du toit du véhicule comme pour les autres lanternes.

Les lanternes des compartiments sont munies des appareils de mise en veil-

leuse automatique par le store; la réduction de la flamme ne se produit que si les deux demi-stores sont tous deux fermés. En outre, un robinet de mise en veilleuse générale, placé à l'extérieur de la voiture, permet de mettre à la fois toutes les lanternes du véhicule en veilleuse pour l'éclairage de jour pendant la traversée des tunnels.

Chauffage. — Le chauffage de la voiture est obtenu au moyen de bouillottes à eau chaude, comme pour les autres voitures de la Compagnie de l'Est.

Appareil de sécurité. — Comme appareil de sécurité la voiture est munie :

1° Des appareils d'intercommunication électrique étudiés par la Compagnie de l'Est et appliqués actuellement à tout son matériel à voyageurs. L'appareil d'appel est placé dans le couloir, près de la porte du water-closet.

2° Du frein Westinghouse à huit sabots, du type normal de la Compagnie de l'Est, ne présentant d'autre particularité que l'emploi, dans la timonerie, de *connecteurs* placés au-dessus des essieux. Cette disposition nécessitée par la forme des chariots à niveau de la Compagnie de l'Est, a l'avantage de permettre le remplacement des essieux sans démontage d'aucune pièce du frein.

Dimensions principales et poids.

CHASSIS

Nombre d'essieux.	2
Écartement d'axe en axe des essieux.	5 ^m , 700
Longueur de dehors en dehors des tampons.	10 , 800
— — — des traverses extrêmes.	9 , 600
Écartement intérieur des brancards	1 , 800
Dimensions des fers en I { des brancards	Hauteur 0 , 250 Largeur des ailes 0 , 100 Épaisseur 0 , 010
Dimensions des fers en C { des traverses extrêmes	Hauteur 0 , 250 Largeur des ailes 0 , 080 Épaisseur 0 , 010
Dimensions des fers en C { des traverses intermé- diaires	Hauteur 0 , 160 Largeur des ailes 0 , 055 Épaisseur 0 , 008
Dimensions des fers cor- nières des flèches	Largeur des ailes 0 ^m , 070 et 0 , 060 Épaisseur 0 , 008 Nombre de lames 8 Largeur des lames 0 ^m , 090 Épaisseur des lames 0 , 015 Longueur de la maîtresse lame entre les points de contact 2 , 400
Ressorts de suspension.	Corde de fabrication 2 , 254 Flèche de fabrication. 0 , 355 Flexibilité par tonne (sans bride) 0 , 092 Poids 128 ^{kg} .

Ressorts de choc . . .	{	Nombre de lames	16
		Largeur des lames	0 ^m ,075
		Épaisseur des lames	0 , 010
		Longueur de la maîtresse lame entre	
		les points de contact	1 , 750
		Corde de fabrication	1 , 570
		Flèche de fabrication	0 , 330
		Flexibilité par tonne (sans bride)	0 , 0697
		Poids	100 ^{kg} ,689
		Nombre de lames	5
Ressorts de traction . . .	{	Largeur des lames	0 ^m ,075
		Épaisseur des lames	0 , 012
		Longueur de la maîtresse lame entre	
		les points de contact	1 , 000
		Corde de fabrication	0 , 973
		Flèche de fabrication	0 , 100
		Flexibilité par tonne (sans bride)	0 , 0225
		Poids	23 ^{kg} ,340

ESSIEUX MONTÉS

Fusée.	{	Diamètre	0 ^m ,120
		Longueur	0 , 220
Corps de l'essieu	{	Diamètre au milieu	0 , 140
		— près de la portée de calage	0 , 145
		— de la portée de calage	0 , 160
Ecartement de milieu en milieu des fusées et des ressorts. 1 , 940			
Longueur totale de chaque essieu 2 , 200			
Poids d'un essieu. 204 kg			
Roues	{	Largeur du bandage	0 ^m ,135
		Épaisseur normale du bandage.	0 , 060
		Hauteur du boudin	0 , 027
		Écartement intérieur des bandages	1 , 360
		Poids d'un bandage	211 kg
		Poids d'un corps de roue	182
		Poids moyen d'une paire de roues montées	1090
		Poids de la boîte à huile montée. 54 , 3	

CAISSE

Longueur extérieure de la caisse.	{	En haut.	9 ^m ,700
		A la ceinture.	9 , 690
		En bas.	9 , 650
Longueur intérieure de la caisse à la ceinture.	{	En haut.	9 , 570
		En bas.	2 , 840
Largeur extérieure de la caisse.	{	A la ceinture	2 , 820
		En bas	2 , 700
Largeur intérieure de la caisse à la ceinture.		2 , 650	

Hauteur extérieure de la caisse.	Sur les côtés.	2 ^m ,100
	Au milieu.	2,500
Hauteur intérieure du dessus du plancher au dessous du pavillon	Sur les côtés.	2,000
	Au milieu. {	Compartiment à 7 places.
		Compartiment à 6 places.
		2,300
Nombre de compartiments à voyageurs	à 7 places.	2
	à 6 places.	2
Nombre de places offertes.		26
Compartiments.	Largeur d'un compartiment entre les cloisons.	2 ^m ,150
	Longueur d'un compartiment extrême.	2,650
	— — — — — intermédiaire.	1,945
	Intervalle entre les banquettes.	0,630
	Profondeur des banquettes à l'état ordinaire.	0,495
Couloir latéral.	— — — — — tirées pour former le lit de repos.	0,645
	Longueur.	5,200
	Largeur.	0,660
	Hauteur intérieure au milieu.	2,200
	Longueur.	1,505
Water-closet avec lavabos	Largeur.	0,860
	Hauteur intérieure.	2,030
	Largeur de la porte.	0,550

POIDS

Poids de la voiture vide.		14.000 ^{kg} .
suivant détail ci-après :		
Châssis	2 paires de roues montées.	2.180 ^{kg} .
	Ressorts et boîtes complètes.	960
	Fers spéciaux, ferrures, tôles, fonte.	2.800
	Frein Westinghouse	570
	Ferrures, tôles, fonte, acier, laiton, nickel, etc.	1.920
	Garniture (drap, galon, crin)	560
Caisse.	Bois	4.000
	Appareils d'éclairage au gaz (réservoirs, canalisation, lanternes).	600
	Réservoir d'eau supposé plein. Pompe rotative avec accessoires et tinette mobile.	410
	Total pareil.	14.000
Poids mort par place offerte.		538

24. — Voiture de 1^{re} classe à intercirculation
avec couloir latéral extérieur,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Société des chemins de fer italiens de la Méditerranée
(Planches 53-54)

Cette voiture qui est montée sur trois essieux a été construite en 1889, à Naples, dans les ateliers de la Société de la Méditerranée.

Douze voitures de ce type sont actuellement en service, dont sept de 1^{re} classe et cinq de 2^e classe.

La voiture exposée comprend quatre compartiments de 1^{re} classe contenant chacun six places, soit ensemble vingt-quatre places. Elle comporte en outre un water-closet et un couloir latéral extérieur qui règne sur toute la longueur de la voiture.

Chaque compartiment est pourvu de deux portières, dont l'une donne à l'extérieur de la voiture et l'autre sur le couloir.

Le water-closet se trouve au milieu de la voiture; sa porte donne sur le couloir.

On accède au couloir, de l'extérieur, au moyen de quatre portillons qui correspondent aux portières des compartiments. A chaque extrémité du couloir se trouve une passerelle permettant de passer d'une voiture à l'autre.

Les châssis vitrés des compartiments sont garnis de rideaux équilibrés du système Peters.

Les compartiments, le water-closet et le couloir latéral sont éclairés par des lampes à gaz d'huile. Les lampes des compartiments sont munies de stores automatiques, système Monnot.

La voiture est pourvue du frein à vis, du frein continu à air comprimé automatique, système Westinghouse, et d'une vigie placée à l'une des extrémités de la voiture.

Ses éléments principaux sont les suivants :

Nombre d'essieux.	3
Écartement d'axe en axe des essieux extrêmes	4 ^m , 800
Longueur du châssis de dehors en dehors des tampons.	10 , 385
— — — des traverses extrêmes	9 , 060
Caisse . . {	Longueur extérieure de la caisse. 9 , 160
	Largeur — — — — — 2 , 800
	Largeur intérieure des compartiments. 2 , 040
	Longueur — — — — — 2 , 000
	Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu). 2 , 075
	Nombre de places. 24
Poids de la voiture vide.	14.500 ^{kg} .
Poids mort par place offerte.	604

25. — Voiture de 1^{re} classe
à intercirculation avec couloir latéral intérieur,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Société des chemins de fer italiens de la Méditerranée
 (Planches 53-54)

Cette voiture qui est montée sur deux essieux a été construite en 1889, à Naples, les ateliers de la Société de la Méditerranée.

Cette société possède actuellement quarante-huit voitures de ce type, dont trente-six de 1^{re} classe et douze de 2^e classe.

La voiture exposée renferme trois compartiments de 1^{re} classe et un water-closet qui sont desservis par un couloir latéral débouchant à ses extrémités sur deux plates-formes auxquelles on accède par des escaliers latéraux.

Ces plates-formes sont entourées d'une balustrade; sur chacune d'elles s'ouvrent indépendamment de la porte qui donne accès dans le couloir, trois portillons dont deux correspondant aux escaliers latéraux et le troisième à une passerelle centrale de communication d'une voiture à l'autre.

Deux des compartiments de 1^{re} classe contiennent six places chacun et le troisième cinq places, soit ensemble dix-sept places.

Le compartiment à cinq places occupe une extrémité de la voiture et le water-closet l'autre extrémité.

Les portes des compartiments, leurs parois latérales et la face extérieure du couloir sont munies de châssis vitrés mobiles, avec rideaux équilibrés, du système Peters. Les châssis situés à l'extérieur de la voiture sont en outre pourvus de jalousies en acajou.

La garniture intérieure des compartiments est en reps de laine et soie couleur noisette.

Les parois ainsi que le plafond des compartiments et du couloir sont revêtus de panneaux d'érable et d'acajou.

Les compartiments, le water-closet, le couloir et les deux plates-formes sont éclairés par des lampes au gaz d'huile, du système Pintsch. Les lampes des compartiments sont munies de stores automatiques, système Monnot.

La voiture est chauffée par la vapeur au moyen du système Haag.

Elle est pourvue du frein à vis et du frein continu à air comprimé automatique, système Westinghouse.

Ses éléments principaux sont les suivants :

Nombre d'essieux.	2
Écartement d'axe en axe des essieux extrêmes.	5 ^m ,00
Longueur du châssis de dehors en dehors des tampons	10 ,290
— — — des traverses extrêmes	8 ,800

Caisse . .	Longueur extérieure de la caisse.	7 ^m , 490
	Largeur — — — — —	2 , 950
	Largeur intérieure des compartiments.	2 , 150
	Longueur — — — — —	2 , 020
	Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu).	2 , 140
	Nombre de places.	17
Poids de la voiture vide.		13.300 ^{kg} .
Poids mort par place offerte.		782

26-27-28. — Voitures de 1^{re}, de 2^e et de 3^e classe
à intercirculation avec couloir latéral intérieur,
pour voie de 1^m,44,
exposée par l'Administration des chemins de fer de l'État français
(Planches 55-56)

Ces trois voitures sont en tout semblables aux spécimens qui sont en service sur le réseau de l'État et qui ont été construits en 1888 par la Société générale des Forges et Ateliers de Saint-Denis.

Elles sont montées sur des bogies à deux essieux.

On s'est conformé, en étudiant le type de ces voitures, à l'avis exprimé par la Commission chargée d'étudier les mesures à prendre pour assurer aux voyageurs en chemin de fer de nouvelles garanties de protection et de sécurité (1).

(1) Cette Commission, instituée par décision de M. Baihaut, Ministre des travaux publics, le 23 janvier 1886, était ainsi composée :

MM. Brame, Inspecteur général des ponts et chaussées, *Président*;
Gauckler, de la Tournerie, Inspecteurs généraux des ponts et chaussées;
Luuyt, Inspecteur général des mines;
Vicaire, Ingénieur en chef des mines;
Lucas, Ingénieur en chef des ponts et chaussées;
Gottschalk, Déprez (Marcel), Armengaud (Jules), Ingénieurs civils;
Clerault, Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie de l'Ouest;
Henry, Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie de Lyon;
Bandérali, Ingénieur chargé du service central du matériel et de la traction de la Compagnie du Nord;
Parent, Ingénieur en chef de la deuxième division des services techniques de la direction de réseau d'Etat;
Polonceau, Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie d'Orléans;
Aguillon, Ingénieur en chef des mines, *Secrétaire*;
Walckenaer, Ingénieur des mines, *Secrétaire adjoint*.

L'auteur de la « Note sur le type des voitures à voyageurs à adopter dans l'avenir » qui a été annexée au Rapport du Président de cette Commission, après avoir exposé ses vues personnelles sur les conditions que doivent remplir les voitures à construire, conclut ainsi :

« En résumé, bien que les renseignements recueillis par la Commission n'aient pas démontré que les voitures à intercirculation fussent supérieures aux voitures à compartiments séparés, au point de vue de la sécurité proprement dite, c'est-à-dire de la rareté des attentats criminels, la Commission a reconnu que les voyageurs faibles sont mieux protégés dans les voitures à circulation intérieure que dans nos voitures actuelles, contre les entreprises et les obsessions des gens grossiers ou importuns.

« Il est certain, en outre, que l'accès des water-closets en cours de marche et la faculté de se déplacer pendant quelques instants dans les longs parcours sans arrêt, sont des avantages très appréciés par tous.

« L'examen de ces derniers avantages n'entre pas, il est vrai, dans le cadre tracé à la Commission ; nous avons cru néanmoins devoir les rappeler ici, parce qu'ils ont certainement influé sur la décision de la plupart de ses membres.

« Nous proposons, en conséquence, d'émettre l'avis que, sans imposer aucune disposition particulière, il y a lieu de recommander à chacune des Compagnies et à l'Administration des chemins de fer de l'État, de mettre à l'étude un type de voitures à communication intérieure, afin de permettre l'expérimentation de ces voitures sur quelques trains de grand parcours. ».

Les conditions que l'Administration des chemins de fer de l'État s'est posées sont les suivantes :

Permettre, pour les voitures de toutes classes, la circulation d'un bout à l'autre de chaque voiture, et au besoin d'une voiture à l'autre.

Rendre accessible aux voyageurs de toutes classes les water-closets en cours de marche.

Conserver néanmoins des compartiments distincts permettant l'isolement relatif des familles, des dames voyageant seules et des fumeurs.

Conserver des banquettes assez longues pour qu'on puisse s'y étendre si l'on n'a pas de voisin de voyage.

Permettre la vue du paysage des deux côtés de chaque compartiment.

Donner aux voitures la douceur d'allure des voitures américaines.

Ne pas dépasser, s'il est possible, le poids mort et le prix par place des voitures actuelles.

Toutes ces conditions, sauf la dernière, sont remplies par les voitures exposées.

On a conservé aux compartiments de toutes classes les dispositions déjà adoptées pour le type à compartiments séparés de 1880, et décrites précédemment dans les notices 2 et 3.

On a ajouté toutefois un petit ventilateur circulaire dans chaque compartiment, et l'on a appliqué dans le plafond du couloir, des ventilateurs analogues, mais de plus grandes dimensions. Quelques strapontins ont été également placés dans les couloirs. Les châssis vitrés mobiles extérieurs des compartiments et du couloir s'ouvrent de bas en haut et ne permettent pas de passer la tête hors de la voiture, ce qui évite toute chance d'accident.

Les voitures de 1^{re} et de 2^e classe contiennent deux water-closets, l'un pour les dames, l'autre pour les hommes.

La voiture de 3^e classe possède un seul cabinet commun, l'emplacement du second cabinet étant employé par la vigie pour la manœuvre du frein à vis.

Les freins à air comprimé système Wenger sont à huit sabots pour chaque bogie.

Les lanternes à gaz d'huile sont du type ordinaire pour les voitures de 2^e et de 3^e classe, elles sont à flamme renversée avec becs intensifs pour les voitures de 1^{re} classe.

Le chauffage est assuré au moyen d'un système de thermo-siphon avec bouillottes tubulaires fixes.

Ce système se compose (voir pl. 55-56) :

1^o De deux chaudières à foyer central fixées sous le châssis et chauffées avec du coke de tourbe contenu dans des paniers mobiles qui peuvent être manœuvrés d'un côté ou de l'autre de la voiture ;

2^o D'un collecteur d'eau chaude placé longitudinalement dans un angle inférieur du couloir. Ce collecteur chauffe le couloir et distribue l'eau chaude dans les chaufferettes, par des conduites placées entre les planchers ;

3^o De chaufferettes formées d'une série de petits tubes en acier réunis à chaque extrémité par un culot. Ces chaufferettes, installées sur le plancher de la voiture, ont la longueur du compartiment et une hauteur maximum de 25 millimètres ; elles disparaissent presque complètement dans l'épaisseur des tapis ou des baguettes des planchers ;

4^o D'un tuyau de retour d'eau froide, placé à l'extérieur contre le bran-card et du côté opposé au collecteur d'eau chaude, qui reçoit l'eau refroidie sortant des chaufferettes, et la ramène dans le bas des chaudières pour être réchauffée et retournée au collecteur d'eau chaude.

Le tableau ci-après résume les dimensions, poids et prix par place de ces voitures à intercirculation.

DÉSIGNATION des Voitures	Nombre de Places	Largeur d'un compartiment	LONGUEUR		Volume par place	POIDS MORT		PRIX	
			d'un compartiment	par place		Total	par place	Total	par place
		mètres	mètres	mètres	mètres	kilog.	kilog.	francs	francs
1 ^{re} classe . . .	36 ⁽¹⁾	2,150	2,260	0,753	1,781	26.000	722	29.700	825
2 ^e classe . . .	56	1,888	2,260	0,565	1,174	25.100	448	22.800	407
3 ^e classe . . .	80	1,650	2,260	0,452	0,810	25.000	312	17.500	219

(¹) Il n'existe en réalité que 30 places, parce que les voitures construites jusqu'ici comportent 3 places de compartiment lits-toilettes et 3 places de coupé ordinaires.

Les poids et prix ci-dessus comprennent le frein Wenger, l'éclairage au gaz et l'intercommunication, mais non les appareils de chauffage.

29. — Voiture de 1^{re} classe
à intercirculation avec couloir latéral intérieur
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie française d'Orléans
(Planches 57-58)

Cette voiture qui est montée sur bogies à deux essieux est un spécimen des voitures de 1^{re} classe à intercirculation destinées au service des trains rapides de jour sur la ligne de Paris à Bordeaux, concurremment avec les voitures à compartiments séparés.

Elle comprend sept compartiments desservis par un couloir latéral intérieur aboutissant à deux plates-formes extrêmes complètement fermées, auxquelles on accède par des escaliers latéraux. Deux water-closets avec lavabo, l'un pour les dames, l'autre pour les hommes, débouchent sur les plates-formes. Enfin des passerelles fermées permettent de passer d'une voiture dans l'autre pendant la marche.

Les compartiments contiennent chacun six places, soit ensemble quarante-deux.

Les places sont séparées par des accoudoirs mobiles.

Les sièges sont munis d'un mécanisme spécial permettant de les tirer de façon à en augmenter considérablement la profondeur et à les transformer à peu près en fauteuils-lits.

Dans chaque compartiment se trouvent, du côté de l'extérieur, deux larges baies de 0^m,810 sur 0^m,680 surmontées par des glaces dormantes de 0^m,308 sur 0^m,680; le tout donne au compartiment toute la clarté qu'on peut désirer. Les baies sont munies de doubles châssis de glace, garnis de velours, dont la manœuvre est facilitée par des contrepoids. Une languette ou clé mobile appliquée par un ressort sur le châssis intérieur, s'oppose au passage de l'air sur les côtés. Pendant l'été, le châssis intérieur est remplacé par une persienne garnie de toile métallique. Enfin le châssis de glace extérieur porte une barre mobile qui empêche de se pencher au dehors, quand les châssis sont abaissés.

Du côté du couloir, le compartiment est fermé par une porte roulante vitrée, portée et guidée par des galets en caoutchouc. Les inscriptions : *Fumeurs, Dames, loué*, etc., peuvent être fixées sur cette porte.

Des deux côtés de la porte roulante se trouvent des glaces fixes.

Des filets pour les petits colis et d'autres plus petits pour les parapluies, etc., sont disposés au-dessus des dossiers des sièges. Entre ces dossiers et les filets, on a placé une glace-miroir très étroite qui ajoute encore à la clarté des compartiments, sans gêner les personnes qui sont assises.

Un ventilateur est placé entre les deux grandes baies qui éclairent chaque compartiment.

Le couloir qui contient trois strapontins est fermé à ses deux extrémités par des portes flottantes qui le séparent des plates-formes. Il reçoit le jour de l'extérieur par des baies semblables à celles des compartiments, munies comme ces dernières de doubles châssis de glace; il contient aussi cinq grandes glaces-miroirs et le bouton d'alarme d'intercommunication électrique du type ordinaire de la Compagnie.

Les plates-formes, comme nous l'avons déjà dit, sont complètement fermées et donnent accès aux escaliers, au couloir, aux water-closets et aux passerelles de communication. L'une contient un strapontin, l'autre la commande à la main du frein.

Les passerelles sont entourées par un soufflet en cuir fermé à la partie inférieure par une toile. Les voyageurs peuvent donc passer d'une voiture à l'autre, pendant la marche, sans être incommodés par les courants d'air ou la poussière.

Les escaliers, larges de 0^m,980, composés de marches de 255 millimètres de hauteur, sont très doux à la montée et à la descente.

L'intérieur des compartiments, du couloir et des plates-formes est tendu en drap noisette de la nuance en usage pour les compartiments de 1^{re} classe.

Des doubles plafonds et des doubles planchers, remplis de cellulose en poudre,

garantissent les voyageurs du froid et de la chaleur; ils diminuent, en outre, le bruit qui résulte de la marche.

Châssis et caisse. — Ce qui caractérise principalement la construction de la voiture exposée, c'est que le châssis, entièrement en acier, fait corps avec la caisse. Il se compose essentiellement de deux poutres de résistance dont chacune est formée d'une tôle de 5 millimètres d'épaisseur, de 17^m,050 de longueur et de 1^m,127 de hauteur.

La partie inférieure de la poutre est renforcée par une pièce en acier (— de 175^m/_m × 60^m/_m × 8^m/_m).

La partie supérieure est munie d'une double ceinture formée du côté de l'intérieur de la voiture par une pièce en acier (— 80^m/_m × 30^m/_m × 6^m/_m) et, du côté de l'extérieur, par une moulure en acier formant bandeau.

Cette poutre forme le revêtement extérieur de la caisse dans toute la partie comprise en-dessous des fenêtres. Elle est reliée à tous les montants en bois et aussi à des équerres en acier (— de 80^m/_m × 30^m/_m × 6^m/_m) solidement fixées sur les traverses. Ces équerres placées au droit de chaque cloison sont de deux sortes : les unes s'arrêtent à la ceinture, les autres, celles qui sont placées au droit des pivots et près du milieu, enveloppent complètement la caisse.

Les traverses extrêmes (— de 250^m/_m × 80^m/_m × 10^m/_m en acier) et les traverses intermédiaires (— de 175^m/_m × 60^m/_m × 8^m/_m en acier), placées dans chaque cloison, sont fixées par des équerres à la partie inférieure des poutres de résistance.

Les traverses, par l'intermédiaire desquelles les châssis reposent sur les trucs, sont composées de deux pièces en acier de la même section (— 175^m/_m × 60^m/_m × 8^m/_m) reliées en haut et en bas par de fortes semelles; ces doubles traverses servent de point d'appui aux appareils d'attelage. Ces appareils d'attelage, qui sont du système de M. Dutheil, assurent le contact permanent des tampons dans les courbes de faible rayon tout en conservant une rigidité qui s'oppose au mouvement de lacet.

Des filets longitudinaux en acier soutiennent la cloison du couloir et le plancher. De nombreux goussets en tôle d'acier de 5 millimètres consolident cet ensemble dans le plan horizontal. Enfin, le double plancher est constitué à sa partie inférieure par une tôle d'acier de 2 millimètres solidement reliée au châssis.

Les plates-formes sont fixées aux traverses de têtes par de fortes équerres; elles prennent également un point d'appui sur les poutres de résistance au moyen de contrefiches disposées à cet effet.

Ce mode de construction, bien que le châssis soit composé de pièces de dimensions réduites, donne à la voiture une grande solidité, sans l'emploi d'armatures extérieures qui nuisent à l'aspect général. Il est à remarquer d'ailleurs

que les poutres sont disposées de manière à résister non seulement à la flexion verticale, mais aux efforts horizontaux pouvant résulter de chocs violents.

Les tôles d'acier de $17^m,050 \times 1^m,127 \times 5^m/m$, qui entrent dans la composition des poutres de résistance, ont été laminées par les usines du Creusot.

Bogies. — Les bogies ou trucs sont à deux essieux, avec double suspension et traverse mobile. Les essieux sont en acier.

Les six ressorts, composant les deux suspensions de chaque bogie, sont disposés parallèlement aux longerons qui sont formés d'une tôle en acier découpée, analogue à celle des longerons de machines et tenders.

La traverse mobile (poutre en tôle et cornières d'acier) supporte en son milieu le poids de la caisse, par l'intermédiaire d'une crapaudine en bronze dur, traversée par une cheville ouvrière. Des glissières horizontales limitent les mouvements oscillatoires de la caisse par rapport à cette traverse. Des glissières verticales guident la suspension dans le sens longitudinal; elles sont placées entre les traverses et les longerons du truc.

La traverse mobile dont il s'agit repose par ses deux extrémités sur des ressorts A, placés extérieurement aux longerons, ce qui donne une grande stabilité à la suspension. Les dimensions de ces ressorts sont les suivantes :

Nombre de lames	16
Largeur des lames	0 ^m 090
Épaisseur des lames	0 010
Longueur de la maîtresse lame	1 ,286
Flexibilité par tonne	0 ,0248

Les extrémités des ressorts A d'un même truc sont reliées par deux tiges horizontales qui jouent le rôle de la *swing plank* des trucs américains. Ces tiges sont attachées aux longerons du truc par des bielles inclinées dont le but est de ramener la caisse dans sa position normale quand elle a été déplacée, soit par des chocs, soit par un passage en courbe.

Les ressorts de la deuxième suspension, ou ressorts B, qui reposent directement sur les boîtes à huile, sont reliés aux longerons du truc par des supports à réglage permettant de donner aux tampons la hauteur convenable. Les dimensions de ces ressorts sont les suivantes :

Nombre de lames	13
Largeur des lames	0 ^m 090
Épaisseur des lames	0 010
Longueur de la maîtresse lame	1 657
Flexibilité par tonne	0 064

La flexibilité totale de cette suspension, rapportée à une charge de 1 tonne *par fusée*, est de 0^m,1136.

Tous les ressorts sont en acier de qualité supérieure, donnant aux essais un allongement de 0^m,007.

Des chaînes de sécurité limitent le mouvement de rotation du truc; elles sont fixées d'une part au châssis du truc, de l'autre au châssis de la caisse.

Les boîtes à huile sont disposées de manière à permettre la visite de la fusée, ainsi que le remplacement des coussinets et des tampons graisseurs, sans qu'il soit nécessaire de soulever la voiture.

A cet effet, le coussinet est logé dans une cale qui peut être dégagée en soulevant la boîte de 10 millimètres seulement, au moyen d'un vérin de 0^m,300 de hauteur environ, comme cela est représenté par le dessin de la planche 57-58.

Le même dessin montre que le tampon graisseur peut également être enlevé avec le réservoir d'huile qui le contient.

D'autre part, le champignon, qui se trouve habituellement à l'extrémité de l'essieu, a été supprimé. Une butée, qui fait partie de la cale, dans laquelle est logé le coussinet, empêche ce coussinet de venir porter dans le congé de la fusée placé du côté de la roue. Cette disposition a pour effet de diminuer, dans de fortes proportions, les chances de chauffage.

Éclairage. — L'éclairage des compartiments, plates-formes, couloir et water-closets est obtenu au moyen des lampes système Shallis et Thomas, en usage à la Compagnie d'Orléans, et décrites en détail à propos de la voiture de 1^{re} classe à compartiments séparés (notice n° 1).

Chauffage. — Le chauffage est obtenu au moyen du thermo-siphon (appareil à circulation d'eau chaude) usité pour les voitures à lits-toilette de la Compagnie d'Orléans.

Pour éviter de donner au poêle de trop fortes dimensions, on a muni ces grandes voitures de deux appareils qui en chauffent chacun la moitié. L'eau chaude circule dans des chaufferettes en tôle galvanisée, placées dans chaque compartiment. Un mécanisme de réglage, placé auprès de chaque chaufferette, permet d'arrêter à volonté la circulation de l'eau pour régler la température. Le couloir est chauffé par les tuyaux des poêles autour desquels on a ménagé une circulation d'air; de plus, une double enveloppe, remplie de laine de scorie, protège la charpente des inconvénients qui pourraient résulter d'un trop fort chauffage.

Appareil de sécurité. — La voiture est pourvue de l'appareil d'intercommunication électrique, du type ordinaire de la Compagnie d'Orléans. Le bouton d'alarme est placé dans le couloir.

La voiture est en outre munie du frein continu à air comprimé, système Wenger, à un seul cylindre. La timonerie a été disposée de façon à n'exercer aucun effort sur le pivot.

Dimensions principales et poids.

BOGIES

Nombre d'essieux par bogie	2
Ecartement d'axe en axe des deux essieux d'un bogie.	2 ^m ,800
— — des bogies	11 ,240
Ressorts (<i>Voir ci-dessus</i> page 369).	

ESSIEUX MONTÉS

Fusées. . {	Diamètre.	0 ^m ,130	
	Longueur	0 ,252	
Pression par centimètre carré.		17 ^{kg} ,23	
Travail de frottement à la vitesse de 75 kilomètres		1 ^{kgm} ,77	
Corps de l'essieu {	Nature du métal.	Acier.	
	Diamètre au milieu	0 ^m ,145	
	Diamètre de la portée de calage conique {	extérieur. 0 ,1595	
		intérieur. 0 ,160	
Roues. . {	Centres . {	Type : pleins à nervures (système L. Arbel)	
		Longueur du moyen.	0 ,150
		Diamètre de la jante	0 ,900
	Bandages {	Nature du métal.	Acier.
		Diamètre au contact.	1 ^m ,040
Rapport du diamètre de la fusée au diamètre de la roue.		0 ,125	
Poids moyen d'un essieu monté.		1.225 ^{kg} .	
Charge maxima par essieu . {	Sur les rails.	9.162	
	Sur les deux fusées.	7.937	

CHASSIS ET CAISSE

Longueur hors tampons.	20 ^m ,190
— maxima du pavillon, suivant l'axe longitudinal.	19 ,410
— de la caisse, non compris les plates-formes.	17 ,050
Nombre de compartiments.	7
— de places par compartiment	6
— total de places	42
— de water-closets avec lavabo.	2
Dimensions d'un compartiment. {	Longueur 2 ^m ,00
	Largeur. 2 ,150
Dimensions du couloir latéral. . {	Longueur 15 ,3330
	Largeur. 0 ,758
Hauteur intérieure du plancher au plafond, (au milieu).	2 ,250

POIDS

Poids de la voiture vide.	33.000 ^{kg} .
Poids mort par place offerte.	786

30. — Voiture mixte de 1^{re} et 2^e classes
à intercirculation avec couloir latéral intérieur,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Société des ateliers de construction de Malines
(Belgique)
(Planches 59-60)

Cette voiture, qui est montée sur bogies à deux essieux, appartient à une série de quinze voitures semblables, que l'administration des chemins de fer de l'État belge a fait construire, en 1889, pour faire le service direct entre Ostende et Bâle.

Elle comprend cinq compartiments, dont deux de 1^{re} classe à six places, et trois de 2^e classe à huit places, ce qui représente douze places de 1^{re} classe et vingt-quatre places de 2^e classe, soit en tout trente-six places.

Un couloir latéral, coupé dans sa longueur par une porte séparative des deux classes, dessert les compartiments ainsi que deux water-closets situés aux extrémités de la voiture, et affectés, l'un aux voyageurs de 1^{re} classe, l'autre à ceux de la 2^e classe.

Le couloir communique à chacune de ses extrémités, au moyen d'une porte battante, avec une plate-forme à laquelle on accède par deux escaliers latéraux. Cette plate-forme est couverte mais non fermée. Elle est entourée d'une clôture pleine à hauteur d'appui dans laquelle se trouvent trois portillons, dont deux correspondent aux escaliers, et le troisième à une passerelle centrale qui permet de passer d'une voiture dans l'autre.

Dans les compartiments de 1^{re} classe, la garniture est en velours frappé; le plafond est recouvert d'une étoffe de soie appelée *coteline*; les panneaux, situés au-dessus des dossiers, sont en Lincrusta-Walton; les banquettes sont divisées en trois stalles, dont les sièges, montés sur articulations, sont mobiles et forment lits, lorsqu'en s'élargissant ils se rapprochent l'un de l'autre.

Deux des compartiments de 2^e classe sont garnis de velours bronze, et le troisième de velours anglais gris. Dans ces trois compartiments le plafond est recouvert de toile américaine; les panneaux, qui se trouvent au-dessus des dossiers, sont en Lincrusta-Walton, comme dans les compartiments de 1^{re} classe.

Le couloir est garni de reps vert.

La caisse repose sur les bogies au moyen de ressorts à pincettes et de ressorts à boudin.

Le chauffage est obtenu, au moyen de la vapeur de la locomotive, par des tuyaux et des cylindres placés sous les banquettes.

La voiture est éclairée au gaz d'huile.

Elle est pourvue du frein continu Westinghouse.

Ses éléments principaux sont les suivants :

Nombre d'essieux par bogie.	2
Écartement d'axe en axe des essieux d'un bogie.	2 ^m ,100
— des bogies d'axe en axe.	9,100
Longueur de la voiture non compris les plates-formes extrêmes.	12,400
— — y compris les plates-formes extrêmes.	14,100
Largeur de la plate-forme.	0,850
— du couloir.	0,710
— extérieure de la caisse.	2,950
Nombre de compartiments.	<div> <div>de 1^{re} classe.</div> <div>de 2^e —</div> </div>
Nombre de places par compartiment.	<div> <div>de 1^{re} classe.</div> <div>de 2^e —</div> </div>
Nombre total de places.	<div> <div>1^{re} classe.</div> <div>2^e —</div> </div>
Ensemble pour les deux classes	36
Dimensions des compartiments	<div> <div>Longueur.</div> <div>Largeur. { 1^{re} classe</div> <div> { 2^e —</div> </div>
Hauteur intérieure du plancher au plafond, (au milieu).	2,210
Poids de la voiture vide.	22.000 kg.
Poids mort par place offerte.	<div> <div>1^{re} classe.</div> <div>2^e —</div> </div>

31. — Voiture de 1^{re} classe à intercirculation avec couloir extérieur en Z et portes latérales, pour voie de 1^m,44, exposée par la Compagnie française du matériel des chemins de fer d'Ivry-Port (Seine)

(Planches 61-62).

Cette voiture est montée sur bogies à deux essieux.

Elle est caractérisée principalement par un couloir en forme de Z, lequel partage les compartiments en deux groupes de même longueur, et longe latéralement ces groupes, l'un d'un côté de la voiture, l'autre du côté opposé.

Cette disposition du couloir, qui a pour effet de répartir uniformément le poids de la caisse sur les roues, permet aux voyageurs de se porter de l'un ou de

32. — Voiture mixte de 1^{re} et 2^e classes
à intercirculation avec couloir extérieur en Z,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie de Bône à Guelma

Cette voiture ne diffère de la précédente que par ses dimensions et par l'absence de portes latérales extérieures dans les compartiments.

L'intercirculation est de même réalisée au moyen de deux galeries extérieures régnant l'une sur une moitié de la voiture, l'autre, du côté opposé, sur l'autre moitié de la voiture, et réunies entre elles par un passage transversal. A chaque extrémité de la voiture se trouve d'ailleurs une terrasse couverte avec balustrade. Un portillon pratiqué dans cette balustrade et un marchepied mobile permettent de passer d'une voiture dans l'autre.

Depuis 1886, la Compagnie de Bône à Guelma a en service un certain nombre de ces voitures destinées aux trains de grand parcours entre Bône et Tunis.

Le public se montre très satisfait des commodités qu'elles lui offrent.

La voiture exposée, construite par la Société Dyle et Bacalan, à Bordeaux (Gironde) renferme deux compartiments séparés, de 1^{re} classe, l'un à six places, l'autre en forme de coupé, à trois places, quatre compartiments séparés de 2^e classe de dix places chacun, un cabinet de toilette avec lavabo et un water-closet.

La caisse repose sur un châssis en fer porté sur deux bogies.

Le frein, qui opère par le vide, est du système Smith-Hardy.

Ses principaux éléments sont les suivants :

Nombre d'essieux par bogie.	2
Longueur du châssis, hors tampons.	12 ^m ,81
— de la caisse.	11,80
Largeur extérieure de la caisse en dehors des montants.	3,10
Nombre de places. { 1 compartiment ordinaire de 1 ^{re} classe.	6
{ 1 — coupé de 1 ^{re} classe.	3
{ 4 compartiments de 2 ^e classe.	40
Nombre total des places disponibles	49
Dimensions des compartiments. { Longueur.	2 ^m ,05
{ Largeur.	1,55
Poids de la voiture vide { sans le frein	13.400 ^{kg} .
{ avec le frein	14.200
Poids mort par place offerte. . { 1 ^{re} classe	547
{ 2 ^e —	237

33. — Voiture de 1^{re} classe à intercirculation
et à couloir intérieur en Z,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie P.-L.-M.
(Planches 63-64)

Cette voiture qui est du même type que la précédente est montée sur deux bogies à deux essieux.

Elle renferme huit compartiments de 1^{re} classe où l'on a accès par un couloir intérieur qui a la forme d'un Z et qui est disposé de telle sorte que les quatre compartiments d'un bout de la voiture étant à droite du couloir, les quatre autres sont à gauche.

Les compartiments contiennent chacun six places, soit ensemble quarante-huit.

Un lanterneau, muni de châssis vitrés mobiles, règne au-dessus de tous les compartiments et leur donne ainsi plus de jour et d'air.

Un cabinet de toilette avec water-closet est placé à chaque extrémité du couloir.

Deux terrasses, avec marchepieds, rampes et portillons, sont placées aux extrémités. Sur chacune d'elles s'ouvrent une porte donnant accès dans le couloir et une passerelle de communication d'une voiture à l'autre.

Deux portières, avec marchepieds se développant automatiquement, sont placées sur chaque face au milieu de la longueur; cela donne, avec les terrasses, quatre entrées sur chaque côté de la voiture, ce qui facilite la montée et la descente des voyageurs.

Toutes les baies extérieures des compartiments sont munies de volets capitonnés qui, une fois relevés, doublent les châssis de glace pour garantir les voyageurs contre le froid et les rentrées d'air.

Tous les châssis de glaces sont équilibrés au moyen de ressorts à barillet.

Des poignées intérieures permettent d'ouvrir ou de fermer les portières, de l'intérieur, sans qu'on soit obligé de baisser les glaces.

Les bogies sont en fer.

Le châssis de la caisse est également en fer. Ses brancards en tôle et cornières armés de tirants intérieurs, n'ont pu être dissimulés dans les parois de la caisse à cause des portières latérales; ils portent chacun un faux brancard en bois sur lequel vient s'assembler la charpente de caisse qui est en bois. Les traverses sont constituées par des fer en \square .

Les attelages sont à balancier, du système Chevalier et Rey.

Le chauffage est obtenu au moyen de deux poêles à thermo-siphon placés aux extrémités et desservant chacun la moitié de la voiture, par une circulation continue d'eau chaude dans des conduites qui parcourent les compartiments et le couloir.

L'éclairage est au gaz d'huile.

La voiture est pourvue du frein continu à air comprimé, automatique et moudérable, système Henry-Westinghouse, agissant sur les huit roues.

Elle est aussi munie de l'intercommunication électrique permettant aux voyageurs d'appeler en cas d'urgence, le chef de train.

Dimensions principales et poids.

BOGIES

Nombre d'essieux par bogie.	2	
Écartement d'axe en axe des deux essieux d'un bogie.	2 ^m ,350	
Longueur totale du bogie.	4,210	
Ressorts de suspension à lames, ordinaires. {	Nombre de lames	10
	Largeur des lames.	0 ^m ,140
	Épaisseur des lames.	0,011
	Longueur de la maîtresse lame	1,326
	Flexibilité par tonne	0,01885
Écartement d'axe en axe des bogies.	15,350	

ESSIEUX MONTÉS

Fusées.	{	Diamètre.	0 ^m ,130
		Longueur.	0,280
Corps de l'essieu.	{	Diamètre au milieu.	0,157
		Diamètre près de la portée de calage.	0,186
		Diamètre de la portée de calage.	0,205
Roues.	{	Type : centre plein à nervures (fabrication Arbel).	
		Longueur du moyeu.	0 ^m ,180
		Diamètre de la jante.	0,850
	{	Nature du métal.	Fer.
		Diamètre au contact des rails.	1 ^m ,00
Rapport du diamètre de la fusée au diamètre de la roue.			0,130
Poids moyen d'un essieu monté.			1.190 ^{kg} .

CHASSIS DE CAISSE

Longueur de dehors en dehors des tampons.	23 ^m ,250
— — — des traverses extrêmes.	20,700
Écartement intérieur des brancards.	2,830

Ressorts de suspension à pincettes.	Nombre de lames	28
	Largeur des lames	0 ^m ,090
	Épaisseur des lames	0 , 007
	Longueur des maîtresses lames	0 , 963
Ressorts de choc à lames, ordinaires.	Flexibilité par tonne	0 , 057
	Nombre de lames	15
	Largeur des lames	0 ^m ,075
	Épaisseur des lames	0 , 012
Ressorts de traction à lames, ordinaires.	Longueur développée de la maîtresse lame	1 , 746
	Flexibilité par tonne	0 , 04329
	Nombre de lames	10
	Largeur des lames	0 ^m ,075
	Épaisseur des lames	0 , 012
	Longueur développée de la maîtresse lame	0 , 880
	Flexibilité par tonne	0 , 00732

CAISSE

Longueur de la caisse.		20 ^m ,560
Largeur maxima de la caisse.		2 , 990
Hauteur intérieure de la caisse,	{	
du plancher au plafond.		
	Au milieu des compartiments.	2 , 522
	Dans le couloir.	2 , 023
Nombre des places de 1 ^{re} classe.		48

POIDS

Poids de la voiture vide	36.510 kg.
Poids de la voiture sans voyageurs, mais y compris l'eau et le combustible des cabinets de toilette et appareils de chauffage. . . .	37.955
Poids mort par voyageur. { Sans eau ni combustible.	761
{ Avec eau et combustible.	790

34.— Voiture de 1^{re} classe à intercirculation avec couloir central,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie P.-L.-M.

(Planches 65-66).

Cette voiture est montée sur deux bogies à deux essieux.

Elle contient quarante-sept places dont seize sont renfermées dans quatre compartiments de quatre places chacun, deux à chaque extrémité de la voiture. Les trente et une autres places ne sont séparées par aucune cloison.

Un couloir central règne de bout en bout. De chaque côté de ce couloir sont disposés huit groupes de stalles ; d'un côté les stalles sont à deux places, de l'autre elles sont à une place. A chaque extrémité de la voiture, deux groupes de deux stalles à deux places sont enfermés chacun dans un compartiment, ce qui forme les quatre compartiments à quatre places.

L'emplacement de la stalle à une place de l'une des extrémités a été pris pour loger l'agent de la Compagnie qui accompagne la voiture.

Un lanterneau, muni de châssis vitrés mobiles, règne sur toute la longueur de la grande salle centrale et lui donne ainsi plus de jour et d'air.

Un cabinet de toilette avec water-closet est placé à chaque bout de la voiture.

Deux terrasses, avec marchepieds, rampes et portillons, sont situées aux extrémités. Sur chacune d'elles s'ouvrent une porte donnant accès dans la voiture et une passerelle de communication d'une voiture à l'autre.

Deux portières, avec marchepieds se développant automatiquement, sont placées sur chaque face au milieu de la longueur, ce qui, avec les terrasses, donne quatre entrées sur chaque côté de la voiture.

Toutes les baies sont munies de volets capitonnés, qui, une fois relevés, doublent les châssis de glace pour garantir les voyageurs contre le froid et les rentrées d'air.

Tous les châssis de glace sont équilibrés au moyen de ressorts à barillet.

Des poignées intérieures permettent d'ouvrir ou de fermer les portières, de l'intérieur, sans qu'on soit obligé de baisser les glaces.

Les bogies sont en fer.

Le châssis de la caisse est également en fer. Ses brancards en tôle et cornières, armés de tirants intérieurs, n'ont pu être dissimulés dans les parois de la caisse à cause des portières latérales ; ils portent chacun un faux brancard en bois sur lequel vient s'assembler la charpente de caisse qui est en bois.

Les attelages sont à balancier, du système Chevalier et Rey.

Le chauffage est obtenu au moyen de deux poêles à thermo-siphon placés aux extrémités et desservant chacun la moitié de la voiture, par une circulation continue d'eau chaude dans des conduites et dans des bouillottes fixes, logées dans le plancher.

L'éclairage est au gaz d'huile.

La voiture est munie du frein continu à air comprimé, automatique et modérable, système Henry-Westinghouse, agissant sur les huit roues.

Elle est aussi pourvue de l'intercommunication électrique, permettant aux voyageurs d'appeler, en cas d'urgence, le chef de train.

Dimensions principales et poids.

BOGIES

Nombre d'essieux par bogie.	2	
Écartement d'axe en axe des deux essieux d'un bogie.	2 ^m ,350	
Longueur totale du bogie.	4 , 210	
Ressorts de suspension à lames, ordinaires. {	Nombre de lames.	10
	Largeur des lames.	0 ^m ,140
	Épaisseur des lames.	0 , 011
	Longueur de la maîtresse lame	1 , 326
	Flexibilité par tonne	0 , 01885
Écartement d'axe en axe des bogies.	14 , 600	

ESSIEUX MONTÉS

Fusées.	{	Diamètre.	0 ^m ,130
		Longueur.	0 , 280
Corps de l'essieu.	{	Diamètre au milieu.	0 , 157
		Diamètre près de la portée de calage.	0 , 186
		Diamètre de la portée de calage.	0 , 205
Roues.	{	Type : centre plein à nervures (fabrication Arbel).	
		Longueur du moyeu.	0 ^m ,180
	{	Diamètre de la jante.	0 , 850
		Nature du métal.	Fer.
		Diamètre au contact des rails.	1 ^m ,00
Rapport du diamètre de la fusée au diamètre de la roue.			0 , 130
Poids moyen d'un essieu monté.			1.190 kg.

CHASSIS DE CAISSE

Longueur de dehors en dehors des tampons	22 ^m ,370	
— — — des traverses extrêmes	19 , 820	
Écartement intérieur des brancards.	2 , 830	
Profil des brancards :	tôle armée de 3 cornières avec 1 tirant.	
— traverses:	Fer en []	
Ressorts de suspension à pincettes.	{ Nombre de lames	28
	{ Largeur des lames	0 ^m ,090
	{ Épaisseur des lames.	0 , 007
	{ Longueur des maîtresses lames	0 , 963
	{ Flexibilité par tonne	0 , 057
Ressorts de choc à lames, ordinaires.	{ Nombre de lames	15
	{ Largeur des lames.	0 ^m ,075
	{ Épaisseur des lames.	0 , 012
	{ Longueur développée de la maîtresse lame.	1 , 746
	{ Flexibilité par tonne	0 , 04329

Ressorts de traction à lames, ordinaires.	{	Nombre de lames.	10
		Largeur des lames.	0 ^m ,075
		Épaisseur des lames.	0,012
		Longueur développée de la maitresse lame.	0,880
		Flexibilité par tonne	0,00732

CAISSE

Longueur maxima de la caisse	19 ^m ,680	
Largeur — — — — —	2 , 990	
Hauteur intérieure de la	Au milieu, dans la partie en dessous du lanterneau.	2 , 523
caisse, du plancher au		
plafond. {	Au milieu, dans la partie sans lanter- neau.	2 , 158
Nombre de places de 1 ^{re} classe.		47

POIDS

Poids de la voiture vide.	35.760 kg.
Poids de la voiture sans voyageurs, mais y compris l'eau et le combustible des cabinets de toilette et appareils de chauffage. . .	36.915
Poids mort par voyageur. { Sans eau ni combustible.	760
{ Avec eau et combustible.	785

35. — Voiture américaine,
pour voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie des chemins de fer de Pensylvanie
(Planches 67-68)

Cette voiture, dont le type est en usage à la Compagnie des Chemins de fer de Pensylvanie (États-Unis), depuis 1881, est montée sur deux bogies à deux essieux et possède, à chaque extrémité, une plate-forme à laquelle on peut accéder de chaque côté par un escalier.

La porte qui donne accès dans la voiture s'ouvre sur cette plate-forme qui permet l'intercommunication d'un bout à l'autre du train. Il n'y a pas de portières latérales.

Le châssis de la voiture est formé de six poutres longitudinales en sapin jaune, armées par deux tirants, et entretoisées par trois croix de Saint-André et deux tringles à chaque extrémité. Les côtés de la voiture sont formés, jusqu'à

l'appui des fenêtres, par un treillis en bois avec tirants en fer; la toiture est soutenue par des montants en fer.

Les montants, les bordures des fenêtres, etc., sont en châtaignier noir, peu sujet à pourrir dans les endroits clos. La caisse est recouverte à l'extérieur de peuplier en panneaux de 20 millimètres d'épaisseur à l'origine, puis réduits à 15 millimètres, après le percement des trous de vis, par le rabotage et le polissage au papier de verre. Les joints sont recouverts par des baguettes; le toit est en sapin blanc recouvert d'une feuille de tôle d'acier galvanisée.

Les bogies reçoivent leur charge sur un pivot en bronze phosphoreux, fixé à une poutre en bois transversale reliée, par huit ressorts à pincette avec menottes, aux poutres, également en bois, du cadre du bogie; ce cadre repose, par quatre gros ressorts à boudin, sur deux poutrelles en fer coudées, ou balanciers, dont les extrémités s'appuient sur les boîtes à graisse. Les oscillations transversales de la poutre du pivot sont réglées par deux petits ressorts à boudin qui s'engagent dans une alvéole pratiquée dans cette poutre.

Les roues sont pleines, en fonte. La bonne qualité des minerais, qui servent à leur fabrication, ainsi que les soins apportés à cette fabrication, permettent d'employer en toute sécurité ce métal.

La caisse forme un seul grand compartiment, muni de banquettes transversales à deux places, laissant entre elles un passage central de 0^m,65 de largeur. Elle peut contenir cinquante-six voyageurs.

Grâce à une disposition ingénieuse, inventée par M. Mason, les voyageurs peuvent, à leur gré, s'asseoir sur une même banquette dans le sens de la marche du train ou en sens opposé. A cet effet, le dossier est mobile et muni, à chaque extrémité, d'un appendice horizontal qui lui donne en coupe la forme d'un \perp . Cet appendice pivote autour d'une charnière fixée latéralement et au milieu, sur le bras de la banquette, de sorte que le dossier peut occuper, à la volonté des voyageurs, soit la position que voici \perp , soit la position inverse — . Le siège lui-même est mobile; il peut glisser sur son support de manière à s'avancer et à reculer dans une dépression *ad hoc*, lorsqu'on s'assied en s'appuyant contre le dossier.

Les fenêtres, en glace de France, s'ouvrent, non par abaissement, comme dans nos voitures, mais par relèvement: elles peuvent se lever à toute hauteur.

Pour se garantir du soleil, les voyageurs ont à leur disposition des persiennes encadrées dans des châssis qui se manœuvrent comme les fenêtres, et sont logées, lorsqu'on ne s'en sert pas, au-dessus des baies.

Les voyageurs ont également à leur disposition des ventilateurs.

Un lanterneau règne dans toute la longueur de la voiture, au-dessus du passage central. Les côtés du lanterneau sont formés de châssis en partie vitrés, alternativement fixes et mobiles; les châssis mobiles servent aussi à la ventilation.

La voiture est chauffée au moyen de thermo-siphons avec conduites d'eau chaude placées sous les sièges.

L'éclairage se fait au gaz, comprimé pour vingt-quatre heures dans des réservoirs placés sous la voiture; la pression est de 14 atmosphères.

La voiture est munie du frein Westinghouse automatique, placé à la disposition des voyageurs, au moyen d'une corde d'intercommunication, aboutissant au fourgon.

Sur les plates-formes des deux extrémités sont fixés des appareils de manœuvre à la main des freins, pour servir en cas d'avarie au Westinghouse. Ces appareils, dont la manœuvre incombe aux agents des trains, peuvent cependant être également manœuvrés par les voyageurs, en cas de nécessité.

Les principaux éléments de la voiture sont les suivants :

BOGIES

Nombre d'essieux par bogie	2
Écartement d'axe en axe de ces essieux.	2 ^m ,130
— — des bogies.	10 , 560
Longueur du châssis du bogie.	3 350
— de la traverse de tête du bogie.	2 ^m ,250
— totale des essieux y compris les portées des boîtes à graisse.	2 , 120
Fusées des essieux. . { longueur	0 , 175
. { diamètre	0 , 080
Ressorts de suspension { à lames. { Nombre de lames.	5
. { Longueurs de la maitresse lame.	1 ^m ,010
. { à bondin. Diamètre extérieur du ressort. .	0 , 184
Ressorts à bondin pour empêcher les déplacements latéraux :	
Diamètre extérieur du ressort.	0 , 057

CAISSE

Longueur totale du châssis de dehors en dehors des tampons . . .	16 ^m ,290
Largeur du châssis au milieu.	2 ,812
Longueur intérieure de la caisse.	14 ,00
— — du compartiment, salle commune.	11 ,95
Largeur — — — — —	2 ,50
Hauteur intérieure du plancher au plafond { le long des parois . . .	2 ,25
{ au milieu du lanterneau . . .	3 ,00
Nombre de places.	56

POIDS

Poids total de la voiture vide.	19.000 kg
Poids mort par place offerte.	357

36.—Voiture mixte de 1^{re} et 2^e classes, à compartiments séparés,
pour trains légers, sur voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie de l'Ouest
(Planches 69-70)

La donnée générale de cette voiture est d'offrir, avec un écartement maximum d'essieux de 3^m,76 (pour tourner sur plaque de 4^m,50), des places de 1^{re} et 2^e classes, avec de grands emplacements pour les bagages, de manière à permettre de constituer, par la seule adjonction d'une voiture de 3^e classe, un train suffisant pour un certain nombre des lignes secondaires du réseau de l'Ouest.

On s'est attaché, en particulier, à ménager sur cette voiture de grands emplacements supplémentaires pour les bagages, en vue des à-coups auxquels cette partie du service donne lieu sur certaines lignes les jours de marché. Ces emplacements supplémentaires sont disposés, partie à couvert dans une sorte de rouf, partie à découvert.

Le compartiment à bagages, proprement dit, a été mis à côté de la guérite du frein, pour être plus à portée du conducteur. Ce compartiment est pourvu d'une banquette mobile pouvant recevoir, dans certains cas, cinq voyageurs, et de tablettes pour les menus bagages, articles de messageries, etc. Il est éclairé par une lanterne (ou falot) suspendue sous une hotte qui conduit les gaz au-dessus du rouf.

Les baies de côté des compartiments ne sont pas mobiles. L'aérage se fait par les baies de portières.

Au-dessus de la toiture, on a rapporté un plancher horizontal pour les bagages. Le rouf est fermé sur les côtés par deux bâches. Le reste de l'impériale est bordé d'une galerie. Une balustrade, placée sur le bout opposé à la guérite du frein, délimite l'espace que peuvent occuper les colis sans sortir du gabarit. De chaque côté de l'impériale, un passage a été ménagé pour les lampistes. Deux échelles en fer, fixées au véhicule du côté opposé à la guérite, permettent d'accéder à l'impériale. Pour charger les colis sur l'impériale, on se sert en plus d'une échelle mobile.

La guérite est accessible des deux côtés par un escalier double. A proximité se trouvent des coffres à valeurs placés directement sous la surveillance du conducteur.

Une niche à chiens est fixée sous le châssis du côté opposé à la guérite; un coffre à torches est attaché sur la caisse.

Le châssis a des brancards en fer.

Les essieux et les bandages sont en acier; les roues pleines sont à centre ondulé.

Les boîtes à graisse ne sont maintenues dans les plaques de garde que par une seule joue intérieure. Elles ont, dans le sens transversal et dans le sens longitudinal, un jeu de 10 millimètres de chaque côté. Les coussinets sont en métal blanc et à portée réduite.

Les ressorts, en acier rainé, sont attachés aux brancards par des anneaux. La voiture est pourvue du frein Westinghouse, à air comprimé, et du frein à vis.

Elle est en outre munie de l'intercommunication pneumatique permettant aux voyageurs d'appeler l'attention du mécanicien, mais ne leur permettant pas d'arrêter le train.

Dimensions principales et poids.

CHASSIS

Nombre d'essieux.	2
Écartement d'axe en axe des essieux	3 ^m ,760
Longueur de dehors en dehors des tampons.	8,360
— — — des traverses extrêmes	7,000
Ressorts de suspension. { Longueur de la maîtresse lame	1,540
Flexibilité par tonne.	0,050

ESSIEUX MONTÉS

Fusées {	Diamètre	0 ^m ,080
	Longueur	0,160
Corps de l'essieu. . . {	Diamètre au milieu	0,115
	Diamètre près de la portée de calage	0,125
	Diamètre de la portée de calage	0,130
Roues {	Diamètre à la jante	0,920
	Diamètre du bandage au contact du rail	1,030
Poids moyen de l'essieu monté		900 ^{kg} .

CAISSE

Longueur maxima de la caisse	7 ^m ,140		
Largeur — — —	2,700		
Hauteur intérieure de la caisse, du plancher au plafond (au milieu).	1,980		
Nombre de compartiments {	de 1 ^{re} classe	1	
	de 2 ^e —	2	
	de bagages {	dans la caisse	1
		sur l'impériale.	1
Nombre de places par compartiment {	de 1 ^{re} classe.	8	
	de 2 ^e —	10	
Nombre total des places disponibles		28	

POIDS

Poids de la voiture vide.	10.200 ^{kg}
Poids mort par place offerte.	365

37. — Voiture mixte articulée de 1^{re}, 2^e et 3^e classes,
à intercirculation avec passage central, pour trains légers,
sur voie de 1^m,44,
exposée par la Compagnie du Nord
(Planches 71-72)

Cette voiture est un spécimen des voitures que la Compagnie du Nord destine, soit aux lignes secondaires, desservies par des trains légers et des trains de marchandises séparés, soit aux trains-tramways intercalés entre les trains du service ordinaire et la banlieue des grandes villes du réseau : Lille, Roubaix, Tourcoing, Liège....., et, en particulier, Paris avec les services de Paris à Saint-Denis, Paris à Saint-Ouen, Saint-Ouen à Pantin. En 1889, il y avait trente-huit de ces voitures en service, et quarante en construction.

Le problème posé était le suivant :

1^o Avoir un poids aussi faible que possible par voyageur transporté, afin de réduire au minimum le poids du train léger ;

2^o Présenter, de tous les points de la voiture, un accès facile et permanent du conducteur sur la machine ;

3^o Permettre au conducteur de circuler facilement au milieu des voyageurs pour donner les billets et faire les perceptions, et d'appeler facilement, avant chaque arrêt, le nom de cet arrêt, afin que les voyageurs puissent se préparer, se grouper et descendre rapidement ;

4^o Avoir une voiture de grande capacité, dans laquelle le nombre des places offertes de chaque classe réponde sensiblement au nombre des places occupées, en augmentant un peu la proportion des 1^{res} et 2^{es} classes :

10 à 12 % en 1^{re} classe ;

20 à 25 % en 2^e classe ;

et le reste en 3^e classe ;

5^o Donner à chaque classe un accès différent, tout en permettant l'accès unique, par lequel, aux points d'arrêt intermédiaires non gardés, tous les voyageurs montent ou descendent sous le contrôle direct du conducteur ;

6^o Disposer la voiture de telle sorte qu'on puisse, au besoin, y réserver un compartiment pour le service postal, et un autre pour le service des bagages, pour le cas où le train léger, étant substitué à un train de service ordinaire, n'est pas affranchi des obligations que doivent remplir ces trains pour le transport des courriers de la poste, des bagages et des messageries.

7^o Enfin, donner à la voiture, malgré sa grande capacité, une flexibilité qui lui permette de passer dans des courbes de 90 à 100 mètres de rayon.

La voiture exposée répond à ce programme. Elle a été étudiée par M. Bricogne, et adoptée comme type par la Compagnie du Nord. C'est une voiture à six essieux qui se compose de trois corps articulés entre eux, renfermant trois compartiments de voyageurs, dont un de 1^{re} classe, un de 2^e et un de 3^e classe, un compartiment postal et un compartiment de bagages.

Les compartiments sont répartis comme suit : à l'une des extrémités se trouve le compartiment de 2^e classe ; il est suivi du compartiment de 1^{re} classe et du compartiment de 3^e classe, après lequel vient le compartiment de bagages, dans lequel est installé l'appareil de serrage du frein ; le compartiment postal termine la voiture à l'autre extrémité.

Les compartiments de voyageurs contiennent :

Celui de 2 ^e classe.	20 places
— de 1 ^{re} —	12 —
— de 3 ^e —	70 —
Soit ensemble.	<u>102 places</u>

Ces compartiments sont desservis par un passage central auquel on accède par trois plates-formes à marchepieds. Chacun d'eux est fermé par une porte vitrée.

Les deux plates-formes, placées aux extrémités de la voiture, sont limitées par une balustrade à croisillons, avec mains-courantes, ayant une porte de service au milieu ; elles sont fermées latéralement par deux portillons.

La plate-forme intermédiaire donne accès d'un côté au compartiment de 1^{re} classe, et de l'autre au compartiment de 3^e classe ; elle est fermée latéralement par deux portes vitrées composées de deux battants articulés entre eux pour obéir aux ondulations dans les courbes.

Le compartiment de 1^{re} classe est garni en drap mastic ; celui de 2^e classe en drap vert ; tous deux sont munis de filets.

Tous les bois apparents, à l'intérieur des trois compartiments, sont en pitch-pin verni.

La caisse repose sur le châssis par l'intermédiaire de bandes de caoutchouc destinées à amortir le bruit et les vibrations.

Pour rendre plus intime la réunion des corps de voitures, ceux-ci sont rapprochés de façon à ne laisser entre eux que l'espace nécessaire pour permettre la visite, le montage et le démontage du goujon formant l'axe de rotation A. (voir pl. 71-72).

Le dessus de la séparation est fermé au moyen d'un pavillon à charnières P fixé à l'un des corps de la voiture, et disposé de façon à laisser le corps voisin se déplacer sans permettre cependant le passage de la pluie ou de la neige.

Afin d'éviter l'introduction des escarbilles, de la poussière, et aussi pour rendre plus satisfaisant l'aspect extérieur de la voiture, cette réunion est complétée, sous les caisses, au moyen de plaques de tôle glissant les unes sur les autres et,

sur les côtés, au moyen de panneaux R qui couvrent l'entre-deux. Ces panneaux sont fixés aux caisses au moyen de branches de compas B logées dans l'entre-deux, et qui ont pour effet, dans les courbes, de maintenir les panneaux en contact avec les caisses, ce qui complète l'illusion et permet d'admettre qu'effectivement cette caisse de 24 mètres de longueur est bien réellement d'une seule pièce.

A l'intérieur, les corps de la caisse sont réunis au moyen de deux panneaux courbes, en laiton mince L, glissant l'un sur l'autre, et complétant la cloison de séparation entre le dernier compartiment d'un corps et le premier compartiment du corps voisin. Cette séparation se trouve ainsi masquée de telle façon que le passage d'un corps dans l'autre se fait sans que l'on s'aperçoive de ce changement.

Les brancards des châssis des trois corps qui composent la voiture sont réunis bout à bout, et articulés au moyen de robustes pièces de forge C emmanchées les unes dans les autres, comme le sont les nœuds des charnières. Cette réunion est complétée par la présence de l'axe de rotation A.

Au passage dans les courbes, les parties de charnières C glissent les unes sur les autres; les branches correspondant au côté de la grande courbe, se développent, tandis que celles correspondant au côté de la petite se refoulent; il se produit là, en grand, ce qui se passe lorsque l'on ouvre ou ferme une charnière de porte.

Les sections de ces sortes de nœuds de charnières fixés aux brancards, sont calculées pour assurer aux points d'articulation une résistance à la flexion égale à celle du fer du brancard; aussi chaque brancard, bien qu'en trois parties, peut être considéré comme formé, dans toute sa longueur, d'une seule poutre articulée.

Dans ces conditions, la longueur d'un brancard ainsi articulé est illimitée, comme celle de la caisse articulée qu'elle porte.

De plus, la voiture articulée dont il s'agit, présente sur une voiture à caisse rigide, de même contenance et de même longueur, montée sur des bogies, l'avantage de pouvoir s'inscrire dans les courbes de 90 à 100 mètres de rayon, parce que ses tampons restent toujours en contact avec ceux de la locomotive ou des voitures ordinaires, et qu'alors le refoulement peut s'effectuer avec autant de sécurité que la traction. Il n'en serait pas de même avec les longues voitures à bogies, dont les tampons, sur les courbes de faibles rayons, cesseraient d'être en contact avec ceux de la machine ou des voitures ordinaires.

Un autre avantage de la voiture articulée, c'est que, malgré sa grande longueur qui est de 25 mètres entre les tampons, sa décomposition en trois corps de 8 mètres et 8^m,50, qui peut se faire en quelques minutes, permet de l'introduire dans tous les ateliers, même dans ceux où elle ne pourrait pas pénétrer d'une seule pièce.

La voiture exposée est éclairée par treize lampes, dont dix réparties dans les compartiments et trois au-dessus des plates-formes.

Elle est munie du frein à vide, du frein à air comprimé et d'un frein à vis.

Ses éléments principaux sont les suivants :

CHASSIS

Nombre d'essieux	6	
Écartement d'axe en axe des essieux	4 ^m ,000 et 4 ^m ,100	
Longueur de dehors en dehors des tampons.	25 ^m ,115	
Ressorts de suspension à lames, ordinaires	Nombre de lames.	9
	Largeur des lames	0 ,090
	Épaisseur des lames	0 ,013
	Longueur de la maitresse lame	2 ,000
	Flexibilité par tonne.	0 ,075
Ressorts de choc en spirale	Hauteur	0 ,205
	Nombre de spires.	5 1/4
	Largeur	0 ,120
	Épaisseur	0 ,007
	Diamètre extérieur	0 ,130
Ressorts de traction en spirale.	Flexibilité par tonne.	0 ,016
	Hauteur	0 ,090
	Nombre de spires	5
	Largeur	0 ,060
	Épaisseur	0 ,015
	Diamètre extérieur	0 ,188
	Flexibilité par tonne.	0 ,007

ESSIEUX

Fusées	Diamètre	0 ^m ,100
	Longueur	0,200

CAISSE

Longueur totale de la caisse	22 ^m ,595								
Largeur en œuvre à la ceinture	2,946								
Hauteur intérieure des compartiments (au milieu).	2 ^m ,025 et 2 ^m ,075								
Longueur des comparti- ments entre 2 dossiers .	<table><tr><td>1^{re} classe.</td><td>1,950 et 1,250</td></tr><tr><td>2^e —</td><td>1^m,500</td></tr><tr><td>3^e —</td><td>1,381</td></tr></table>	1 ^{re} classe.	1,950 et 1,250	2 ^e —	1 ^m ,500	3 ^e —	1,381		
1 ^{re} classe.	1,950 et 1,250								
2 ^e —	1 ^m ,500								
3 ^e —	1,381								
Largeur du passage central	0 ^m ,590 et 0 ^m ,530								
Nombre de compartiments	5								
Nombre de places de chaque classe	<table><tr><td>1^{re} classe.</td><td>12</td><td rowspan="3">} Ensemble</td><td rowspan="3">102</td></tr><tr><td>2^e —</td><td>20</td></tr><tr><td>3^e —</td><td>70</td></tr></table>	1 ^{re} classe.	12	} Ensemble	102	2 ^e —	20	3 ^e —	70
1 ^{re} classe.	12	} Ensemble	102						
2 ^e —	20								
3 ^e —	70								

POIDS

Poids de la voiture vide.	27 800 kg.
Poids mort par place	1 ^{re} classe 54
offerte	2 ^e — 265
	3 ^e — 185
Poids correspondant aux compartiments des bagages et de la poste.	5 301

38. — Voiture articulée de 1^{re} classe, avec passage central,
montée sur deux demi-bogies,
pour voie de 1^m,44,
système Prosper Hanrez (de Bruxelles)
(Planches 73-74)

Cette voiture dont les dessins seuls étaient exposés par M. Hanrez est du type à passage central avec compartiments séparés.

Ce qui la distingue de tous les types connus, c'est que la caisse est portée par deux demi-bogies.

Le châssis et ces demi-bogies sont entièrement constitués en fers de divers profils assemblés au moyen de cornières.

Lorsque plusieurs voitures de ce type sont attelées ensemble, les demi-bogies de chacune d'elles sont reliées invariablement deux à deux avec les demi-bogies correspondants de la voiture voisine, de manière à constituer une série de bogies à deux essieux communs chacun à deux voitures.

Chacun de ces bogies comporte deux pivots.

La liaison se fait sans interposition de ressorts de choc ni de traction.

Les voitures d'extrémité possèdent chacune un demi-bogie et un essieu fixe ordinaire.

Du côté de cet essieu fixe le châssis de la voiture est muni de tampons à ressorts pour le choc et de crochets d'attelage à ressorts pour la traction.

L'ensemble des voitures constitue un train formé en quelque sorte d'un seul véhicule articulé tout à fait comparable à la voiture articulée à six essieux de la Compagnie française du Nord que nous avons décrite sous le numéro 37.

Lorsque des voitures du type Hanrez doivent circuler isolément soit pour leur remisage, soit pour la formation des trains, leurs demi-bogies sont rendus fixes ou ont leur mouvement d'oscillation limité au moyen de ressorts spéciaux.

Chaque voiture contient trente-deux places et est partagée en quatre compartiments de huit places.

Elle est pourvue d'un water-closet et d'un lavabo.

Les voyageurs y ont accès de chaque côté par une seule portière latérale, située au milieu de la longueur et en retrait de 0^m,40 sur la façade.

Il n'y a pas de plate-forme aux extrémités ; au droit du passage central se trouve simplement un petit couloir en saillie sur la caisse, ce qui permet l'intercommunication d'un bout à l'autre du train sans aller à l'air.

Comme dans les voitures américaines, la caisse est surmontée d'un lanterneau dont les côtés, constitués par des châssis alternativement fixes et mobiles, peuvent servir à la ventilation.

Les éléments principaux de la voiture sont les suivants :

TRUCK ET CHASSIS

Nombre de bogies par voiture	2 demis
— d'essieux par demi-bogie	1
Écartement des essieux des demi-bogies d'une même voiture .	7 ^m ,674
— — — de deux voitures attelées.	2,600
Longueur du châssis	9,774

CAISSE

Longueur extérieure de la caisse, non compris la saillie du couloir central	9 ^m ,795
Saillie du couloir central.	0 ,200
Largeur extérieure de la caisse à la ceinture.	3 ,050
Nombre de compartiments	4
— de places par compartiment	8
— total de places	32
Longueur d'un compartiment à la ceinture	2 ^m ,940
Largeur — — — — —	2 ,000
Hauteur intérieure d'un compartiment. { au milieu	2 ,575
{ contre les fenêtres	1 ,930

39-40-41. — Voitures de 1^{re}, de 2^e et de 3^e classes,
à intercirculation avec passage central, pour trains légers,
sur voie de 1^m,44,
exposées par la Société des Chemins de fer italiens
de la Méditerranée
(Planches 69-70 et 75-76)

Ces trois voitures qui sont montées sur deux essieux ont été construites en 1889 par la Maison Miani, Silvestri et C^{ie} de Milan.

Elles renferment chacune un compartiment unique, traversé dans sa longueur par un passage central de chaque côté duquel se trouvent des banquettes transversales, et qui est terminé à chaque extrémité par une porte battante donnant sur une plate-forme à escaliers latéraux ; cette plate-forme est entourée d'une balustrade avec deux portillons, au droit des escaliers, et un troisième portillon ouvrant sur une passerelle centrale permettant de passer d'une voiture dans l'autre.

Le nombre des places est de trente-deux dans la voiture de 1^{re} classe avec seize banquettes à deux places ; de quarante dans la voiture de 2^e classe avec vingt banquettes également à deux places ; et de cinquante-huit dans la voiture de 3^e classe avec vingt-quatre banquettes dont dix à trois places et quatorze à deux places.

Les sièges sont rembourrés dans les voitures de 1^{re} et de 2^e classe. Ils sont formés de planches en bois de noyer et de pitchpin dans la voiture de 3^e classe.

Les fenêtres latérales des trois voitures sont munies de châssis vitrés et de jalousies mobiles. Celles des voitures de 1^{re} et de 2^e classe sont en outre pourvues de rideaux de laine.

De chaque côté de ces voitures et au-dessus des fenêtres règne à l'intérieur un long filet pour porter les bagages des voyageurs.

Un lanterneau longitudinal surélève le plafond de la caisse au droit du passage central et facilite l'aérage de la voiture, à l'aide de châssis mobiles dont il est pourvu latéralement.

Les trois voitures exposées sont éclairées à l'huile au moyen de grandes lampes situées au milieu du lanterneau.

Elles sont munies du frein à vis que l'on peut manœuvrer de chacune des deux plates-formes extrêmes.

La Société des Chemins de fer italiens de la Méditerranée possède 250 voitures du type de celles qui viennent d'être décrites, à savoir :

24 de 1^{re} classe ;

43 mixtes de 1^{re} et 2^e classes ;

44 de 2^e classe ;

139 de 3^e —

Les voitures mixtes et une partie des voitures de 1^{re} classe sont cependant à deux compartiments, séparés par une cloison transversale pourvue d'une porte roulante placée au droit du passage central.

Une partie des 250 voitures dont il s'agit sont en outre pourvues, indépendamment du frein à vis, du frein continu à vide, non automatique, du système Smyth-Hardy.

Ces 250 voitures sont construites de manière à pouvoir être aménagées, en cas de guerre, pour le transport des blessés.

Pour cette transformation on enlève toutes les banquettes qui sont seulement fixées au plancher par des équerres à vis ; on enlève en outre les porte-bagages et l'on applique contre les parois intérieures de la voiture des supports spéciaux destinés à porter les brancards des blessés.

Ces brancards sont disposés dans le sens longitudinal de la voiture de manière à former deux rangées à deux étages entre lesquelles on peut circuler facilement.

Chaque voiture peut contenir douze brancards.

Pour faciliter le passage des brancards on peut au besoin élargir les portes d'entrée de manière à leur donner une ouverture de 0^m,98. Dans ce but, l'un des montants de ces portes est formé d'un panneau à charnières de 0^m,24 de largeur.

En vue de leur destination spéciale éventuelle, ces voitures, même celles de 1^{re} classe, ont leurs parois tout à fait dépourvues de garnitures en étoffe pour faciliter leur désinfection.

Dimensions principales et poids

	VOITURES DE		
	1 ^{re} classe	2 ^e classe	3 ^e classe
CHASSIS			
Nombre d'essieux	2	2	2
Écartement d'axe en axe des essieux	5 ^m ,200	5 ^m ,200	6 ^m ,200
Longueur de dehors en dehors des tampons . .	10 ,620	10 ,620	11 ,320
— — — des traverses extrêmes.	9 ,460	9 ,460	10 ,160
CAISSE			
Longueur extérieure de la caisse.	7 ^m ,980	7 ^m ,980	8 ^m ,680
Largeur — — —	2 ,950	2 ,950	2 ,950
Dimensions du compartiment unique	Longueur.	7 ,840	7 ,840
	Largeur	2 ,780	2 ,780
Hauteur intérieure { au milieu du lanterneau. du plancher au plafond } aux bords du lanterneau.	2 ,395	2 ,395	2 ,395
	2 ,020	2 ,020	2 ,020
Nombre de places	32	40	58
POIDS			
Poids de la voiture vide	11 000 kg.	11 000 kg.	11 000 kg.
Poids mort par place offerte.	343	275	190

42. — Voiture mixte de 1^{re} et 2^e classes,
à passage central terminé par des plates-formes à escaliers latéraux,
pour voie de 1^m,44,
exposée par les Ateliers de construction de Malines (Belgique)
(Planches 77-78)

Cette voiture qui est portée par deux essieux est destinée au service intérieur du réseau des chemins de fer de l'Etat belge pour les trains légers circulant sur voie normale.

Elle est divisée en deux grands compartiments formant chacun salle commune, l'un de 1^{re} classe contenant seize places, l'autre de 2^e classe comportant vingt et une places.

Ces deux compartiments sont mis en communication, par une porte intérieure, au droit du passage central qui les traverse dans leur longueur et de chaque côté duquel sont placées des banquettes transversales, symétriques en 1^{re} classe, de dimensions inégales en 2^e classe.

A chaque extrémité, le passage central est terminé par une porte battante donnant sur une plate-forme à escaliers latéraux servant à l'entrée et à la sortie des voyageurs.

Cette plate-forme est entourée d'une balustrade munie de trois portillons dont deux correspondent aux escaliers latéraux ; le troisième portillon ouvre sur une passerelle centrale, ce qui permet de circuler d'un bout à l'autre du train.

Le châssis est entièrement en fer.

Les parois de la caisse, jusqu'à la ceinture, sont constituées, à l'extérieur et à l'intérieur, par des frises de bois verni apparentes.

Des châssis vitrés règnent au-dessus de la ceinture, sur toute la longueur de la caisse.

Les châssis situés au droit des intervalles des banquettes sont seuls mobiles.

Les sièges sont rembourrés en 1^{re} classe ; en 2^e classe, ils sont en bois d'érable à planches pleines.

La voiture est munie du frein Westinghouse à air comprimé ; de plus un appareil de manœuvre des freins à la main est installé sur l'une des plates-formes.

Les éléments principaux de cette voiture sont les suivants :

CHASSIS

Nombre d'essieux	2
Écartement d'axe en axe des essieux.	4 ^m ,616
Longueur de dehors en dehors des tampons.	9,000
— — — des traverses extrêmes.	8,136

Écartement intérieur des brancards		1 ^m ,950
Dimensions des fers en \sqsubset des brancards.	Hauteur.	0 ,200
	Largeur des ailes	0 ,070
	Épaisseur	0 ,008
Dimensions des fers en \sqsubset des traverses extrêmes	Hauteur.	0 ,200
	Largeur des ailes	0 ,080
	Épaisseur	0 ,010
Ressorts de suspension	Nombre de lames.	7
	Épaisseur des lames	0 ^m ,012
	Longueur de la maîtresse lame	1 ,680

ESSIEUX

Fusée.	{ Diamètre	0 ^m ,080
	{ Longueur	0 ,150
Longueur de chaque essieu.		2 ,086

CAISSE

Longueur extérieure de la caisse (plates-formes exclues).		6 ^m ,400
— — — (plates-formes incluses).		8 ,136
Largeur extérieure de la caisse à la ceinture.		2 ,910
Nombre de compartiments	{ 1 ^{re} classe	1
	{ 2 ^e —	1
— de places par compartiment.	{ 1 ^{re} classe	16
	{ 2 ^e —	21
— total de places		37
Longueur des compartiments (dans le sens de la longueur du wagon)	{ 1 ^{re} classe	3 ^m ,845
	{ 2 ^e —	2 ,945
Largeur des compartiments (1 ^{re} et 2 ^e classe)		2 ,790
Intervalle entre les banquettes	{ 1 ^{re} classe	0 ,488
	{ 2 ^e —	0 ,4975
Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu).		2 ,080

POIDS

Poids de la voiture vide.		7 350 kg.
Poids mort par place offerte.	{ 1 ^{re} classe	244
	{ 2 ^e —	164

43-44-45. — Voitures à deux étages,
pour voie de 1^m,44,
de la Compagnie de l'Est
(Planches 79-80)

Ces voitures dont les dessins seuls figuraient à l'Exposition sont en usage à la Compagnie de l'Est, pour les trains de petite et de grande banlieue.

Elles sont formées de deux caisses superposées, complètement indépendantes l'une de l'autre.

La caisse supérieure est portée par la toiture de la caisse inférieure sur laquelle elle est solidement fixée.

La caisse inférieure est partagée en quatre compartiments séparés et à portières latérales qui sont généralement affectés à une seule et même classe, 1^{re}, 2^e ou 3^e. Les compartiments de 1^{re} classe contiennent chacun huit places, soit ensemble trente-deux places, tandis que les compartiments de 2^e ou 3^e classe renferment les uns et les autres dix places chacun, soit ensemble quarante places.

Conformément aux règles en usage à la Compagnie de l'Est, les 1^{res} classes ont leurs sièges garnis de coussins et leurs parois capitonnées, le tout recouvert de drap mastic; les 2^{es} classes sont établies dans les mêmes conditions mais moins luxueusement, le drap est bleu; les 3^{es} classes ont leurs sièges en bois, à planches pleines, cintrées.

La caisse supérieure, à laquelle on accède à chaque extrémité par deux escaliers latéraux, ne contient qu'un seul grand compartiment formant salle commune avec passage central de 0^m,50 de largeur, de chaque côté duquel sont disposés dix sièges transversaux à deux places alternativement face à face et dos à dos.

Ce compartiment contient ainsi quarante places. Il est toujours de 3^e classe sauf dans les voitures affectées exclusivement au service de la ligne de Vincennes, où il n'existe que deux classes et où la caisse supérieure, affectée aux 2^{es} classes reçoit une garniture rembourrée pour les sièges et les dossiers.

Par suite de la disposition adoptée pour l'éclairage et dont il va être question ci-après, cinq des six châssis vitrés existant dans chaque compartiment de la caisse inférieure sont seuls mobiles.

Tous les châssis vitrés dont sont munies les parois de la caisse supérieure sont mobiles.

Le châssis de caisse de la voiture est surbaissé et terminé à son extrémité par des cols de cygne très robustes; il est complètement en fer; il est muni d'un double appareil de traction, l'un placé à la partie supérieure et destiné à permettre l'attelage avec les véhicules du type ordinaire, le second, placé à la partie inférieure et formant barre de traction continue pour l'attelage des voitures à deux étages entre elles.

Ces voitures sont munies du frein Westinghouse à air comprimé. Elles sont éclairées au gaz.

Les lanternes de la caisse inférieure, au nombre de deux par compartiment, sont placées en diagonale, latéralement dans les châssis de glaces des baies de custode. La caisse supérieure est éclairée par quatre lanternes placées dans les panneaux des bouts.

Le chauffage de la caisse inférieure est obtenu au moyen de bouillottes.

Le chauffage de la caisse supérieure se fait au moyen d'un poêle placé vers

le milieu du compartiment et le long d'une des parois longitudinales entre deux banquettes, ce qui en hiver, entraîne la suppression de quatre places.

Les gaz de la combustion s'échappent au dehors par une cheminée passant dans une plaque de tôle substituée à l'un des châssis vitrés.

Dimensions principales et poids

CHASSIS

Nombre d'essieux	2		
Écartement d'axe en axe des essieux	3 ^m ,750		
Diamètre des fusées	0,105		
Longueur des fusées	0,200		
— totale des essieux	2,240		
— totale à l'extrémité des tampons.	9,500		
	Partie supérieure du châssis	Partie inférieure du châssis	
Longueur totale à l'extrémité des traverses extrêmes	8 ^m ,500	7 ^m ,500	
Écartement intérieur des brancards.	1,7075	1,715	
Dimensions des fers en I des brancards {	Hauteur	0,180	0,120
	Largeur des ailes	0,055	0,0475
	Épaisseur	0,0075	0,0075
Dimensions des fers en □ des traverses extrêmes {	Hauteur	0,220	0,250
	Largeur des ailes	0,070	0,080
	Épaisseur	0,010	0,010
Ressorts de suspension {	Nombre de lames	8	
	Largeur des lames	0 ^m ,090	
	Épaisseur des lames.	0,015	
	Longueur de la maîtresse lame	2,000	
	Flexibilité par tonne (sans bride).	0,049	
Ressorts de choc et de traction supérieure {	Nombre par voiture.	4	
	Nombre de lames.	12	
	Largeur des lames	0 ^m ,075	
	Épaisseur des lames.	0,015	
	Longueur de la maîtresse lame	1,740	
Ressorts de la traction continue {	Flexibilité par tonne (sans bride).	0 ^m ,0283	
	Nombre par voiture.	2	
	Nombre de lames	2	
	Largeur des lames	0 ^m ,055	
	Épaisseur des lames.	0,014	
	Longueur de la maîtresse lame	1,342	
	Flexibilité par tonne (sans bride).	0,010	
	Nombre par voiture.	2	

CAISSES

Longueur extérieure des caisses inférieure et supérieure	en haut.	7 ^m ,570
	à la ceinture	7,570
	en bas	7,570

	{	en haut.	{	caisse inférie ^{re} .	2 ^m ,820
				— supérie ^{re} .	2,480
Largeur extérieure des caisses . . .		à la	{	caisse inférie ^{re} .	2,810
		ceinture .	{	— supérie ^{re} .	2,480
	{	en bas.	{	caisse inférie ^{re} .	2,720
				— supérie ^{re} .	2,480
Longueur intérieure des caisses à la ceinture. . .	{			caisse inférie ^{re} .	7,450
				— supérie ^{re} .	7,480
Largeur — — — . . .	{			caisse inférie ^{re} .	2,660
				— supérie ^{re} .	2,350
Largeur des compartiments de la caisse inférieure entre les cloisons.					1,840
Hauteur intérieure du dessus du plancher au dessous du pavillon . . .	{	sur les côtés,		caisse inférie ^{re} .	1,510
				caisse inférie ^{re} .	1,585
		au milieu.	{	— supérie ^{re} .	1,670
					<hr/>
Nombre de compartiments.				caisse inférieure	caisse supérieure
				4	1
Nombre de places par compartiment .	{	1 ^{re} classe . . .		8	»
		2 ^e — . . .		10	40
		3 ^e — . . .		10	40
Nombre total de places {	{	Voiture mixte de 1 ^{re} et 2 ^e classes . . .		1 ^{re} classe . . .	32
				2 ^e — . . .	40
		Ensemble pour la voiture entière.			72
		Voiture de 2 ^e classe.			80
		— de 3 ^e —			80

POIDS

	Voiture mixte de 1 ^{re} et 2 ^e cl.	Voiture de 2 ^e classe	Voiture de 3 ^e classe
Poids de la voiture vide	12 340 ^{kg} .	12 265 ^{kg} .	11 500 ^{kg} .
Poids mort par place	1 ^{re} classe . . .	205	
	2 ^e — . . .	145	
	3 ^e — . . .		144

46-47.— Voiture mixte de 1^{re} et 2^e classes et voiture de 3^e classe
à salle commune par classe,
avec passage central et sièges transversaux,
pour voie de 1^m,00,
exposées par la Société Générale des chemins de fer économiques
de France

(Planches 81-82)

La voiture mixte de 1^{re} et 2^e classes a été établie par la Société Générale des chemins de fer économiques, en vue du transport des baigneurs pendant l'été, sur les lignes de Noyelles au Crotoy et de Noyelles à Cayeux.

Elle comprend un compartiment de 1^{re} classe de quinze places, et un compartiment de 2^e classe de vingt-huit places, séparés par une cloison transversale, avec porte de communication pour l'agent du train.

La voiture de 3^e classe qui est couramment employée par la dite Société sur toutes ses lignes à voie de 1 mètre ne comprend qu'un seul compartiment de cinquante-six places formant salle commune.

Ces voitures sont toutes deux à passage central avec sièges transversaux, sans portières latérales.

Elles sont munies à chaque extrémité d'une plate-forme d'accès, avec marche-pieds; cette disposition permet au chef de train de circuler facilement d'un bout à l'autre du train en marche. D'une voiture à l'autre, le passage est assuré au moyen de portillons ménagés dans les balustrades des plates-formes d'extrémité.

Chaque voiture a sa caisse proprement dite supportée par un châssis métallique à longerons armés; ce châssis repose sur deux bogies de construction légère et solide tout à la fois, auxquels il est relié au moyen d'un pivot placé au centre de chaque bogie. Le pivot, de forme cylindrique, est engagé dans une douille correspondante fixée au châssis. Les deux douilles sont évasées afin de permettre une libre oscillation des deux bogies, aussi bien dans le sens longitudinal que dans le sens transversal.

Chaque bogie a deux essieux à chacun desquels il est relié par deux ressorts à lames.

Les voitures sont munies de tampons de choc centraux, à large écusson, agissant sur des ressorts en spirale en acier.

La traction s'opère au moyen d'une barre d'attelage continue placée au-dessous des tampons, dans l'axe de la voiture, et agissant également sur des ressorts en spirale en acier.

Un frein à vis à huit sabots, système Stilmant, agit simultanément sur les huit roues de chaque voiture; ce frein est manœuvrable au moyen d'une vis de commande placée à l'un des bouts de la voiture, en dehors de la plate-forme.

L'ossature des caisses est en chêne, et les courbes de pavillon, en frêne.

Dans le but de faciliter l'entretien de ces voitures, le bois de teck a été adopté pour l'exécution des revêtements extérieur et intérieur des caisses.

Le revêtement extérieur est exécuté en frises verticales vernies, et le revêtement intérieur, en panneaux cirés.

En 1^{re} et en 2^e classes, les sièges et les dossiers sont capitonnés; ces deux classes ne diffèrent que par le confortable et le luxe du capitonnage.

En 1^{re} classe, les sièges sont à deux places d'un côté du passage central et à une place de l'autre.

En 2^e classe, ils sont symétriques et offrent de chaque côté, deux places.

Le passage central a une largeur de 0^m,50 dans le compartiment des 1^{res} classes et de 0^m,40 dans celui des 2^{es} classes.

Poids de la voiture vide (le même pour les deux types de voitures)	9 600 ^{kg}								
Poids mort par place offerte	<table><tr><td rowspan="2">Voiture mixte {</td><td>1^{re} classe</td><td>293</td></tr><tr><td>2^e —</td><td>186</td></tr><tr><td>Voiture de 3^e classe</td><td></td><td>171</td></tr></table>	Voiture mixte {	1 ^{re} classe	293	2 ^e —	186	Voiture de 3 ^e classe		171
Voiture mixte {	1 ^{re} classe		293						
	2 ^e —	186							
Voiture de 3 ^e classe		171							

48.—Voiture mixte de 1^{re} et 2^e classes, à salle commune par classe,
avec passage central et sièges transversaux,
pour voie de 1^m,00,
exposée par la Compagnie des chemins de fer du Sud de la France
(Planches 83-84)

Cette voiture, qui est à bogies de deux essieux, est destinée aux lignes du littoral, appartenant au réseau des chemins de fer du Sud de la France. Elle a été construite dans les chantiers de la Buire à Lyon.

Elle contient quinze places de 1^{re} classe et trente et une places de 2^e classe.

Les quinze places de 1^{re} classe sont réparties en deux compartiments, l'un de six places, l'autre de neuf ; les trente et une places de 2^e classe se trouvent toutes dans un seul compartiment formant salle commune.

Ces compartiments, communiquant entre eux par des portes intérieures, sont traversés par un passage central de part et d'autre duquel sont disposés des sièges transversaux. Ce passage central aboutit, à chaque extrémité, à une plate-forme sur laquelle s'ouvre la partie donnant accès dans la voiture ; il a 0^m,50 de largeur en 1^{re} classe et 0^m,40 en 2^e classe.

Chaque plate-forme est munie de marchepieds latéraux et d'une balustrade transversale interrompue au droit du passage central pour permettre aux agents du train de passer d'une voiture dans l'autre pendant la marche du train.

Il n'y a pas de portières latérales.

La voiture est pourvue à chaque extrémité de deux crochets d'attelage et d'un tampon central ; il n'y a pas de chaînes de sûreté.

Les châssis, tant des bogies que de la voiture sont entièrement en fer. Les brancards du grand châssis sont armés. Leur section est celle d'un fer à I.

Les ressorts de suspension sont à lames et placés en porte à faux sur les bogies ; leur flexibilité est d'environ 40 millimètres par tonne, ce qui est suffisant pour des voitures destinées à effectuer de faibles parcours avec des vitesses réduites.

La voiture est munie d'un frein à vis combiné avec le frein continu à vide, système Soulerin, agissant par quatre sabots intérieurs sur chacun des deux bogies.

La charpente de la caisse est toute entière en chêne ; le pavillon qui est double est en sapin avec courbes en frêne.

On s'est particulièrement attaché dans le revêtement extérieur de la caisse à éviter toute saillie et moulure pouvant provoquer des infiltrations d'eau. Les lames verticales en teck qui constituent le revêtement, descendent sans moulures jusqu'au bas de la caisse ; elles sont vissées sur le brancard de caisse et main-

tenues sur la traverse de ceinture, dont la partie extérieure apparente forme une moulure de faible saillie, d'une seule pièce, sur toute la longueur de la voiture.

Les châssis vitrés qui existent au-dessus de la ceinture ont été groupés deux par deux ; ils sont tous mobiles.

Au-dessus de chaque baie est un ventilateur.

Le revêtement intérieur des parois de la caisse est en teck verni ; il est en outre garni, en 1^{re} classe, de moulures d'acajou.

Dans cette classe, les banquettes offrent une place d'un côté du passage central et deux places de l'autre côté ; elles sont garnies de coussins recouverts en étoffe de crin gris clair et pourvues d'accoudoirs revêtus en maroquin.

En 2^e classe, les sièges sont constitués par des lames de teck ; ils offrent deux places de chaque côté du passage central. Toutefois les sièges de 2^e classe adossés à la cloison séparative du compartiment de 1^{re} classe font exception. Ils sont disposés comme ceux de la 1^{re} classe à savoir : une place d'un côté, deux places de l'autre.

La porte qui met en communication la 2^e classe avec la 1^{re} est réservée aux agents ; sa serrure ne s'ouvre qu'avec un carré.

La cloison qui sépare les deux compartiments de 1^{re} classe est munie de trois glaces à filets gravés, masquées au besoin par des rideaux ; la porte qui est ménagée dans cette cloison et qui est à l'usage des voyageurs, est également munie d'une glace.

Ces glaces existent aussi du côté de la plate-forme.

L'éclairage est obtenu au moyen de lanternes du système Shallis et Thomas.

Il y a une lanterne par compartiment de 1^{re} classe et deux pour l'unique compartiment de 2^e classe.

Les principaux éléments de cette voiture sont les suivants :

BOGIES

Nombre d'essieux	2	
Écartement des essieux.	1 ^m ,400	
Diamètre des fusées	0,080	
Longueur —	0,130	
— des brancards	1,259	
Dimensions des fers en I des brancards	Hauteur	0,160
	Largeur des ailes	0,080
	Épaisseur.	0,0065
Dimensions des fers en C des traverses extrêmes	Hauteur	0,080
	Largeur des ailes	0,040
	Épaisseur	0,006
Dimensions des fer en C des traverses intermédiaires	Hauteur	0,105
	Largeur des ailes	0,065
	Épaisseur	0,008

Ressorts de suspension	Nombre de lames	7
	Largeur des lames	0 ^m ,075
	Épaisseur des lames	0 ,011
	Longueur de la maîtresse lame	1 ,212
Écartement d'axe en axe des bogies	Flexibilité par tonne	0 ,0393
		6 ,000

CHASSIS DE CAISSE

Longueur de dehors en dehors des tampons	12 ^m ,300	
— — — des traverses extrêmes	11 ,300	
Écartement intérieur des brancards	1 ,388	
Dimensions des fers en I des brancards	{ Hauteur	0 ,200
	{ Largeur des ailes	0 ,100
	{ Épaisseur	0 ,037
Dimensions des fers en C des traverses extrêmes	{ Hauteur	0 ,200
	{ Largeur des ailes	0 ,070
	{ Épaisseur	0 ,0105
Ressorts de choc en spirale	{ Largeur	0 ,135
	{ Épaisseur	0 ,007
	{ Diamètre à la base	0 ,130
Ressorts de traction en spirale	{ Diamètre au sommet (intérieur)	0 ,045
	{ Charge d'aplatissement	3 500 ^{kg} .
	{ Largeur	0 ^m ,132
Ressorts de choc en spirale	{ Épaisseur	0 ,008
	{ Diamètre à la base	0 ,146
	{ Diamètre au sommet (intérieur)	0 ,045
Ressorts de traction en spirale	{ Charge d'aplatissement	5 000 ^{kg} .

CAISSE

Longueur maxima de la caisse au pavillon	11 ^m ,970	
Longueur de la caisse à la ceinture extérieurement	10 ,300	
Largeur — — — — —	2 ,610	
Nombre de compartiments	{ 1 ^{re} classe	2
	{ 2 ^o —	1
Nombre total de places offertes	{ 1 ^{re} classe	15
	{ 2 ^o —	31
Largeur des compartiments (la même pour les 2 classes)	2 ^m ,330	
Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu)	1 ,955	
Espace libre entre les banquettes	{ 1 ^{re} classe	0 ,570
	{ 2 ^o —	0 ,480

POIDS

Poids de la voiture vide		9 250 kg.
Poids mort par place offerte.	1 ^{re} classe.	275
	2 ^e —	206

49. — Voiture mixte de 1^{re}, 2^e et 3^e classes, à salle commune
par classe, avec passage central,
sièges transversaux et compartiment pour les bagages,
pour voie de 1^m,00,
exposée par la Société Générale des chemins de fer économiques
de France
(Planches 85-86)

La voiture de ce type exposée par la Société Générale des chemins de fer économiques, contient un compartiment de 1^{re} classe, un de 2^e classe, un de 3^e classe et un compartiment pour les bagages.

Cette voiture est établie de manière à assurer l'accès des compartiments de chaque classe aux voyageurs correspondants, sans leur faire traverser les compartiments d'une autre classe que la leur.

On a atteint ce but en partageant la caisse de la voiture par un couloir transversal qui donne accès dans les compartiments de 2^e et de 3^e classe et qui est muni de chaque côté d'un escalier pris dans la largeur de la caisse.

De plus, à chaque extrémité de la voiture il existe une plate-forme avec marchepieds.

Le compartiment de 1^{re} classe comportant quatre places est disposé en coupé à un bout de la voiture, avec une banquette transversale et une banquette longitudinale.

Ce compartiment a son entrée sur la plate-forme d'extrémité.

Le compartiment de 2^e classe comporte sept places ; il est mitoyen à celui de 1^{re} classe et possède deux banquettes transversales et une banquette longitudinale.

On accède à ce compartiment par l'une des deux portes qui s'ouvrent sur le couloir transversal précité. Une porte de communication existe entre les compartiments de 1^{re} et de 2^e classe pour laisser circuler l'agent du train.

Le compartiment de 3^e classe comporte un passage central de 0^m,40 de largeur de chaque côté duquel sont disposées six banquettes à deux places, il contient ainsi vingt-quatre places.

Le compartiment aux bagages dans lequel se tient l'agent du train a une porte d'entrée sur la seconde terrasse d'extrémité, une autre porte de communication donnant dans le compartiment de 3^e classe et, sur chaque face latérale de la caisse, une porte à deux vantaux pour le chargement des bagages.

Ce compartiment renferme encore deux niches à chiens.

Il est établi de telle sorte qu'il puisse être transformé en compartiment de

3^e classe contenant douze places comme l'indique le tracé pointillé sur le plan (voir planches 81-82).

Pour cela on démonte les niches à chiens et les deux portes latérales à double battant ; puis on substitue à ces portes latérales des panneaux avec châssis vitrés semblables à ceux qui existent dans le compartiment ordinaire de 3^e classe.

La voiture dont il s'agit suffit au transport des voyageurs sur les lignes dont le trafic est peu considérable, et sur lesquelles les voyageurs de 1^{re} et de 2^e classe sont habituellement peu nombreux.

La caisse repose sur un châssis métallique à longerons armés.

Le châssis est supporté par deux bogies auxquels il est relié au moyen d'un pivot placé au centre de chaque bogie.

Le pivot, de forme cylindrique, est engagé dans une douille fixée au châssis.

Les deux douilles sont évasées afin de permettre une libre oscillation des deux bogies dans le sens longitudinal et dans le sens transversal.

Chaque bogie a deux essieux, à chacun desquels il est relié par deux ressorts à lames.

La voiture est munie, à chaque extrémité, d'un tampon de choc central à large écusson, agissant sur un ressort en spirale en acier.

La traction s'opère au moyen d'une barre d'attelage continue placée au-dessous des tampons, dans l'axe de la voiture, et agissant également sur des ressorts en spirale en acier.

Un frein à vis à huit sabots, système Stilmant, agit simultanément sur les huit roues.

Ce frein est manœuvrable au moyen d'une vis de commande placée à l'un des bouts de la voiture, en dehors de la plate-forme.

L'ossature de la caisse est en chêne et les courbes de pavillon, en frêne.

Les revêtements intérieur et extérieur de la caisse sont en bois de teck posé par frises verticales vernies, à l'extérieur, et par panneaux cirés, à l'intérieur.

En 1^{re} et en 2^e classe, les sièges et les dossiers sont capitonnés ; ces deux classes ne diffèrent que par le confortable et le luxe du capitonnage.

En 3^e classe, les sièges et les dossiers sont en bois verni posé par lattes.

Les châssis vitrés qui règnent au-dessus de la ceinture sont fixes sauf deux en 1^{re} classe, deux en 2^e classe et les châssis au droit des intervalles des banquettes en 3^e classe.

L'éclairage se fait au moyen de lampes à pétrole, système Shallis et Thomas.

Les éléments principaux de cette voiture sont les suivants :

BOGIES

Nombre d'essieux	2
Écartement d'axe en axe des essieux	1 ^m ,400

Diamètre des fusées	0 ^m ,080
Longueur —	0 ,150
— de la maîtresse lame des ressorts de suspension	1 ,200
Nombre de lames	6
Épaisseur des lames	0 ^m ,010
Longueur du cadre du bogie, de dehors en dehors	2 ,900
Largeur — — —	1 ,350
Écartement d'axe en axe des bogies	6 ,150

CHASSIS ET CAISSE

Longueur du châssis (tampons non compris).	11 ^m ,300	
— — (du dehors en dehors des tampons)	12,300	
Largeur du châssis.	1,470	
Longueur extérieure de la caisse à la ceinture.	10,300	
Largeur — — — — —	2,500	
Longueur intérieure des compartiments	{ 1 ^{re} classe	1,308
	2 ^o —	1,560
	3 ^o —	4,260
	Bagages	2,170
Largeur intérieure des compartiments (la même pour toutes les classes)	2,350	
Hauteur intérieure du plancher au plafond (au milieu).	1,942	
Nombre de places	{ 1 ^{re} classe	4
	2 ^e —	7
	3 ^e —	24

POIDS

Poids de la voiture vide.		9 600 kg.	
Poids mort par place offerte	{	1 ^{re} classe	333
		2 ^e —	227
		3 ^e —	184
Poids mort du compartiment à bagages		2 254	

50.—Voiture mixte de 1^{re} et 2^e classes, à salle commune par classe,
avec passage central et compartiment à bagages,
pour voie de 1^m,00,
exposée par la Société de construction belge “*La Métallurgique*”
(Planches 87-88)

Cette voiture est montée sur deux bogies à deux essieux, elle a été construite par la Société *La Métallurgique* pour les chemins de fer vicinaux belges qui ne comportent que deux classes sur leur réseau à voie de 1 mètre.

Elle comprend un compartiment de 1^{re} classe à quatorze places, un compartiment de 2^e classe à vingt-quatre places et un compartiment aux bagages.

Le châssis de la voiture est en fers profilés. Les longerons sont armés par des tirants.

Le revêtement extérieur est en tôle peinte.

Le revêtement intérieur est en bois apparent, verni au pinceau. Les pièces d'assemblage sont en teck, les panneaux et le ciel sont en pitchpin.

Dans la 1^{re} classe les banquettes ne sont transversales à la voie que d'un côté, de l'autre règne une banquette adossée à la paroi longitudinale de la voiture; sièges et dossiers sont rembourrés.

En 2^e classe toutes les banquettes sont transversales et formées de lattes posées à claire voie.

Les unes et les autres sont situées de chaque côté d'un passage central qui aboutit, à l'une de ses extrémités, sur une plate-forme extérieure munie d'un garde-corps et, à l'autre extrémité, dans un couloir transversal qui sépare les compartiments à voyageurs du compartiment aux bagages.

Au droit de chaque cours de banquettes transversales et de chaque côté de la voiture se trouve un châssis vitré mobile.

Il n'y a pas de portières latérales donnant accès directement dans les compartiments à voyageurs.

Deux marchepieds et deux portillons de chaque côté de la voiture, permettent d'accéder l'un à la plate-forme, l'autre dans le couloir transversal.

La plate-forme dessert le compartiment de 1^{re} classe; le couloir dessert le compartiment de 2^e classe.

Le compartiment aux bagages est muni de portes latérales roulantes et, en outre, d'une porte donnant sur le couloir transversal. La serrure de cette dernière ne peut être ouverte que par les agents des trains.

La voiture est pourvue d'un frein à déclenchement, système Bricogne, qui est placé dans le compartiment aux bagages.

Ses appareils de tamponnement et d'attelage sont centraux.

Ses principales dimensions sont les suivantes :

CHASSIS ET CAISSE

Nombre de bogies.	2
— d'essieux par bogie	2
Écartement des bogies d'axe en axe	8 ^m ,50
— d'axe en axe des essieux des bogies	1 ,25
Diamètre des roues	0 ,60
Longueur du châssis de dehors en dehors des traverses de tête (tampons non compris).	11 ,00
Largeur maxima de la caisse.	2 ,32
Dimensions intérieures des compartiments	1 ^{re} classe { Longueur 3 ,08
	Largeur 2 ,05
	2 ^e classe { Longueur 3 ,96
	Largeur 2 ,15
	Longueur du fourgon à bagages 1 ,86
	Largeur — — 2 ,05

Largeur des portes de communication intérieures.	0 ,62
Nombre total de places } en 1 ^{re} classe (un seul compartiment). . .	14
offertes. } en 2 ^e — (— — —) . .	24

POIDS

Poids de la voiture vide (frein compris)	8 400 kg.				
Poids mort par place offerte.	<table> <tr> <td>1^{re} classe</td><td>208</td></tr> <tr> <td>2^e —</td><td>156</td></tr> </table>	1 ^{re} classe	208	2 ^e —	156
1 ^{re} classe	208				
2 ^e —	156				
Poids correspondant au compartiment à bagages.	1 755				

51. — Voiture mixte de 1^{re} et 2^e classes, à compartiments fermés
avec passage central, water-closet et cabinet de toilette,
pour voie de 1^m,00,
exposée par la Compagnie des chemins de fer de Bône à Guelma
(Planches 89-90)

Cette voiture, exposée par la Compagnie des chemins de fer de Bône à Guelma, est une voiture de luxe destinée à son réseau à voie de 1 mètre.

Elle a été construite dans les ateliers de la Compagnie Française de Matériel de chemins de fer à Ivry-Port (Seine).

Elle comporte :

Deux compartiments de 1^{re} classe de six places chacun, à sièges longitudinaux disposés contre la paroi extérieure et confortablement capitonnés.

Un salon de douze places garni d'un sofa fixe, de fauteuils, de tabourets et d'une table. Tous ces sièges sont capitonnés, sauf un fauteuil à deux places qui est canné.

Un cabinet de toilette et un water-closet.

Un compartiment de 2^e classe de huit places à sièges longitudinaux comme en 1^{re} classe mais moins luxueusement capitonnés.

Un passage central et deux plates-formes situés aux extrémités permettent la communication entre les différents compartiments et avec les autres voitures du train.

A cet effet les garde-corps transversaux dont sont munis les plates-formes sont interrompus au droit du passage central.

Il n'y a pas de portières latérales.

Les deux plates-formes extrêmes sont munies, de chaque côté, de marche-pieds latéraux donnant accès dans la voiture par le passage central, de sorte que les voyageurs du salon qui est au milieu, sont obligés de traverser les compartiments de 1^{re} classe pour se rendre à leur place.

Le châssis de la voiture est métallique, il repose sur deux bogies à deux essieux.

Il est pourvu d'un tampon et d'un crochet d'attelage centraux, avec chaîne de sûreté à chaque extrémité.

La caisse est munie, de chaque côté, de six châssis vitrés surmontés de ventilateurs à persiennes, à raison d'un par compartiment ordinaire et de deux pour le salon.

Les châssis vitrés des 1^{res} classes sont mobiles.

La voiture n'est pas pourvue de freins.

Voici quelques-uns de ses éléments principaux.

BOGIES ET CHASSIS

Nombre d'essieux	2
Écartement d'axe en axe des essieux	1 ^m ,400
— — — des bogies	6 ,500
Longueur totale du châssis y compris les plates-formes	10 ,300
— — — de dehors en dehors des tampons	11 ,100

CAISSE

Longueur extérieure de la caisse.	9 ^m ,100		
Largeur —	2,550		
Dimensions intérieures des compartiments	1 ^{re} classe . . . {	longueur	1,50
		largeur	2,20
	Salon {	longueur	2,80
		largeur	2,20
	2 ^e classe . . . {	longueur	1,70
		largeur	2,20
Nombre de compartiments	1 ^{re} classe.	2	
	Salon.	1	
	2 ^e classe.	1	
Nombre de places . . .	par compartiment de 1 ^{re} classe . . .	6	
	dans le salon	12	
	dans le compartiment de 2 ^e classe . .	8	
Nombre total de places offertes.	1 ^{re} classe (salon compris).	24	
	2 ^e —	8	

POIDS

Poids de la voiture vide		8 600 ^{kg} .				
Poids mort par place offerte	<table><tr><td>1^{re} classe</td><td>279</td></tr><tr><td>2^e —</td><td>237</td></tr></table>	1 ^{re} classe	279	2 ^e —	237	
1 ^{re} classe	279					
2 ^e —	237					

52.—Voiture mixte de 1^{re} et 2^e classes, à salle commune par classe,
avec passage central,
sièges longitudinaux et places debout sur la plate-forme,
pour voie de 1^m,00,
exposée par les Chantiers de la Buire (Lyon, France)
(Planches 85-86)

Cette voiture est du type généralement adopté pour les tramways départementaux. Elle est très légère, de construction économique et convient à l'exploitation à faible vitesse de lignes à arrêts fréquents.

Elle a été exposée par les chantiers de la Buire de Lyon (France).

Elle contient un compartiment de 1^{re} classe comportant six places et un compartiment de 2^e classe comportant huit places. De plus, seize voyageurs peuvent se tenir debout sur les plates-formes qui se trouvent à chaque extrémité et par lesquelles on a accès dans la voiture.

Les sièges sont placés de chaque côté d'un passage central, adossés aux parois latérales.

Le châssis est tout en fer, avec brancards en \square ; la traction est centrale et continue; le choc se fait sur un tampon placé au-dessus du crochet de traction.

La suspension est obtenue au moyen de ressorts à pincette dont la flexibilité est de 42 millimètres par tonne.

L'arayage des roues se fait au moyen d'un frein à vis à quatre sabots intérieurs.

La charpente de caisse est en chêne, la garniture extérieure est en teck posé par lames verticales, et chaque paroi latérale de la caisse est percée de six baies munies de châssis vitrés mobiles.

Le pavillon a la forme à double courbure employée pour les tramways; cette disposition augmente la hauteur au milieu de la voiture.

Ainsi que nous l'avons dit, la caisse est intérieurement divisée en deux compartiments; ces compartiments sont égaux et séparés par une cloison avec porte roulante. Cette porte et cette cloison sont percées de trois baies avec glaces fixes; il en est de même pour les cloisons des extrémités.

Les sièges de 1^{re} classe sont rembourrés et chaque dossier comporte simplement un bandeau d'appui; la garniture est en drap bleu.

Les sièges de 2^e classe sont constitués par des lames de pitchpin.

Le pavillon et toute la garniture intérieure, pour le compartiment de 2^e classe comme pour celui de 1^{re} classe, sont en pitchpin avec clefs et moulures en noyer.

Les plates-formes sont fermées au moyen de panneaux de tôle régnant à hau-

teur d'appui; on y accède des deux côtés par des marchepieds latéraux. De plus les agents des trains peuvent passer de la plate-forme d'une voiture à celle d'une voiture voisine au moyen d'un pont-levis situé au droit du passage central et correspondant à une interruption des panneaux de tôle.

L'éclairage se fait pour chaque compartiment au moyen d'une lanterne placée dans la cloison du bout et qui éclaire en même temps la plate-forme.

Nous donnons ci-après les principaux éléments de cette voiture.

CHASSIS

Nombre d'essieux	2
Écartement d'axe en axe des essieux	2 ^m ,000
Longueur de dehors en dehors des tampons	6 ,800
— — des traverses extrêmes	6 ,000
Écartement intérieur des brancards	1 ,245
Longueur des traverses extrêmes	1 ,750
Dimensions des fers en C {	
des brancards et des tra- {	
verses extrêmes . . . {	
	Hauteur 0 ,175
	Largeur des ailes 0 ,060
	Épaisseur 0 ,008
	Nombre de lames 7
Ressorts de suspension {	
à lames, ordinaires {	
	Largeur des lames 0 ^m ,075
	Épaisseur des lames 0 ,010
	Longueur de la maîtresse lame 1 ,103
	Flexibilité par tonne 0 ,0423
	Poids du ressort 31 ^{kg} ,250
	Largeur 0 ^m ,100
	Épaisseur 0 ,0075
Ressorts de choc {	
et ressorts de traction {	
(Ressorts en spirale) {	
	Diamètre à la base 0 ,135
	Diamètre intérieur au sommet 0 ,045
	Hauteur du ressort 0 ,176
	Charge d'aplatissement 3 600 ^{kg} .
	Poids du ressort 8 ^k ,125

ESSIEUX MONTÉS

Fusées	{	Diamètre.	0 ^m ,065
		Longueur	0 ,120
Corps de l'essieu . . .	{	Diamètre au milieu.	0 ,085
		Diamètre près de la portée de calage	0 ,090
		Diamètre à la portée de calage	0 ,085
Roues. .	{	Type	Fabrication Arbel
		Centres . .	
	{	Longueur du moyen	0 ^m ,135
		Diamètre de la jante	0 ,550
		Nature du métal	Acier
Bandages. .	{	Diamètre au contact des rails	0 ^m ,650
Poids moyen d'un essieu monté.			331 ^{kg} .
Charge maxima par essieu (sur rails).			2 700

CAISSE

Longueur maxima de la caisse suivant l'axe longitudinal	au pavillon	6 ^m ,150
l'axe longitudinal	au bout de caisse	4 ,000
Largeur maxima de la caisse au milieu de sa longueur et au bout de la voiture.		2 ,000
Hauteur intérieure de la caisse du plancher au plafond, (au milieu)		2 ,195
Nombre de places	1 compartiment de 1 ^{re} classe.	6
	1 — — 2 ^e —	8
	2 plates-formes de 8 places chacune, soit ensemble	16
		30
Nombre total de places		30

POIDS

Poids de la voiture vide	3 300 ^{kg}
Poids mort par place offerte.	110

53.—Voiture mixte de 1^{re}, 2^e et 3^e classes à compartiments séparés,
pour voie de 1^m,00,
exposée par M. E. Chevalier à Paris.

(Planches 87-88)

Cette voiture qui a été construite par M. Chevalier pour les chemins de fer à voie de 1 mètre du Cambrésis (Nord), est du type courant usité en Europe pour les voitures à compartiments séparés à portières latérales.

Elle est montée sur deux essieux et comprend au milieu un compartiment de 1^{re} classe comportant huit places, à l'une des extrémités un compartiment de 2^e classe comprenant dix places, et à l'autre extrémité un compartiment de 3^e classe de dix places également.

L'intérieur du compartiment de 1^{re} classe est garni en drap gris avec galons en laine et soie; les sièges sont munis de coussins et les dossiers sont rembourrés. Le parquet est recouvert d'un tapis.

En 2^e classe les sièges sont aussi munis de coussins et les dossiers sont rembourrés, mais le capitonnage est moins confortable. La garniture est en drap gros vert avec galons en laine.

Dans ces deux classes, des rideaux aux baies et des stores aux portières garantissent les voyageurs contre le soleil; des filets pour les petits bagages règnent au-dessus des dossiers et les parties de la paroi non garnies ainsi que le plafond sont peints en gris clair.

Le compartiment de 3^e classe n'est pas garni, mais les sièges sont cintrés et les dossiers sont inclinés. Tout l'intérieur est peint en ton de bois, excepté le plafond qui est gris clair. Il n'y a ni stores ni rideaux. Les panneaux à droite et à gauche des portières sont munis de châssis vitrés fixes, tandis qu'ils sont mobiles dans les deux autres classes.

Les roues sont en fer ; les bandages et les essieux sont en acier.

La membrure de la caisse est en bois de teck, l'extérieur est revêtu de tôle en fer de 0^m,00125 en feuilles de toute la hauteur de la voiture avec couvre-joints verticaux ; il n'y a pas de moulures horizontales.

La couverture est en zinc.

Le châssis est entièrement métallique, il est pourvu à chaque extrémité de deux tampons de choc.

L'attelage est du système Chevalier et Rey.

L'éclairage est fait au moyen de deux lampes placées dans les cloisons intérieures, de manière à éclairer les trois compartiments. Le compartiment de 1^{re} classe, placé au milieu, est ainsi celui qui reçoit le plus de lumière.

La voiture est pourvue d'un frein à vide à quatre sabots agissant sur l'un des essieux.

Dimensions principales et Poids

CHASSIS

Nombre d'essieux	2							
Ecartement des essieux.	2 ^m ,200							
Longueur de dehors en dehors des tampons	5 ,900							
— — des traverses extrêmes	5 ,000							
Profil et dimensions des brancards et traverses extrêmes	<table><tr><td rowspan="3">Fer en \square .</td><td>Hauteur</td><td>0 ,200</td></tr><tr><td>Largeur des ailes.</td><td>0 ,070</td></tr><tr><td>Épaisseur</td><td>0 ,009</td></tr></table>	Fer en \square .	Hauteur	0 ,200	Largeur des ailes.	0 ,070	Épaisseur	0 ,009
Fer en \square .	Hauteur		0 ,200					
	Largeur des ailes.		0 ,070					
	Épaisseur	0 ,009						
Ressorts de suspension.	Nombre de lames.	7						
	Largeur des lames	0 ^m ,075						
	Épaisseur —	0 ,007						
	Longueur de la maîtresse lame	1 ,360						
	Flexibilité par tonne.	0 ,075						
Ressorts de choc	Nombre de lames	9						
	Largeur des lames	0 ^m ,075						
	Épaisseur —	0 ,012						
	Longueur de la maîtresse lame	1 ,250						
	Flexibilité par tonne	0 ,028						

Ressorts de traction . . .	{	Nombre de lames	4
		Largeur des lames	0 ^m ,075
		Épaisseur des lames	0,010
		Longueur de la maîtresse lame	0,650
		Flexibilité par tonne.	0,015

ESSIEUX MONTÉS

Fusée.	{	Diamètre	0 ^m ,075
		Longueur	0,155
Corps de l'essieu	{	Diamètre au milieu	0,100
		Diamètre à la portée du calage.	0,108
Roues.	{	Diamètre au cercle de roulement	0,730
		Épaisseur des bandages.	0,040
Poids moyen d'un essieu monté			420 ^{kg} .

CAISSE

Longueur extérieure.	5 ^m ,070	
Largeur —	2,400	
— intérieure	2,260	
Nombre de compartiments	3	
Nombre de places par compartiment	$\left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{re}} \text{ classe.} \\ 2^{\text{e}} \text{ et } 3^{\text{e}} \text{ classes} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 8 \\ 10 \end{array} \right.$
Nombre total de places pour la voiture entière.	28	
Largeur des compartiments	$\left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{re}} \text{ classe} \\ 2^{\text{e}} \text{ —} \\ 3^{\text{e}} \text{ —} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{m}},810 \\ 1,640 \\ 1,440 \end{array} \right.$
Hauteur des compartiments	$\left\{ \begin{array}{l} \text{au milieu} \\ \text{le long des parois extérieures} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,850 \\ 1,700 \end{array} \right.$

POIDS

Poids de la voiture vide		4150 ^{kg} .	
Poids mort par place offerte	{	1 ^{re} classe	192
		2 ^e —	139
		3 ^e —	122

54-55. — Voitures à compartiments séparés,
pour voie de 1^m,00,
exposées par le Ministère des Travaux Publics (France)

(Planches 87-88)

Le ministère des Travaux Publics de France a exposé en dessin deux voitures à compartiments séparés, l'une mixte, de 1^{re} et 3^e classes, l'autre de 2^e classe avec compartiment pour bagages.

Ces voitures qui sont portées par trois essieux ont été construites d'après les données de M. Roy, dans les ateliers de Fives-Lille, pour le compte de l'Etat français.

Elles sont en usage sur la ligne de montagne de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure, d'une longueur de trente kilomètres et dont plus d'un quart du développement est en courbe de cent mètres de rayon.

Ce qui les caractérise ce sont les dispositions adoptées pour faciliter leur circulation dans les courbes de faible rayon.

Dans ce but l'essieu du milieu est monté avec des boîtes à huile ordinaires qui le rendent invariable par rapport au châssis, tandis que les deux essieux extrêmes sont reliés au châssis au moyen de boîtes radiales (voir pl. 105-106, fig. 6 et 7), système Roy, qui permettent à la fois leur déplacement transversal et leur convergence à la demande de la courbe parcourue.

Les caisses sont construites et aménagées comme celles des voitures ordinaires en usage en Europe pour la voie normale.

La voiture mixte de 1^{re} et 3^e classes comporte un compartiment de 1^{re} classe et trois compartiments de 3^e classe, lesquels sont situés, un d'un côté et deux de l'autre côté du compartiment de 1^{re} classe.

La voiture de 2^e classe avec compartiment pour bagages comporte deux compartiments de 2^e classe.

Le compartiment de 1^{re} classe contient six places, trois de chaque côté, avec un seul accoudoir intermédiaire entre la 1^{re} et la 2^e place. Les sièges sont garnis de coussins et les dossiers capitonnés; au-dessus il existe un filet pour les petits bagages.

Les compartiments de 2^e classe contiennent chacun huit places, quatre de chaque côté. Les sièges sont garnis de coussins et les dossiers rembourrés; un filet pour les petits bagages règne au-dessus.

Les compartiments de 3^e classe contiennent chacun huit places. Les sièges sont constitués par des lattes de bois posées sur des supports cintrés; les dossiers constitués également par des lattes sont inclinés. Des planchettes pour les petits bagages règnent au-dessus, le long des parois extrêmes et des cloisons mitoyennes avec la 1^{re} classe. La cloison séparant les deux compartiments jumeaux de 3^e classe s'arrête en haut du dossier.

Le compartiment pour bagages est muni de chaque côté d'une porte à deux vantaux, il contient un siège pour un garde-frein, avec un appareil de manœuvre des freins à la main, pour parer aux accidents survenant aux freins automatiques à vide dont il sera parlé ci-après. Sous le siège se trouve une niche à chien.

La voiture de 2^e classe avec compartiment pour bagages est normalement lestée de 1.500 kilogrammes.

Les châssis des deux voitures sont entièrement métalliques.

Les ressorts au lieu d'être reliés au châssis par des menottes ordinaires dont la longueur est fixe, sont montés avec de simples tiges de suspension pourvues chacune d'un écrou de rappel, ce qui permet un réglage facile.

Les ressorts du milieu ont une lame de moins que les ressorts extrêmes, tout en étant de la même longueur ; leur flexibilité par tonne est donc plus grande.

Les tampons de choc qui servent en même temps à réaliser l'attelage, sont centraux et du système Roy.

Avec ce système, les mouvements de lacet, très sensibles pendant la marche dans les véhicules ordinaires à tamponnement central, sont presque supprimés.

Les freins qui agissent au moyen de quatre sabots sur les roues de chacun des essieux extrêmes, sont des freins à vide du système Schmitt-Hardy.

Dimensions principales et poids

CHASSIS

Nombre d'essieux	3
Ecartement d'axe en axe des essieux	2 ^m ,000
Longueur de dehors en dehors des tampons	7,000
— — — des traverses extrêmes	6,100
Largeur des châssis.	2,080
Diamètre du bandage des roues au contact des rails	0,700

CAISSE

Longueur à la ceinture.	6 ^m ,250						
Largeur —	2,300						
Hauteur intérieure du plancher au plafond	<table> <tr> <td>au milieu</td><td>2,007</td></tr> <tr> <td>le long des parois.</td><td>1,810</td></tr> </table>	au milieu	2,007	le long des parois.	1,810		
au milieu	2,007						
le long des parois.	1,810						
Longueur des compartiments.	2,100						
Largeur des compartiments	<table> <tr> <td>1^{re} classe</td><td>1,765</td></tr> <tr> <td>2^e —</td><td>1,510</td></tr> <tr> <td>3^e —</td><td>1,415</td></tr> </table>	1 ^{re} classe	1,765	2 ^e —	1,510	3 ^e —	1,415
1 ^{re} classe	1,765						
2 ^e —	1,510						
3 ^e —	1,415						
Nombre de places par compartiment	<table> <tr> <td>1^{re} classe</td><td>6</td></tr> <tr> <td>2^e —</td><td>8</td></tr> <tr> <td>3^e —</td><td>8</td></tr> </table>	1 ^{re} classe	6	2 ^e —	8	3 ^e —	8
1 ^{re} classe	6						
2 ^e —	8						
3 ^e —	8						
Nombre total de places par voiture.	<table> <tr> <td>Mixte de 1^{re} et 3^e classes</td><td>30</td></tr> <tr> <td>de 2^e classe avec compartiment pour les bagages</td><td>16</td></tr> </table>	Mixte de 1 ^{re} et 3 ^e classes	30	de 2 ^e classe avec compartiment pour les bagages	16		
Mixte de 1 ^{re} et 3 ^e classes	30						
de 2 ^e classe avec compartiment pour les bagages	16						

POIDS

Voiture mixte de 1 ^{re} et 3 ^e classes, vide	6 000 ^{kg}						
— de 2 ^e classe avec compartiment pour les bagages.	8 000						
Poids mort par place offerte	<table> <tr> <td>1^{re} classe.</td><td>295</td></tr> <tr> <td>2^e —</td><td>206</td></tr> <tr> <td>3^e —</td><td>176</td></tr> </table>	1 ^{re} classe.	295	2 ^e —	206	3 ^e —	176
1 ^{re} classe.	295						
2 ^e —	206						
3 ^e —	176						
Poids mort pour le compartiment à bagages.	4 707						

WAGONS A MARCHANDISES

1. — Wagon couvert à bogies,
pour voie de 1^m,44,
exposé par la Compagnie du chemin de fer de Pensylvanie
(Planches 89-90)

Ce wagon dont la capacité est de trente tonnes est supporté par deux bogies à deux essieux.

Les bogies sont construits suivant les mêmes principes que ceux de la voiture à voyageurs exposée par la même Compagnie (voir notice 35). Les longerons sont constitués par des fermes en fer. Les traverses sont en bois et armées de tirants en fer. Les roues sont en fonte et les essieux en fer.

Le châssis de caisse offre une grande résistance de manière à pouvoir, dans les manœuvres de gare ou lors des arrêts, résister aux chocs qui lui sont transmis par deux butoirs fixés directement, sans interposition de ressorts, sur les traverses de tête.

Ces butoirs sont disposés, un peu en retrait, de part et d'autre du tampon central muni, lui, de ressorts et qui sert à la fois au choc et à l'attelage. A cet effet, il est percé, au milieu, d'un trou pour le passage de la barre d'attelage. Cette barre porte, à chaque extrémité, un œil dans lequel s'engage une broche traversant la tige du tampon.

Les traverses de tête sont en bois de fort équarrissage. Elles sont reliées entre elles par six longerons en bois sur champ. Les deux extrêmes sont armés de tirants et les deux premiers, à la suite, sont doublés latéralement chacun, du côté extérieur, par une barre en fer.

On crée ainsi deux barres de tension remplaçant la barre d'attelage qui ne règne pas sur toute la longueur du wagon.

Les longerons sont entretoisés par un certain nombre de traverses.

Au-dessus des centres des bogies, il existe des traverses maîtresses de fort équarrissage.

La charpente de la caisse se compose de montants verticaux et de contre-fiches reportant les charges vers les traverses maîtresses précitées.

Cette charpente est apparente à l'intérieur, sauf sur 0^m,90 de hauteur envi-

ron au-dessus du plancher où elle est couverte de frises horizontales, tandis qu'extérieurement les frises sont disposées verticalement sur toute la hauteur de la caisse.

Cette disposition permet d'établir au besoin un second plancher à l'intérieur du wagon.

D'autre part, ce wagon devant servir au transport des grains qui, en Amérique, s'expédient généralement, non en sacs, mais en vrac, on a apporté un soin tout particulier à l'exécution du revêtement intérieur, pour empêcher en cours de route la déperdition des grains par les joints.

Sur le toit est fixée, longitudinalement, une planche de 0^m,36 de largeur, pour la circulation des agents pendant la marche du train.

Les ouvertures de la caisse, qui ont 1^m,37 de largeur, sont placées latéralement, à mi-longueur; elles sont fermées par des portes roulantes.

Le wagon en question, comme tous les wagons à marchandises en Amérique, est pourvu de freins à main aux deux extrémités. A l'une, la roue de manœuvre est horizontale et dépasse le toit du wagon. Pour la manœuvrer, le garde-frein s'assied sur le toit de la voiture et pose ses pieds sur une petite plate-forme *ad hoc*, fixée sur la paroi de tête du wagon, et à laquelle on accède au moyen d'un certain nombre d'échelons en fer.

A l'autre extrémité, et c'est ce qui distingue les wagons de la Pensylvania Rail-Road C^o de ceux des autres Compagnies américaines, la roue du frein est verticale. L'agent qui la manœuvre se tient sur la saillie que fait la traverse de tête sur la paroi de la caisse; cette saillie est d'environ 0^m,25.

On voit, par ce qui précède, que la manœuvre des freins n'est pas commode pour les agents qui ne sont pas abrités contre les intempéries dans une guérite, comme en Europe, et qui se trouvent dans de mauvaises conditions pour exercer un effort un peu considérable.

Il est juste de remarquer à ce propos que généralement un wagon de service (caboos car) est attelé en queue du train. Les agents s'y tiennent quand leur service ne les appelle pas aux freins; ils y couchent et y mangent pendant les longs arrêts sur des voies de garage éloignées des habitations. Ce wagon de service est muni d'un lanterneau central dépassant de 0^m,71 le toit du wagon et dans lequel se tient en permanence un garde-frein, pendant la marche du train.

Dimensions principales et poids

Nombre d'essieux des bogies	2
Ecartement des essieux d'un bogie	1 ^m ,600
Largeur d'un bogie d'axe en axe de la ferme-longeron	1 ,900
Diamètre des roues	0 ,840

Écartement d'axe en axe des bogies	7 ^m ,460
Longueur du châssis de dehors en dehors des tampons	10 ,620
— de dehors en dehors des traverses extrêmes	10 ,360
Largeur — — du châssis	2 ,440
Longueur extérieure de la caisse	9 ,820
Largeur — —	2 ,480
Longueur intérieure de la caisse	9 ,550
Largeur — —	2 ,260
Hauteur intérieure { au milieu	2 ,030
sur les côtés	1 ,900
Poids du wagon vide	13 200 ^{kg} .
Tonnage	30 000
Poids mort par tonne utile	440

2. — Wagon à houille, à bogies,
pour voie de 1^m,44,
exposé par la Compagnie des chemins de fer de Pensylvanie
(Planches 89-90)

Ce wagon, qui, comme le précédent, peut porter trente tonnes et comporte également deux bogies à deux essieux, sert principalement au transport de la houille, du minerai et d'autres matériaux de même nature; on l'emploie toutefois aussi au transport des bois de charpente et d'autres matières qui ne demandent pas à être protégées contre les intempéries.

Il est caractérisé par une trémie ménagée dans le plancher et aboutissant à un fond basculant par lequel on peut faire tomber une partie du chargement.

Ce fond basculant est constitué par deux trappes situées dans le bas de la trémie et qui s'ouvrent par le milieu, perpendiculairement à la voie, en pivotant autour de charnières fixées aux parois inclinées de la trémie.

La manœuvre des trappes est commandée par un arbre traversant le wagon de part en part dans le sens de la largeur.

Deux chaînes fixées respectivement à chacune des trappes assurent, par enroulement autour de l'arbre, la fermeture du fond; par déroulement, au contraire, elles en permettent l'ouverture. L'arbre est muni à cet effet, à l'une des extrémités, d'une roue à rochet et d'un carré dans lequel on engage une manivelle au moment de la manœuvre.

Les bogies et le châssis sont constitués d'une manière analogue à ceux du wagon couvert à marchandises que nous venons de décrire. (Notice 1).

Toutefois, en raison de la plus faible longueur du wagon, les longerons ne sont pas armés.

Les parois de la caisse et de la trémie ainsi que les ranchers sont en bois.

A chaque extrémité du wagon se trouve un frein à main dont la roue de manœuvre est horizontale.

Dimensions principales et poids

Nombre d'essieux des bogies	2
Écartement des essieux d'un bogie	1 ^m ,475
Longueur d'un bogie d'axe en axe des fermes-longerons	1,900
Diamètre des roues	0,840
Écartement d'axe en axe des bogies	4,720
Longueur du châssis de dehors en dehors des tampons	8,280
— — — — des traverses extrêmes	7,925
Largeur de dehors en dehors du châssis	2,440
Longueur extérieure de la caisse	7,200
Largeur — — — — —	2,440
Longueur intérieure — — — — —	7,060
Largeur — — — — —	2,300
Hauteur intérieure des parois de la caisse	0,735
— — — — du fond de la trémie au dessus de la caisse	1,415
Poids du wagon vide	10 400 ^{kg} .
Tonnage	30 000
Poids mort par tonne utile	347

3.— Wagon plat à châssis tubulaire et à bogies, pour voie de 1^m,44, exposé par MM. Goodfellow et Cushmann (États-Unis) (Planches 91-92).

Ce wagon, dont l'usage commence à se répandre en Amérique, est très robuste. Il est démontable et toutes les pièces qui le composent son interchangeables d'un wagon à l'autre; les réparations auxquelles il peut donner lieu sont par suite très faciles à faire sur place par le premier ouvrier forgeron venu, et ne nécessitent pas l'envoi aux ateliers du wagon avarié.

Son poids mort par tonne transportée est plus faible que celui de tous les autres wagons plats connus. Il n'est que de 287 kilogrammes.

Le châssis est supporté par deux bogies à deux essieux; il comporte quatre

cours de longerons partageant la largeur du wagon en trois intervalles sensiblement égaux.

Chaque cours de longeron est constitué par deux tubes en fer de même diamètre, d'une seule pièce sur toute la longueur du wagon, disposés l'un au-dessus de l'autre, vissés dans des dés assemblés avec la traverse extrême puis enfin solidement reliés l'un à l'autre par des entretoises et des étriers supérieurs et inférieurs.

Les entretoises maintiennent l'écartement des tubes ; les étriers boulonnés sur les entretoises produisent la liaison.

Pour obtenir un serrage énergique de ces pièces et soulager les boulons, les étriers (voir le détail, planche 91-92) sont munis, à chaque extrémité et sur toute leur largeur, d'un mentonnet dont la face en retrait, un peu inclinée en coupe sur l'horizontale, vient s'appliquer contre une saillie correspondante de l'entretoise, de sorte que l'étrier embrasse, non seulement le tube, mais aussi l'entretoise.

Latéralement à chacun des tubes supérieurs et du côté de l'axe longitudinal du wagon, il existe une longuerine en bois supportée par des consoles faisant partie d'un certain nombre d'étriers supérieurs. Le plancher du wagon est fixé à ces longuerines en bois.

Deux des étriers inférieurs, sur chaque longeron entre les bogies, sont prolongés vers le bas en forme de poinçon ou contre-fiche, de manière à permettre, à l'aide de tirants en fer rond et d'entretoises en fer à \perp , la constitution de fermes longitudinales et transversales solidarissant les divers éléments du châssis, qui est ainsi entièrement démontable, toutes les pièces étant boulonnées, sans emploi nulle part de rivets.

Les traverses extrêmes du châssis sont en acier.

Les deux traverses maîtresses, au droit des chevilles ouvrières des bogies, sont en bois de fort équarrissage, garni sur les faces latérales de fers en \square , et armées d'un tirant en fer.

Chacune des traverses maîtresses en bois est reliée à la traverse extrême correspondante par deux flèches en acier, pourvues chacune d'une ouverture rectangulaire dans laquelle glissent les butées d'arrêt du ressort en spirale commun au choc et à la traction.

Comme d'habitude dans les wagons américains, ces appareils de choc et de traction passent au centre des traverses extrêmes qui portent, de chaque côté de ces appareils, deux faux tampons en bois.

La crapaudine, par l'intermédiaire de laquelle le châssis repose sur chaque bogie, est disposée en forme de genouillère, de sorte que les chocs transmis au bogie par les inégalités de la voie sont atténués au point de ne pas affecter le châssis et, par suite, le chargement du wagon. La disposition adoptée assure

d'ailleurs une grande mobilité du bogie autour de la cheville ouvrière, ce qui permet au wagon de circuler sans effort dans des courbes d'un rayon exceptionnellement petit.

Le wagon n'est pourvu que d'un seul frein à vis à quatre sabots agissant sur les quatre roues d'un même bogie. L'appareil de manœuvre est fixé sur la traverse extrême voisine, sans installation spéciale pour le garde-frein.

Le tonnage normal du wagon est de trente tonnes mais, ainsi que nous le verrons ci-après, ce chiffre a pu être notablement dépassé dans un cas exceptionnel, sans que le wagon ait paru en souffrir.

Les bogies sont entièrement métalliques et, comme le châssis, démontables. Ils sont pourvus de ressorts de suspension en spirale, réglables suivant la charge du wagon.

Les fusées et les coussinets peuvent être visités sans déplacer ni écrou ni boulon.

Les coussinets peuvent être enlevés et remplacés dans les mêmes conditions.

Pour changer une roue, il suffit de soutenir le bogie avec un vérin et de desserrer deux boulons.

La caisse du wagon exposé (voir figure 28) ne présente aucune particularité.

Elle est en bois. Les ranchers sont fixés, de chaque côté, au tube supérieur au moyen d'une embrasse en fer terminée par deux corps de boulon qui traversent le rancher et reçoivent chacun un écrou. Ces ranchers sont extérieurs et maintiennent les plats-bords. Les bouts sont tombants.

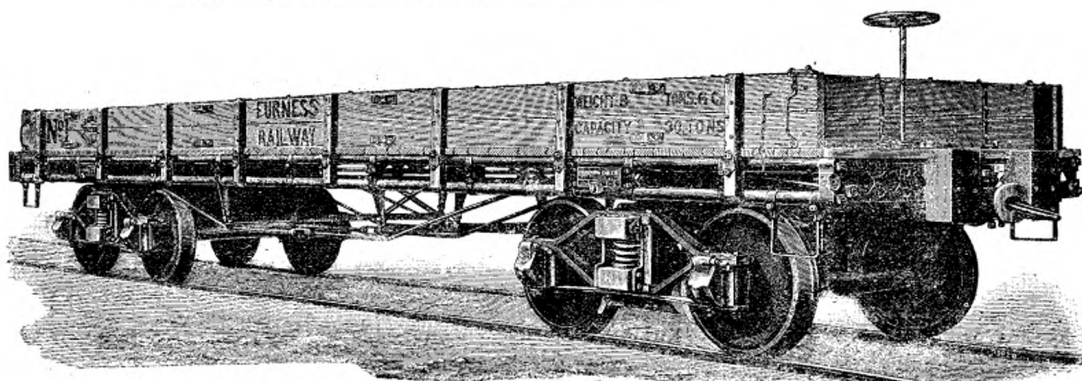


Fig. 28

Par l'adaptation d'une caisse à parois plus hautes (voir figure 29), le même châssis peut servir pour wagon tombereau.

Il peut tout aussi facilement servir à porter la caisse d'un wagon couvert (voir fig. 30) par simple addition d'étriers et d'entretoises d'un type spécial recevant les montants de la caisse.

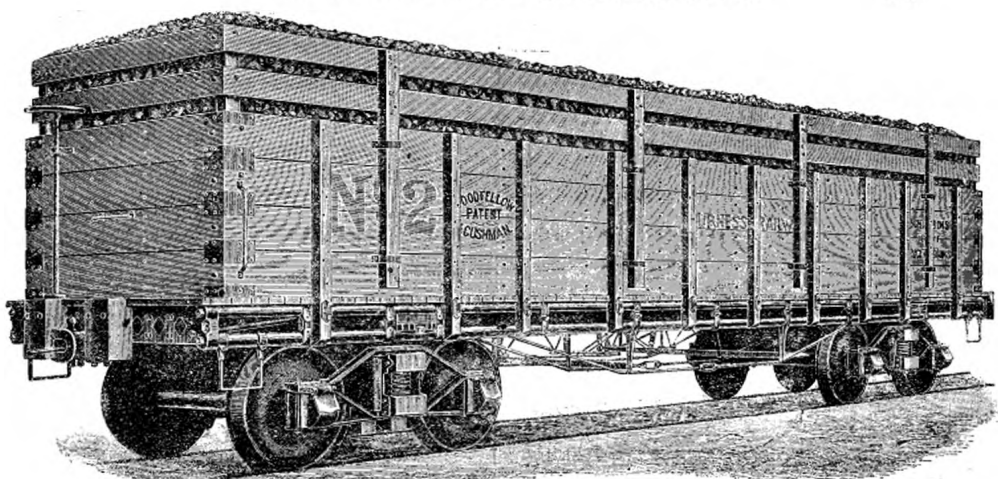


Fig. 29

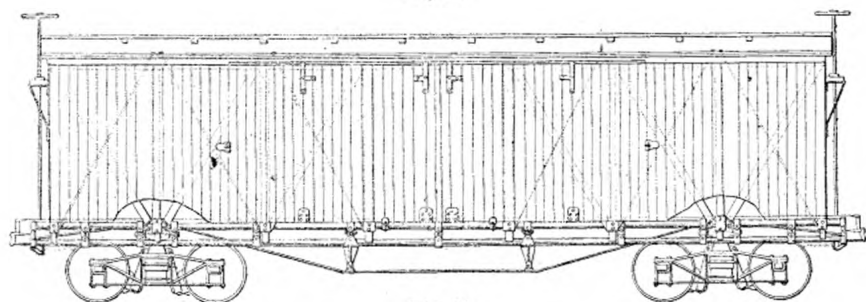


Fig. 30

Dès 1889, trois mille de ces wagons étaient en service sur la grande Philadelphia and Reading R. R. C^o qui en avait commandé quatre mille autres.

Ce sont des wagons de ce type qui ont servi à supporter l'hôtel de Brighton Beach à Coney Island (New-York) lors du déplacement de cet édifice sur environ deux cents mètres, déplacement qui a eu lieu au commencement de 1888 et dont tous les journaux ont parlé à l'époque.

Cent douze wagons plats à châssis tubulaires du type ordinaire de trente tonnes répartis sur vingt-quatre voies, furent employés à cette opération. Ils supportèrent pendant plus de six semaines le poids de l'hôtel évalué à six mille tonnes, poids inégalement réparti et chargeant de cent vingt tonnes certains wagons.

Malgré la durée de cette charge énorme, l'opération terminée, les wagons paraissaient en aussi bon état qu'avant, et dans l'hôtel, on ne remarquait ni lézarde dans les murs et cloisons, ni vitre brisée.

Il est juste de remarquer que la translation de l'hôtel s'est effectuée à une vitesse très réduite.

Dimensions principales et poids

Nombre de bogies	2
Nombre d'essieux par bogie	2
Écartement d'axe en axe des essieux des bogies	1 ^m ,219
— — — des bogies.	6 ,270
Longueur totale du wagon (tampons compris).	10 ,363
Largeur intérieure	2 ,44
Poids à vide.	8 600 ^{kg} .
Tonnage	30 000
Poids mort par tonne transportée	287

4. — Wagon plat à bogies,
pour voie de 1^m,44,
exposé par la Compagnie française du Nord
(Planches 91-92)

Le wagon plat à 2 bogies exposé par la Compagnie du Nord est destiné au transport des grandes tôles et des longs fers.

Il se compose d'une plate-forme qui reçoit le chargement et repose sur deux bogies, reliés l'un à l'autre par une flèche d'accouplement.

La plate-forme repose sur les deux bogies par l'intermédiaire d'un lisoir en fonte et d'un cercle de frottement en fer; elle est reliée à chaque bogie par une cheville ouvrière.

Les bogies se composent chacun de deux longerons en tôle de 20 millimètres d'épaisseur, entretoisés par cinq traverses en fer en \square , de deux longuerines et de deux traverses extrêmes également en fer en \square , le tout porté par quatre ressorts de suspension à lames montés sur deux essieux.

Ces bogies sont munis, au bout où se fait l'attelage, d'un ressort de traction avec tige de traction, d'un tendeur, de deux tampons de choc, de deux chaînes de sûreté, de deux crochets de manœuvre et d'un porte-disque et, au bout opposé où a lieu l'accouplement, d'une chape de traction à laquelle se fixe la flèche d'accouplement.

La plate-forme se compose d'un cadre en fer recouvert par un plancher.

Elle est munie de seize ranchers dont l'écartement peut varier suivant la nature du chargement.

Le cadre de la plate-forme est formé par deux brancards en fer à I de 0^m,300 de hauteur, armés de tirants; il est consolidé par une croix de Saint-André et des traverses en fer en □.

Dimensions principales et poids

Nombre de bogies	2	
— d'essieux par bogie	2	
Écartement d'axe en axe des essieux d'un bogie	1 ^m ,800	
— — — des chevilles ouvrières des bogies.	9 ,000	
Longueur de chaque bogie mesurée du dehors des tampons à l'axe du trou de la chape de traction recevant le goujon d'attelage	4 ,960	
Longueur de la flèche d'attelage, mesurée d'axe en axe des trous des goujons d'attelage.	5 ,980	
Longueur totale du wagon de dehors en dehors des tampons	15 ,900	
Largeur totale extérieure du wagon.	2 ,914	
Longueur de la plate-forme	15 ,000	
Largeur —	2 ,800	
— entre les ranchers, suivant la nature du chargement.	2 ,060	
	ou 2 ,820	
Fusées des essieux { Diamètre.	0 ,100	
	Longueur	0 ,200
Ressorts de suspension	Longueur de la maîtresse lame	1 ,000
	Flexibilité par tonne	0 ,012
Poids à vide	16.900 ^{kg} .	
Tonnage	25.000	
Poids mort par tonne de chargement.	676	

5.— Wagon plat à bogies,
pour voie de 1^m,44,
exposé par le Grand Central belge

Dès 1869, le Grand Central belge a mis en service un type de wagons plats à bogies pouvant porter vingt tonnes.

En 1889, l'effectif de ces wagons était de 180 sur un total de 7024 wagons à marchandises appartenant au Grand Central belge.

Le châssis du wagon exposé (voir fig. 31 et 32) est métallique. Il porte les appareils d'attelage et deux tampons de chocs.

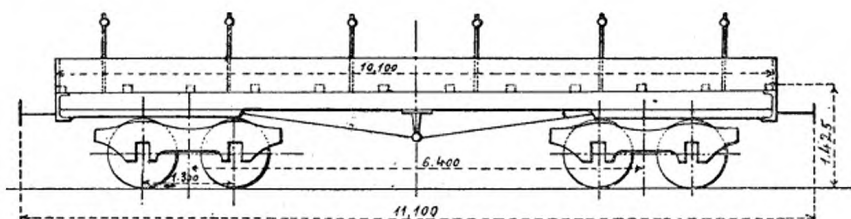


Fig. 31. — Élévation.

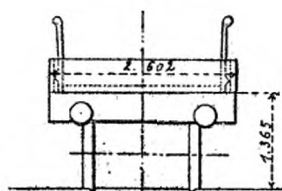


Fig. 32. — Vue par bout.

Il est supporté par deux bogies qui sont pourvus de deux essieux et dont le châssis est également métallique.

Les ranchers intérieurs à la caisse sont mobiles, de sorte que le wagon se transforme à volonté en wagon à haussettes ou en wagon plat.

Dimensions principales et poids

Nombre de bogies	2
Nombre d'essieux par bogie	2
Écartement d'axe en axe des essieux des bogies	1 ^m ,300
— — — des bogies	6,400
Longueur totale extérieure du châssis et de la caisse	10,100
— — — de dehors en dehors des tampons	11,100
Largeur extérieure de la caisse	2,602
Capacité — — —	10 ^m 3760
Poids à vide	12 250 ^{kg} .
Tonnage	20 000
Poids mort par tonne de chargement	613

6. — Wagon plat,
pour voie de 1^m,44,
exposé par la Compagnie française du Midi
(Planches 93-94)

Ce wagon sert au transport, en petite vitesse, des marchandises à découvert ou abritées par des bâches ; il porte, au milieu de l'un de ses bouts, pour le garde-frein, une guérite accessible des deux côtés de la voie.

Le châssis, de construction mixte, comporte des brancards en fer et des traverses en bois de chêne.

Les roues sont à rayons et les bandages sont fixés aux jantes, au moyen de rivets borgnes.

Latéralement, et sur une longueur de deux mètres, les plats-bords peuvent se rabattre pour faciliter les opérations du chargement et du déchargement.

Le wagon est pourvu d'un frein à vis à quatre sabots dont la manœuvre se fait dans la guérite précitée.

Dimensions principales et poids

CHASSIS

Nombre d'essieux	2	
Écartement d'axe en axe des essieux	3 ^m ,400	
Longueur de dehors en dehors des tampons	7,630	
— — — des traverses de tête	6,400	
Écartement intérieur des brancards	1,807	
Longueur des traverses extrêmes.	3,000	
Section des brancards. . {	Hauteur	0,250
	Largeur des ailes	0,082
	Épaisseur.	0,012
	— des traverses de tête {	Hauteur
Largeur.		0,110
Ressorts de suspension. . {	Nombre de lames.	12
	Largeur des lames.	0 ^m ,075
	Épaisseur des lames.	0,010
	Longueur de la maîtresse lame	1,0185
	Flexibilité par tonne.	0,019
Ressorts de choc -- Type	en spirale	
Ressorts de traction . . {	Nombre de lames.	8
	Largeur des lames	0 ^m ,075
	Épaisseur des lames.	0,012
	Longueur de la maîtresse lame	0,836
	Flexibilité par tonne	0,0092

ESSIEUX MONTÉS

Fusée.	{	Diamètre	0 ^m ,085
		Longueur	0 ,170
Corps de l'essieu	{	Diamètre au milieu	0 ,125
		— près de la portée de calage . . .	0 ,120
		— de la portée de calage	0 ,140
Roue.	{	Type.	en fer à rayons
		Longueur du moyeu	0 ^m ,170
		Diamètre de la jante.	0 ,900
	{	Nature du métal.	acier fondu
		Diamètre au contact des rails. . . .	1 ^m ,010
Poids moyen d'un essieu monté			851 ^{kg} .
Charge maxima par essieu (sur rails)			8 175

CAISSE

Longueur intérieure de la caisse.			6 ^m ,260
Largeur — — — — —			2 ,760
Hauteur intérieure des hausses			0 ,200
Poids à vide.			6 350 ^{kg} .
Tonnage			10 000
Poids mort par tonne de chargement			635

7. — Wagon couvert,
pour voie de 1^m,44,
exposé par la Compagnie française de l'Est
(Planches 95-96)

Ce wagon a été construit par la Compagnie française de l'Est dans ses ateliers de Mohon (Ardennes). Il est du type adopté pour tous les wagons couverts de dix tonnes, que la Compagnie de l'Est a fait construire depuis 1877 et qui, au moment de l'Exposition, étaient au nombre de 4,300.

Il se distingue toutefois du type primitif, notamment : 1° par l'addition d'un frein à main que les manœuvres par la gravité ont rendu indispensable, et dont la Compagnie de l'Est munit tous ses nouveaux wagons; 2° par un appareil de fermeture disposé pour être manœuvré indifféremment de l'intérieur ou de l'extérieur de la caisse.

Les roues montées, les boîtes, les organes de la suspension, les appareils de

choc et de traction, sont identiques à ceux adoptés par la Compagnie pour tous les wagons à marchandises qu'elle construit actuellement.

Châssis. — Le châssis est entièrement métallique.

Les deux brancards en fer à Γ sont réunis, au moyen d'équerres et de goussets, aux deux traverses extrêmes en fer en \sqsubset , de même hauteur qu'eux; ils sont en outre entretoisés dans le cours de leur longueur par trois traverses intermédiaires. Quatre flèches en fer cornière, assemblées à ces diverses traverses au moyen d'équerres et de goussets, complètent la charpente du châssis.

Les plaques de garde, en fer forgé, sont en deux parties et sont montées de manière à présenter un jeu de trois millimètres dans le sens longitudinal et de quatre millimètres dans le sens transversal.

Les boîtes, en deux pièces, sont disposées pour le graissage par capillarité au moyen d'huile minérale.

Le coussinet est en métal blanc, composé de :

83.3 % d'étain.

11.1 % d'antimoine.

5.6 % de cuivre.

Le dessous de boîte, présente à l'arrière une nervure horizontale qui s'oppose efficacement à la perte de l'huile lors du passage en courbe.

A l'arrière de la boîte, l'obturateur, qui a pour but d'éviter les pertes d'huile et surtout l'introduction des poussières, est formé de deux pièces à joints croisés, composées de rondelles de cuir découpé entre lesquelles sont intercalées des rondelles de drap qui, seules, portent sur l'essieu et forment joint.

La suspension est assurée par quatre ressorts en acier rainé. La maîtresse lame de chaque ressort est terminée par deux rouleaux servant à relier le ressort au moyen de flasques et de boulons, avec les supports de suspension qui sont en fer forgé.

Les essieux sont en acier.

Les roues sont en fer et à rayons.

Le bandage est en acier. Il est fixé à la jante par cinq boulons.

Un ressort à lames servant à la fois au choc et la traction, est placé contre chaque traverse de tête du châssis.

Ses extrémités s'appuient sur les bouts des tiges de tampons par l'intermédiaire d'une main de choc en fonte à encastrement empêchant le tampon de tourner.

Il est relié en son milieu à la tige du crochet de traction par un collier dont la douille est clavetée à l'extrémité de la tige du crochet. Ce collier est guidé haut et bas.

La disposition adoptée rend la traverse extrême et les flèches centrales soli-

dares des efforts de traction directe et des chocs en retour, lorsque le crochet vient à fond de course.

La course totale du ressort est de 85 millimètres; elle est limitée par le guide de la tige de traction, pièce en fer fixée dans le milieu de la traverse extrême, et par les équerres reliant les flèches intermédiaires à cette traverse extrême.

Le collier monté à froid sur le ressort est maintenu en place par une clavette conique avec écrous goupillés placés entre deux cales de serrage. Ce mode de fixation offre l'avantage de ne pas altérer l'état de flexibilité du ressort comme cela se produit avec la pose à chaud.

La bande initiale ou de montage du ressort est d'environ 1 650 kilogrammes.

La course au choc est limitée à 150 millimètres par la butée du plateau contre le faux tampon; elle correspond à un effort total de compression de 7 530 kilogrammes.

Le frein dont le wagon est pourvu agit sur une des quatre roues.

Il est composé d'un renvoi d'équerre, commandé à l'une de ses extrémités par un levier à main et supportant à l'autre extrémité un sabot en fonte.

Une crémaillère fixée sur l'âme du brancard du wagon sert à maintenir le levier dans la position de serrage ou de desserrage.

L'effort développé sur la poignée est multiplié, en raison des bras de levier, dans le rapport de 1 à 17.5.

L'ensemble de ce frein pèse 90 kilogrammes.

Le châssis reçoit trois couches de peinture, dont deux au gris et une au noir brillant.

Caisse. — Depuis quelques années, la Compagnie de l'Est emploie d'une manière générale le pitchpin, au lieu et place du chêne, pour la construction des membrures de caisse de ses wagons couverts.

Les expériences comparatives que cette Compagnie a entreprises sur ces deux essences de bois ont montré que la résistance du pitchpin est équivalente à celle du chêne et que les assemblages des grosses pièces, effectués en pitchpin, se trouvaient, après un certain temps de service, dans un état de conservation aussi favorable que les assemblages en chêne.

Le prix d'achat du pitchpin est d'ailleurs notablement inférieur à celui du chêne.

La caisse du wagon exposé est complètement en bois; elle est solidaire du châssis qui porte des ferrures d'attente, telles qu'équerres et consoles, sur lesquelles les pièces constituant la carcasse de caisse sont fixées au moyen de boulons.

A leur partie supérieure, ces pièces sont assemblées entre elles par tenons et

mortaises et l'assemblage est renforcé par des boulons ou par des brides boulonnées.

Tous les montants sont réunis entre eux en deux points intermédiaires de leur hauteur par les frises du panneautage, auxquelles ils sont reliés par des harpons ou des boulons.

Le panneautage de la caisse est fait par des frises de trente millimètres d'épaisseur. Ces frises sont en pitchpin, pour les rangs inférieurs jusques et y compris la frise de première ceinture; elles sont en sapin pour les rangs supérieurs.

Toutes les frises sont assemblées entre elles par juxtaposition, avec recouvrement, et sont clouées sur les montants.

Le plancher est en pitchpin.

Le pavillon est en sapin. Les frises sont assemblées à rainure et languette; elles sont clouées sur chaque courbe de la carcasse du pavillon.

La couverture garnissant ce pavillon est formée d'une toile écrue (lin ou chanvre) enduite de trois couches de céruse broyée à l'huile de lin, elle est clouée sur les rebords du pavillon et sur les courbes extrêmes, puis bordée par une corniche demi-ronde en sapin. Lors de la pose de la toile enduite, on prend soin qu'il ne se produise pas d'adhérence entre cette toile et les frises du pavillon.

La durée de cette couverture est de sept à huit ans.

Pour permettre l'intercalation des wagons couverts dans les trains de voyageurs sans interrompre le fonctionnement de l'intercommunication électrique en usage dans ces trains, on a fixé sur les panneaux de bout, et à la hauteur du pavillon, deux supports-guides en fer destinés à recevoir les câbles volants qui assurent la continuité de la canalisation électrique.

Chaque paroi latérale du wagon est munie en son milieu d'une ouverture fermée par une porte en bois roulant sur deux galets et munie à sa partie supérieure de deux équerres à douilles dans lesquelles passe une tringle de retenue fixée sur le battant de pavillon.

Cette tringle et les équerres-guides du haut, ainsi que les galets et les rails, sont montés de façon à éviter la possibilité d'une chute de porte en cours de route, en cas de rupture de l'un de ces organes, et à rendre impossible le démontage des portes sans traces visibles, conformément aux conditions imposées pour les transports en douane.

Dans l'axe de chacune des portes se trouve un marchepied en bois de 1^m,800 de longueur fixé au brancard de châssis par deux supports.

Quatre poignées montoires fixées sur les montants d'entrée de portes permettent l'accès dans le wagon.

Pour éviter les risques d'incendie qui résulteraient de l'introduction d'escarbilles enflammées provenant des locomotives, une plate-bande en fer est fixée sur le montant de gauche de la porte, sur lequel il fait saillie vers l'intérieur, de façon à s'appliquer après fermeture sur le montant d'entrée correspondant ; le montant d'entrée de droite porte sur toute sa hauteur une cornière qui sert à la fois de butée et de joint, concurremment avec la cornière du montant de la porte. Enfin à la partie supérieure, une bavette métallique fixée sous la frise du bord du pavillon forme joint avec la frise fixée sur la traverse supérieure de la porte.

L'appareil de fermeture, comme nous l'avons déjà dit, se manœuvre de l'intérieur et de l'extérieur du wagon ; il se compose des organes suivants :

Sur la cornière de butée du montant d'entrée de droite est fixé un arrêt terminé par un œil oblong.

D'autre part, sur la porte, et à une hauteur accessible de l'intérieur comme de l'extérieur, se trouve une boîte en tôle d'acier emboutie portant une douille dans laquelle est engagé un axe terminé à l'intérieur par une poignée à deux branches, et à l'extérieur par un crochet en fer qui s'engage dans l'œil de l'arrêt fixé sur le montant.

L'extrémité du crochet est percée de deux trous de dix-sept millimètres de diamètre pour les plombs ou cadenas de douane.

Deux ouvertures destinées à l'aérage sont ménagées sur chaque face latérale du wagon, l'une à droite et l'autre à gauche de la porte ; elles sont fermées intérieurement au moyen de volets en tôle coulissant sur une plate-bande en fer et maintenus à leur partie supérieure par un guide.

La fermeture de ces volets s'effectue intérieurement au moyen d'un crochet pivotant sur un axe. Un anneau de retenue, attaché à ce crochet et engagé dans un bouton à gorge, empêche celui-ci de remonter et s'oppose ainsi à l'ouverture des volets qui tendrait à se produire par les trépidations en marche.

La caisse des wagons couverts reçoit trois couches de peinture à l'intérieur et quatre couches à l'extérieur, lesquelles sont appliquées comme suit :

Avant le ferrage, une couche d'impression à la céruse sur toutes les faces tant extérieures qu'intérieures ;

Après le ferrage de la caisse et un masticage, à l'intérieur et à l'extérieur (sauf sur le pavillon), une deuxième couche de peinture à la céruse comprenant une plus forte proportion d'huile de lin ;

Après un délai de vingt-quatre heures, une couche de peinture brune sur toutes les faces (y compris le pavillon) ;

Enfin, quarante-huit heures plus tard, à l'extérieur de la caisse seulement, une couche de peinture brune au vernis.

Les inscriptions de la caisse sont en couleur jaune.

Dimensions principales et poids

CHASSIS

Nombre d'essieux	2
Ecartement d'axe en axe des essieux	3 ^m ,750
Longueur totale de dehors en dehors des tampons	7,100
— de dehors en dehors des traverses extrêmes	6,000
— des traverses extrêmes	2,670
Largeur totale en dehors des marchepieds	2,900
Écartement intérieur des brancards	1,800
Dimensions des fers à \perp {	
des brancards {	
Hauteur	0,220
Largeur des ailes	0,100
Épaisseur	0,010
Dimensions des fers en \sqsubset {	
des traverses extrêmes {	
Hauteur	0,220
Largeur des ailes	0,070
Épaisseur	0,010
Dimensions des fers en \sqsubset {	
des traverses intermé- {	
diaires {	
Hauteur	0,140
Largeur des ailes	0,050
Épaisseur	0,012
Dimensions des fers cor- {	
nières des flèches . . . {	
Largeur des ailes	0,080
Épaisseur	0,058
Ressorts de suspension {	
Nombre de lames	9
Largeur des lames	0 ^m ,075
Épaisseur des lames	0,012
Longueur de la maîtresse lame	1,066
Flexibilité par tonne	0,0153
Ressorts de choc et de {	
traction {	
Nombre de lames	12
Largeur des lames	0 ^m ,075
Épaisseur des lames	0,015
Longueur de la maîtresse lame	1,740
Flexibilité par tonne	0,283

ESSIEUX MONTÉS

Essieux proprement dits. {		
Diamètre {	au milieu du corps	0 ^m ,120
	près de la portée de calage	0,135
	à la portée de calage	0,140
	à la fusée	0,090
	Longueur des fusées	0,180
	Longueur totale des essieux	2,156
Roues {	Diamètre des roues au contact du rail	1,040
	Largeur du bandage	0,135
	Épaisseur normale du bandage	0,060
	Hauteur du boudin	0,027
	Ecartement intérieur des bandages	1,360
Poids moyen d'un essieu monté		1099 ^{kg}

La carcasse de caisse est métallique. Le plancher est en bois garni de tôle. Les parois sont constituées par des panneaux de tôle garnis à l'intérieur de frises de bois verticales et non jointives. La partie inférieure des parois latérales est mobile autour d'un axe horizontal placé à mi-hauteur de la paroi.

La fermeture de cette partie mobile est obtenue au moyen d'un arbre à cames placé à la partie inférieure de la caisse et soutenu par plusieurs supports.

Cet arbre règne sur toute la longueur de l'ouverture ; il est recouvert par une cornière dont la pente est la même que celle du plancher. Ainsi protégé, l'arbre ne risque d'être ni faussé par le choc, ni coincé par les fragments.

Une manette permet de manœuvrer l'arbre par l'intermédiaire d'un levier. Le levier étant relevé, les cames fixées sur l'arbre maintiennent fermée la porte, et un crochet saisit la manette de façon à assurer la fermeture.

Pour ouvrir, il suffit d'enlever la goupille du crochet et de donner un coup de bas en haut sur la tête de ce crochet. Poussée par la charge, la porte oscille autour de son axe supérieur de suspension.

A ce moment entre en jeu un *appareil d'enclenchement* qui maintient la porte écartée et fixe.

Cet appareil se compose d'une bielle dont une extrémité est fixée à la porte au moyen d'une articulation, et dont l'autre est terminée par une poignée qui glisse librement dans un coulisseau.

Arrivée à fond de course, cette poignée rencontre une encoche, s'y loge et maintient ainsi la porte ouverte.

Il suffit de soulever légèrement la porte et de pousser la poignée pour qu'elle sorte de l'encoche et que la porte se ferme.

Les organes sont tous des plus simples et des plus robustes.

Un seul homme suffit à la manœuvre ; il n'a aucun effort pénible à faire.

Un certain nombre de ces wagons sont en service dans des exploitations de minerais de fer de la Lorraine et du Luxembourg.

Les éléments principaux du wagon exposé sont les suivants :

Nombre d'essieux	2	
Ecartement des essieux	2 ^m ,700	
Longueur du châssis de dehors en dehors des tampons.	6 ,100	
— — — des traverses extrêmes.	5 ,000	
Caisse	Longueur extérieure	5 ,000
	Largeur —	2 ,420
	Longueur intérieure	4 ,950
	Largeur —	2 ,350
	Hauteur intérieure { au milieu	0 ,550
	{ latéralement	1 ,350

Poids du wagon vide	8.550 ^{kg}
Tonnage	15 000
Poids mort par tonne de chargement	570

9. — Wagon à trappes, système Méraux,
pour voie de 1^m,44,
exposé par la Compagnie française de l'Est
(Planches 97-98)

Ce wagon est plus particulièrement destiné au transport du ballast. Il peut cependant servir au transport des rails et des traverses.

Imaginé et conçu dans ses dispositions principales par M. Méraux, il a été étudié, comme détails, dans les bureaux de la Compagnie de l'Est et construit dans ses ateliers de Mohon.

Il est complètement métallique. La caisse et le châssis ne font qu'un.

C'est en effet sur la caisse convenablement disposée et munie de tirants, d'entretoises et d'armatures lui donnant la rigidité nécessaire, que sont fixés les plaques de garde, les ressorts de suspension, ainsi que les appareils de choc et de traction.

Les longerons et les bouts de la caisse sont en tôle de fer de six millimètres d'épaisseur; ils sont armés, sur leur bord inférieur et sur leur bord supérieur, de cornières destinées à leur donner de la rigidité.

Le fond du wagon présente, de chaque côté de l'axe longitudinal, une double inclinaison; il se compose d'une partie fixe, en dos d'âne, à pente accentuée, et d'une partie mobile formée de plusieurs trappes qui, dans la position fermée, présentent une légère contre-pente vers l'intérieur de la voie.

L'arête de la partie fixe, en dos d'âne, a en plan la forme d'une double croix.

Le dos d'âne longitudinal recouvre la barre de traction; il réunit entre eux les deux bouts de la caisse qui forment traverses extrêmes. Les deux dos d'âne transversaux servent à loger les organes du roulement et de la suspension; ils entretoisent en même temps les deux longerons qui forment les parois latérales de la caisse et qui sont consolidés, en outre, au milieu de leur longueur par une tôle verticale.

Des armatures transversales placées en dessous des parties en forme de dos d'âne du fond de la caisse et solidement rivées sur elles, servent à assurer l'invariabilité de forme de ces parties.

C'est sur quatre de ces armatures, reliées en leur milieu par des entretoises aux longerons extérieurs, que sont fixées les branches des plaques de garde. Les sup-

ports de suspension s'attachent de leur côté sur ces armatures et sur les longerons.

Des fers en \square renforcent les bords inférieurs des fonds de la caisse et servent d'attache aux charnières des trappes qui en ferment les ouvertures. Ces trappes sont constituées par des feuilles de tôle rivées sur des cadres formés de fers en \square elles sont renforcées par un certain nombre de traverses en fer à \top ; les dimensions des ouvertures fermées par les trappes, au nombre de trois de chaque côté, sont en largeur de 0^m,470, et en longueur de 3^m,270 pour l'une d'elles, et de 1^m,380 pour les deux autres.

Des tôles fixes, formant joues, empêchent l'écoulement par bout du ballast qui viendrait encombrer la voie. Ces tôles, qui garantissent en même temps les roues, sont entretoisées entre elles par des fers en \square qui servent en outre à limiter l'ouverture des trappes.

Un seul homme peut manœuvrer ces trappes. Il se place à cet effet sur une plate-forme située à un bout du wagon. De là il peut agir successivement sur deux volants qui actionnent chacun, au moyen d'une vis verticale et d'une roue hélicoïdale, un arbre horizontal portant des manchons cylindriques sur lesquels s'enroulent des chaînes fixées aux extrémités des trappes. Cette disposition assure le déchargement complet du ballast tout en permettant de régler la vitesse d'écoulement.

Normalement, la durée du déchargement complet est de deux minutes.

En vue du transport des rails et des traverses, la caisse a été munie de bouts d'une hauteur de 0^m,930 et de ranchers espacés entre eux de 0^m,900 à 0^m,980.

Les bouts sont en bois, de 60 millimètres d'épaisseur, ils sont maintenus à leurs extrémités par deux cornières et, en deux points intermédiaires de la longueur, par deux fers à barrots formant ranchers, fixés à leur partie inférieure sur les tôles des bouts de la caisse.

Des petits fers en \square , rivés à leurs deux extrémités sur les longerons dont ils affleurent le dessus, constituent le plancher destiné à recevoir le chargement des rails et des traverses.

Les organes de roulement ainsi que les appareils de choc et de traction sont des types employés normalement par la Compagnie de l'Est.

Les ressorts de choc sont en spirale ; ils sont logés dans les faux tampons qui sont en fonte.

Les ressorts de suspension sont à lames d'acier.

Les éléments principaux du wagon que nous venons de décrire sont les suivants :

Nombre d'essieux	2
Ecartement d'axe en axe des essieux	4 ^m ,500

Longueur de dehors en dehors des tampons	9 ^m ,900	
— extérieure de la caisse-châssis	8 ,500	
— intérieure —	8 ,380	
Largeur extérieure —	2 ,400	
— intérieure —	2 ,388	
Hauteur de la caisse {	au milieu	0 ,990
	sur les bords	1 ,510
Ressorts de suspension {	Nombre de lames	11
	Longueur de la maîtresse lame	1 ^m ,130
	Largeur des lames	0 ,090
	Épaisseur —	0 ,012
Essieux montés. . {	Longueur de milieu en milieu des fusées	2 ,000
	Diamètre au milieu	0 ,135
	Longueur des fusées	0 ,200
	Diamètre —	0 ,105
	— des roues, au contact	0 ,920
Poids du wagon vide	9720 ^{kg} .	
Tonnage	15 000	
Poids mort par tonne de chargement	648	

10. — Wagon déversant à mouvement pneumatique,
système Buette et Chevalier,
pour voie de 1^m,44,
exposé par M. Chevalier, constructeur à Paris
(Planches 99-100)

Le wagon déversant à mouvement pneumatique a été imaginé par M. Buette, entrepreneur de travaux publics, pour permettre le déchargement simultané de tous les wagons composant soit un train de houille, soit un train de terrassements, de ballast ou de tous autres matériaux meubles transportés par trains complets. Ce résultat est obtenu à l'aide d'une conduite d'air comprimé analogue à celle qui commande les freins dans les trains de voyageurs.

L'idée émise par M. Buette a été réalisée par M. Emile Chevalier, constructeur à Paris, qui a établi trois types de wagons déversant à mouvement pneumatique.

Un seul de ces types figurait à l'Exposition de 1889, les deux autres étaient représentés par des dessins, ils ne diffèrent d'ailleurs du type exposé que par des détails de construction.

Les principales conditions que M. E. Chevalier a cherché à faire remplir aux wagons en question consistent :

1° Dans l'emploi d'une caisse dont la stabilité ne laissât rien à désirer, même sur les voies de chantiers ;

2° Dans la faculté de pouvoir verser à volonté la caisse à droite ou à gauche ;

3° Dans la disposition à adopter pour les portes, de manière à obtenir automatiquement leur ouverture et leur fermeture.

Le châssis, symétrique par rapport à l'axe de la voie, est entièrement métallique. Il est muni de ressorts de suspension à lames. Les ressorts de choc et de traction sont en spirale.

Ce châssis porte un certain nombre de cylindres disposés, deux par deux, de chaque côté de l'axe longitudinal du wagon et destinés à soulever la caisse du côté opposé à celui où l'on désire déverser (voir pl. 99-100, fig. 1, 2 et 3). Ils oscillent sur des tourillons fixés aux traverses intermédiaires du châssis ; les coussinets de rotation consistent en des sellettes ouvertes par dessous, et venues de fonte avec les cylindres, de façon à leur permettre de se soulever lorsqu'on veut nettoyer les surfaces frottantes.

En faisant agir une série de pistons, on fait tourner la caisse autour des axes d'articulation de l'autre série, de telle sorte que la série qui ne travaille pas ne supporte aucun effort et ne subit pas de déplacement.

Dans le cas du wagon exposé, les cylindres sont à simple effet et les pistons ne reçoivent le fluide moteur que sous leur face inférieure.

La caisse est métallique et repose sur le châssis par deux longuerines en fer à I ; sur ces longuerines sont fixés des patins oscillant dans des colliers. Des guides embrassent ces colliers et préviennent tout déplacement longitudinal de la caisse. Les colliers et les guides sont fixés sur les sommiers du châssis.

L'air comprimé, emmagasiné dans un ou plusieurs réservoirs intermédiaires, est envoyé dans la conduite générale au moment voulu pour le déversement ; sur cette conduite sont branchés des tuyaux secondaires, destinés à distribuer le fluide moteur à droite ou à gauche, au moyen d'un robinet à trois voies placé sous chaque caisse et manœuvré par des poignées. Cette disposition permet, l'ouverture des robinets étant réglée, de faire verser les wagons d'un train, soit à gauche, soit à droite, ou de n'en faire verser qu'une partie si l'on veut, l'air comprimé ne faisant que traverser la conduite générale, pour ceux qui doivent être réservés. Le déchargement effectué, il suffit de mettre la conduite générale en communication avec l'atmosphère pour que les caisses des wagons reviennent à leur position normale, en vertu de leur propre poids.

L'air est envoyé de la locomotive à la pression de dix kilogrammes ; il se détend dans les cylindres qui sont établis pour travailler sous une pression maxima de cinq kilogrammes.

L'ouverture et la fermeture automatiques des portes sont réalisées à l'aide de mécanismes simples et robustes.

Les portes sont suspendues par leur partie supérieure au moyen de charnières et maintenues fermées par des crochets coudés qui oscillent autour d'un axe, de manière que la partie pendante vienne, au moment du déversement, toucher le châssis, en forçant le crochet à se relever. Quand la caisse, après le déchargement, revient à la position horizontale, le crochet reprend également sa position primitive, et la porte, en retombant, en soulève l'extrémité qui est en forme de came, puis s'accroche d'elle-même. Les charnières sont légèrement excentrées pour que la porte revienne exactement en place sous l'action de son propre poids. Si l'on a à charger des blocs volumineux, on surélève l'axe de rotation des charnières, de manière à déterminer une ouverture plus grande de la porte.

Nous allons maintenant décrire successivement les trois types établis par M. E. Chevalier.

Le premier, d'une capacité de neuf mètres cubes, peut porter vingt tonnes ; il est à six cylindres de 310 millimètres de diamètre et de 570 millimètres de course. Les trois cylindres d'une série, agissant sous une pression d'air de cinq kilogrammes, dépensent 64 litres d'air à dix kilogrammes par opération. Pour manœuvrer un train de quinze wagons, le réservoir d'air placé sous la locomotive devra contenir 960 litres, soit un mètre cube.

Le deuxième type, celui qui figurait à l'Exposition et qui est représenté (pl. 99-100, fig. 1, 2, 3), est d'une capacité de six mètres cubes, et peut porter dix tonnes. Les cylindres sont au nombre de quatre et ont 280 millimètres de diamètre et 510 millimètres de course. Les deux cylindres d'une série consomment à chaque opération 31,4 litres d'air à dix kilogrammes ; le réservoir d'air de la machine pour la manœuvre d'un train de quinze wagons devra donc contenir 470 litres, soit un demi-mètre cube.

Le troisième type, plus spécialement destiné au transport du ballast, diffère des précédents, non par le mode de soulèvement, mais par les dispositions de la caisse. Celle-ci est établie, comme l'indiquent les figures 4, 5, 6 (pl. 99-100), pour verser en même temps à droite, à gauche et entre les rails. Les axes de rotation ne coïncident plus avec les axes de soulèvement, et la course des pistons a été réduite, en même temps que l'effort nécessaire au déversement se trouve diminué ; aussi un seul piston suffit-il à soulever chaque demi-caisse.

Le robinet de manœuvre individuel est supprimé ; les deux pistons devant agir simultanément reçoivent directement leur mouvement de la conduite générale, et la commande se fait de la locomotive.

Les autres dispositions générales, telles que la forme du wagon et des cylin-

dres oscillants, ainsi que l'ouverture et la fermeture automatique des portes, ont été maintenues.

Les cylindres ont 300 millimètres de diamètre et 270 millimètres de course. Ils dépensent ensemble, par opération, dix-neuf litres d'air à dix kilogrammes. La manœuvre d'un train de quinze wagons nécessite donc sur la machine un réservoir de 285 litres, soit de 300 litres.

Les éléments principaux du wagon exposé sont :

Nombre d'essieux	2
Ecartement d'axe en axe des essieux	2 ^m ,100
Longueur totale du châssis de dehors en dehors des tampons.	5 ,800
— — — — — traverses extrêmes	4 ,800
— — — — — extérieure de la caisse.	5 ,100
Largeur — — — — —	2 ,700
Longueur intérieure — — — — —	5 ,088
Largeur — — — — —	2 ,688
Hauteur — — — — — sur les bords.	0 ,440
— — — — — au milieu.	0 ,640
Poids du wagon vide.	6 200 ^{kg} .
Tonnage.	10 000
Poids mort par tonne de chargement.	620

11. — Wagon à houille à caisse unique basculante,
pour voie de 1^m,44,
exposé par la Société des Usines et Fonderies de Baume et Marpant
(Nord)
(Planches 101-102)

Ce wagon destiné spécialement à desservir le quai d'embarquement des mines de Lens, a été étudié par l'ingénieur de ces mines, M. Reumeaux, et construit dans les ateliers de la Société exposante.

Il est disposé de manière à servir non seulement au transport de la houille, mais aussi au transport de toute autre marchandise ne craignant pas les intempéries.

La caisse peut basculer de chaque côté autour de l'arête extérieure du brancard.

Pour le déchargement des matières meubles (houille, ballast, sable, etc.), les

parois longitudinales de chaque côté de la caisse basculante, sont mobiles autour d'un axe supérieur. L'ouverture et la fermeture de ces parois sont commandées par une manivelle spéciale placée au bout. L'opération du versage se fait avec rapidité.

Pour le déchargement des autres marchandises, les mêmes parois longitudinales sont pourvues, au milieu, de portes, comme les wagons tombereaux généralement en usage dans les compagnies de chemins de fer.

Le châssis et la caisse sont complètement métalliques. Les ressorts de choc sont indépendants de ceux de traction qui sont constitués par douze rondelles de liège de 12 millimètres d'épaisseur et 175 millimètres de diamètre.

Le wagon est pourvu d'un frein à main agissant sur une des roues et dont le levier de manœuvre peut être maintenu dans la position convenable au moyen d'un guide à crémaillère, comme pour le frein à main décrit dans la notice n° 7 (wagon couvert de la Compagnie de l'Est).

Dimensions principales et poids.

CHASSIS

Nombre d'essieux	2		
Ecartement d'axe en axe des essieux	2 ^m ,500		
Longueur de dehors en dehors des tampons.	5 ,420		
— — — des traverses extrêmes	4 ,600		
Dimensions des fers à I {	Hauteur	0 ,250	
des brancards. {	Largeur des ailes	0 ,115	
	Epaisseur	0 ,014	
Dimensions des fers en E {	Hauteur	0 ,250	
des traverses extrêmes. . . {	Largeur des ailes	0 ,080	
	Epaisseur	0 ,012	
Fusées . . . {	Diamètre.	0 ,085	
	Longueur.	0 ,170	
	Nature du métal	Acier Bessemer	
Corps {	au milieu de l'essieu	0 ^m ,120	
de l'essieu. . . {		près de la portée de calage	0 ,134
		à la portée de calage	0 ,130
Roues. {	Nature du corps de la roue	Fer	
	— du bandage.	Acier	
	Diamètre au contact des rails	0 ^m ,935	
Poids moyen d'un essieu monté.		825 ^{kg} .	
Ressorts de suspension . . . {	Nombre de lames	9	
	Epaisseur des lames	0 ^m ,012	
	Largeur des lames.	0 ,075	
	Longueur de la maîtresse lame.	1 ,020	
	Flexibilité par tonne	0 ,017	

Ressorts de choc	{	Type.	lame en spirale
		Section de la lame. {	Largeur 0 ^m ,055
			Epaisseur 0 ,012

CAISSE

Longueur maxima extérieure de la caisse suivant l'axe horizontal. .	4 ^m ,645
Largeur — — — — —	2 ,780
Hauteur intérieure de la caisse	1 ,000

POIDS

Poids total à vide	6 200 ^{kg}
Tonnage.	10 000
Poids mort par tonne de chargement	620

12. — Wagon à houille à deux caisses basculantes,
pour voie de 1^m,44,
exposé par M^{me} V^{ve} Taza-Villain, constructeur à Anzin (Nord)
(Planches 101-102)

Ce wagon est spécialement destiné au transport de la houille, pour le service des mines d'Anzin.

Il comporte un seul châssis, tout en fer, supportant deux caisses basculantes autour de l'arête du brancard, comme le wagon de Lens décrit dans la notice précédente.

Les ressorts de traction, en spirale, sont indépendants de ceux de choc qui sont en caoutchouc et contenus dans les faux-tampons.

Les deux caisses peuvent contenir chacune cinq tonnes de houille, soit ensemble dix tonnes.

Elles sont, comme le châssis, construites entièrement en fer.

Les parois longitudinales, mobiles de chaque côté du wagon autour d'un axe horizontal supérieur, sont pourvues du système de fermeture automatique et manœuvrable à la main, imaginé par M. Malissard, ingénieur, Directeur de la Maison V^{ve} Taza-Villain.

Ce système comporte, comme l'indique le dessin de détail de la planche 101-102, une équerre plate, à 120°, dont le sommet est calé sur un arbre horizontal régnant le long de chaque caisse à la partie inférieure au milieu du porte-à-faux

en dehors des brancards. Cet arbre rend solidaires les deux équerres placées aux extrémités d'un même côté de chacune des deux caisses composant un wagon.

La branche supérieure de l'équerre porte un mentonnet qui, lorsque la caisse est horizontale et doit être fermée, enclenche un tenon fixé latéralement à la paroi mobile.

La branche inférieure de l'équerre est pourvue d'une fourche embrassant un tourillon mobile, mais occupant une position fixe sur le châssis.

A la partie supérieure de chaque caisse, les charnières autour desquelles pivote la paroi mobile sont excentrées.

Lorsque la caisse bascule, l'équerre suit d'abord le mouvement jusqu'à ce que le fond de la fourche bute contre le tourillon fixé au châssis.

A ce moment, la caisse continuant son mouvement, celui de l'équerre est arrêté et le mentonnet de la branche supérieure, dont l'inclinaison a été établie en conséquence, permet le déclenchement du tenon fixé à la paroi mobile. Cette dernière, par sa propre pesanteur, pivote alors autour des charnières excentrées et livre passage à la houille.

Lorsque la caisse est vide et qu'on lui laisse reprendre la position horizontale, le tenon vient s'enclencher automatiquement avec le mentonnet.

Pour la manœuvre à la main, il suffit de dégager le tourillon mobile embrassé par la fourche, à l'aide de la manette qui forme une de ses extrémités.

Pour que ce tourillon ne puisse se dégager automatiquement par suite des chocs ou des trépidations, lors de la formation des trains ou en cours de route, il est pourvu à l'extrémité opposée à la manette, d'un petit tenon qui ne permet le dégagement du tourillon que lorsque la manette est relevée à 180° de la position normale que lui fait prendre la pesanteur.

Le wagon est pourvu du frein à main agissant sur une seule roue, du même système que celui décrit dans la notice n° 7 pour le wagon couvert de la Compagnie de l'Est.

Dimensions principales et poids

CHASSIS

Nombre d'essieux	
Ecartement d'axe en axe des essieux.	2 ^m ,650
Longueur de dehors en dehors des tampons	5 ,424
— — — des traverses extrêmes.	4 ,524
Ressorts de suspension	Nombre de lames 9
	Longueur de la maîtresse lame. 1 ^m ,000
	Largeur des lames. 0 ,070
	Épaisseur des lames 0 ,011

ESSIEUX MONTÉS

Diamètre des fusées.	0 ^m ,085
------------------------------	---------------------

Longueur des fusées	0 ^m ,170
Diamètre de l'essieu au milieu	0 ,118
Diamètre de l'essieu près de la portée de calage	0 ,125
Type des roues	en fer, système Brunon
Diamètre des roues à la surface de roulement	0 ^m ,941
Largeur du bandage des roues	0 ,135

CAISSE

Longueur intérieure de chaque caisse.			2 ^m ,110
Largeur	—		2 ,650
Hauteur	—	au milieu	1 ,150
—	—	sur les bords	0 ,898
Profil des brancards	{	Hauteur	0 ,250
(fer à I)		Largeur des ailes	0 ,115
		Epaisseur	0 ,010
Profil des traverses ex-	{	Hauteur	0 ,250
trêmes (fer en □).		Largeur des ailes	0 ,093
		Epaisseur	0 ,012

POIDS

Poids du wagon vide	6 600 ^{kg}
Tonnage.	10 000
Poids mort par tonne de chargement.	660

13. — Wagon à houille pour basculeur,
pour voie de 1^m,44,
exposé par M^{me} V^{ve} Taza-Villain, constructeur à Anzin (Nord)

(Planches 103-104)

Ce wagon, spécialement destiné au transport des houilles des mines de Marles, est affecté au service dit *du Rivage*, c'est-à-dire des quais d'embarquement en bateau installés par la Société des Mines de Marles et où le déchargement s'opère au moyen de basculeurs à pendule différentiel et à frein hydraulique imaginés par M. Malissard, Directeur de la Maison Vve Taza-Villain.

Le châssis du wagon est métallique. Il est établi dans toutes ses parties, carcas, appareils de traction et de choc, essieux montés et frein, comme le wagon décrit dans la notice précédente et construit par le même exposant.

La caisse également métallique est fixe par rapport au châssis. Son fond est constitué par une tôle de sept millimètres. Elle ne possède de portes à charnières horizontales que d'un côté, ce qui ne présente aucun inconvénient en raison de l'affectation spéciale du wagon dont il s'agit.

Ces portes, au nombre de deux, sont munies chacune de quatre charnières solides, fixées à un sommier présentant en coupe la forme spéciale d'un T, offrant une grande résistance et dont le bourrelet inférieur permet d'excentrer la charnière des portes, ce qui assure à celles-ci une fermeture complète lorsqu'on les abandonne à elles-mêmes, le wagon étant horizontal. Ce sommier est relié solidement par ses extrémités aux deux têtes du wagon ; au milieu, il est retenu par une forte console qui a son pied sur le fond et sur une entretoise du truc.

La fermeture des portes est obtenue au moyen d'un système différent de celui imaginé par M. Malissard pour les wagons à caisse basculante dont il vient d'être question dans la notice n° 12.

Chacune de ces portes est retenue par des mentonnets calés sur un arbre horizontal régnant le long de l'arête inférieure de la caisse.

Ces mentonnets sont en forme de crochet pour éviter la torsion de l'arbre. Le crochet proprement dit est façonné en plan incliné sur lequel s'appuie la face antérieure du pied-de-biche correspondant qui est fixé sur la porte.

L'arbre est maintenu dans la position assurant la fermeture à l'aide d'un levier calé à son extrémité et dont le bout s'engage dans une mortaise pratiquée dans le bras d'une manivelle fixée contre la paroi du bout de la caisse. Le contact du levier et du bras de la manivelle a lieu suivant un arc de cercle qui a pour centre l'axe de rotation de cette manivelle. Il s'ensuit que la fermeture est bien assurée, puisque la charge qui pousse les portes à s'ouvrir ne peut amener le glissement ni du levier ni de la manivelle.

En soulevant la manivelle on déclenche le levier. L'arbre à mentonnet peut alors pivoter autour de son axe et dégager les pieds-de-biche des portes.

Le soulèvement de la manivelle peut se faire automatiquement par butée de la poignée de cette manivelle contre un obstacle fixe, au moment du basculement du wagon pour son déchargement.

Cette opération s'effectue, comme nous l'avons dit, au moyen d'un basculeur à pendule différentiel et à frein hydraulique.

Ce basculeur se compose (voir fig. 33) d'un tablier entièrement métallique et parfaitement rigide, muni de deux tourillons reposant dans deux paliers en fonte scellés sur le châssis en bois qui forme l'encadrement intérieur de l'installation. Ce tablier, muni de rails en prolongement de la voie d'arrivée, reçoit le wagon chargé qui s'y trouve maintenu, d'un côté par deux joues en tôle

épaisse formant contre-rails et s'appliquant contre les roues de l'autre côté, à hauteur des longerons, par deux arrêts placés au sommet de berceaux formés par le prolongement et la courbure des poutres d'abouts du tablier.

Ces arrêts se manœuvrent au moyen d'un petit volant actionnant une vis fixe pourvue, à l'extrémité opposée au volant, d'un écrou mobile en forme de main. Le wagon ainsi calé par la position de la voie sur le tablier du basculeur, se trouve excentré d'une certaine quantité du côté où il doit s'incliner, afin de rompre au moment voulu l'équilibre statique de l'appareil.

Le basculeur est maintenu fixe et horizontal :

1° Par un verrou dit de sûreté sur lequel le tablier repose par une extrémité ;

2° Par le frein hydraulique auquel le basculeur est attelé par l'intermédiaire d'une bielle.

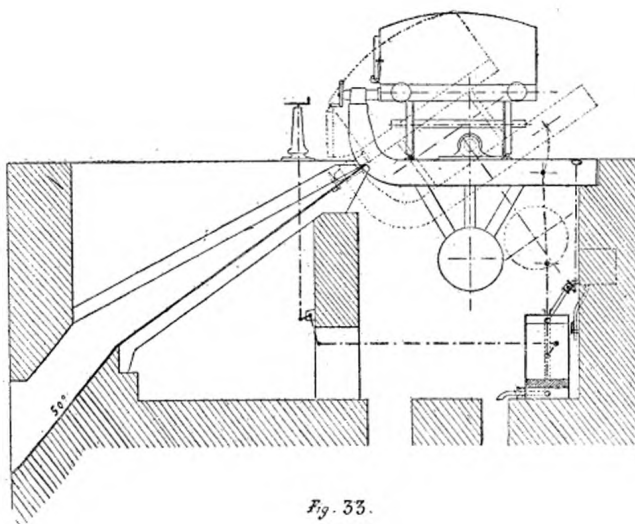


Fig. 33.

La première manœuvre pour le basculage des wagons consiste à ouvrir le verrou de sûreté.

La seconde manœuvre, qui est la plus importante, est celle du frein. Le mécanicien ouvre lentement le robinet en tournant, de droite à gauche, la manette du volant placé sur la colonette située sur le terre-plein à côté du basculeur, volant qui commande le robinet placé au centre du circuit hydraulique du cylindre. Ce circuit, par l'ouverture ou la fermeture du dit robinet, établit ou

interrompt la communication de la partie supérieure à la partie inférieure du cylindre.

Au moment où l'on ouvre le robinet en question, l'équilibre statique du système est rompu. L'eau contenue dans le cylindre est alors soulevée par le piston, qui est lui-même entraîné par le basculeur lequel s'incline avec le wagon qu'il porte. Tout le système en mouvement a une tendance à prendre de la vitesse. On modère cette vitesse en refermant graduellement le robinet. La fermeture complète du robinet doit coïncider avec l'arrivée à la limite d'inclinaison ; elle suffit pour maintenir tout le système à l'état de repos.

Dans la descente de la charge, à l'action du frein hydraulique vient s'ajouter celle du contrepoids-pendule fixé au tablier du basculeur. L'action de ce contrepoids, nulle au début, prend successivement, par le fait de l'inclinaison, une plus grande importance. Le contrepoids devient donc lui aussi, un modérateur de vitesse dont l'effet s'ajoute à celui du frein hydraulique, ce qui permet de marcher dans des limites de pression moins étendues.

Tout le système étant basculé sous un angle de 35° et le robinet du circuit hydraulique complètement fermé, on fait jouer, par mesure de précaution, le verrou de sûreté qui enclenche le tablier à sa partie supérieure.

Pendant le mouvement de basculage et un peu avant la fin de la course, les deux portes du wagon s'ouvrent, comme nous l'avons déjà dit, par suite de la butée de la poignée de la manivelle de fermeture contre les supports fixes adaptés au châssis en bois de l'installation ; le charbon glisse dans une trémie aboutissant au bateau qui doit en assurer le transport.

Le wagon étant vide, pour le ramener dans sa position horizontale, il suffit de dégager à nouveau le verrou de sûreté puis d'ouvrir légèrement le robinet du circuit en tournant la manette du volant de gauche à droite, c'est-à-dire en sens inverse de ce qui a été fait précédemment.

Tout le système se met alors en mouvement par le seul fait du poids du pendule qui tend à reprendre la position verticale. Le concours de ce pendule est indispensable pour effectuer le retour à vide, et le rôle du frein hydraulique, dans ce cas comme dans le cas précédent, est celui de modérateur de vitesse.

Dimensions principales et poids.

CHASSIS

Nombre d'essieux	2	
Ecartement d'axe en axe des essieux	2 ^m ,700	
Longueur de dehors en dehors des tampons	6 ,260	
— — — des traverses extrêmes.	5 ,360	
Dimensions des fers à I des brancards	{ Hauteur	0 ,250
	{ Largeur des ailes	0 ,115
	{ Epaisseur	0 ,010

Dimensions des fers en \square des traverses extrêmes.	{	Hauteur	0 ,250
		Largeur des ailes	0 ,085
		Épaisseur	0 ,015
Ressorts de suspension	{	Nombre de lames	9
		Longueur de la maîtresse lame	1 ^m ,000
		Largeur des lames	0 ,070
		Épaisseur des lames	0 ,011

ESSIEUX MONTÉS

Diamètre des fusées	0 ^m ,085
Longueur —	0 ,170
Diamètre de l'essieu au milieu	0 ,118
— — près de la portée de calage	0 ,125
Type des roues en fer	Système Brunon
Diamètre des roues à la surface de roulement	0 ^m ,941
Largeur du bandage des roues	0 ,135

CAISSE

Longueur intérieure	5 ^m ,350
Largeur —	2 ,350
Hauteur au milieu	1 ,080
— sur les bords	0 ,880

POIDS

Poids du wagon vide	6 100 ^{kg} .
Tonnage	10 000
Poids mort par tonne de chargement	610

14 et 15. — Wagon plat et wagon tombereau,
pour la voie de 1^m00,
exposés par la Compagnie française des chemins de fer du Sud
(Planches 103-104)

Ces deux wagons font partie du matériel construit dans les chantiers de la Buire à Lyon, pour le compte de la Compagnie française des chemins de fer du Sud.

Ils sont à attelage et à tamponnement central, comme les voitures à voyageurs de la même Compagnie décrites dans la notice n° 48. La hauteur du tamponnement est de 0^m,80.

Les châssis sont entièrement en fer ; ils reposent directement sur les ressorts de suspension, sans l'intermédiaire de menottes.

La construction des caisses est mixte ; le bois employé est du chêne pour les fonds, du peuplier pour les côtés du wagon plat, et du sapin pour les côtés et les portes du wagon tombereau.

Le wagon plat, à bouts fixes, côtés tombants avec portes inégales en quinconce suivant les dernières prescriptions ministérielles, est disposé pour le transport du ballast.

Le wagon tombereau a, sur chaque paroi longitudinale, une porte à deux battants ; les bouts sont réunis à leur partie supérieure par un longeron de faitage en pitchpin. Les montants de caisse sont en fer à T boulonnés sur les bouts des consoles de caisse. Les angles sont constitués par l'assemblage d'une cornière et d'un fer à T.

Ces deux wagons sont pourvus du frein à main à levier combiné avec le frein continu à vide, système Soulerin.

Dimensions principales et poids.

POIDS

Nombre d'essieux	2						
Ecartement d'axe en axe des essieux	2 ^m ,600						
Longueur de dehors en dehors des tampons.	6 ,500						
— — — des traverses extrêmes.	5 ,500						
Écartement intérieur des brancards.	1 ,376						
Longueur des traverses extrêmes.	2 ,250						
Dimensions des fers en C des brancards et des traverses extrêmes	<table><tr><td>Hauteur</td><td>0 ,200</td></tr><tr><td>Largeur des ailes</td><td>0 ,080</td></tr><tr><td>Épaisseur.</td><td>0 ,010</td></tr></table>	Hauteur	0 ,200	Largeur des ailes	0 ,080	Épaisseur.	0 ,010
Hauteur	0 ,200						
Largeur des ailes	0 ,080						
Épaisseur.	0 ,010						
Ressorts de suspension à lames.	Nombre de lames	10					
	Largeur des lames	0 ^m ,075					
	Épaisseur des lames	0 ,012					
	Longueur de la maîtresse lame	1 ,990					
	Flexibilité par tonne	0 ,0126					
Ressorts de choc (en spirale)	Poids du ressort.	41 ^{kg} 900					
	Largeur	0 ^m ,135					
	Épaisseur.	0 ,007					
	Diamètre à la base.	0 ,130					
	Diamètre intérieur au sommet	0 ,045					
Ressorts de traction (en spirale)	Hauteur du ressort.	0 ,245					
	Charge d'aplatissement.	3.500 ^{kg} .					
	Poids du ressort.	9					
	Largeur	0 ^m ,132					
	Épaisseur.	0 ,008					
Ressorts de traction (en spirale)	Diamètre à la base	0 ,146					
	Diamètre intérieur au sommet	0 ,045					
	Hauteur du ressort.	0 ,241					
	Charge d'aplatissement.	5.000 ^{kg} .					
	Poids du ressort.	13					

ESSIEUX MONTÉS

Fusées.	{	Diamètre.	0 ^m ,080		
		Longueur.	0 ,130		
		Diamètre au milieu.	0 ,100		
Corps de l'essieu.	{	Diamètre près de la portée de calage.	0 ,115		
		Diamètre à la portée de calage	0 ,105		
Roues.	{	Centres.	Type.	Fabrication Arbel	
		{	Longueur du moyeu.	0 ^m ,140	
			Diamètre de la jante.	0 ,650	
	{	Bandages.	Nature du métal.	Acier.	
		{	Diamètre au contact des rails.	0 ^m ,750	
Rapport du diamètre de la fusée au diamètre de la roue.			0 ,106		
Poids moyen d'un essieu monté			466 ^{kg}		
			Wagon plat	Wagon tombereau	
Charge maxima par essieu monté (sur rails)			6.770 ^{kg}	7.315 ^{kg}	

CAISSE

Longueur intérieure de la caisse	5 ^m ,420	5 ^m ,440
Largeur intérieure de la caisse.	2 ,000	2 ,140
Hauteur — — au bord	0 ,500	0 ,960

POIDS

Poids du wagon vide	3.540 ^{kg}	4.630 ^{kg}
Tonnage	10.000	10.000
Poids mort par tonne de chargement	354	463

16. — Wagon à houille du Chemin de fer
de Saint-Georges-de-Commiers à La Mure,
pour voie de 1^m,00,
exposé en dessin par le Ministère des Travaux publics de France.

(Planches 105-106)

Ce wagon est spécialement destiné au transport des anthracites du bassin de La Mure; il est toutefois agencé de manière à pouvoir être bâché pour servir au transport de marchandises en vrac, de toute nature, craignant la mouille.

Il a été construit, d'après les données de M. Edmond Roy, dans les ateliers de la Compagnie de Fives-Lille, pour le compte de l'État français.

Son châssis, à part la longueur, est identique dans toutes ses parties, à celui

déjà décrit dans la notice n° 55 pour les voitures à voyageurs desservant la ligne de Saint-Georges-de-Commiers à La Mure.

La caisse est toute en fer; elle a la même longueur et la même capacité qu'un wagon à houille de la grande ligne, afin de diminuer les manutentions au transbordement.

Chaque côté de la caisse est formé de trois panneaux disposés de manière à s'ouvrir complètement en pivotant horizontalement autour de leur arête supérieure. Un système d'enclenchement des trois panneaux permet de les laisser s'ouvrir tous les trois en même temps, par l'action de la poussée du combustible, en manœuvrant un simple levier (voir pl. 105-106, fig. 3) situé à chaque extrémité d'un arbre à taquets d'enclenchement qui règne au-dessous du plancher, dans toute la longueur de la caisse.

Le panneau du milieu peut s'enlever facilement et fait fonction de porte pour le chargement et le déchargement des marchandises ordinaires.

L'écartement des panneaux de tête de la caisse est maintenu invariable à l'aide d'une lisse supérieure formée par un grand tube en fer creux, terminé par deux crochets, pour saisir l'armature en cornière des dits panneaux de tête; cette lisse, relativement légère (40 kilogr.), peut se monter et se démonter aisément à la main. Elle facilite le bâchage des wagons.

Le wagon est pourvu, comme les voitures à voyageurs de la même ligne, du frein à vide continu, système Schmitt-Hardy, à quatre sabots agissant sur chaque essieu extrême.

Dimensions principales et poids.

CHASSIS

Nombre d'essieux	3
Écartement d'axe en axe des essieux	2 ^m ,000
Longueur de dehors en dehors des tampons	6,440
— — — des traverses extrêmes	5,540
Largeur du châssis	2,080
Diamètre du bandage des roues au contact des rails	0,700

CAISSE

Longueur intérieure	5 ^m ,400
Largeur —	2,100
Hauteur intérieure sur les côtés	0,840
— de la lisse au dessus du plancher	1,450

POIDS

Poids du wagon vide	4,900 ^{kg}
Tonnage	10,000
Poids mort par tonne de chargement	490

BURGUION

Ingénieur Principal aux Chemins de fer de l'Est.

TABLE DES MATIÈRES

5^e Partie.

LES CHEMINS DE FER

Les signaux de chemins de fer à l'Exposition Universelle de 1889,

par MM. G. DUMONT et G. Baignères

Préliminaires	3
Compagnie du Midi	4
Disque automoteur système Lesbros	4
Compagnie du Chemin de fer du Nord	5
Indicateur de direction d'aiguille	5
Indicateur de position d'aiguille en pointe	5
Voyant de signal d'arrêt	5
Compensateur pour disque à un seul fil.	5
Indicateur tournant de bifurcation.	6
Signal d'arrêt avec verrou de calage.	6
Appareil à transmissions multiples avec désengageur circulaire.	7
Chemins de fer de l'État	8
Compagnie des chemins de fer de l'Est	8
Balancier de désengagement des transmissions d'un signal.	9
Compagnie des chemins de fer de P.-L.-M	10
Signal avancé.	10
Appareil de raccordement des transmissions.	11
Disque automoteur Aubine	11
Appareil automatique de distribution des pétards au pied des signaux (système Aubine)	12
Signal carré d'arrêt absolu	13
Sémaphore de block	13
Sémaphore de bifurcation	14
Application de l'électricité aux chemins de fer.	15
I. Télégraphie des chemins de fer	15

	Pages
Préliminaires	15
Service télégraphique de la Compagnie des chemins de fer de l'Est.	17
Partie fixe du nouveau poste.	17
Partie mobile ou modifiable	17
Compagnie des chemins de fer du Midi	18
Postes premier cas.	20
Postes deuxième cas.	20
Service télégraphique de la Compagnie de l'Est	21
Compagnie P.-L.-M	22
— — Rappel-parleur Marchand.	24
Commutateur de jour et de nuit.	24
Rappel par inversion à aimant permanent.	24
Rappel par inversion sans aimant	25
Sonnerie trembleuse	25
Inverseur d'attaque.	26
II. Block-system.	26
<i>Block-system en usage sur les réseaux français et étrangers</i>	26
Compagnie du Nord et de l'Est	26
Compagnie d'Orléans.	29
Compagnie des chemins de fer de P.-L.-M.	30
Enclenchement automatique du Sémaphore	30
Annnonce automatique du train expédié	31
Obligation de mise à l'arrêt des signaux pour rendre voie libre	31
Impossibilité de pousser deux fois de suite le bouton de remise à voie libre	31
Compagnie de l'Ouest	32
Appareil d'enclenchement, système Flamache.	35
Transmetteur	35
Récepteur	35
Commutateur.	35
Intercommunications.	36
London and North Western Railway.	37
Poste de block de M. Timmis	37
<i>Appareils automatiques de Block-system</i>	39
Discophore de Courval	39
Avertisseurs électriques Leblanc et Loiseau	39
Appareil Leloutre.	39
Appareil Sauvajon	40
Appareil Leroy.	40
Appareil Meunier.	40
<i>Disques électriques.</i>	40
Moteur pour la manœuvre électrique des signaux de chemins de fer, imaginé par MM. G. Dumont et Postel-Vinay.	40
Disque électrique de M. Aubine.	43
Disque Mors-Rodary	43

	Pages
IV. <i>Appareils électriques en tous genres</i>	44
Sonnerie Jousselin	44
Appareil Guggemos	45
Compagnie du chemin de fer du Nord	46
Appareils de correspondance avec réduction du nombre de fils	47
Appareil de correspondance électrique	49
Appareil galvanométrique de correspondance	50
V. <i>Cloches électriques</i>	50
Compagnie du chemin de fer du Nord	50
Inducteur	51
Commutateur de pile	52
Cloche exposée par la compagnie des chemins de fer de l'Est	53
Inducteur Siemens	56
Compagnie P.-L.-M. Cloches Léopolder	57
Contrôleur Metzger. Chemins de fer de l'État	58
VI. <i>Avertisseurs électriques</i>	59
Avertisseurs de P.-L.-M.	59
Appareils de passage à niveau en correspondance	59
— — — avertis automatiquement par les	
trains (système Chaperon)	60
Trembleuse-avertisseur, (système Couard et Paget)	60
Avertisseur Ducousso	60
Trompe d'appel électrique. Chemins de fer de l'État	61
Compagnie du Nord	61
Commutateur du disque	61
Avertisseur à lanterne mobile. Compagnie du Nord	62
Avertisseur Clémandot	63
Avertisseur de Baillehache	63
Transmetteur à contact pour récepteurs électriques exposé par la	
Compagnie de l'Est	64
Avertisseur électrique pour coffre-fort	64
<i>Appareils électriques de contrôle</i>	65
<i>Contrôle des signaux</i>	65
Commutateur de disque	66
Commutateur à battant	66
Répétiteur de disques	66
Répétiteur nouveau modèle	66
Photoscope	67
Compagnie du chemin de fer du Nord	67
» » » de l'Est	68
Contact fixé pour le déclenchement électro-automatique du frein	
continu à vide	69
Compagnie du chemin de fer du Nord	69
Contrôle des aiguilles	71
Contrôleur d'aiguille, système Chaperon, exposé par la Compa-	
gnie Paris-Lyon-Méditerranée	71
Répétiteurs d'aiguilles, système Chaperon	71

	Pages
Service télégraphique de la Compagnie du Nord	72
Contrôleur d'aiguilles, système Richard et Poirsin.	73
Compagnie des chemins de fer de l'Est. — Contrôleur de rondes électriques (Système G. Dumont)	73
VIII. — <i>Enregistreurs électriques de la vitesse des trains</i>	75
Enregistreur de MM. Rabier et Leroy, Compagnie d'Orléans	75
Enregistreur fixe, système Hubou, Compagnie de l'Est	77
Contrôleur de vitesse exposé par les chemins de fer de l'Etat	78
Appareil à rouleau d'entraînement de MM. Richard frères.	79
IX. — <i>Manœuvre des aiguilles au moyen de l'électricité</i>	79
Considérations générales	79
Système de manœuvre électrique de M. Illius Timmis	80
Société de transmission de la force par l'électricité.	81
X. — <i>Appareils de manutention</i>	82
Treuil électrique de la Compagnie du Nord	82
Cabestan électrique	82
XI. — <i>Intercommunication électrique des trains</i>	83
Système Prudhomme exposé par le chemin de fer du Nord	83
Compagnies P.-L.-M. et du Midi	86
Appareils d'intercommunication exposés par la Compagnie de l'Est	86
Accouplement	87
Sonnerie	88
Commutateur des compartiments	88
Manipulateur des fourgons	88
XII. — <i>Unification de l'heure par l'intermédiaire des fils télégraphiques</i>	88
Appareil exposé par les chemins de fer de l'Etat.	88
Compagnie des Chemins de fer de l'Est	89
Appareils de MM. Dupont et H. Lepunte.	89
Commutateur	90
Horloge distributrice	90
Horloges du réseau ou réceptrices.	91
Commutateur de sûreté	92

Les Chemins de fer à crémaillère

PAR MM. L. VIGREUX ET F. LOPPÉ.

Introduction.	93
<i>Chemins de fer à crémaillère, système Riggenbach</i>	102
I. — <i>Crémaillère et modes de fixation</i>	102
Données générales	103
II. — <i>Roues dentées</i>	106
III. — <i>Locomotives</i>	107
Locomotive du Righi.	108

	Pages
Locomotives pour lignes mixtes, à adhérence et à crémaillère . . .	110
IV. — Pièces d'entrée	113
Tableau des lignes à crémaillère du système Riggénbach . . .	115
<i>Ligne de Vitznau au Righi</i>	115
Nombre de trains	117
Nombre de voyages	117
Dépenses moyennes d'exploitation par an	118
<i>Ligne d'Ostermundigen</i>	118
<i>Chemin de fer de Friedrichsseggen à la Lahn</i>	118
<i>Chemin de fer de Langres</i>	121
<i>Ligne de Brunig</i>	125
<i>Ligne de Padang aux mines d'Ombilien (Sumatra)</i>	126
<i>Ligne d'Alger el Bial, à travers le Sahel</i>	127
<i>Ligne du Hoellenthal</i>	128
<i>Chemin de fer à crémaillère, système Abt</i>	134
Crémaillère et son mode de fixation	135
Roues dentées motrices.	139
Locomotives pour voies mixtes à adhérence et à crémaillère . .	140
Pièces d'entrée.	141
<i>Ligne du Harz, de Blanckenburg à Tanne</i>	143
Superstructure.	144
Locomotives.	145
Exploitation, règlements, frais, etc.	147
<i>Chemin de fer de Lechesien à Oertelsbruch</i>	150
» d'Oertelsbruch	150
» de Puerto-Cabello à Valencia	151
<i>Le chemin de fer du mont Pilate (à crémaillère du système Locher)</i> . .	154
Superstructure.	156
Matériel roulant	158
Installation des stations	163
Exploitation	163
Nombre de voyageurs transportés.	164
Dépenses par train kilomètre	164
<i>Les locomotives pour chemins de fer mixtes à crémaillère et à adhérence</i> . .	166
Données générales	166

Les chemins de fer funiculaires à crémaillère

par MM. L. VIGREUX et F. LOPPÉ

Introduction	169
<i>Chemin de fer funiculaire à crémaillère (système Riggénbach)</i>	171
Tableau des lignes actuellement en exploitation.	171
Superstructure.	174

	Pages
Traverses	174
Rails	175
Crémaillères.	175
Guides du câble	176
Matériel roulant	178
Roues dentées	179
Câbles	180
Freins	180
» automatique	180
» à main agissant sur l'arbre auxiliaire	181
» » » » de la roue dentée inférieure	181
Exploitation, entretien, etc.	182
<i>Chemin de fer junculaire à crémaillère (système Abt).</i>	184
Tableau des différentes lignes en exploitation.	184
Superstructure.	186
Traverses	186
Rails	186
Crémaillère	186
Croisements.	187
Galets et poulies porteuses du câble	187
Voitures	187
Câble	188
Freins	189
Frein à main	189
» automatique	189
Installations mécaniques	190
Machines génératrices	190
» réceptrices.	191

Le Matériel et l'Outillage de la voie courante à l'Exposition universelle de 1889

par L. BURGUION

Préliminaires	193
Voies normales des chemins de fer français	194
Voie en rails d'acier à double champignon de 38 kilogrammes de la Compagnie du Midi	194
Voie en rails d'acier à double champignon de 40 kilogrammes de l'Administration des chemins de fer de l'Etat	196
Voie en rails d'acier à double champignon de 42 k. 50 de la Compagnie d'Orléans	197
Voie en rails d'acier à double champignon de la Compagnie de l'Ouest	197
Voie en rails Vignole acier de 43 kilogrammes de la Compagnie du Nord.	198
Voie en rails Vignole acier de 44 kilogrammes de la Compagnie de l'Est.	199

	Pages
Voie en rails Vignole acier de 47 kilogrammes de la Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée	200
<i>Traverses en bois.</i>	202
Réparation des traverses à la créosote par la Compagnie de l'Est.	203
» » » » de l'Ouest.	204
» » au chlorure de zinc par la Compagnie de Bône-Guelma	204
<i>Traverses métalliques.</i>	206
Essais et résultats sur les traverses métalliques	206
Types des traverses	207
Type Vautherin primitif	207
» à bord étroits	207
» modifié	207
Type de Berg et Marche ou type d'Elberfeld	208
» » modifié	208
Type Haarmann	209
Attache du rail sur la traverse.	210
Données générales	210
Inclinaison du rail	211
Fermeture des traverses aux extrémités	211
Durée des traverses	211
Avenir des traverses métalliques	216
Table I donnant pour les traverses en bois les coefficients. . . .	218
Table II donnant pour les traverses métalliques le coefficient. .	219
Diagramme donnant pour les taux d'intérêt 3 et 6 % le coef- ficient, etc.	220
<i>Traverses exposées.</i>	224
Traverse Post	224
Traverse Caramin.	226
Traverse Lambert	228
Traverse Rainaud	229
Traverse Cymbran	230
Traverse Cordoba et Rosario Rly.	231
Traverse de la Compagnie de l'Ouest.	232
Traverse Boyenval et Ponsard.	234
Traverse proprement dite.	235
Attaches.	235
Traverse Moncharmont	238
Traverse Séverac.	243
Traverse Helson Cyriaque.	245
Traverse Bernard	247
Traverse Willemin	249
Traverse de la Compagnie de l'Est.	250
Traverse Paulet	251
Voie de 0.60. Système Decauville	255
Données générales	255
Locomotives	256
Voitures à voyageurs	256

	Pages
Chargement d'un canon de 48 tonnes.	259
Voie de 0.60. Système Legrand.	265
Voie à traverses mobiles	265
Voie rivée	267
Voie Monorail. Système Lartigue.	269
Données générales	270
Appareil pour relever les voies. Système Cito et Funck	276
Chargeur de rails. Système Guyenet.	278
Trieuse à ballast. Système Lachèze.	280
Instrument pour relever le profil des rails (prophilographe de M. Napoli).	282
<i>Appareil pour contrôler la vitesse des trains.</i>	<i>283</i>
Contrôleur fixe de la vitesse des trains. Système de M. Bricka.	283
Enregistreur fixe de la vitesse des trains. Système de MM. Rabier et Leroy	284
Enregistreur fixe de la vitesse des trains. Système de M. Hubou.	286
Transmetteurs à contacts	286
Description de l'enregistreur.	287
Marche de l'appareil.	287
Enregistreur portatif de la vitesse des trains. Système de M. Sabouret.	288
Appareil portatif avec sablier au mercure pour mesurer la vitesse des trains. Système de M. Burguion	290
Sablier au mercure et plateau le supportant	290
Pédales à ressort et transmissions les reliant au sablier	290
Mécanisme de l'appareil.	291
Graduation du sablier au mercure.	292

Le matériel roulant des chemins de fer à l'Exposition universelle de 1889, par L. BURGUION.

Voitures à voyageurs à la voie de 1 ^m ,44.	295
Voitures américaines	295
Voitures européennes	296
Voitures à non intercircularion.	302
Voitures à intercircularion	303
Comparaison du matériel européen ancien et du matériel actuel.	304
Lignes de banlieue	304
Grandes lignes.	304
Tableau de désignation des places.	305
Voitures européennes pour trains légers.	307
Tableau de renseignements	309
Voiture à deux étages pour trains ordinaires de banlieue	309
<i>Voitures à voyageurs pour voie de 1 mètre</i>	<i>310</i>
Voitures américaines	310
Voitures européennes	310

	Pages
Voitures à intercirculation	313
Voitures à non-intercirculation	313
<i>Wagons à la voie de 1^m,44 et à la voie de 1 mètre</i>	314
Considérations générales.	314
Tableau indiquant le poids mort par tonne de chargement	316
<i>Voitures à voyageurs.</i>	318
<i>Voiture de 1^{re} classe, à compartiments séparés, pour voie de 1^m,44, exposée par la Compagnie française d'Orléans</i>	318
Caisse.	319
Châssis	319
Ventilation ¹	320
Éclairage.	320
Chauffage	221
Appareils de sécurité	321
Dimensions principales et poids	321
<i>Voitures de 2^e et de 3^e classe, à compartiments séparés, pour voie de 1^m,44, exposées par l'Administration des Chemins de fer de l'État français.</i>	323
Conditions principales d'établissement	325
<i>Voitures de 2^e et 3^e classe, à compartiments séparés, pour voie de 1^m,44, exposées par la Compagnie française du Midi</i>	325
Dimensions principales et poids.	326
<i>Voiture de 3^e classe, à compartiments séparés, pour voie de 1^m,44, exposée par la Société des Chemins de fer italiens de la Méditerranée</i>	328
<i>Voiture mixte de 1^{re} et 2^e classe, à compartiments séparés, pour voie de 1^m,44, exposée par le Grand Central belge</i>	328
Principaux éléments.	329
<i>Voitures de 1^{re} et de 3^e classe, à compartiments séparés, pour voie de 1^m,44, exposées par la Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée</i>	350
Dimensions principales et poids.	331
<i>Voiture mixte de 1^{re} et 2^e classe, à compartiments séparés, pour voie de 1^m,44, exposée par la Société de Construction « la Métallurgie », à Bruxelles.</i>	332
Dimensions principales	333
<i>Voiture de 1^{re} classe avec coupés-lits, pour voie de 1^m,44, exposée par la Compagnie française du Midi.</i>	334
Dimensions principales et poids.	335
<i>Voiture de 1^{re} classe avec lits, pour voie de 1^m,44 exposée par la Compagnie française du Nord.</i>	336
Chauffage	336
Appareils de sécurité	337
Dimensions principales et poids.	337
<i>Voiture de 1^{re} classe avec lits, pour voie de 1^m,44 exposée par la Compagnie française de l'Ouest</i>	338
Dimensions principales et poids	339
<i>Voiture de 1^{re} classe avec lits pour voie de 1^m,44 exposée par la Société des chemins</i>	

	Pages
<i>de fer italiens de la Méditerranée</i>	340
Principaux éléments	341
<i>Voiture à lits-salons, pour voie de 1^m,44 exposée par la Compagnie française de P.-L.-M.</i>	341
Dimensions principales et poids	342
<i>Voiture à lits (Sleeping-Car), pour voie de 1^m,44 exposée par la Compagnie anglaise L. N. W. Railway</i>	343
Principaux éléments	344
<i>Voiture de 1^{re} classe, à compartiments séparés, pourvue de water-closets, pour voie de 1^m,44, exposée par la Société des Chemins de fer italiens de la Méditerranée</i>	344
Principaux éléments	345
<i>Voiture de 1^{re} classe à compartiments séparés pourvue de water-closets, pour voie de 1^m,44, exposée par la Société italienne des Chemins de fer méridionaux (Réseau de l'Adriatique)</i>	345
Principaux éléments	346
<i>Voiture de 1^{re} classe à compartiments séparés, desservis chacun par un water-closet, pour voie de 1^m,44 exposée par la Compagnie française P.-L.-M.</i>	346
Dimensions principales et poids	347
<i>Voiture mixte de 1^{re} et 3^{me} classes à compartiments séparés pourvue de water-closets, pour voie de 1^m,44, exposée par la Compagnie anglaise Midland Railway</i>	348
Dimensions principales et poids	350
<i>Voiture de 1^{re} classe à compartiments séparés desservis par un même water-closet, pour voie de 1^m,44 exposée par la Compagnie française du Midi</i>	350
Dimensions principales et poids	351
<i>Voiture de 2^{me} classe à compartiments séparés, desservis par un même water-closet, pour voie de 1^m,44 exposée par la Société des Chemins de fer italiens de la Méditerranée</i>	352
Principaux éléments	353
<i>Voiture de première classe à compartiments séparés avec couloir latéral partiel et water-closet, pour voie de 1 m. 44, exposée par la Compagnie française de l'Est</i>	353
Description	354
Water-closet avec lavabo	355
Caisse	356
Châssis	356
Éclairage	357
Chauffage	358
Appareils de sécurité	358
Dimensions principales et poids	358
<i>Voiture de première classe à intercirculation avec couloir latéral extérieur, pour voie de 1 m. 44, exposée par la Société des Chemins de fer italiens de la Méditerranée</i>	361
Principaux éléments	361

	Pages
<i>Voiture de première classe à intercirculation avec couloir latéral intérieur pour voie de 1 m. 44, exposée par la Société des Chemins de fer italiens de la Méditerranée</i>	362
Principaux éléments	362
<i>Voitures de première, deuxième et de troisième classe à intercirculation avec couloir latéral intérieur, pour voie de 1 m. 44, exposée par l'Administration des chemins de fer de l'Etat français</i>	363
Description	365
Tableau des dimensions, poids et prix par place de ces voitures.	366
<i>Voiture de première classe à intercirculation avec couloir latéral intérieur pour voie de 1 m. 44, exposée par la Compagnie française d'Orléans.</i>	366
Description	366
Châssis et caisse	368
Bogies.	369
Eclairage.	370
Chauffage.	370
Appareil de sécurité.	376
Dimensions principales et poids	371
<i>Voiture de première et deuxième classes à intercirculation avec couloir latéral intérieur pour voie de 1 m. 44, exposée par la Société des ateliers de construction de Malines (Belgique)</i>	372
Principaux éléments.	373
<i>Voiture de première classe à intercirculation avec couloir extérieur en Z et portes latérales, pour voie de 1 m. 44, exposée par la Compagnie française du matériel des chemins de fer d'Ivry-Port (Seine)</i>	373
Principaux éléments.	374
<i>Voiture mixte de première et deuxième classes à intercirculation avec couloir extérieur en Z, pour voie de 1 m. 44 exposée par la Compagnie de Bône à Guelma</i>	375
Principaux éléments	375
<i>Voiture de première classe à intercirculation et à couloir intérieur en Z, pour voie de 1 m. 44, exposée par la Compagnie P.-L.-M.</i>	376
Description	376
Dimensions principales et poids.	377
<i>Voiture de première classe à intercirculation avec couloir central pour voie de 1 m. 44, exposée par la Compagnie P.-L.-M.</i>	378
Description	379
Dimensions principales et poids	380
<i>Voiture américaine pour voie de 1 m. 44, exposée par la Compagnie des chemins de fer de Pensylvanie</i>	381
Description	381
Principaux éléments.	383
<i>Voiture mixte de première et deuxième classes, à compartiments séparés pour trains légers, sur voie de 1 m. 44, exposée par la Compagnie de l'Ouest</i>	381
Données générales	384
Dimensions principales et poids	385

	Pages
<i>Voiture mixte articulée de première, deuxième et troisième classes, à intercirculation avec passage central, pour trains légers sur voie de 1 m. 44, exposée par la Compagnie du Nord</i>	386
Données générales	386
Eléments principaux	389
<i>Voiture articulée de première classe, avec passage central, montée sur deux demi-bogies, pour voie de 1 m. 44, système Prosper Hanrez (de Bruxelles)</i>	390
Description	391
Eléments principaux	391
<i>Voitures de première, de deuxième et de troisième classes, à intercirculation avec passage central pour trains légers, sur voie de 1 m. 44, exposées par la Société des Chemins de fer italiens de la Méditerranée</i>	391
Description	392
Dimensions principales et poids	393
<i>Voiture mixte de première et deuxième classes, à passage central terminé par des plates-formes à escaliers latéraux pour voie de 1 m. 44 exposée par les ateliers de construction de Malines (Belgique)</i>	394
Eléments principaux	394
<i>Voitures à deux étages, pour voie de 1 m. 44 de la Compagnie de l'Est</i>	395
Données générales	396
Dimensions principales et poids	397
<i>Voiture mixte de première et deuxième classes et voiture de troisième classe, à salle commune par classe avec passage central et sièges transversaux, pour voie de 1 mètre exposées par la Société générale des Chemins de fer économiques de France</i>	39
Données générales	399
Eléments principaux	400
<i>Voiture mixte de première et deuxième classes, à salle commune par classe avec passage central et sièges transversaux, pour voie de 1 mètre exposée par la Compagnie des Chemins de fer du sud de la France</i>	401
Données générales	401
Eléments principaux	402
<i>Voiture mixte de première, deuxième et troisième classes, à salle commune par classe avec passage central, sièges transversaux, et compartiment pour les bagages, pour voie de 1 mètre, exposée par la Société Générale des Chemins de fer économiques de France</i>	404
Description	404
Eléments principaux	405
<i>Voiture mixte de première et deuxième classe, à salle commune par classe, avec passage central et compartiment à bagages, pour voie de 1 mètre exposée par la Société de construction belge « La Métallurgie »</i>	406
Données générales	407
Principales dimensions	407
<i>Voiture mixte de première et deuxième classes, à compartiments fermés avec passage central, water-closet et cabinet de toilette, pour voie de 1 m. exposée</i>	

	Pages
<i>par la Compagnie des Chemins de fer de Bône à Guelma</i>	408
Description	408
Éléments principaux.	409
<i>Voiture mixte de première et deuxième classes à salle commune par classe, avec passage central, sièges longitudinaux et places debout sur la plate-forme pour voie de 1 mètre exposée par les Chantiers de la Buire (Lyon, France)</i> . . .	410
Description	410
Principaux éléments.	411
<i>Voiture mixte de première, deuxième et troisième classes à compartiments séparés pour voie de 1 mètre, exposée par M. E. Chevallier, à Paris</i>	412
Données générales	412
Dimensions principales et poids.	413
<i>Voitures à compartiments séparés, pour voie de 1 mètre exposées par le ministère des Travaux Publics (France)</i>	414
Données générales	415
Dimensions principales et poids	416
<i>Wagons à marchandises.</i>	417
<i>Wagon couvert à bogies, pour voie de 1 m. 44, exposé par la Compagnie des Chemins de fer de Pensylvanie</i>	417
Description	417
Dimensions principales et poids.	418
<i>Wagon à houille, à bogies, pour voie de 1 m. 44, exposé par la Compagnie de Pensylvanie</i>	419
Description	419
Dimensions principales et poids	420
<i>Wagon plat à châssis tubulaire et à bogies, pour voie de 1 m. 44 exposé par MM. Goodfellow et Cushman (Etats-Unis)</i>	420
Données générales	421
Caisse du wagon	422
Wagon-tombereau	423
Dimensions principales et poids.	424
<i>Wagon plat à bogies, pour voie de 1 m. 44, exposé par la Compagnie française du Nord</i>	424
Description	424
Dimensions principales et poids.	425
<i>Wagon plat à bogies, pour voie de 1 m. 44, exposé par le « Grand Central Belge ».</i>	425
Elévation.	426
Vue par bout	426
Dimensions principales et poids.	426
<i>Wagon plat, pour voie de 1 m. 44 exposé par la Compagnie française du Midi</i> .	427
Dimensions principales et poids.	427
<i>Wagon couvert, pour voie de 1 m. 44, exposé par la Compagnie française de l'Est.</i>	428
Châssis	429

	Pages
Caisse	420
Dimensions principales et poids.	423
<i>Wagons à plans inclinés latéraux, pour voie de 1 m. 44 exposé par M. de Dietrich et Cie</i>	<i>434</i>
Données générales	424
Éléments principaux	435
<i>Wagon à trappes, système Méraux, pour voie de 1 m. 44, expose par la Compagnie française de l'Est</i>	<i>436</i>
Description	436
Éléments principaux.	437
<i>Wagon déversant à mouvement pneumatique, système Buette et Chevalier, pour voie de 1 m. 44, exposé par M. Chevalier, constructeur à Paris.</i>	<i>438</i>
Considérations générales	439
Description des trois types établis par M. Chevalier	440
Éléments principaux.	441
<i>Wagon à houille, à caisse unique basculante, pour voie de 1 m. 44 exposé par la Société des Usines et Fonderies de Baume et Marpant (Nord).</i>	<i>441</i>
Données générales	442
Dimensions principales et poids.	442
<i>Wagon à houille à deux caisses basculantes, pour voie de 1 m. 44, exposé par Mme Vve Taza-Villain, constructeur à Anzin (Nord)</i>	<i>443</i>
Description	443
Dimensions principales et poids	444
<i>Wagon à houille pour basculeur, pour voie de 1 m. 44, exposé par Mme Vve Taza-Villain, constructeur à Anzin (Nord)</i>	<i>445</i>
Description	445
Fonctionnement	446
Dimensions principales et poids	448
<i>Wagon plat et wagon-tombereau, pour voie de 1 mètre, exposé par la Compagnie française des Chemins de fer du Sud</i>	<i>449</i>
Données générales	449
Dimensions principales et poids.	450
<i>Wagon à houille du chemin de fer de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure, pour voie de 1 mètre, exposé en dessin par le ministère des Travaux Publics de France</i>	<i>451</i>
Description	451
Dimensions principales et poids	452

INDEX ALPHABÉTIQUE

A

Abt 134, 184 | Aubine 11, 12, 43

B

Baignères	3	Boyenval	234
Baillehache	63	Bricka	283
Berget	208	Burguion	193, 290, 295
Bernard	247		

C

Caramin	223	Compagnie de l'Ouest 32, 197, 232,	
Chaperon	60, 71		338, 384
Chantiers de la Buire	410	Compagnie de Bône-Guelma 204,	
Chevalier	412, 438		375, 408
Cito	276	Compagnie française des che-	
Clémandot	63	mins de fer d'Ivry-Port	373
Compagnie du Midi. 4, 18, 194,		Compagnie des chemins de fer	
325, 334, 350,	427	de Pensylvanie	381, 417, 419
Compagnie du Nord 5, 26, 46, 50,		Compagnie des chemins de fer	
61, 67, 72, 82, 198, 336, 386,	424	économiques de France.	398, 404
Compagnie de l'Etat 8 61, 78,		Compagnie des chemins de fer	
196, 323,	363	du Sud de la France	401, 449
Compagnie de l'Est 8, 17, 21, 26,		Cordoba	231
53, 64, 67, 199, 203, 250, 353, 395,	428	Couard	60
Compagnie de P.-L.-M. 10, 22, 24,		Courval	39
30, 200, 330, 341, 346, 376,	378	Cushman	420
Compagnie d'Orléans 29, 197, 318,	366	Cymbran	230

D

Decauville	255	Dumont	3, 46, 73
De Dietrich	434	Dupont	89
Ducousso	60		

E

Elberfeld 208 |

F

Flamache 35 | Funck 276

G

Grand Central belge	328, 425	Guggemos	45
Goodfellow	420	Guyenet	278

H

Haarmann	209	Helson (Cyriaque)	245
Hanrez	390	Hubou	75, 286

J

Jousselin 44 |

L

Lachèze	280	Léopolder	57
Lambert	228	Leroy	40, 75, 284
« La Métallurgique »	332 406	Lesbros	4
Lartigue	269	Locher	154
Leblanc	39	Loiseau	39
Leloutre	39	London and North Western Rail- way	37, 343
Legrand	265	Loppé	93, 169
Lepaute	89		

M

Marchand	24	Midland Railway	348
Marche	208	Ministère des Travaux publics de France	414, 451
Méreaux	436	Moncharmont	238
Metzger	58	Mors	43
Meunier	40		

N

Napoli 282 |

P

Paget	60	Postel-Vinay	40
Paulet	251	Poursin	73
Ponsard	234	Prudhomme	83
Post	224		

R

Rabier	75, 284	Riggenbach	102, 115, 171
Rainaud	229	Rodary	43
Richard	73, 79	Rosario-Rly	231

S

Sabouret	288	Société des chemins de fer ita- liens de la Méditerranée 328, 340, 344, 345, 352, 361, 362,	391
Sauvageon	40		
Séverac	243	Société des Usines et fonderies de Baume et Marpant	441
Siemens	56		
Société des ateliers de construc- tion de Malines	372, 394		

T

Taza-Villain 443, 445 | Timmis 37. 80

V

Vautherin 207 | Vigreux 93, 169

W

Willemijn 249

