

Titre : Exposition universelle internationale de Saint Louis (U.S.A) 1904. Section française.  
Rapport du Groupe 74 [Chemins de fer et Tramways]  
Auteur : Exposition universelle. 1904. Saint Louis

Mots-clés : Exposition internationale (1904 ; Saint Louis, Mo.) ; Chemins de fer\*1900-1945 ;  
Tramways\*1900-1945  
Description : 251 p. ; 27cm  
Adresse : Paris : Comité français des expositions à l'étranger, 1905  
Cote de l'exemplaire : 8 XAE 616-2

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?8XAE616.2>

8° 2ae 615.2

MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE  
DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES



EXPOSITION  
UNIVERSELLE INTERNATIONALE  
DE  
SAINT-LOUIS U.S.A.  
1904



SECTION FRANÇAISE



RAPPORT  
DU  
GROUPE 74

\* \* \*



H. DE GRIÈGES, Ingénieur civil

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE L'EXPLOITATION DE LA C<sup>ie</sup> DU MÉTROPOLITAIN

RAPPORTEUR



PARIS

COMITÉ FRANÇAIS DES EXPOSITIONS A L'ÉTRANGER

Bourse de Commerce, rue du Louvre

1905



AVANT-PROPOS



EXPOSÉ





# AVANT-PROPOS

---

## ADMISSION DES EXPOSANTS

---

Par décision du 1<sup>er</sup> avril 1903, le Commissaire Général du Gouvernement Français de l'Exposition de Saint-Louis aux Etats-Unis, formait un Comité d'Admission, pour la classe des Chemins de fer et Tramways, se composant de :

MM. Noblemaire, président,  
Heurteau, vice-président,  
Francq, vice président,  
De Grièges, secrétaire-trésorier,

MM. Glasser, Sartiaux, Beaugey, de Larminat, Barabant,  
Schwob, Muller, Fouché.

Les exposants furent recrutés par lettres-circulaires adressées d'une part, aux Compagnies de Transport et, d'autre part, aux industriels et constructeurs qui fournissent le matériel et tous les accessoires à ces compagnies.

Les exposants admis étaient au nombre de 19, savoir :

Le Chemin de fer de l'Est,  
— de l'Etat,  
— du Midi,  
— du Métropolitain,  
— du Nord,  
— d'Orléans,  
— de l'Ouest,  
— du P.-L.-M.

MM. Cazeau, directeur des Chemins de fer de Saïgon,  
 Devaux et Michel, fabricants des traverses mixtes semi-métalliques,  
 Friesé, architecte,  
 Francq, ingénieur-constructeur,  
 Société des Freins Lipkowski,  
 H. de Grièges, ingénieur.  
 Muller, fabricant de petit matériel de Chemins de fer.  
 Rotival, directeur de la Société des Wagons-Réservoirs.  
 Schwob, secrétaire général de la Société industrielle des Tramways de France.  
 Thiollier, constructeur de ressorts pour tirefonds.  
 Turgan-Foy, ingénieur constructeur.

---

## INSTALLATION DES EXPOSANTS

---

A la date du 29 juin 1903, le Comité d'admission se transformait en Comité d'installation; le bureau n'était pas modifié, seul M. Muller était nommé trésorier, M. de Grièges ne pouvant cumuler.

Le tableau n° 1 montre quelles sont les dimensions des emplacements demandés par les exposants et le montant de leurs redevances, celles-ci s'élevant à :

350	francs	le mètre carré	pour la table,
300	»	»	sur sol
200	»	»	sur mur

Les Compagnies de Chemins de fer exposaient des vues photographiques et des plans du matériel, des gares les plus importantes, et des sites les plus pittoresques de leurs réseaux; sur des tables étaient disposés des notices, indicateurs et renseignements de toutes sortes.

Les autres exposants présentaient aussi des tableaux ou des graphiques, excepté : Rotival qui avait envoyé une réduction au 1/20 d'un wagon réservoir; Devaux et Michel, une traverse mixte, et

# TABLEAU N° 1

EXPOSANTS										SURFACES DEMANDÉES										MONTANT					TOTAL			
																				DES PRÉVISIONS DE REDEVANCES					par EXPOSANT			
																				TABLE 350 francs le mètre carré					SOL 300 francs le mètre carré	MURALE 200 francs le mètre carré		

Thiollier, plusieurs traverses sur lesquelles étaient montés des coussinets et modes de fixation de voies divers.

Les prévisions de recettes s'élevaient donc au total à 38.645 fr.

Les prévisions de dépenses étaient établies comme suit :

Surface arrêtée définitivement à 230 mq.

Redevance à l'Administration Supérieure de l'Exposition, 20 fr. par mètre carré : 20 × 230 .....	4.600 fr.
Frais généraux du Comité 74, 5 fr. par mètre q.....	1.150
Marché Kaleski Dubruel.....	15.370
Architecte .....	1.000
Décoration .....	1.400
Portières .....	2.600
Velum .....	910
Linoleum .....	1.260
Gratification au gardien .....	1.000
	<hr/>
	29.290
Environ 20 % pour aléas imprévus et divers .....	5.710
	<hr/>
Total .....	35.000 fr.

La balance des prévisions s'équilibrait avec une différence de 3.645 francs, en faveur des recettes.

Le Comité avait passé un marché avec la maison Kaleski Dubruel, qui était chargée du transport aller et retour, des assurances, de l'installation du groupe, de la pose des objets, de l'ornementation, du gardiennage, etc...

L'architecte de la classe était M. Guillaume.

Le palais des transports couvrait une superficie de 400 mètres sur 160 mètres, soit 64.000 mètres carrés.

Les répartitions pour les groupes des Chemins de fer étaient les suivantes :

Amérique .....	330 × 83	= 27.390 mq
Angleterre .....	57.50 × 12.30	= 705 —
Allemagne .....	53.50 × 33	= 1.700 —
France .....	20 × 11.50	= 230 —
Brésil .....	28 × 12.30	= 343 —
Mexique .....	24.60 × 20.50	= 500 —
Japon .....	24.60 × 16.50	= 408 —

Il y avait en outre les surfaces occupées par la navigation, les voitures et automobiles.

L'emplacement du groupe de la France était situé au coin Est du Palais, au droit d'une des portes principales de côté; il était coupé par 5 passages.

Les groupes étrangers, sauf l'Allemagne qui montrait 2 locomotives, avaient envoyé des maquettes, des cartes, plans ou photographies.

Le Japon, entre autres, avait disposé un plan en relief qui occupait presque en totalité sa surface; sur cette carte étaient figurés tout détaillés, leurs réseaux, dépôts, gares, etc...

La Belgique, qui montrait quelques spécimens de parties de wagons-lits et wagons-restaurants, avait préféré les placer à l'intérieur de son palais national plutôt que dans celui des transports.

---

## JURYS

---

Pour examiner les objets exposés et décerner les récompenses, un Jury fut constitué pour chaque classe, par l'Administration américaine de l'Exposition.

Les jurés étrangers furent désignés par leur Commissaire général respectif.

Par arrêté du 23 juillet 1904, M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie nomma M. de Grièges membre du Jury du groupe 74. et, par arrêté du 11 août 1904, rapporteur.

Conformément au règlement général de l'Exposition, le 1<sup>er</sup> septembre, le Jury se réunissait pour élire son bureau.

La présidence appartenait de droit à un Américain et la vice-présidence à un Allemand, les commissaires généraux s'étant mis d'accord pour se répartir les vices-présidences des divers groupes.

Le bureau du Jury fut constitué en première séance et comprenait :

MM. Kendrick, Américain, président.

K. Steinbiss, Allemand, vice-président.

H. de Grièges, Français, vice-président.

H. Bartlett, Américain, secrétaire.

H. Ball, Américain, secrétaire adjoint.

Crizuka, Japonais, secrétaire adjoint.

Les membres étaient au nombre de 21 : MM. Arp. — Berg. — Berry. — Brimson. — Cuméing. — Curtis. — Filton. — Gain. — Grafton. — Lawes. — R. H. Phillipps. — Rosing. — Serroys. — Spruyt. — H. Taylord. — Thomas. — Wolfgang von Ferstel. — Worthington. — John Murphy. — Tramick. — Wyman.

Exceptionnellement ce Jury avait deux vice-présidents.

L'importance des objets exposés dans le groupe des Chemins de fer était telle que le Jury décida de se diviser en plusieurs sous-commissions.

Celles-ci furent créées au nombre de 4, comprenant :

#### *La Classe A*

Gabarits et Etalons des Chemins de fer. — Infrastructure et superstructure. — Voie. — Traverses. — Appareils de voie, etc... — Signaux. — Plaques et ponts tournants. — Transbordeurs. — Bascules. — Chasse-neiges. — Machines-outils. — Ateliers et dépôts.

#### *La Classe B*

*Matériel et traction.* — Locomotives. — Voitures, wagons, véhicules de luxe. — Chauffage, éclairage, frein automatique. — Matériel roulant de tramways. — Equipements de voitures; traction par accumulateurs (eau chaude, air comprimé, électricité, etc...), signaux spéciaux de sécurité. — Appareils d'enregistrement : Dynamomètres, enregistreurs automatiques, laboratoires. — Questions relatives au graissage.

*Exploitation et mouvement.* — Roulements et graphiques des trains. — Nettoyage et désinfection des véhicules. — Signaux des agents des trains. — Division des voyageurs, tickets, postes, trafics, tarifs, marchandises, expéditions et délivrances des bagages.

*La Classe C*

Chemins de fer autres que ceux à vapeur. — Sur rails sur lignes aériennes, chemins de fer divers. — Trottoirs roulants. — Métropolitains. — Tramways, chemins de fer à voie étroite. — Voitures sur rails remorquées par des chevaux. — Automobiles sur rails.

*La Classe D*

Méthodes spéciales de transport. — Transports de bateaux sur rails. — Bibliographies. — Statistiques. — Cartes. — Journaux et publications techniques.

Les bureaux de ces classes comprenaient :

*Classe A.* — Président : M. J.-B. Berry.  
Secrétaire : M. J.-B. Berry.  
12 membres du Jury.

*Classe B.* — Président : M. H. Ball.  
Secrétaire : M. Curtis.  
21 membres du Jury.

*Classe C.* — Président : M. Wyman.  
Secrétaire : M. R. Philipps.  
6 membres du Jury.

*Classe D.* — Président : M. Steinbiss.  
Secrétaire : M. R.-H. Philipps.  
Secrétaire Adjoint : M. H. de Grièges.  
8 membres du Jury.

Ces sous-commissions examinaient les objets exposés qui relevaient de leur spécialité; elles discutaient et appliquaient les récompenses qu'elles jugeaient devoir donner. Lorsqu'elles eurent tout terminé, elles effectuèrent une fusion et le Jury reconstitué ainsi prenait connaissance des rapports et des comptes rendus des délibérations des Comités de classe, que chaque Président résu-  
mait et défendait.

Toutefois, certains exposants ont été examinés sur place par le Jury au complet, entre autres : toutes les sections étrangères, la Compagnie du Pennsylvania R. R., la Compagnie Baldwin, la Compagnie Pullmann.



Lorsque la session du Jury de groupe fut close, le Jury de département entra en fonctionnement. Il se composait de :

Président : M. J.-W. Howard.

Premier vice-président : M. Steinbiss.

Deuxième vice-président : M. H. de Grièges.

Secrétaire : M. Crizuka.

MM. Kellner, Bartley, Correa, Kendrick, Cumeing, Admiral, Brawn, Stoddard, Capt. Hebbinghaus, Capt. Van Tschidi, Felton.

Le Jury de département ne fit que confirmer les décisions prises par le Jury de groupe, décisions qui furent, en dernier ressort, confirmées par le Jury Supérieur et une Commission de révision.

Le tableau n° 2 donne, autant qu'il a été possible de le relever, les récompenses décernées aux exposants des diverses contrées. On voit que la France a été très avantagée, comparée aux autres Etats, quoique la surface qu'elle occupait fût très restreinte

TABLEAU N° 2

ÉTATS	NOMBRE d'Exposants	GRANDS PRIX	MÉDAILLES D'OR	MÉDAILLES D'ARGENT	MÉDAILLES DE BRONZE	TOTAL	RAPPORT entre le nombre d'Exposants et le nombre total des Récompenses	RAPPORT entre le nombre des Récompenses et les surfaces occupées par 1000 mètres carrés	OBSERVATIONS
États-Unis . . . . .	204	21	53	45	31	150	0,735	0,548	Les chiffres qui précèdent un <i>G</i> indiquent que la récompense était collective ; ceux qui suivent donnent le nombre d'exposants auxquels la collectivité a été appliquée.
Belgique . . . . .	37	1	—	1 c/33	—	34	0,92	—	
Autriche . . . . .	26	1	1	—	—	2	0 077	—	
France . . . . .	19	2	1 c/6	2	1	11	0,58	48	
Allemagne . . . . .	14	5	5	5	2	17	1,21	10	La France a obtenu un <b>Hors Concours</b> pour la Compagnie du Chemin de fer Métropolitain de Paris.
Brésil . . . . .	11	—	1	—	—	1	0,091	—	
Angleterre . . . . .	9	2	1	4	2	9	1	12,750	
Japon . . . . .	9	7	—	1	—	8	0,89	—	
Mexique . . . . .	5	—	6 c/20	—	—	6	1,2	—	
Nicaragua . . . . .	2	—	—	—	—	0	0	—	
Canada . . . . .	1	—	—	1	—	1	1	—	
Danemark . . . . .	1	—	—	—	1	1	1	—	
Italie . . . . .	1	1	—	—	—	1	1	—	

## EXPOSÉ

---

Au cours d'une réunion des rapporteurs de groupe, le rapporteur général, M. Hamelle, définissait nos fonctions dans les termes suivants :

L'Exposition de Saint-Louis, à laquelle a participé le monde entier, doit être pour nous un sujet d'études.

Il faut que les membres du Jury et rapporteurs de chaque classe visitent et apprécient les sections étrangères et tirent de cet examen des renseignements qui ne peuvent manquer d'être précieux pour notre industrie et notre commerce.

C'est dans le but de vous mettre à même de remplir complètement la mission qui vous est confiée, que je me permets d'appeler votre attention sur les points suivants qui devront former l'objet essentiel de votre rapport.

1° Etude comparative, pour la classe que vous représentez, de notre Exposition et des Expositions étrangères.

2° Renseignements aussi complets que possible sur la situation et l'avenir du commerce et de l'industrie aux Etats-Unis.

3° Spécialement en ce qui concerne la classe 74, étude du matériel pour transports de denrées par wagons réfrigérants, ainsi que la description des principaux magasins réfrigérants.

En outre, la traction électrique ayant fait de notables progrès aux Etats-Unis, ces dernières années, il y aura lieu de noter les plus récentes innovations et applications.

La réalisation complète d'un programme aussi développé, appliqué au département des Transports, était impossible pour un seul rapporteur qui n'avait que très peu de temps à passer aux Etats-Unis (2 mois au total).

J'ai donc dû circonscrire mon étude au matériel exposé et aux essais poursuivis sur ce matériel par la classe des Transports, d'une part, et par la classe de l'Electricité, d'autre part.

Mais il me fallait encore restreindre le cercle de mes investigations, car je serais arrivé à élaborer un rapport beaucoup trop important; non seulement il aurait effrayé les lecteurs, mais encore le Comité des groupes d'installation et d'admission n'auraient pu en supporter les frais d'édition.

A l'Exposition Internationale de Chicago, l'Etat avait subventionné, d'une part, les commissaires rapporteurs, et, d'autre part, avait pris tous les frais d'impression, reproduction, photographie, etc...., à sa charge.

Or, les groupes déjà écrasés par les lourdes charges que leur avaient imposées l'expédition, le transport, l'installation, la décoration, etc..., de leurs objets dans une contrée aussi lointaine, n'avaient plus ou point de crédit pour subvenir aux dépenses qu'exigeait l'édition d'un rapport semblable à celui de Chicago.

En conséquence, j'ai cru devoir me tracer la limite suivante, et faire ressortir :

1° Les transformations qui ont été apportées au matériel des Chemins de fer depuis 1893 (Exposition de Chicago), en énumérant les principales données et constantes des derniers types les plus courants.

2° Les avantages que présente le matériel réfrigérant qui facilite les transports de denrées et viandes dans des proportions considérables.

3° Les progrès réalisés ces dernières années par la traction électrique aux Etats-Unis, avec une brève description des systèmes les plus répandus.

4° Le programme des essais effectués sur le matériel des Chemins de fer et Tramways et les déductions techniques et pratiques qui peuvent être tirées des quelques résultats qui m'ont été communiqués.

Il était intéressant aussi de passer en revue les principales exploitations électriques de chemins de fer, cette question étant particulièrement avancée aux Etats-Unis.

Ce rapport aura malheureusement de nombreuses lacunes, car à Saint-Louis il était fort difficile de se procurer des documents; en outre, les réunions du Jury de groupe et de département furent quotidiennes et prirent tout mon temps.

Une partie de la classe des Chemins de fer Américains était occupée par une Exposition rétrospective très intéressante; je n'ai pas cru devoir détailler ces spécimens, leur description sortant du cadre qui m'avait été imposé. Du reste, la plupart furent déjà présentés par les rapporteurs des expositions précédentes.

L'étude qui suit sera divisée en deux parties :

La première comprendra la description du matériel de Chemins de fer et principalement les locomotives et les moyens de transport et de magasinage réfrigérants.

La deuxième traitera du matériel électrique de Chemins de fer et Tramways et des essais et expériences effectués sur ce matériel, dans les Palais des Transports et de l'Electricité.



# PREMIÈRE PARTIE

---

## CHAPITRE I

---

### CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES



## CHAPITRE I

---

### CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

---

Les Chemins de fer des Etats-Unis ont subi un tel développement ces dernières années, en réseau et en trafic, que leur matériel qu'il nous a été donné d'examiner à l'Exposition de Saint-Louis est très différent de celui qui figurait en 1893 à l'Exposition de Chicago.

Pour se faire une idée des progrès réalisés par les constructeurs et les Compagnies de Chemins de fer, dans cette dernière décade, il suffit de constater l'accroissement de poids et de puissance des locomotives.

L'exposition des locomotives dans le Palais des Transports de Saint-Louis comprenait au total 34 machines, dont 4 types différents Compound : une française, de la Société Alsacienne, type du Bousquet, une allemande et deux américaines.

Aux Etats-Unis jusqu'à ce jour, les ingénieurs des Chemins de fer étaient opposés à l'adoption de la locomotive Compound, qui leur paraît compliquée et devoir demander par conséquent un entretien coûteux; or la main-d'œuvre joue un tel rôle dans cette contrée que ces inconvénients contrebalancent tous les avantages que nous reconnaissons en Europe à la machine locomotive Compound. Il convient d'observer en outre que le prix de revient du charbon n'atteint pas 10 francs la tonne sur tender et souvent ne dépasse pas 6 francs.

Cependant les constructeurs et principalement Balwin préconisent tout particulièrement les machines Compound et on paraît adopter leurs types qui se prêtent mieux que les machines simples aux exigences toujours croissantes des exploitations de Chemins de fer.



Depuis l'Exposition de Chicago qui a eu lieu en 1893, les perfectionnements apportés aux locomotives dépassent de beaucoup tous ceux qui ont pu être faits pendant les autres décades.

Le poids et par conséquent la puissance des machines, ont été considérablement accrus ; pour s'en faire une idée, il faut comparer les deux Expositions.

A Chicago, en 1893, il y avait 43 locomotives américaines, dont 21 pour trains de voyageurs, 18 pour trains de marchandises et 4 pour manœuvres ou service de gare.

Les machines à voyageurs pesaient au total 1.165.872 kilos ou 55.500 kilos chaque, soit une charge moyenne sur les essieux moteurs de 38.500 kilos.

Celles à marchandises pesaient au total 1.087.330 kilos ou 60.250 kilos chaque, et sur les essieux moteurs, 50.200 kilos.

A l'Exposition de Saint-Louis, il y avait 30 locomotives américaines, dont 15 pour trains de voyageurs, 13 pour trains de marchandises, et 2 pour les manœuvres.

Le poids des machines à voyageurs était au total de 840.000 kilos et de 51.200 kilos sur les essieux moteurs.

Celui des machines à marchandises, 930.000 kilos, dont 83.500 kilos sur les essieux moteurs.

On voit ainsi que les poids des locomotives à voyageurs ont augmenté au total de 51 % et sur les essieux moteurs de 33 %, et en ce qui concerne les machines à marchandises : au total de 54 % et sur les essieux moteurs de 65 %, en tenant compte de la machine type Mallet du Baltimore and Ohio R. R. Mais si l'on fait abstraction de cette locomotive qui a des dimensions exceptionnelles, les accroissements de poids sont encore de 46 % et 54 %.

La locomotive la plus lourde exposée à Chicago était de 97 tonnes, et ce poids fut vivement critiqué; les ingénieurs des Chemins de fer déclaraient à cette époque que cela était une extrême limite qui ne pourrait être dépassée.

A Saint-Louis, la locomotive la plus lourde pèse à vide, y compris son tender, 196 tonnes; une autre pèse 143 tonnes, et six pèsent 100 tonnes.

Du reste, les locomotives à grande vitesse qui à Chicago, en 1893, étaient l'objet de l'admiration du public, sont désaffectées maintenant du service des voyageurs et assurent le service des

trains de lait et denrées. Il y avait aussi la célèbre locomotive appelée « Director General », qui remorquait le train de luxe bien connu le « Royal Bleu »; son règne fut bien éphémère, puisqu'aujourd'hui elle est reléguée au Muséum.

Ces augmentations de poids de locomotives ont été nécessitées naturellement par l'accroissement proportionnel des trains; en effet, les trains de voyageurs express pèsent en moyenne ..... 360 T. tandis que nous relevons en 1893, des charges de ..... 270 T. pour les trains de voyageurs.

En outre, ce qui différencie dans leur ensemble les locomotives exposées à Chicago il y a 11 ans, avec celles de Saint-Louis, c'est :

1° Pour les locomotives à voyageurs, l'augmentation de leur surface de grille, ce qui entraîne une plus grande longueur de châssis et pour la plupart 5 essieux, se décomposant en 2 essieux de bogies, 2 essieux accouplés et 1 essieu porteur.

2° Pour les locomotives à marchandises. — La diminution du nombre d'essieux accouplés, les machines à 10 et 12 roues accouplées disparaissent, celles à 6 et 8 roues sont généralement adoptées.

3° Le compoundage a subi aussi des modifications.

A Chicago, il y avait 15 locomotives compound de 5 types très peu différents; trois d'entre elles étaient à 2 cylindres.

A Saint-Louis, on relevait une machine à 2 cylindres, 7 à 4 cylindres et une à 3 cylindres; dans leurs détails et ensemble, elles étaient peu comparables.

La machine à 4 cylindres Compound est la plus répandue aux Etats-Unis; elle est de deux types, tous deux construites par Baldwin; les cylindres à haute pression sont logés entre les longerons et ceux à basse pression à l'extérieur. Tous les quatre agissent sur l'essieu avant, mais dans l'un la distribution est assurée par des tiroirs distincts et dans l'autre le même tiroir commande le cylindre haute pression et basse pression à la fois; on conçoit que ce dernier système présente des inconvénients pour le réglage de l'admission et détruit ainsi en partie les économies que donne le système compound.

La seule machine Compound à 2 cylindres qui fut exposée a été construite par Baldwin pour le chemin de fer de Norfolk and Western; pour le démarrage la vapeur vierge peut être admise dans le cylindre à basse pression.



## RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

---

### STATISTIQUES

---

En 1893, le réseau total s'élevait à 280.000 kilomètres.

Au 1<sup>er</sup> janvier 1903, le nombre de kilomètres de simple voie était de 328.000 kilomètres.

Au 1<sup>er</sup> juillet 1904, 340.000 kilomètres.

L'augmentation moyenne annuelle a été de 4.800 kilomètres depuis 11 ans.

Le capital des Compagnies de Chemins de fer est de 6.078.290.596 dollars, soit plus de 30 milliards

#### *Matériel roulant*

En 1903, il y avait en service sur les Chemins de fer des Etats-Unis, 43.871 locomotives, ce qui représente une augmentation de 2.646, soit 6 %, par rapport à l'exercice précédent. Ces locomotives se divisent comme suit :

Locomotives à voyageurs .....	10.570
Locomotives à marchandises .....	25.444
Locomotives de manœuvre .....	7.058

enfin, 799 ne sont rangées dans aucune de ces divisions.

Le nombre total de véhicules de toutes catégories s'élevait à la même époque à 1.753.329, montrant une augmentation de 113.204, soit 6.4 % par rapport à l'année précédente.

Ce matériel se divise comme suit :

Services des voyageurs .....	38.140	véhicules
Service des marchandises ...	1.653.782	—

les 61.467 véhicules restants étant employés à raison de 9.850 par le service des postes, et la différence par les Chemins de fer pour leur service intérieur.

Les wagons particuliers ou appartenant à des Compagnies ne sont pas compris dans les chiffres précédents.

Le nombre moyen de locomotives par 1.000 kilomètres de ligne ressort à 133, ce qui donne une augmentation de 5 sur l'année précédente. Le nombre moyen de voitures et wagons, également par 1.000 kilomètres de ligne, est de 5.304, ce qui donne une augmentation de 214.

### *Equipements spéciaux*

Le nombre total de locomotives, voitures et wagons en service sur les Chemins de fer s'élevait donc, en 1903, à 1.797.200. Sur ce chiffre, 1.462.259 étaient munis de freins continus, ce qui donne de cette date à la précédente une augmentation de 155.414 et 1.770.558 portaient des attelages automatiques, soit un accroissement de 122.028. On peut dire que toutes les locomotives et véhicules employés au transport des voyageurs ont des freins continus et, sur les 10.570 locomotives affectées à ce service, 10.110 ont des attelages automatiques.

Il n'y a que quelques rares véhicules figurant dans les trains de voyageurs qui n'aient pas encore ce genre d'attelage. Quant au service des marchandises, la plupart des locomotives qui lui appartiennent portent des freins continus 98 % d'entre elles ont des attelages automatiques. Sur les 1.653.782 wagons de ce service employés au 30 juin 1903, il y en avait 1.352.128 pourvus de freins continus et 1.632.330 d'attelages automatiques.

### *Trafic*

Les transports qui étaient en 1893 de : 529.736.259 voyageurs, 755.799.883 tonnes de marchandises, se sont élevés respectivement en 1903 à : 655.130.236 voyageurs et 1.192.136.510 tonnes de marchandises, soit un accroissement en 10 ans de : 23,6 % de voyageurs et 57,6 % de marchandises.

Le nombre de voyageurs transportés à 1 kilomètre par locomotive à voyageurs s'est élevé, pendant l'exercice considéré à

3.185.845, présentant une augmentation de 113.466 sur 1903. Le nombre de tonnes kilométriques par locomotive à marchandises a été de 10.960.848, montrant un accroissement de 227.785 par rapport à l'exercice précédent.

Le trafic des marchandises a pu progresser dans des proportions aussi considérables, grâce à l'adoption du matériel à bogies à grande capacité. L'emploi de ces wagons a permis d'augmenter le poids total des trains dans des limites absolument extraordinaires.

Sans parler des records bien connus où la charge remorquée par de puissantes locomotives dépassait 5.000 tonnes, les charges des trains de marchandises atteignent très couramment 2.000 à 2.700 T. La Compagnie du Pennsylvanie R. R., forme sur une grande partie de ses lignes des trains de 86 wagons représentant une charge totale de 3.200 T. Sur le New-York Central, la charge des trains de grains atteint en moyenne 3.600 tonnes; sur le Pittsburg Erié R. R., il circule des trains de 4.000 T. remorqués par une seule locomotive.

Ces trains lourds ont permis d'obtenir sur certains réseaux, des résultats très remarquables; ainsi sur le New-York Central, de 1898 à 1899 :

Le trafic marchandises a augmenté de .....	8 1/2 %
La dépense d'exploitation a diminué de .....	1.910.000 frs
La dépense de traction a diminué de .....	2.240.775 frs

Pour un très léger accroissement de parcours machines, il y a eu une diminution de parcours des trains de 812.728 kilomètres, ou 3 1/2 %.

Grâce au développement simultané et continu des locomotives, d'une part, et des wagons à marchandises d'autre part, les Compagnies de Chemins de fer américaines ont pu faire face à une augmentation de trafic dont la progression a été extraordinaire; ils ont pu ainsi améliorer, dans ces dernières années, les rendements financiers de leurs lignes, fort compromis, il y a peu de temps encore, par suite d'une concurrence effrénée.

D'après l'ouvrage « l'Américain Rys », de M. Adwin Piatt :

De 1876 à 1891, il y avait en Amérique 638 réseaux placés sous séquestre; leur étendue était de 184.022 kilomètres et le capital correspondant de 31.491 millions de francs.

Au 30 juin 1901, le nombre des chemins de fer sous séquestre était tombé à 45, d'une étendue totale de 4.000 kilomètres seule-

ment, et le capital-actions correspondant n'était plus que de 245 millions de francs.

Les principales Compagnies de Chemins de fer américaines se trouvent actuellement dans une période de grande prospérité.

### *Chemins de fer secondaires*

Les chemins de fer de banlieue et d'intérêt local transportent aux Etats-Unis au total 135.802.000 voyageurs par an. La Compagnie qui a le trafic le plus important est la : Southern Pacific San Francisco, dont le nombre de voyageurs transportés s'élève annuellement à ..... 18.177.000

Viennent ensuite : l'Illinois Central à Chicago ..... 15.000.000

New-York, N. H. And Hartford ..... 13.200.000

Boston and Maine ..... 12.500.000

Delaware Lackawanna and Western N. Y. .... 11.300.000

Philadelphia and Reading ..... 11.000.000

Onze autres réseaux ont un mouvement de voyageurs de 1.500.000 à 8.000.000. Sur 6 d'entre eux, le nombre des voyageurs oscille entre 500.000 et 1.000.000, et sur 5, entre 100.000 et 500.000.

La longueur de ces lignes de banlieue n'excède pas 40 kilomètres; la distance moyenne parcourue par ces voyageurs est d'environ 11 kilomètres.

On remarque que le mouvement des voyageurs est beaucoup plus important dans les villes dont le centre est très dense. En effet dans ce cas, les habitants cherchent le calme, le repos et l'isolement dans les environs où les habitations sont, par contre, beaucoup plus clair-semées.

Bien des lignes suburbaines de tramways sont en concurrence directe avec les lignes de chemins de fer, et grâce à leur rapidité, à leur fréquence de passage, la préférence paraît être donnée par le public aux premières.

Le tarif par zone donne satisfaction aux Compagnies et à la clientèle: il est du reste inférieur à celui des Compagnies de Chemins de fer concurrentes et, si on les compare, on constate que :

Trois lignes de Banlieue ont un tarif égal au  $\frac{1}{5}$  de celui des Chemins de fer.

1	»	»	»	»	»	$\frac{2}{5}$
5	»	»	»	»	»	$\frac{1}{3}$
6	»	»	»	»	»	$\frac{1}{2}$
3	»	»	»	»	»	$\frac{2}{3}$
1	»	»	»	»	»	$\frac{3}{4}$
1	»	»	»	»	»	$\frac{5}{6}$
6	»	»	»	»	»	même tarif.

Les tarifs précédents des tramways ou chemins de fer d'intérêts locaux sont de 59 % inférieurs à ceux des chemins de fer des Etats-Unis. Le prix de l'aller et retour est calculé sur le montant de deux voyages diminué de 20 %.

La plupart de ces chemins de fer de Banlieue ont des lignes bien établies à 2 voies et même à 4 voies. Leur sécurité est assurée par des signaux et le block system. 15 des lignes précitées ont des signaux électriques ou pneumatiques; 6 sont équipées avec des appareils à main, 3 sont automatiques et à main et enfin un réseau possède un type de signal électrique automatique branché sur le circuit même de la voie.

Le nombre total de signaux répartis sur ces lignes s'élève à 2.337.

La distance minimum entre signaux oscille de 90 m. à 1.600 m.; la distance moyenne est d'environ de : 560 m. La distance maximum de 450 m. à 9 kilomètres, la distance moyenne est de 3.500 kilomètres.

Tous ces signaux sont du type à bras sémaphore.

La traction sur ces lignes suburbaines est assurée par des locomotives à vapeur; seule une ligne vient d'être électrifiée sur le New-York Central.

Le nombre de locomotives qui assure le service de ces trains de banlieue est de 729 dans toute l'Amérique. Le nombre de trains quotidien est de 4.080, le nombre de voitures en service de 3.919.

Les trains se composant de 2 à 15 véhicules, la moyenne est de 4, 2 voitures par train.

L'éclairage de celles-ci est assuré de la manière suivante :



14	Compagnies	emploient	le gaz comprimé;
9	»	»	l'huile;
6	»	»	le gaz et l'huile;
2	»	»	le gaz et l'électricité;
1	»	»	l'huile, le gaz et l'électricité.

Les voitures sont chauffées à la vapeur.

Les frais d'exploitation de ces lignes de banlieue sont au minimum de 1 fr. 50 et au maximum de 5 francs par train et par mille. Le montant moyen des dépenses pour toutes les lignes est de 3 fr. 05 par train-mille.

---

## CONCLUSIONS

---

Les Etats-Unis se prêtent tout particulièrement à l'application des méthodes d'exploitation, dont il vient d'être donné un aperçu; le concours des circonstances les plus propices à cette évolution du matériel s'est produit très rapidement et avec une ampleur qui a permis d'apporter ces améliorations, malgré les dépenses considérables de premier établissement auxquelles les Compagnies ont dû faire face.

Tel est la situation des Chemins de fer aux Etats-Unis, et dans cet exposé déjà fort long, nous n'avons pu parler des Chemins de fer Français ou de ceux des autres nations.

Il nous a paru qu'il n'était pas sans intérêt de faire ressortir quels progrès considérables ont été, dans un espace de temps relativement court, réalisés dans l'Industrie des Transports américains.

## CHAPITRE II

---

# MACHINES-LOCOMOTIVES

---

Les machines locomotives exposées étaient au nombre de 34 savoir :

Etats-Unis .....	30
Allemagne .....	2
France .....	1
Japon .....	1

Dans ce nombre il n'a pas été tenu compte des machines à voies étroites et des types anciens qui figuraient à titre rétrospectif.

Le tableau synoptique n° 3 ci-annexé résume les caractéristiques des types les plus intéressants et permet de les comparer.

Pour déterminer certaines constantes du tableau, les formules suivantes ont été employées.

Lorsque la locomotive n'avait que deux cylindres simples, le volume était déterminé par le produit de la course du piston et de sa surface.

Si les deux cylindres étaient compound le diamètre moyen des cylindres était obtenu par la formule :

$$d = \sqrt{\frac{L^2 + H^2}{2}}$$

d est le diamètre moyen,

L est le diamètre du cylindre à basse pression,

H est le diamètre du cylindre à haute pression.

Pour une machine compound à quatre cylindres de puissance égale, la formule devient :

$$d = 1,45 \sqrt{\frac{L^2 + H^2}{L^2 + H^2}}$$

Pour la machine Vaclain compound à quatre cylindres :

$$d = 1,45 \sqrt{\frac{L^2 + H^2}{L^2 + H^2}}$$

et pour la machine compound tandem :

$$d = \sqrt{82 H^2 + 31 L^2}$$

La locomotive Mallet a été classée dans la catégorie de machines compound tandem.

Pour rechercher l'effort de traction, on a employé la formule, pour les machines simples :

$$F = \frac{p \cdot d^2 \cdot l}{D}$$

p est la pression de la chaudière,  
d le diamètre du cylindre,  
l la course,  
D le diamètre des roues motrices.

Pour les locomotives compound quatre cylindres :

$$F = \frac{p \cdot d^2 \cdot l}{(R + l) D}$$

p pression de la chaudière,  
d diamètre du cylindre à basse pression,  
R rapport entre les surfaces des pistons de basse et de haute pression.

Ces machines sont en quelque sorte les types classiques employés par les chemins de fer américains. On remarque que la principale sujétion des Ingénieurs de Chemins de fer est de n'employer que des pièces à formes simples, faciles à construire, à réparer et à remplacer; aussi le nombre de types en usage est-il réduit au minimum.

En résumé, ce qui caractérise plus spécialement les machines américaines, ce sont les dimensions énormes de leurs chaudières.

permettant d'obtenir avec du charbon de mauvaise qualité une puissance supérieure à celle de nos locomotives.

Si les surfaces de chauffe mentionnées sur le tableau paraissent exagérées, il faut tenir compte que selon la coutume américaine, elles ont été mesurées à l'extérieur des tubes.

L'axe des chaudières est aussi plus élevé qu'en France, de 0 m. 400 en moyenne.

La locomotive Mallet (voir planche 1), dont les caractéristiques sont énumérées dans la colonne n° 1 du tableau ci-annexé au présent rapport a été construite aux ateliers de l'American Locomotive Co à Schenectady sur les plans de M. Mellin. elle est destinée à desservir la ligne Connelsville-Cumberland qui traverse les monts Alleghanys et présente des rampes de 10 millimètres par mètre et des courbes de 214 m. de rayon. Des trains de 2.200 tonnes formés de wagons contenant chacun 50 tonnes de minerai peuvent être remorqués par cette machine à la vitesse de 16 à l'heure sur le profil de la ligne précitée.

La nouvelle locomotive du Baltimore and Ohio est incontestablement la plus lourde et la plus puissante construite à ce jour : en compound son effort de traction est de 32.000 kilos avec la marche à simple expansion, cet effort peut atteindre 38.000 kilos. Le poids total en charge de la machine et de son tender est de 219.000 kilos. Elle est à quatre cylindres et repose sur deux trucks moteurs à trois essieux accouplés chacun. Abstraction faite de la puissance elle est d'un type analogue à celui que les usines de Briansk exposaient à Paris en 1900 pour les Chemins de fer russes.

Cette machine est à adhérence totale, comme dans toutes les locomotives articulées système Mallet, les cylindres sont extérieurs; ceux de haute pression sont fixés sur les châssis principaux de l'arrière-train et ceux de basse pression sur le bogie avant. Le rapport des volumes des grands et des petits cylindres est de 2,56. Les bielles motrices attaquent le dernier essieu de chaque truck.

La distribution de la vapeur dans les petits cylindres se fait au moyen de tiroirs cylindriques de 0<sup>m</sup>280 de diamètre, et celle des grands cylindres par des tiroirs plans à canal du système Richardson. Les tiroirs sont actionnés par des mécanismes Walschaert. Un changement de marche unique commande les mouvements des deux distributions : celles-ci sont donc liées et leur manœuvre est faite à l'aide d'un levier à main et d'un servo-moteur

à l'air comprimé. A cause des déplacements des mécanismes de distribution HP et BP, l'un par rapport à l'autre, celui d'avant est muni d'articulations sphériques.

L'appareil de démarrage offre quelques particularités intéressantes. Il est disposé de manière à produire automatiquement au moyen de valves réductrices et intermittentes les démarrages en simple expansion, puis au bout de quelques tours de roues la marche normale en compound. En outre une valve d'urgence donne la faculté au mécanicien d'introduire directement la vapeur de la chaudière dans les grands cylindres, pendant un temps plus ou moins prolongé et à tout moment en cours de route par exemple lorsqu'il s'agit de franchir des courbes très raides ou de gravir de fortes rampes. Mais comme le fonctionnement en simple expansion est onéreux, les organes ont été étudiés de telle sorte qu'on ne puisse abuser de la marche à admission directe. En pratique la valve d'urgence ne peut entrer en action au delà d'une certaine vitesse qui est d'environ 13 kilomètres à l'heure.

Il sera intéressant de connaître les résultats des essais en service de cette nouvelle locomotive dont les proportions colossales en font la plus puissante locomotive du monde.

La locomotive compound exposée par Baldwin et destinée à l'Atchison Topeka Santa Fé R. R. mérite aussi une mention particulière ; cette machine dont les principales caractéristiques ont été portées dans la deuxième colonne du tableau synoptique ci-dessus, a été essayée officiellement le 19 février 1904 entre Dodge Cité et la Junta.

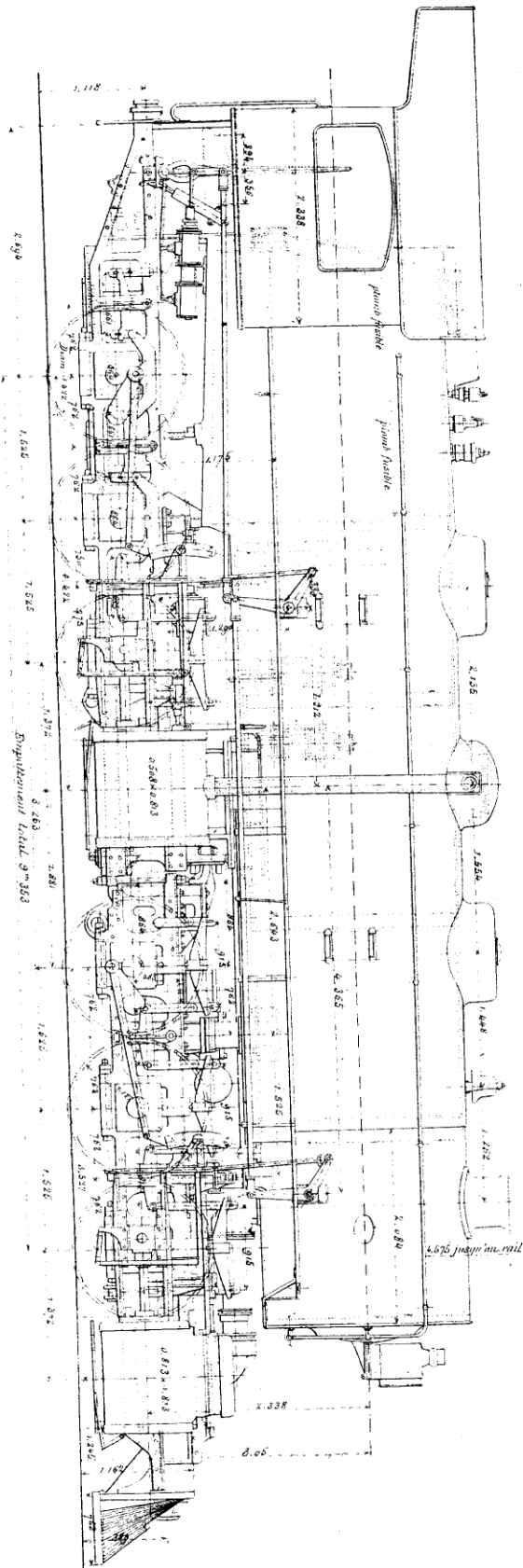
Je relève dans le compte rendu de ces expériences les résultats suivants :

Distance .....	325 kilomètres
Train composé de neuf voitures	
Pullmann pesant au total .....	562 tonnes
Durée totale du parcours .....	4 h. 26'
Durée des arrêts .....	14'
Durée réelle du parcours .....	4 h. 12'
Vitesse moyenne déduction des arrêts .....	77 k. 5
Charbon consommé .....	8 t. 500

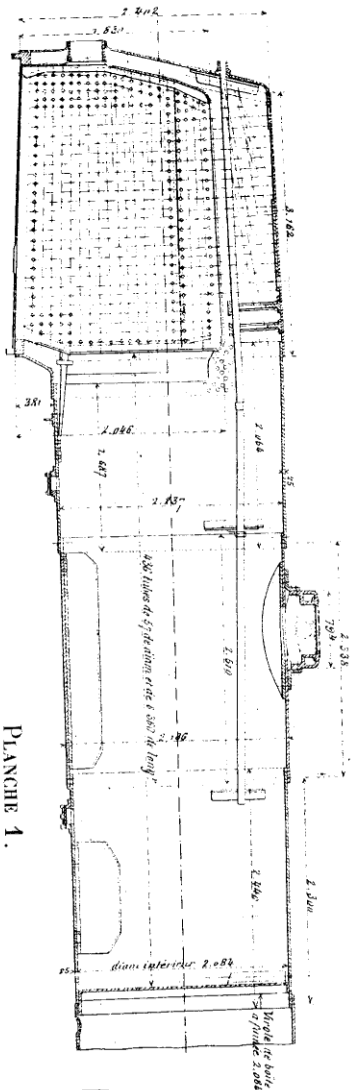
TABLEAU N° 3

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

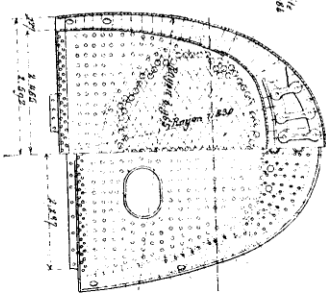
# LOCOMOTIVE Mallet pour le Chemin de Fer Baltimore-Ohio Elevation de la machine



Coupe longitudinale de la chaudière



Coupe transversale au foyer



Coupe transversale au corps cylindrique

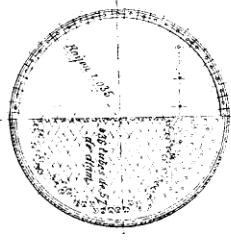


PLANCHE 1.

Eau consommée .....	55.000 kilos
Eau évaporée par kil. de charbon	14 —
Poids de charbon consommé par kilomètre .....	26 —
Poids de charbon consommé par tonne-kilométrique en compre- nant le poids de la locomotive qui est de 163 tonnes .....	0 k. 160
Rampes moyennes de .....	6 <sup>m</sup> / <sub>m</sub>
Pression de vapeur moyenne..	15 k. 5
Différence de niveau de la ligne.	442 mètres

Le temps était très humide, les rails gras et pendant les 50 derniers kilomètres le vent debout soufflait avec violence.

Comme locomotive pour fortes rampes, la Compagnie Lima a exposé un de ses spécimens les plus puissants.

Le trait distinctif de cette machine est d'avoir sa chaudière désaxée dans le sens longitudinal pour permettre au droit du foyer le logement des cylindres.

Une machine à vapeur verticale à trois manivelles est accolée le long de la boîte à feu ; elle actionne un arbre horizontal placé longitudinalement à la hauteur de l'axe des essieux.

La distribution est effectuée comme d'ordinaire par des coulisses et le sens de rotation de l'arbre moteur peut être renversé à volonté. Le mouvement de rotation est communiqué à chaque roue par un pignon claveté sur l'arbre engrenant avec une roue dentée de plus grand diamètre, boulonnée sur la face extérieure du centre de la roue.

Les bouts d'arbre portant les pignons sont supportés par des chaises solidaires des châssis des trucks ; pour permettre leur déplacement ou le jeu vertical dû aux inégalités de la voie, les arbres sont reliés à l'arbre moteur proprement dit, lequel est fixe, par des accouplements universels à la cardan.

Les dents des engrenages et pignons sont en acier coulé, très robustes.

Quoique ce système paraisse peu mécanique et d'un fonctionnement délicat, il est relativement très répandu en Amérique,



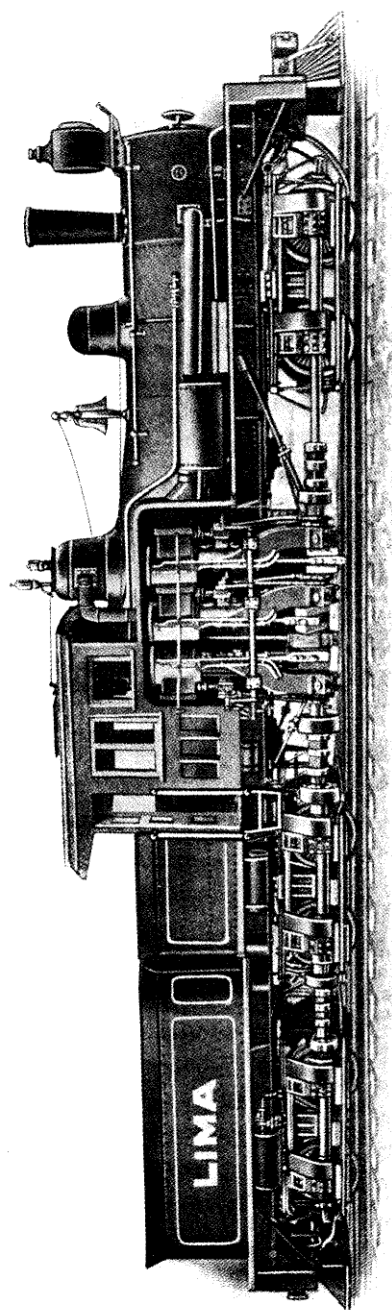


Fig. 1.



puisque la Compagnie Lima accuse une livraison de plus de 1.000 locomotives depuis son origine.

La machine du type Stead représentée fig. 1 et dont les dimensions principales sont portées sur le tableau ci-dessus donne, grâce à son adhérence totale, un effort de traction colossal ; en effet : son effort de traction maximum est de : 2.450 kilos.

Elle peut remorquer :

En palier .....	6.000 Tonnes
En rampe de 0 <sup>m</sup> 005 par m.....	2.700 —
— — 0 <sup>m</sup> 010 — .....	1.600 —
— — 0 <sup>m</sup> 020 — .....	890 —
— — 0 <sup>m</sup> 030 — .....	588 —
— — 0 <sup>m</sup> 040 — .....	425 —
— — 0 <sup>m</sup> 050 — .....	322 —
— — 0 <sup>m</sup> 060 — .....	250 —

### FANAL ÉLECTRIQUE

Nous mentionnerons, pour mémoire, le type de fanal employé à l'avant des locomotives.

Celui-ci est ainsi conditionné : il se compose d'une lampe à arc placée dans un projecteur ; l'énergie est fournie par un groupe turbo-électrique logé sur le corps cylindrique de la chaudière.

Les rayons lumineux sont suffisamment intenses pour permettre de voir à une grande distance l'état de la voie.



## LOCOMOTIVES ÉTRANGÈRES

---

Comme matériel de chemins de fer étrangers exposé, l'Allemagne avait quelques locomotives et la Compagnie du Pennsylvania R. R. une machine compound, type Nord, grande vitesse, construite par la Société Alsacienne, cette dernière destinée à être essayée concurremment avec les locomotives américaines.

Deux des machines allemandes méritent d'être mentionnées ; elles représentent les types les plus récents créés pour express sur les Chemins de fer de l'Etat.

La première contruite par la Compagnie Hannoversche-Maschinenbau-Actien-Gesellschaft, Dinden vor Hannover, est une locomotive compound, à quatre cylindres ; les deux cylindres H. P. sont placés à l'arrière du bogie. Les premiers actionnent l'essieu AV ou (avant) les seconds l'essieu AR ou (arrière). La distribution est du type Heusinger-Walschaert.

Cette locomotive représentée fig. 2, essayée sur les chemins de fer du Hanovre, a remorqué un train de luxe pesant 300 tonnes, à une vitesse constante de 100 kilomètres à l'heure en palier.

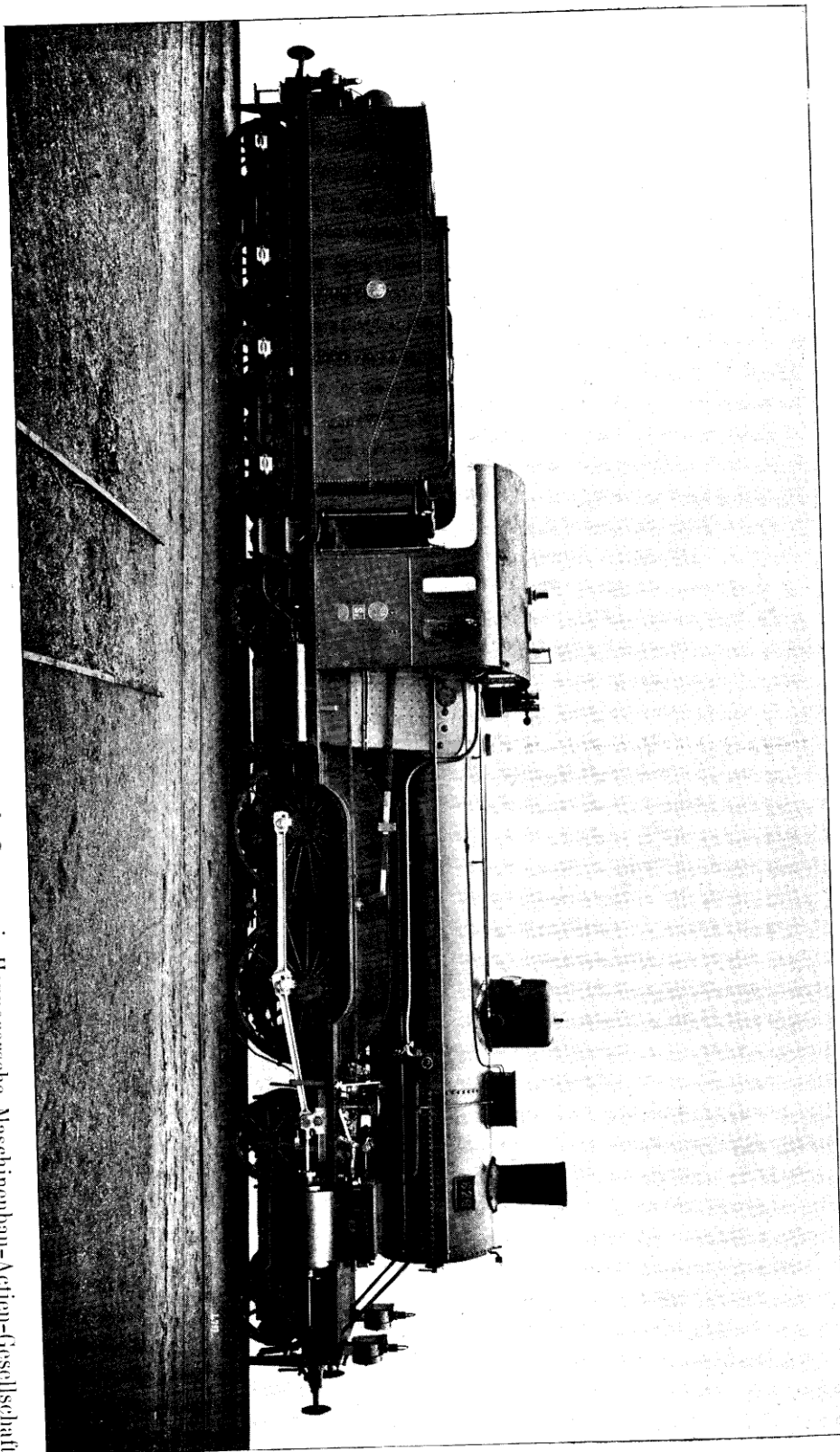
Dans une rampe de 5  $\frac{m}{m}$  par mètre, elle maintient une vitesse régulière de 80 kilomètres à l'heure.

La chaudière de cette locomotive est munie d'un surchauffeur de vapeur, système Pielock, qui a une surface de chauffe de 28,08mq.

Cet appareil se compose essentiellement d'un compartiment étanche monté sur le milieu du faisceau tubulaire et l'embrassant complètement, ainsi qu'on peut s'en rendre compte d'après la fig. n° 3. Ce réservoir est divisé en plusieurs compartiments qui sont ouverts soit à la partie supérieure, soit à la partie inférieure, pour former chicane.

Lorsqu'il y a admission de vapeur, celle-ci entre par la tubulure E qui prend la vapeur sèche dans le dôme de la chaudière et circule à travers tout le faisceau tubulaire brassé par l'action des chicanes, la vapeur surchauffée sort par la tubulure A et se rend

Fig. 2. — Locomotive type Atlantic 4 cylindres à surchauffe, construite par la Compagnie Hamnoversche-Maschinenbau-Actien-Gesellschaft.







dans la chambre du régulateur. Le surchauffage de vapeur atteint  $350^{\circ}$  centigrades, mais avec les locomotives à tiroirs plans on ne peut dépasser  $280^{\circ}$  centigrades, il est nécessaire de se servir de garnitures de piston et d'huiles minérales, spécialement prévues pour supporter ces hautes températures.

L'économie de combustible que donnerait ce surchauffage serait, paraît-il, de 15 à 18 % et de 20 % d'eau ; il est employé sur les Chemins de fer de Prusse, de Bavière, sur le Sud Italien et les chemins de fer Hongrois ; il est aussi en usage dans la marine Allemande et Autrichienne.

La Société Heuschell Sohn de Cassel, a exposé une locomotive compound à trois cylindres et six essieux, dont deux accouplés, avec tender à quatre essieux ; cette machine a été construite dans le but de suivre, si possible, pour la traction à vapeur, les progrès remarquables récemment obtenus par la traction électrique sur la ligne d'essai Berlin-Zossen.

La machine est destinée à assurer le service des trains express entre Berlin et Hambourg ; en palier, elle remorque 180 tonnes à 130 kilomètres à l'heure.

Pour mieux vaincre la résistance de l'air, on a revêtu la locomotive et le tender, sur toute leur longueur, d'une enveloppe en tôle munie à l'avant d'un abri en forme de proue de navire. L'une des plus grosses difficultés à résoudre était la nécessité d'équilibrer les pièces à mouvement alternatif, pouvant produire des oscillations perturbatrices et même dangereuses ; à de telles vitesses le mouvement de lacet d'une locomotive, c'est-à-dire son pivotement autour d'un axe vertical, devient très inquiétant.

La disposition des manivelles extérieures calées à  $90^{\circ}$  d'usage dans les locomotives, impose à la machine, par suite de l'accélération et du retardement des masses alternatives non équilibrées, un mouvement de lacet.

Ce mouvement a été complètement supprimé, de la manière suivante :

Les manivelles des cylindres extérieurs sont dirigées dans le même sens pendant que celles du cylindre extérieur, attaquant l'essieu dans son milieu, sont disposées à  $90^{\circ}$  par rapport aux deux autres. Ce dispositif crée un autre mouvement perturbateur, celui appelé mouvement de galop, mais celui-ci n'a aucun effet, les deux essieux couplés étant compris entre les deux bogies.



Le mouvement du piston à H. P. est reporté par la bielle motrice sur l'essieu coudé AV, pendant que les pistons à B. P. agissent sur le deuxième essieu. Les manivelles à B. P. sont disposées dans un angle de 90° par rapport à la manivelle à H. P. cette dernière avançant sur les premières.

Pour pouvoir démarrer la machine quand la manivelle est au point mort, il y a un clapet à action automatique ou à main entre le tuyau d'échappement du cylindre à H. P. et le réservoir intermédiaire ; lorsque ce clapet s'ouvre, les cylindres à B. P. reçoivent de la vapeur vierge.

L'admission dans le cylindre à H. P. peut être variée de 20 à 78 % ; elle est constante dans les cylindres à B. P. à 70 % ; l'admission rationnelle est de 30 à 40 % dans le cylindre à H. P., la distribution est du système Heusinger von Waldegg.

Le mécanicien se tient à l'avant, dans le premier abri, le chauffeur à l'arrière ; chacun a tous les appareils de commande à sa portée, ceux-ci étant répétés sur chaque plate-forme.

Il faut citer comme équipement spécial de la machine :

Une sablière à air comprimé.

Le chauffage à vapeur.

L'éclairage au gaz.

L'appareil pour l'arrosage des bandages.

L'appareil pour le nettoyage des tubes de chaudières à l'air comprimé.

Deux indicateurs de vitesse système Frahm et Haushalter.

Une vue extérieure de cette locomotive est reproduite ci-après fig. 4.

## EXPOSITION RÉTROSPECTIVE

La section historique des locomotives a déjà été examinée si souvent par mes prédécesseurs dans toutes les expositions où ont toujours figuré les plus anciennes machines, qu'il est suffisant de signaler que dans le Palais des Transports de Saint-Louis, vingt locomotives à vapeur historiques étaient rangées dans l'ordre chronologique suivant :

Trevithick construite en 1804

Puffing Billy    --    1813

Seguin            --    1827

Sans Pareil      --    1829

Rocket           --    1829

Tom Thumb       --    1830 cette machine fut la première qui fut construite en Amérique, les précédentes ayant été importées.

Best Friend construite en 1830

Atlantic          --    1831

de Witt Clinton --    1831

Old Ironsides    --    1832

James            --    1832

Campbell          --    1836

Mississippi      --    1836 qui fut la première locomotive en marche en Louisiane.

Pioner construite en 1836

Hercule           --    1837

Lafayette        --    1837 une des premières locomotives exportées d'Amérique.

Camelback construite en 1848

Mason            --    1853

Peppersance      --    1863

Baltimore and Ohio construite en 1876, exposée à Philadelphie à cette date.

=====

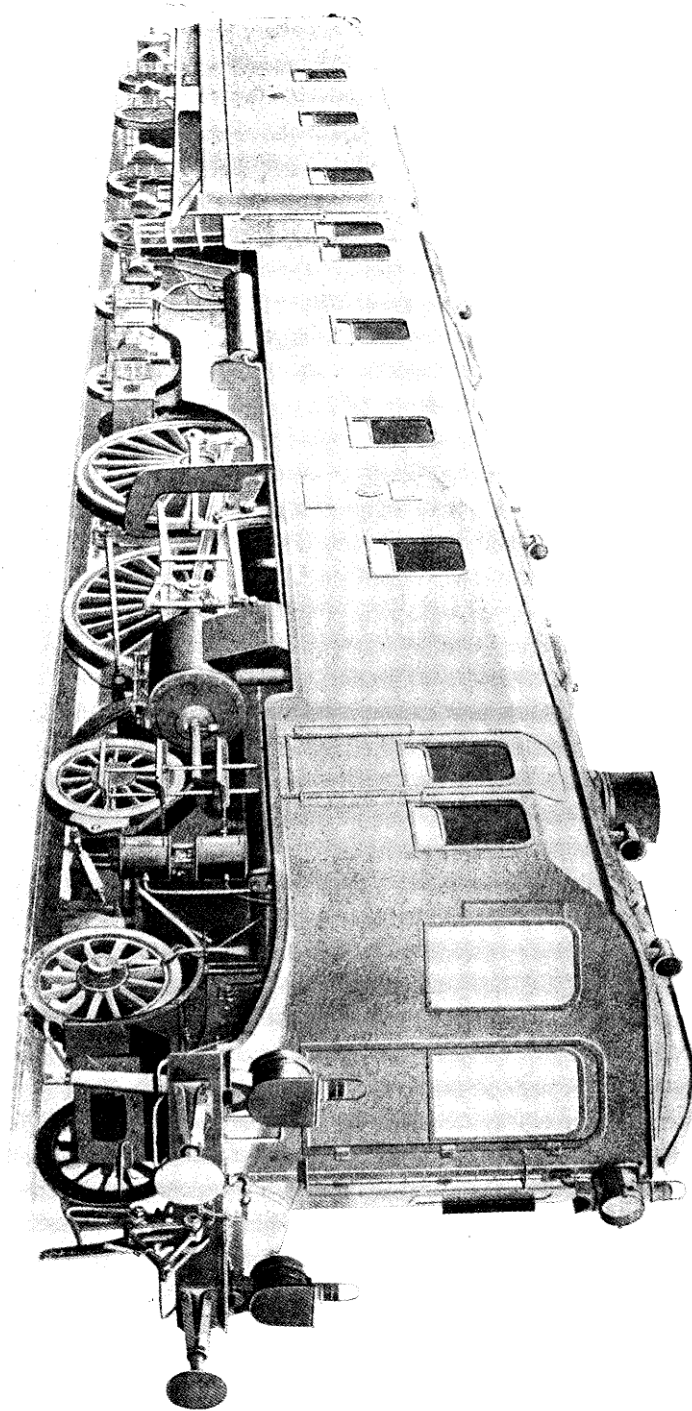


FIG. 4.



## CHAPITRE III

---

### ESSAIS DES MACHINES LOCOMOTIVES

---

Un grand nombre de Compagnies de Chemins de fer ont procédé à des essais sur les différents organes de leurs locomotives ; à cet effet des véhicules appelés fourgons dynamomètres étaient spécialement équipés avec des appareils de mesure.

Un de ces fourgons, directement accouplé avec la locomotive, avait ses appareils convenablement reliés avec elle, et l'on a pu ainsi relever sous différents ordres de marche, le rendement, la puissance, la consommation de charbon et d'eau.

Ces expériences donnent des résultats très approximatifs, les conditions de fonctionnement sur les Compagnies de Chemins de fer étant très différentes et peu comparables. Suivant la nature et les données de ces essais, il est évident qu'il est impossible de les effectuer dans des conditions identiques. Aussi est-il bien connu que ces expériences, quoique pratiquement exécutées de la même manière, ont fourni des résultats absolument contradictoires et cela en raison des difficultés d'exécution.

En conséquence, certaines Compagnies de Chemins de fer ont cherché à établir des laboratoires fixes où les locomotives pourraient être essayées.

Au commencement de 1904, trois tables d'essais pour locomotives furent construites aux Etats-Unis, et une en Angleterre.

La Chicago Northwestern Ry en avait établi une à Chicago, mais incomplète, et permettant seulement de faire quelques relevés ; celle de l'Université de Colombie était complète, mais n'a jamais encore fonctionné ; celle de l'Université de Purdue, de beaucoup mieux installée que la précédente, a permis d'obtenir des résultats d'expériences intéressants.

En Angleterre, le laboratoire de locomotives avait été construit par le London and Northwestern R. R. et placé dans la ville de Swindon. A Saint-Petersbourg, en Russie, pareille tentative fut faite par M. Jololoboff.

Le Directeur du Palais des Transports comprit que l'Exposition offrait des avantages exceptionnels pour conduire avec succès des essais de locomotives. C'est ainsi qu'il fut décidé en principe qu'un laboratoire d'expériences pour locomotives serait créé.

Dans une grande Exposition Internationale, sont réunis, en général, les plus récents et les plus perfectionnés types de machines de tous les pays; les Ingénieurs étrangers spécialisés dans les questions intéressant les Chemins de fer, profitent des facilités de comparaisons qui leur sont offertes pour examiner et discuter les dernières transformations apportées au matériel. Des expériences complètes qui auraient demandé dans tout autre circonstance plusieurs années, peuvent ainsi être menées à bien en quelques mois.

Il s'agissait alors de construire une plate-forme d'essais qui se prêtât à toutes sortes d'expériences, sur des machines de types disparates, et d'intéresser à cette question les plus importants réseaux.

Le Chemin de fer de Pennsylvania prit la généreuse initiative de réaliser ce projet et voulut bien en supporter les frais et en faire l'étude.

Un agent du Pennsylvania R. R. M. Casanave, fut chargé de la construction de cette plate-forme et de la direction des essais.

Il fut décidé tout d'abord que ces expériences seraient exécutées publiquement et suivant les règles les plus scientifiques; les Sociétés des Ingénieurs constructeurs et des Ingénieurs mécaniciens furent invitées à former une Commission d'essais et à élaborer un programme très complet; les Chemins de fer étrangers furent aussi conviés à prendre part à cette étude. La Commission constituée, l'Allemagne et l'Angleterre envoyèrent chacune un représentant.

L'Ingénieur des Etudes du Pennsylvania, M. Vogt, en s'inspirant des installations de Colombie et de Purdue précitées, dressait le projet complet de cette table d'essais.

M. Smith, Directeur du Palais des Transports, mettait à la disposition de la Compagnie, à l'intérieur de son Palais, un emplacement convenable de 92 mètres de long et 28 mètres de large.

La disposition générale de cette plate-forme d'essais est montrée par la planche n° 2.

La locomotive destinée à être essayée est amenée par une voie d'accès spéciale sur une fosse.

Les galets J portés sur des poutres amovibles sur la table A placée au fond de la fosse, sont amenés chacun dans l'axe vertical et en contact avec la table de roulement des roues motrices des locomotives (voir fig. 5 et 6).

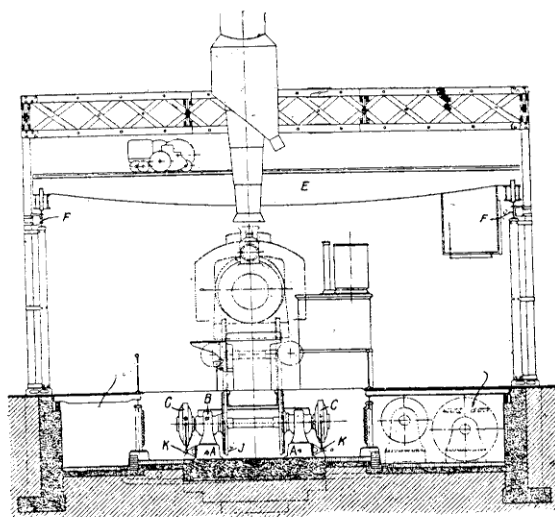


FIG. 5.

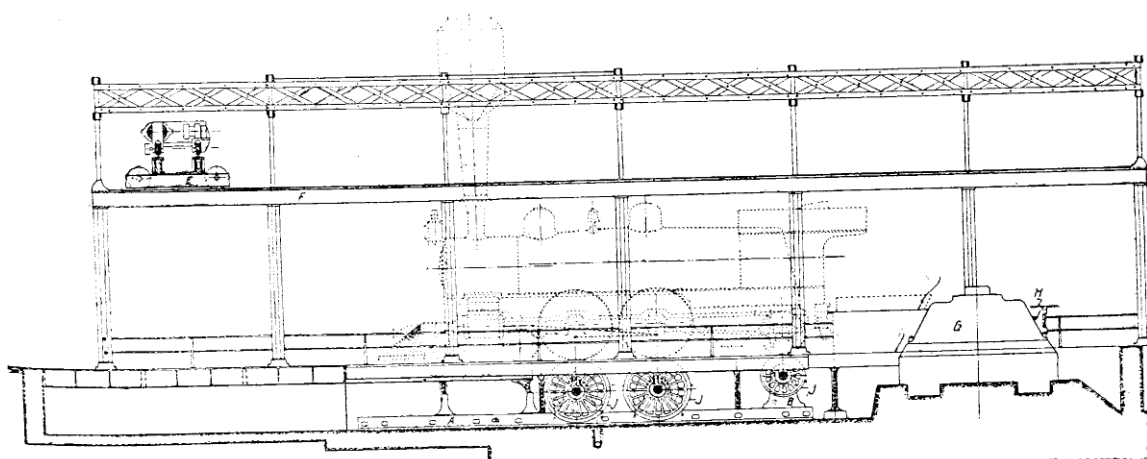


FIG. 6.

Il y a deux séries de galets employées, l'une ou l'autre, suivant le type de locomotive.

L'une des séries comprend trois paires de 1 m. 825 de diamètre pour locomotives express, l'autre 5 paires de 1 m. 250 de diamètre pour locomotives de trains de marchandises.

Les poupées qui supportent ces galets et leur frein sont extrêmement robustes et convenablement fixées à leur base, car elles subissent des chocs importants provoqués par l'inertie des pièces en mouvement.

Les paliers des arbres ont une très large portée; malgré cela, pour parer à toute éventualité, un dispositif de refroidissement par circulation d'eau a été appliqué aux coussinets graisseurs.

Sur chacun des arbres des galets est calé un frein représenté en C (fig. 5), qui forme la résistance nécessaire pour que la locomotive en essai exerce un effort de traction sur le crochet d'attelage. Ce frein a été inventé et étudié par M. G.-I. Alden, membre de l'Institut. Essayé déjà à l'Ecole Polytechnique de Worcester, il a donné des résultats satisfaisants; il fonctionne avec douceur et a une grosse capacité.

Sa construction est assez simple; il se compose de :

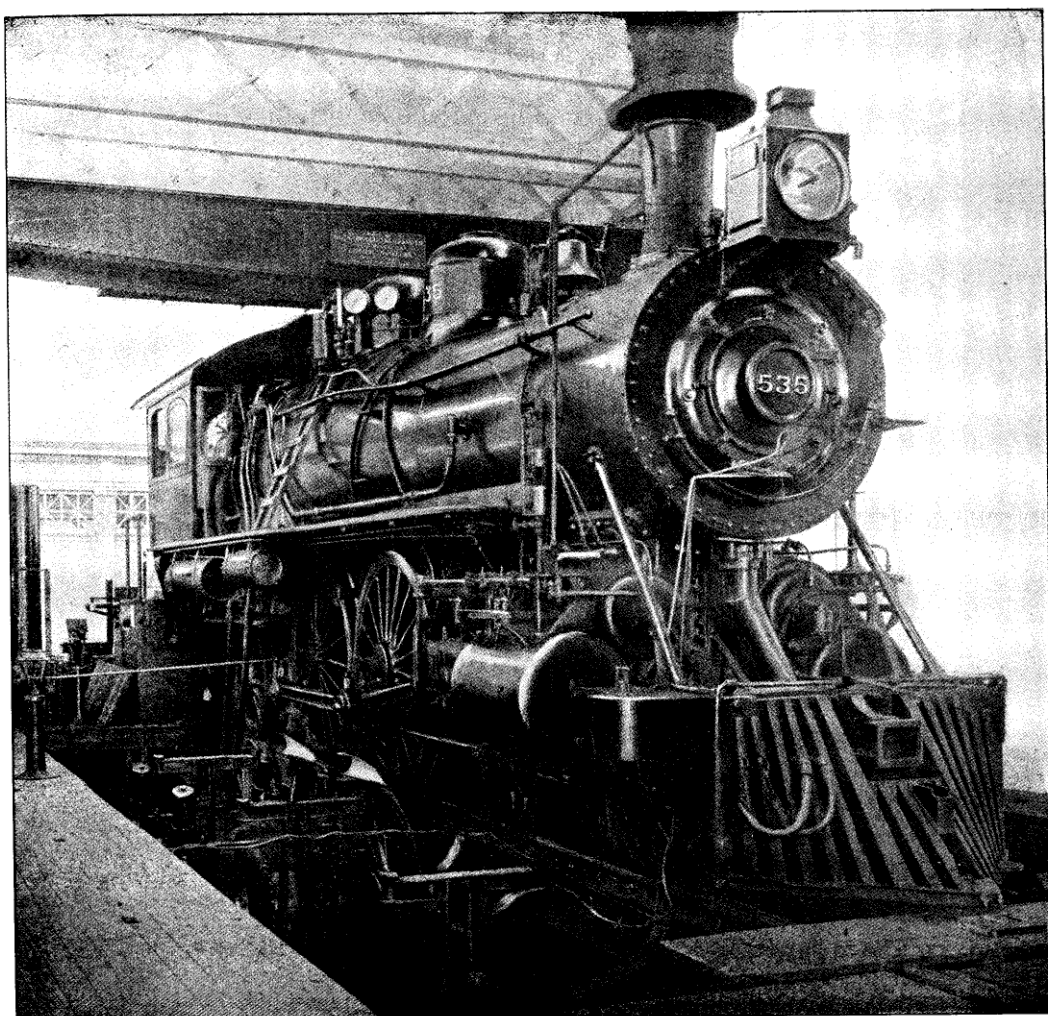
- 1° Un disque en fonte rayé sur son pourtour est calé sur l'arbre.
- 2° Un carter monté autour du disque qui porte des paliers dans lesquels l'arbre peut tourner, le carter restant fixe.
- 3° Une paire de plateaux de cuivre très minces qui sont fixés après le carter de telle sorte que d'un côté ils sont à frottement doux sur le disque et de l'autre côté est ménagée une chambre.
- 4° Une conduite avec tuyère est destinée à amener l'eau sous pression dans les chambres comprises entre les plateaux et les carters.
- 5° Une conduite avec dispositif pour permettre la circulation d'huile entre le disque de fonte et le plateau de cuivre.

Pour assurer une capacité suffisante à l'appareil, chaque frein comprend deux disques entourés eux-mêmes de deux plateaux.

L'huile de graissage est introduite au centre des disques, puis en vertu de la force centrifuge, elle baigne le disque sur toute sa surface; elle est recueillie à la périphérie par une tuyauterie.

Les carters sont maintenus par des boulons fixés en K. Lorsque





Pianche II.



l'on veut agir sur les freins, il suffit d'envoyer de l'eau sous pression dans les chambres ménagées à cet effet; sous cette influence les plateaux de cuivre sont appliqués sur les disques.

La pression de l'eau est maintenue à l'admission et à l'émission par des valves appropriées et indépendante. L'eau remplit un double rôle en produisant la friction nécessaire et en refroidissant les plateaux.

Toutes les tuyauteries d'huile et d'eau sont ramenées au même tableau afin qu'elles puissent être manœuvrées ensemble et suivant les conditions de marche.

Pour maintenir à la locomotive une vitesse constante, on agit sur les robinets d'admission et d'émission de l'eau; mais pour obtenir, dans les meilleures conditions possibles, la régularité de vitesse, il a été placé sur la tuyauterie de tous les freins un robinet à deux directions actionné par un régulateur automatique. Si la vitesse de la locomotive augmente et dépasse les limites imposées, le régulateur ouvre le robinet d'arrivée d'eau; il en résulte une augmentation de pression sur les freins; par contre si la vitesse décroît, le robinet se ferme et la pression diminue.

Les galets ressemblent beaucoup aux roues de locomotives; ils sont en acier coulé avec bandages. Le profil des bandages est celui du rail, mais un dispositif spécial frotte sur les jantes pour essuyer et faire disparaître l'huile et la graisse qui peuvent provenir de la locomotive; on évite ainsi le patinage.

La plate-forme d'essais est intérieurement desservie par un pont roulant de 10 tonnes qui a une portée de 13 mètres. Ce pont roulant permet de déplacer les galets à frein, et facilite le transport du charbon du wagon à la plate-forme de la locomotive.

L'eau est mesurée au moyen d'un double réservoir, chacun est rempli et vidé alternativement. L'effort de traction est mesuré à la barre d'attelage au moyen d'un dynamomètre.

Le dynamomètre G au moyen duquel on mesure la puissance de la locomotive, est du type dit « Emery »; son principe repose sur le remplacement des couteaux ordinairement employés par des plateaux à grande flexion en acier.

D'autre part, la course de la tige de traction du dynamomètre est très limitée, afin d'éviter à la locomotive un grand déplacement sur les roues freins; la course maximum atteint 10 millimètres.

La fumée de la locomotive est conduite par une hotte dans une manche; cet ensemble est amovible afin de pouvoir être facilement placé au-dessus d'une cheminée quelconque; la manche se télescope pour permettre le passage du pont roulant. A l'intérieur de cette cheminée se trouvent des panneaux placés en chicane qui arrêtent les escarbilles et les cendres; celles-ci retombent sur les parois qui sont ménagées pour les recueillir; à chaque expérience elles sont jaugées et pesées.

On procède, en outre, aux essais suivants :

Sur les cylindres et les chambres d'admission sont montés des indicateurs de pression, la pression à la chaudière est relevée par un manomètre enregistreur; sur la boîte à fumée est placé un manomètre, pour mesurer la dépression; des thermomètres sont répartis dans le foyer, dans le cendrier et dans la boîte à fumée; des calorimètres dans la chaudière; un compteur de tours et un chronotachymètre sont entraînés par les roues motrices.

La mise en place des locomotives, destinées à être expérimentées, est très délicate; il faut les amener d'abord sur les voies provisoirement posées sur les fosses, puis les lever par les deux extrémités; on retire alors le rail pour y substituer les roues freins précédemment décrites. Lorsque celles-ci sont amenées en place, la locomotive est redescendue; le réglage se fait aussi exactement que possible sur chacune des roues.

Les expériences sont dirigées par un comité qui se compose de :

MM. Turner, vice-président du Pennsylvania R. R., Theo. N. Ely, chef du matériel et traction du Pennsylvania R. R. Willard A. Smith, directeur du département des Transports de l'Exposition, d'un certain nombre de membres de la Société des Ingénieurs Mécaniciens et de la Société des Ingénieurs des Chemins de fer.

La Compagnie du Pennsylvania a chargé un de ses Ingénieurs en chef, M. Casanave, de conduire la partie pratique des essais; 25 collaborateurs, ingénieurs, mécaniciens, chauffeurs et manœuvres sont mis à sa disposition.

Tous les frais de ces expériences sont à la charge du Pennsylvania R. R.

L'eau employée pour l'alimentation des locomotives était traitée et légèrement détartrée par un appareil Kennicott, de telle sorte que

sa qualité et sa composition fussent constantes pour tout le cours des essais.

Le charbon spécialement choisi, provenait des mines de Johnstown Pa; il contenait :

Carbone .....	77	%
Matières volatile .....	16	%
Humidité .....	1	%
Cendres .....	6,5	%
Acide sulfureux environ .....	0,8	%

Le feu est conduit par un chauffeur expérimenté de la Compagnie du Pennsylvania; le constructeur de la locomotive peut, s'il le désire charger un de ses représentants de suivre la chauffe et de la conseiller.

Les expériences sont exécutées au nombre de 16 à 20 sur chaque locomotive; la mise en route se fait d'abord lentement, puis quand la marche de régime prescrite est atteinte, on l'indique par deux coups de cloche. Tous les opérateurs s'apprêtent alors et 30'' après un seul coup de cloche donne le signal de la relevée de tous les appareils de mesure. L'expérience dure alors le temps nécessaire pour que la locomotive parcoure un espace de 100 milles, soit 170 kilomètres environ; pendant toute la durée, tous les résultats sont consignés en double afin d'éviter les erreurs, et dans l'ordre suivant :

- 1° Position du levier d'admission.
- 2° Position du levier de changement de marche.
- 3° Nombre de tours par minute.
- 4° Nombre total de tours.
- 5° Poids du charbon brûlé.
- 6° Poids des matières non brûlées, cendres et mâchefers.
- 7° Poids des cendres retenues par la grille de boîte à fumée.
- 8° Durée de marche de chaque injecteur.
- 9° Poids de l'eau injectée.
- 10° Poids de l'eau perdue par l'injecteur.
- 11° Température de la vapeur dans le dôme.
- 12° Diagrammes de chaque cylindre.
- 13° Effort de traction.

- 14° Pression de la vapeur dans la chaudière.
- 15° Pression dans la conduite de vapeur.
- 16° Pression atmosphérique.
- 17° Pression dans le cendrier.
- 18° Pression dans le foyer.
- 19° Pression dans la boîte à fumée.
- 20° Température de l'air ambiant.
- 21° Température de l'eau d'alimentation.
- 22° Température de la vapeur dans les tuyaux.
- 23° Température des gaz dans la boîte à fumée.
- 24° Température de l'eau dans les différentes parties de la chaudière.

Lorsque tous ces résultats ont été relevés, les expérimentateurs font les calculs nécessaires pour déterminer les relations qui existent entre les divers organes des locomotives. Ils font ainsi ressortir :

a) Les caractéristiques de la locomotive, par rapport à son ensemble, et le rapport entre sa puissance et le service qu'elle est appelée à faire.

b) Les caractéristiques de la chaudière.

c) Les caractéristiques de la machine à vapeur proprement dite.

Ceci obtenu, on conçoit qu'il est possible de tirer de nombreuses et intéressantes déductions et, en comparant les essais de différents types de locomotives, on peut être amené à constater qu'une chaudière ou un mécanisme de l'une s'adapterait mieux à une autre.

Considérant ainsi toutes les hypothèses qui paraissent mériter d'être étudiées, on se rend compte alors de toutes les lacunes des études de locomotives et de la réelle portée des innovations et perfectionnements que les ingénieurs, constructeurs et exploitants ont essayés.

Les expériences devaient commencer le 1<sup>er</sup> mars, mais l'installation ne fut pas complètement terminée pour cette date; la mise au point des appareils et les divers tâtonnements les ont retardées de plusieurs mois environ.

Puis de nombreuses difficultés se sont présentées : ainsi, au démarrage, les essais donnaient des résultats erronés, l'adhérence

étant insuffisante ; il fut nécessaire d'adopter des coefficients de correction.

Le graissage des paliers des galets freins était insuffisant; des modifications ont été apportées à l'admission et à la distribution de l'huile dans ces paliers.

L'eau qui servait à exercer la pression sur les plateaux freins, prélevée sur la conduite publique de l'Exposition, avait une pression très variable qui faussait aussi les indications.

Pendant toute la durée de l'Exposition, la période préparatoire ayant été fort longue, 8 locomotives seulement purent être essayées, dont 4 à marchandises et 4 à voyageurs.

Leurs caractéristiques de fonctionnement à ces vitesses furent respectivement de :

Pour la machine type Consolidation du Pennsylvania R. R. :

Nombre d'essais ..... 18

<i>Nombre de tours :</i>	<i>Effort de traction</i>
40 par minute	de 7.000 kilos à 9.500 kilos
80 " "	" 5.700 " à 10.000 "
120 " "	" 6.700 " à 7.200 "
160 " "	" 3.900 " à 4.950 "

Pour la machine Consolidation du Lake Shore and Michigan Southern R. R.

Nombre d'essais ..... 21

<i>Nombre de tours :</i>	<i>Effort de traction</i>
40 par minute	de 5.000 kilos à 11.000 kilos
80 " "	" 5.200 " à 10.500 "
160 " "	" 4.450 " à 5.000 "

Atchison Topeka et Santa-Fé R. R.

Nombre d'essais ..... 9

<i>Nombre de tours :</i>	<i>Effort de traction</i>
40 par minute	de 8.000 kilos à 14.000 kilos
60 " "	" 6.800 " à 13.000 "
80 " "	" 6.360 " à 14.000 "

Missouri Chicago Baltimore Consolidation.

Nombre d'essais ..... 14

<i>Nombre de tours :</i>	<i>Effort de traction</i>
40 par minute	de 9.500 kilos à 11.000 kilos
80 " "	" 7.700 " à 11.000 "
160 " "	" 4.100 " à 4.500 "

Atchison Topeka et Santa F. R. R. Atlantic type. Compound 4 cylindres.

Nombre d'essais ..... 11

<i>Nombre de tours :</i>	<i>Effort de traction</i>
80 par minute	de 2.700 kilos à 5.800 kilos
160 " "	" 3.400 " à 5.000 "
240 " "	" 3.100 " à 3.800 "
280 " "	" 2.350 " à 2.500 "

# LOCOMOTIVE DE LA SOCIÉTÉ ALSACIENNE

Les essais ne furent pas effectués complètement et doivent être repris ultérieurement.

Locomotive Compound 4 cylindres Atlantic type, de l'Etat Prussien.

Nombre d'essais ..... 10

<i>Nombre de tours :</i>	<i>Effort de traction</i>
80 par minute	de 3.200 kilos à 4.100 kilos
160 " "	" 2.500 " à 3.400 "
240 " "	" 1.640 " à 1.950 "
280 " "	" 1.550 " à 1.600 "

New-York Central, Atlantic type Compound 4 cylindres.

Nombre d'expériences ..... 11

<i>Nombre de tours :</i>	<i>Effort de traction</i>
80 par minute	de 3.500 kilos à 5.400 kilos
160 " "	" 4.000 " à 5.800 "
240 " "	" 2.900 " à 4.500 "
280 " "	" 2.500 " à 3.100 "
320 " "	" 2.350 " à 2.500 "



Tous ces essais eurent une durée variable, qui fut en moyenne trois heures pour 160 tours; deux heures pour 240 tours; une heure et demie pour 280 tours et une heure pour 320 tours. Au cours de la marche des machines, les admissions aux cylindres étaient modifiées.

Le nombre d'expériences réellement effectuées pendant la durée de l'Exposition fut de 100 environ, chiffre élevé si l'on tient compte des difficultés de mise au point et de réglage des appareils et des locomotives.

Le tableau n° 4 annexé au présent rapport donne certains résultats obtenus dans les meilleures conditions; les puissances indiquées sont celles fournies par les locomotives

TABLEAU N° 4

DÉSIGNATION	CHEVAUX VAPEUR	NOMBRE DE TOURS par minute	VITESSE EN KILOM. à l'heure	ADMISSION POUR %	EFFORT de TRACTION	PUISSANCE DE REMORQUE en tonnes
Pennsylvania R.R. . . . .	1005	160	45	34	4900 kilos	1260 T.
Lake Shore and Michigan . .	1194	120	38	35	1125 »	3220 »
Atchison Topeka et Santa-Fé RR	1386	80	93,5	55	1430 »	5880 »
Missouri Chicago . . . . .	1059	80	96,5	57	1125 »	4250 »
Atchison Topeka et Santa-Fé R.R.	1703	240	90	53	3800 »	522 »
État Prussien . . . . .	932	240	66	40	1970 »	271 »
New-York Central. . . . .	1641	240	93,5	55	4450 »	610 »

Au cours de l'essai d'intéressants relevés furent faits pour déterminer l'amplitude des mouvements de galop et de lacet. Les résultats en seront publiés ultérieurement par la Compagnie du Chemin de fer du Pennsylvania.

Certains d'entre eux sont, paraît-il surprenants; ainsi on a constaté que dans des machines à marchandises les perturbations dues à l'inertie des pièces en mouvement sont telles, qu'elles créent une réaction dont la valeur est si élevée que l'effort de traction devient instantanément nul.

L'échauffement des paliers graisseurs des galets de la table a causé beaucoup d'ennuis et de difficultés; les essais d'une des loco-

motives à voyageurs à 125 kilomètres à l'heure n'ont pu être conduits avec succès, en raison du grippage de ces paliers.

Parmi tous ces essais, celui qui fut réalisé dans les meilleures conditions, avec les relevés les plus exacts, est celui de la locomotive Compound à 4 cylindres du type Atlantic de la New-York Central Railroad C°.

L'expérience fut poursuivie sans interruption une heure durant avec le régulateur ouvert en grand et une admission de 40 %, on a obtenu :

Nombre de tours de roues .....	320 par minute
Quantité de charbon sec brûlé à l'heure ....	2.220 kilos
Quantité de charbon sec brûlé à l'heure par mètre carré de grille.....	472 kilos
Vapeur sèche consommée à l'heure .....	14.500 kilos
Vapeur sèche consommée à l'heure par mètre carré de surface de chauffe .....	47 <sup>k</sup> 8
Quantité d'eau élevée à 100° centigrades par kilo de charbon .....	7, 9
Chevaux vapeur indiqués .....	1.330
Chevaux effectifs au dynamomètre .....	1.045
Puissance absorbée par les frottements et ré- sistances passives .....	295
Effort de traction au crochet d'attelage ....	2.360 kilos
Charbon consommé à l'heure par cheval in- diqué .....	1 <sup>k</sup> 68
Charbon consommé à l'heure par cheval effectif .....	2, 13
Vapeur consommée à l'heure par cheval in- diqué .....	10, 65
Vapeur consommée à l'heure par cheval effectif .....	13 <sup>k</sup> 6
Rendement de la chaudière .....	50 %
Rendement de la machine .....	78 %

Dans le tableau n° 5. on a réuni quelques chiffres qui montrent bien que, même si la locomotive fonctionne dans les mêmes condi-

tions d'ouverture du régulateur et des tiroirs, l'admission varie suivant la vitesse et la marche économique de la locomotive en est très influencée.

TABLEAU N° 5

VITESSE A L'HEURE	CHEVAUX EFFECTIFS	CHARBON A L'HEURE	VAPEUR A L'HEURE	CHARBON par kil. et par tonne d'effort de traction	VAPEUR par kil. et par tonne d'effort de traction	DÉPENSE DE CHARBON par mille	DÉPENSE DE CHARBON par tonne et par mille
32 kil. 3	600	800 kilos	6,950	4 kilos 82	464 kilos	0 fr. 58	0 fr. 065
60 5	1180	1400 »	11,500	4 36	357 »	0 51	0 060
91	1470	2630 »	16,400	6 58	416 »	0 64	0 90
105	1190	1770 »	14,000	5 47	432 »	0 38	0 755
120	1045	2220 »	14,400	7 80	506 »	0 41	1 07

Le prix de base du charbon dans ce tableau est de 13 fr. 75 par tonne métrique.

Ce tableau prouve combien ces expériences sont faites avec soin et contrôlées dans les plus petits détails.

Les bulletins que fera paraître la Pennsylvania R. R. C\* donneront les résultats de ces essais avec toutes les courbes de diagrammes relevés; on aura ainsi des renseignements du plus haut intérêt et qui marqueront dans l'histoire des chemins de fer et de la locomotive en particulier.

Cette plate-forme d'essais, à la fin de l'Exposition, a été démontée et reportée dans les ateliers de la Pennsylvania à Altona où les essais se poursuivront dans de meilleures conditions encore qu'à Saint-Louis.



## CHAPITRE IV

---

### (A) VOITURES

---

Deux importantes Sociétés de construction de voitures avaient la spécialité de créer des types de voitures de luxe : la Pullmann C° et la Wagner Car et C° ; cette seconde Société fut absorbée en 1902 par la Pullmann, qui prit non seulement ses ateliers, mais aussi la suite de ses contrats avec les grandes Compagnies de Chemins de fer. Depuis une maison concurrente, la Hick's C° s'est formée, et toutes deux ont exposé à Saint-Louis.

La Compagnie Pullmann avait deux trains complets, composés avec les types de voitures de luxe les plus perfectionnés.

Les parcours des Chemins de fer sont de si longue durée aux Etats-Unis qu'il a fallu naturellement offrir aux voyageurs un confort dont les voitures des trains de luxe européens ne donnent qu'une vague idée.

Afin que l'on puisse mieux se rendre compte de ce que sont les voitures de la Pullmann C°, les photographies des spécimens les plus remarquables sont reproduites ci-contre, figures 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 20.

La distribution des sièges est la même que dans les 2 types de voitures représentés fig. 9 et 10 ; ce genre de véhicule est usuellement employé dans la composition des trains dont le trajet est supérieur à 6 heures.

**Les** classes ne diffèrent que dans leurs détails.

Les secondes sont aménagées intérieurement avec des bois très ordinaires ; les banquettes sont recouvertes de tresse d'osier, le sol est recouvert de linoléum, seul le chemin de passage est en moquette.

Les premières classes sont ornementées luxueusement; les bois employés sont de premier choix; ce sont, en général, ces bois à veines dorées répandus en Amérique, dont l'acajou mahogany et le chêne; les banquettes sont en panne, les pavillons sont en carton peint, genre Lincrusta-Valton.

Aux extrémités de ces voitures, se trouvent une chambre et des lavabos, un côté pour hommes, l'autre pour dames.



FIG. 7. — Voiture à fauteuils destinée aux petits trajets : les fauteuils sont pivotants et peuvent prendre toutes orientations.







FIG. 8. — Voiture à fauteuils destinée aux petits trajets : les fauteuils sont pivotants et peuvent prendre toutes orientations.





FIG. 9. — Voiture-lit de 2<sup>e</sup> classe.



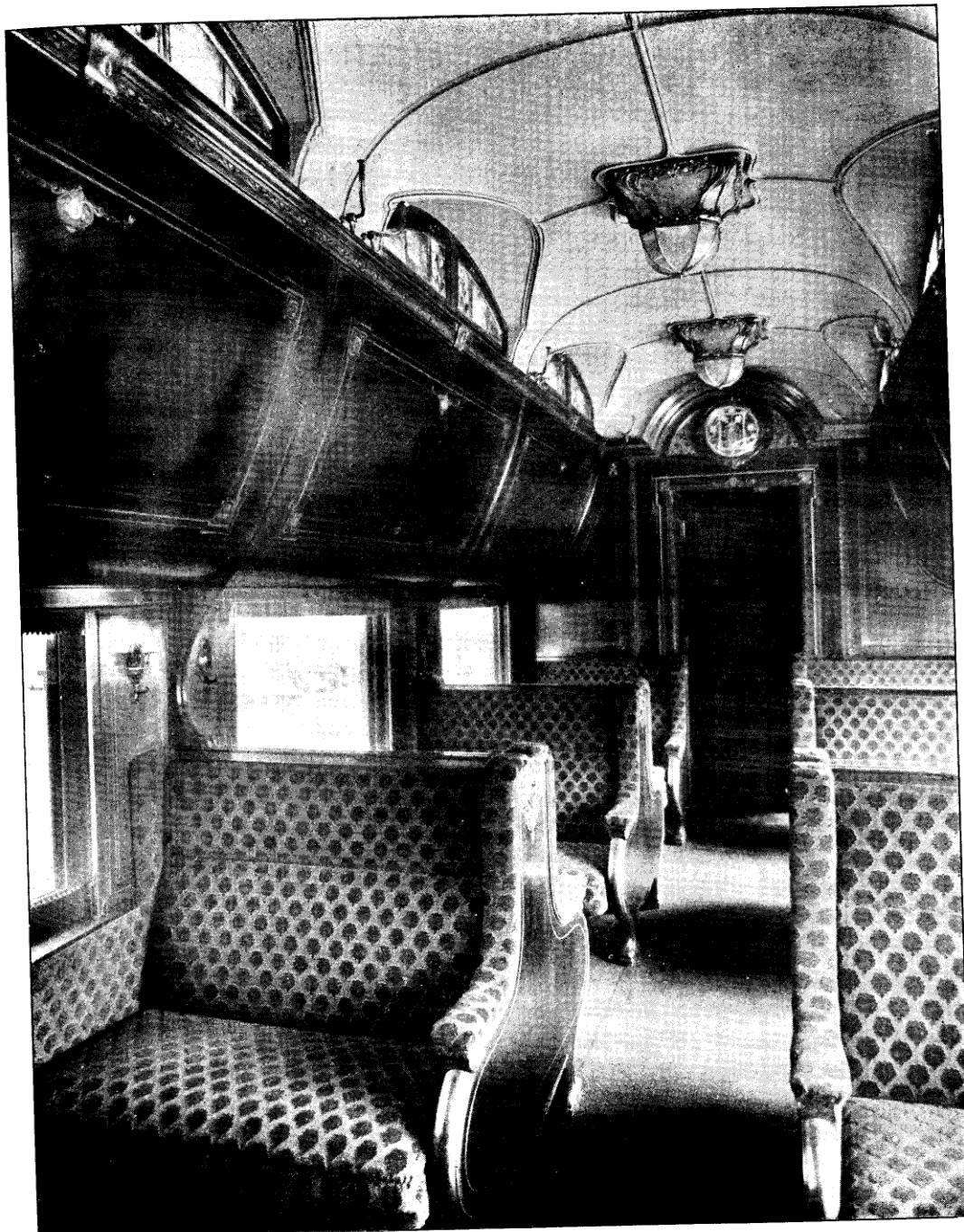


FIG. 10. — Voiture-lit de 1<sup>re</sup> classe.



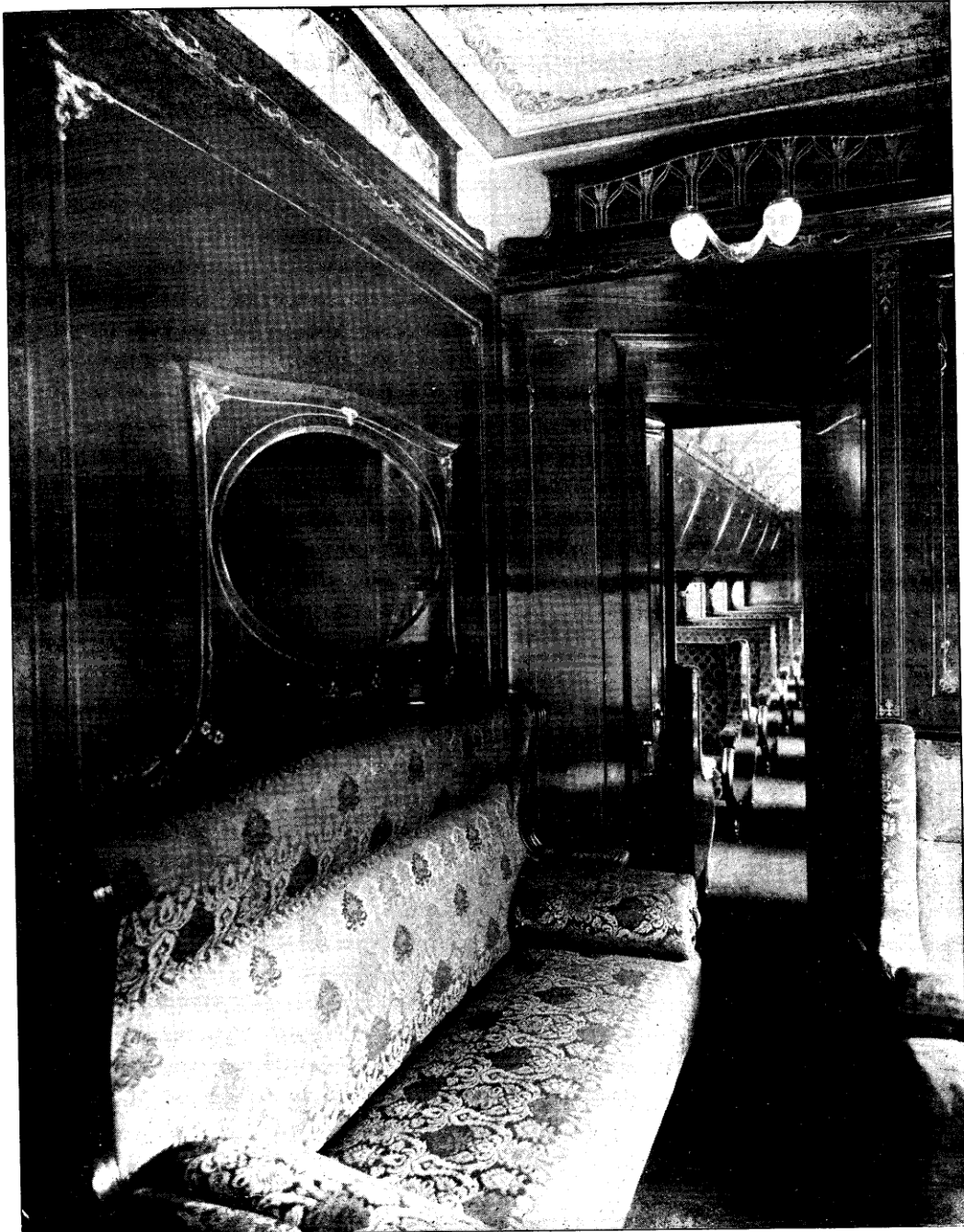


FIG. 11. — Vue d'une chambre de bout : elle comprend 3 couchettes et 1 lavabo.







Fig. 12. - Ces voitures ont leurs couchettes séparées par des cloisons.



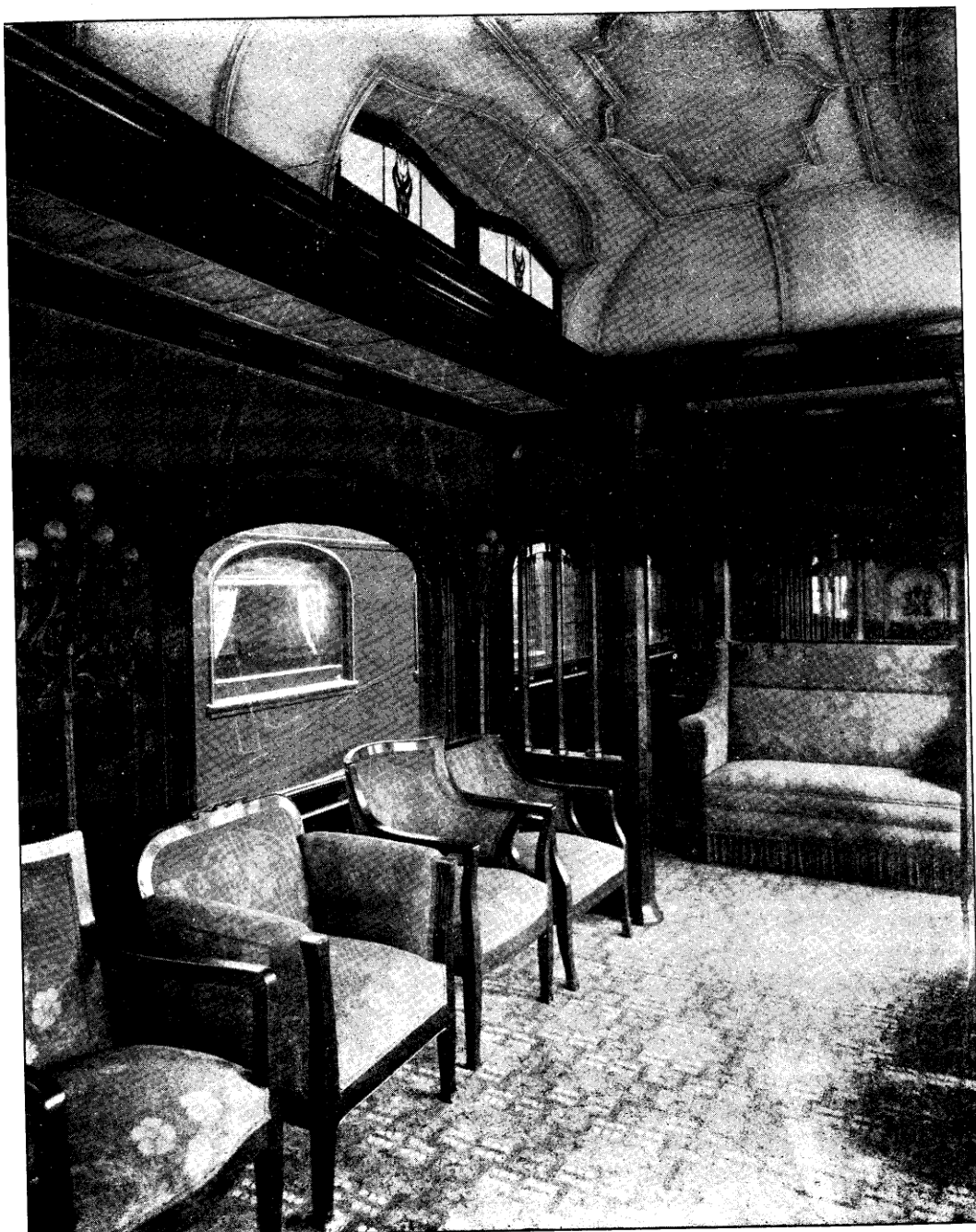


FIG. 13. — Voiture-salon avec terrasse pour jouir de la vue à l'arrière d'un train.



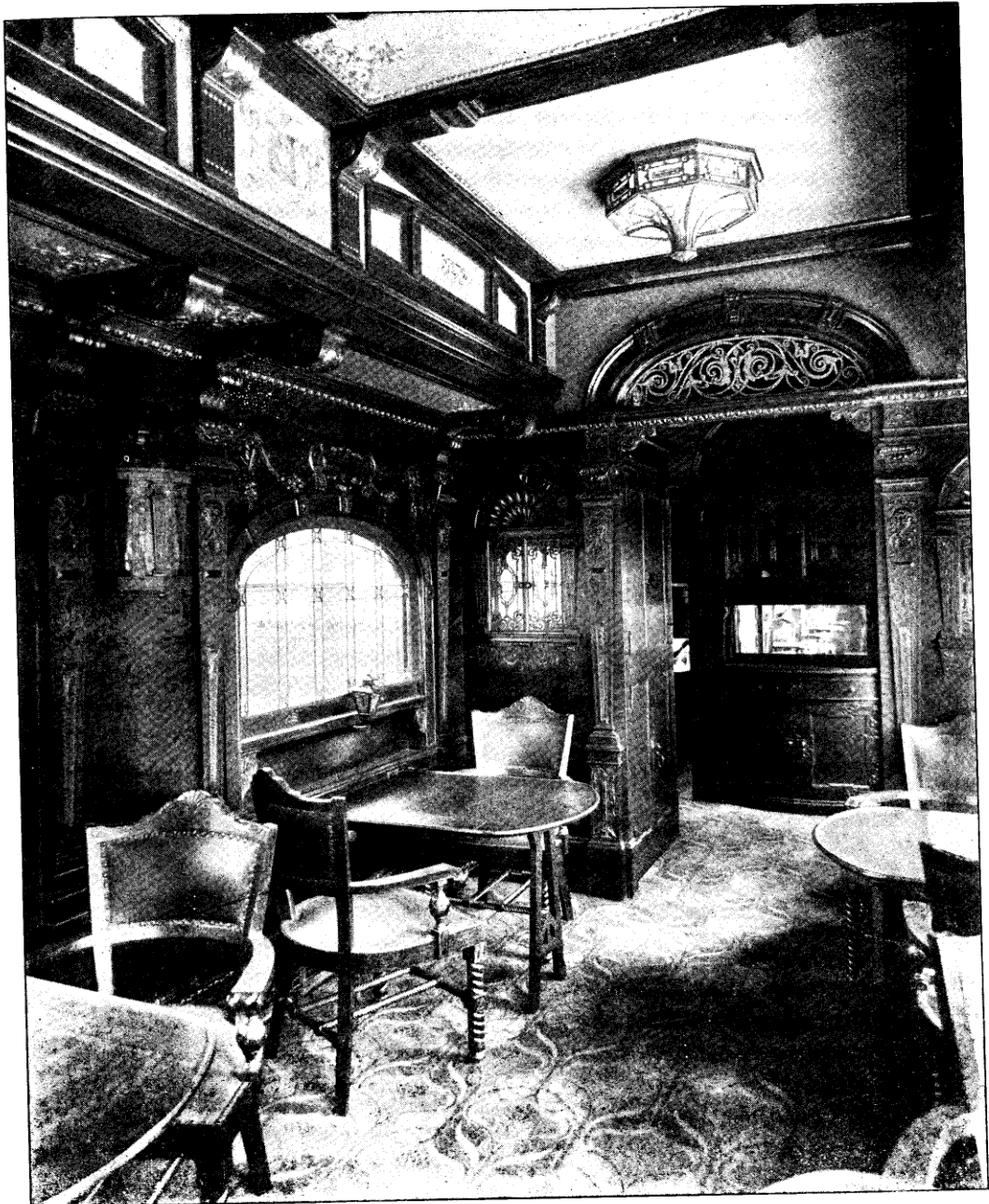


FIG. 14. — Wagon-restaurant : on remarquera la prodigalité de ferrures et cuivres d'art,



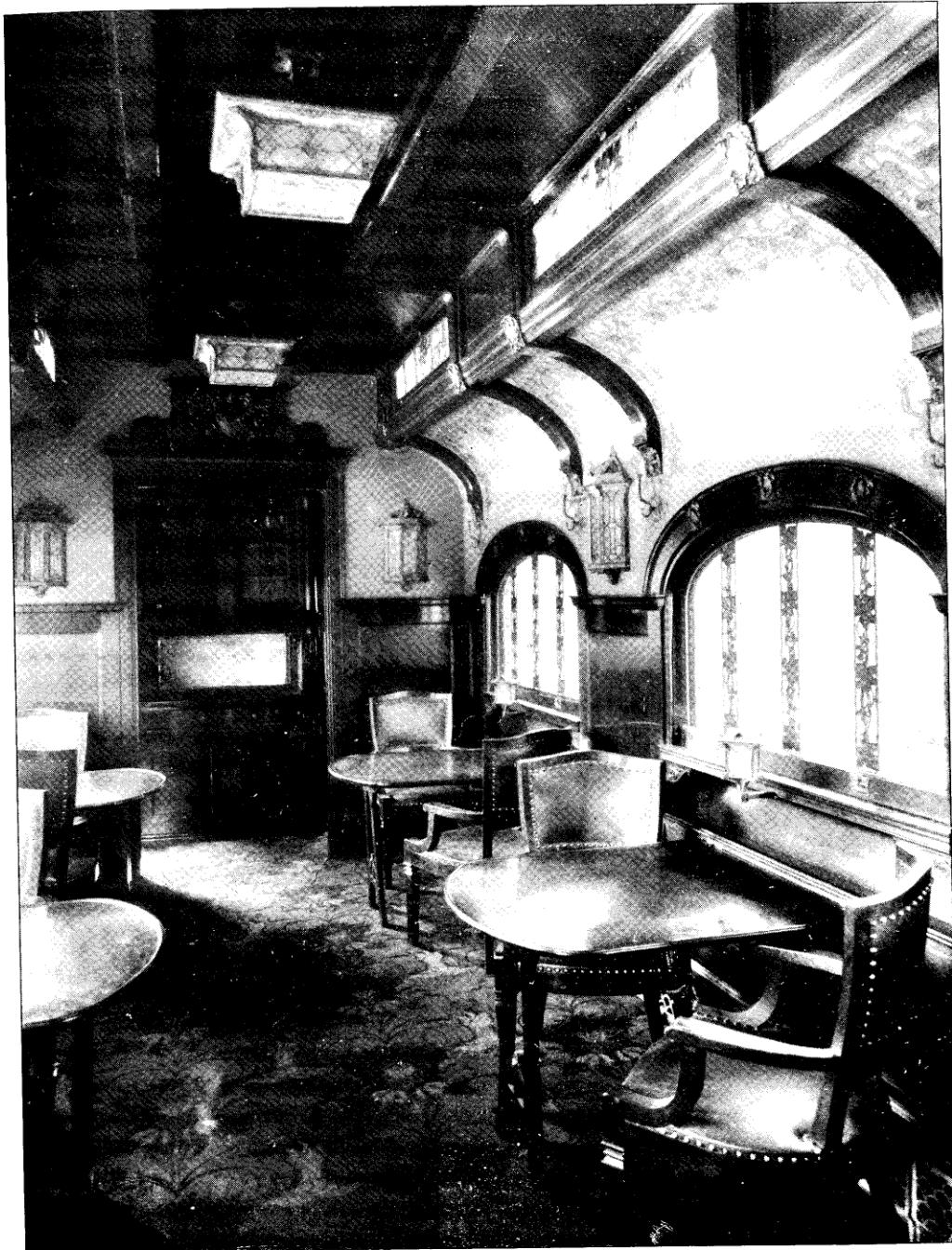


Fig. 15. — Wagon-restaurant : on remarquera la prodigalité de ferrures et cuivres d'art.

6





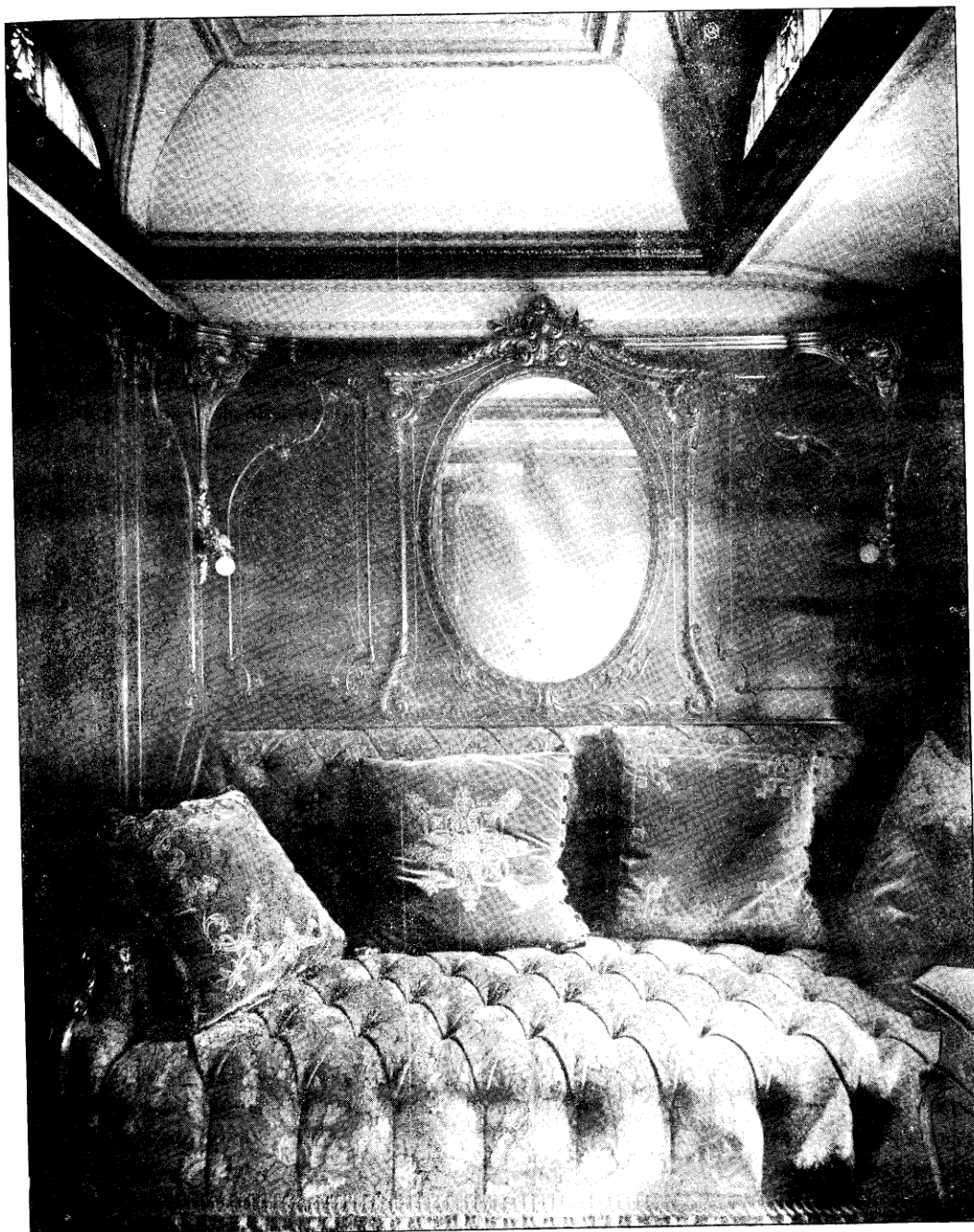


Fig. 16. — Voiture de grand luxe.





FIG. 17. -- Voiture de grand luxe.



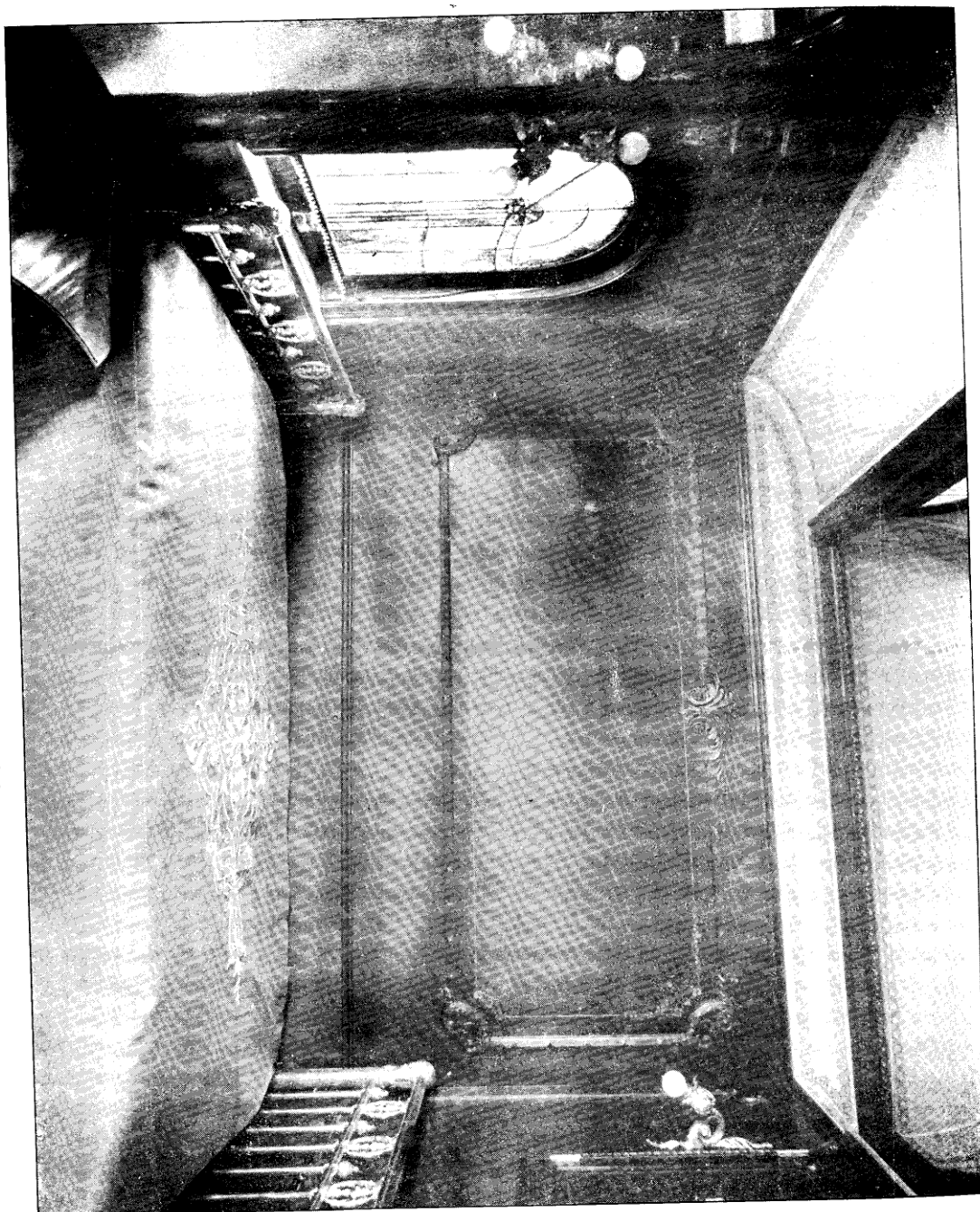


Fig. 48. — Voiture de grand luxe.



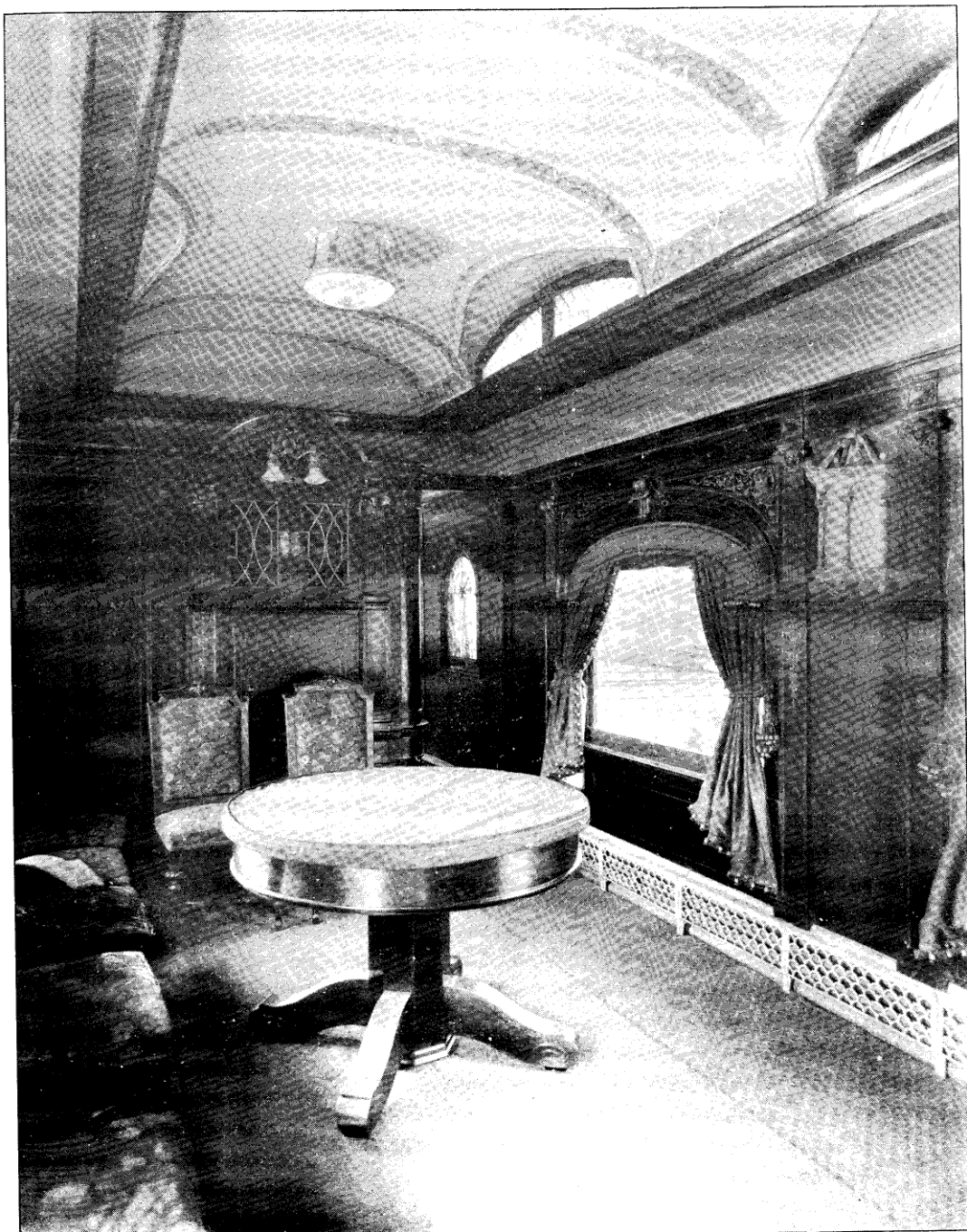


FIG. 19. — Voiture de grand luxe.





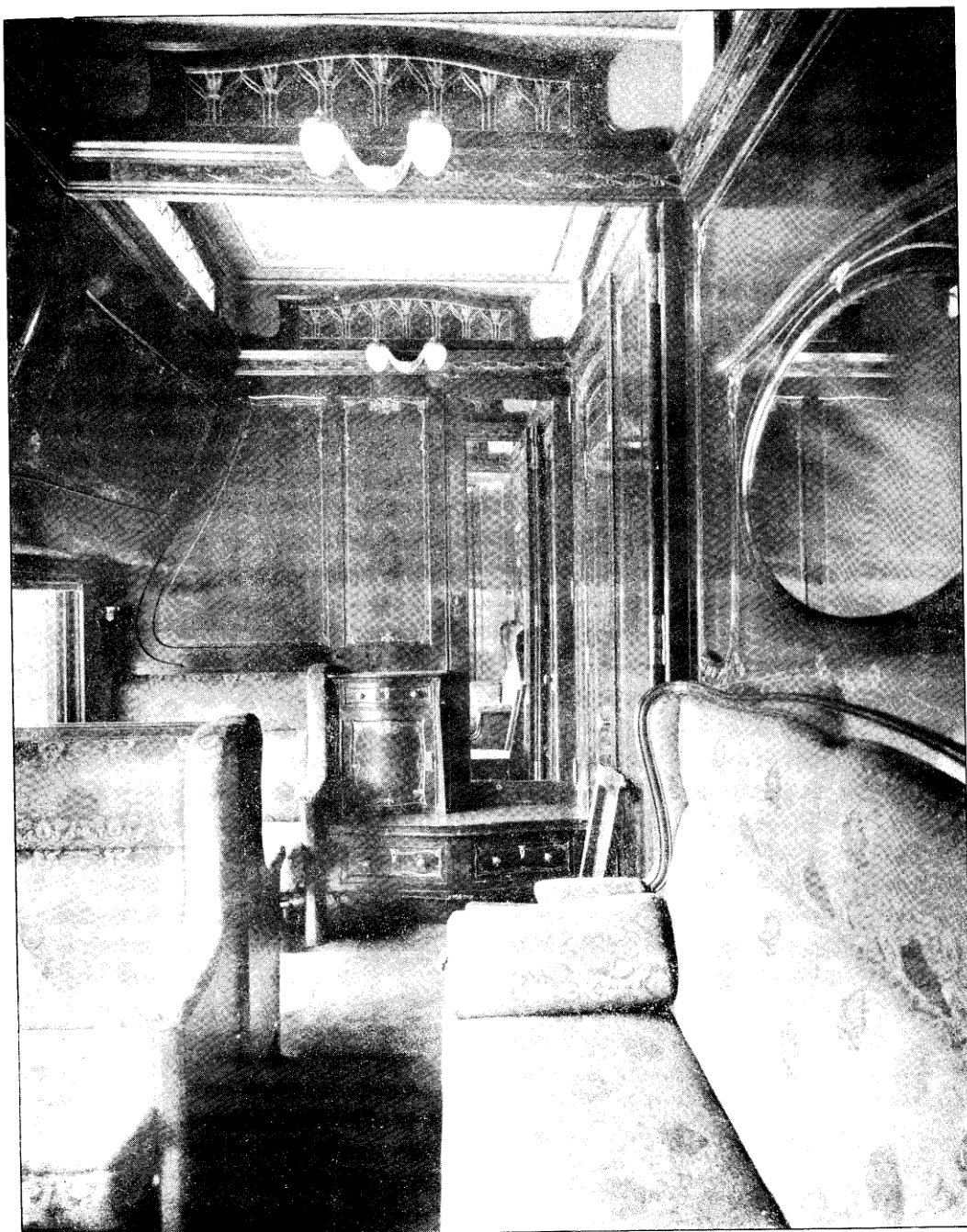


FIG. 20. — Voiture de grand luxe.



Ces vues ont été prises dans des voitures de grand luxe pour trains spéciaux ; elles sont d'un confort irréprochable et les plus longs voyages dans de semblables véhicules paraissent courts.

Tous ces véhicules ont en outre un grand avantage: ils sont portés sur 2 trucks chacun, dont les suspensions ont été étudiées avec le plus grand soin. leur roulement est silencieux et leurs oscillations sont minima. Aussi, malgré le mauvais état de la voie, l'on peut, quelle que soit la vitesse du train, écrire ou soutenir une conversation sans fatigue.

---

### COMPAGNIE HICK'S

La Compagnie Hick's a exposé une voiture de luxe spécialement construite pour une des plus importantes personnalités de l'Industrie des Etats-Unis.

Cette voiture est remarquable par son confort et la richesse de sa décoration. La caisse, d'une longueur de 67 pieds, soit 20<sup>m</sup>50, comprend :

Une plate-forme d'observation avec salon; une chambre à deux couchettes; une salle de bains et toilette; une chambre à coucher avec lit à pieds; salle à manger et office; cuisine, magasin à glace, etc....

Le panneauage intérieur est en bois rares et l'ornementation est d'une grande richesse.

Cette Compagnie qui construit des wagons et locomotives, avait aussi envoyé à Saint-Louis un wagon plat d'une capacité de 25 tonnes.

---

### COMPAGNIE BRILL

La Compagnie Brill a créé une voiture dite « Convertible », pour tramways ou chemins de fer de banlieue, qui présente la particularité suivante : ce type de véhicule peut à volonté avoir sa caisse fermée ou ouverte, suivant les saisons et par une manœuvre simple. Ainsi qu'on peut s'en rendre compte sur les vues photographiques n<sup>os</sup> 21, 22 ci-contre, les panneaux de la caisse se replient

autour de l'axe situé au-dessous du châssis de glace, le tout coulisse jusqu'à la partie supérieure et se loge dans le double panneau du pavillon.

On conçoit facilement les avantages que présentent ces véhicules convertibles, savoir :

- 1° Diminution des effectifs de matériel.
- 2° Diminution des superficies de terrains des ateliers et dépôts.
- 3° Transformation rapide en pleine rue au besoin par le conducteur.

4° Au cours des saisons de printemps et d'automne dans bien des contrées, la température du matin et du soir, par rapport à celle de l'après-midi est très variable, cela nécessite de certaines Compagnies de tramways et de métropolitains de garer tour à tour les voitures fermées et les voitures ouvertes; avec les voitures convertibles toutes ces manœuvres coûteuses et longues sont supprimées.

5° La double paroi du pavillon isole convenablement la voiture au point de vue des effets de la température extérieure.

6° Les panneaux et les châssis de glace, entièrement en acier sont très solides et légers, se comportent très bien quelle que soit la fréquence de leur manœuvre.

Les vues n<sup>os</sup> 23, 24 d'une des voitures de la Compagnie Washington représentent la voiture convertible sous ses deux aspects.

La Compagnie Brill a aussi la spécialité de :

a) Voitures semi-convertibles dont les très grandes glaces sont susceptibles de remonter entre la double paroi du pavillon, mais ce type paraît moins intéressant que le convertible.

b) Bogies, ils sont du reste bien connus en France plusieurs Compagnies de tramways en ayant en service il est donc inutile de s'arrêter à leur description.

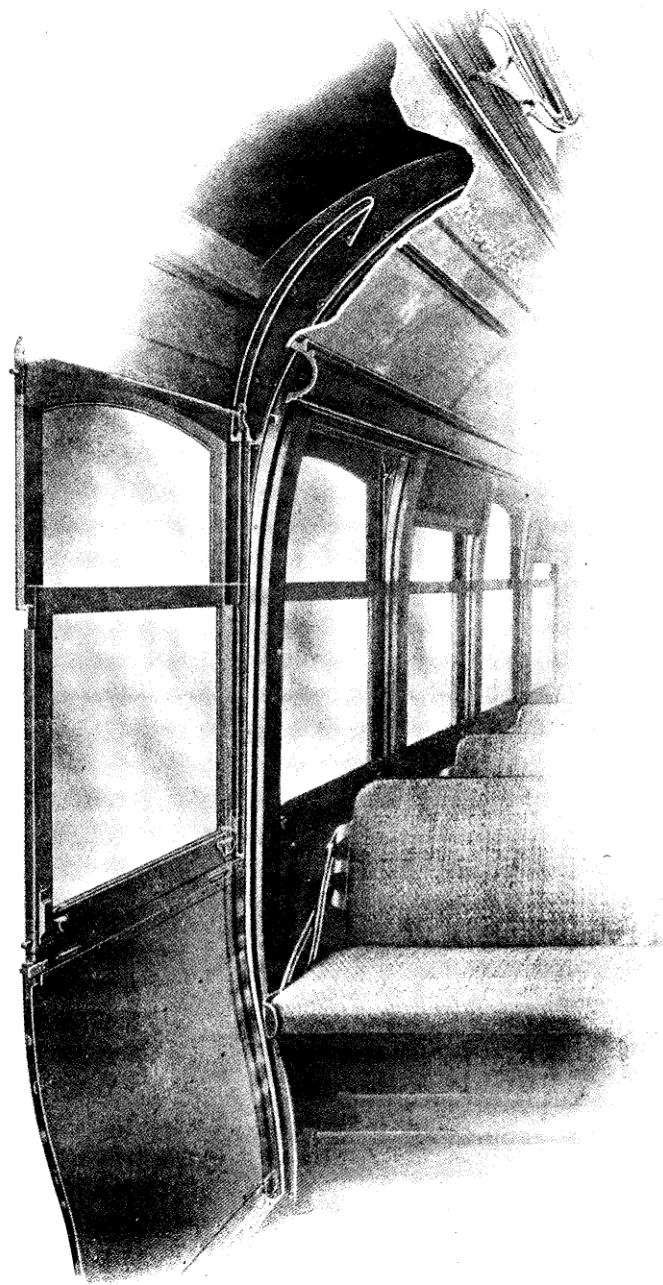


FIG. 21.



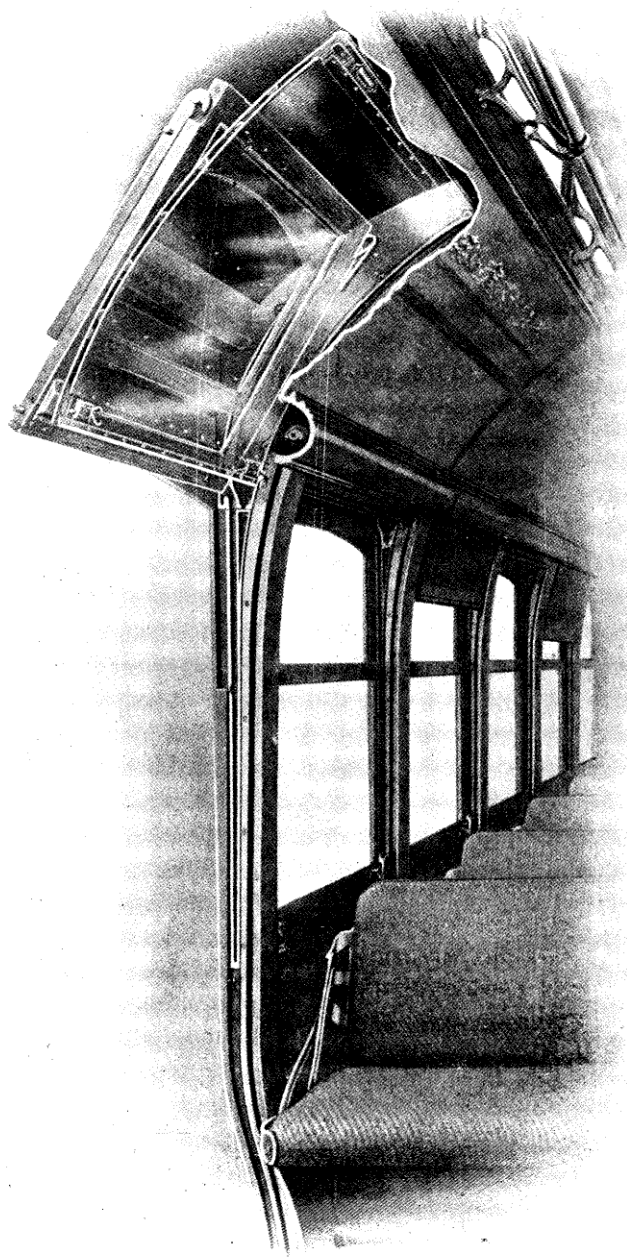


FIG. 22.





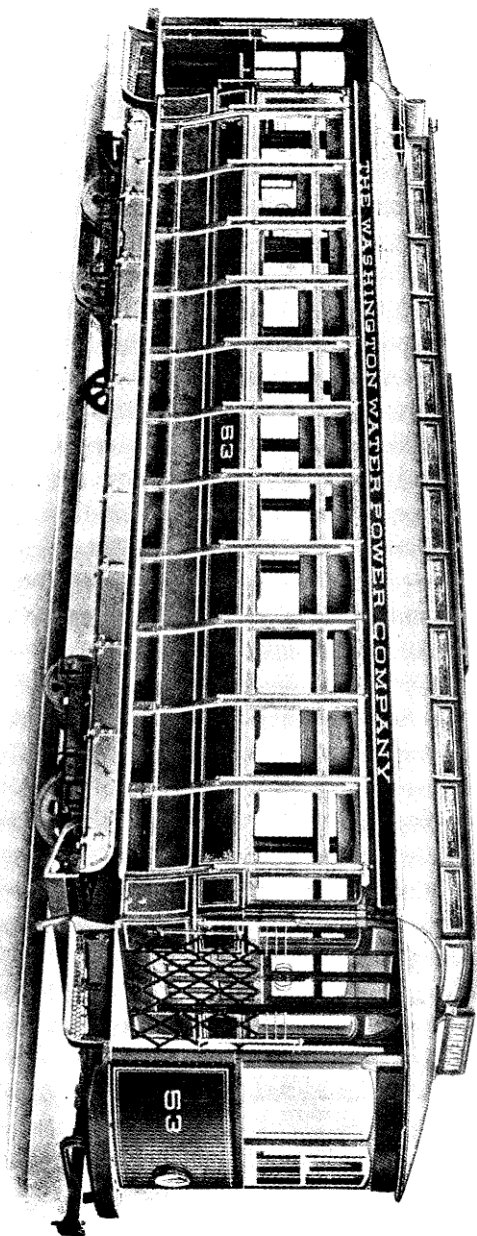


Fig. 23.



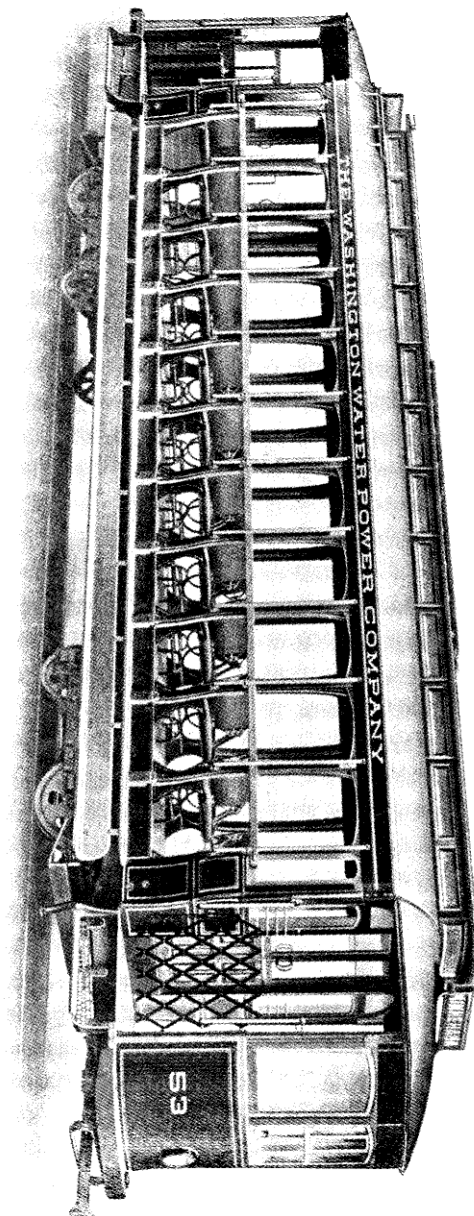


FIG. 24.



JOHN STEPHENSON C<sup>o</sup>

Enfin, la John Stephenson C<sup>o</sup> dont les usines sont à Elisabeth N.-J. a exposé une voiture ordinaire de chemins de fer; ses dimensions sont :

Longueur .....	18 <sup>m</sup> 80
Largeur de caisse .....	2 <sup>m</sup> 45
Distance entre pivots des bogies .....	9 <sup>m</sup> 70
Poids de la caisse ....	20 T.
Poids des bogies .....	19 T.
Poids total .....	39 T.

La distribution intérieure de ce véhicule est celle des voitures en usage sur les Compagnies de Chemins de fer, avec plate-forme aux extrémités, sièges à dossier réversible, passage central, etc...

Toutes les voitures à voyageurs sont à bogies à 3 essieux chacun, afin de répartir la charge des véhicules sur un plus grand nombre de fusées et réduire les chances de rupture d'essieux. C'est à cela en grande partie, qu'est due cette excellente suspension.

Les Sociétés de construction insistent beaucoup sur les progrès réalisés depuis quelque temps dans leur construction, par la suppression des capitonnages en bois, partout où cela a pu être obtenu. Le carton comprimé Lincrusta, le Pegamoïd, etc..., sont employés de tous côtés et l'avantage que présente cette application, tant au point de vue de la propreté qu'au point de vue hygiénique, est certainement très appréciable.

Tous ces véhicules sont chauffés à la vapeur et éclairés à l'électricité. La vapeur est fournie par la locomotive et l'énergie électrique par des accumulateurs. Sur les anciennes voitures les lustres se composent encore de lampes à pétrole à 4 becs par lustre, assez semblables à celles des wagons-restaurants d'Europe.

## VOITURES SPÉCIALES DE BANLIEUE

---

La Compagnie de Chemin de fer de l'Illinois Central a exposé une voiture qui mérite une mention toute spéciale.

Cette Compagnie dessert les environs de Chicago par un service de banlieue à traction à vapeur ; son trafic est très important ; l'année de l'Exposition de Chicago, elle avait transporté 19 millions de voyageurs sur son réseau.

Ainsi que cela se produit sur toutes les lignes de ce genre, l'affluence de voyageurs a lieu par à-coup à des heures fixes ; l'encombrement devient tel à ces moments, que la Compagnie Illinois Central a cru devoir étudier un système de voiture apte à porter un grand nombre de voyageurs et d'accès facile.

La crinoline et le châssis de cette voiture sont entièrement en acier, formant un tout rigide, relativement léger ; cette construction a permis de ménager de nombreuses baies.

La longueur de caisse est de.....	18 <sup>m</sup> 250
Le poids de la caisse et de son châssis est de..	30.700 kilos
Les deux bogies pèsent.....	11.600 kilos
<hr/>	
Le poids total à vide est de.....	42.300 kilos

Les vues d'ensemble ci-contre n° 25-26 donnent une idée de ce type de véhicule, qui a 12 portes coulissantes, sur chacune des faces ; elles sont distantes de 1<sup>m</sup>520 d'axe en axe, chaque rangée de portes est au droit de l'intervalle des banquettes, celles-ci sont de 8 places.

Toutes ces portes sont commandées par un mécanisme tel qu'elles sont manœuvrables dans les deux sens, soit individuellement, soit simultanément.

Pour arriver à ce résultat, le dispositif suivant est employé (voir le dessin d'ensemble de cette voiture, planche n° 3) : une barre ronde A est placée de chaque côté de la voiture entre les

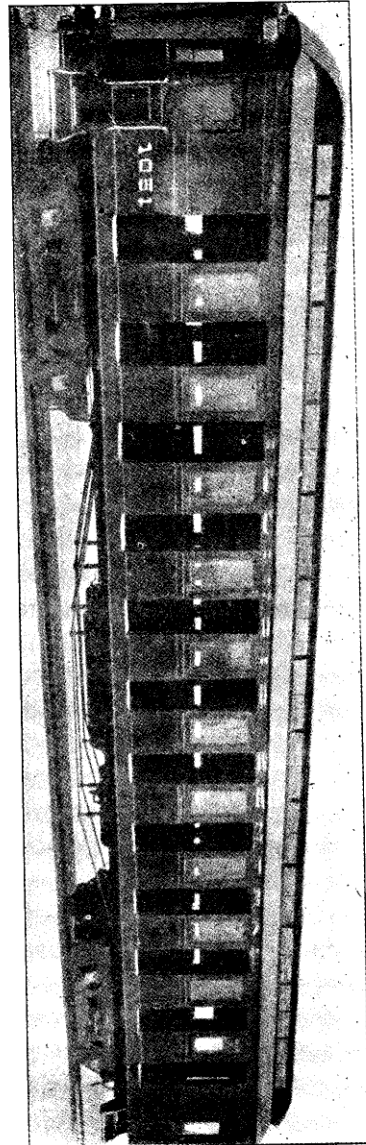


Fig. 25.

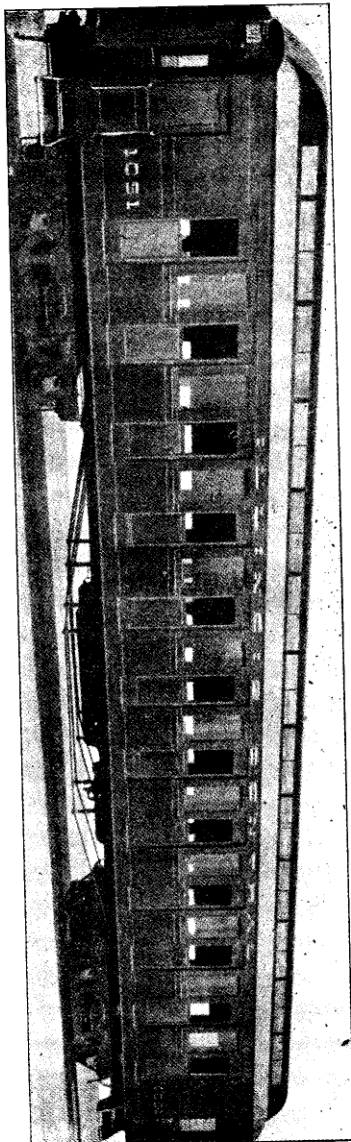


Fig. 26.





doubles parois de la ceinture de pavillon ; cette barre porte à ses extrémités et au milieu, des crémaillères B qui peuvent être actionnées directement par des pignons C, montés sur l'axe des volants à main D qui sont au nombre de 3 par face.

La barre est supportée de distance en distance par des galets à gorges, qui sont doubles pour assurer un parfait guidage et montés sur billes pour réduire au minimum la résistance ; ces galets sont logés dans les supports E.

Les portes sont libres, montées aussi sur galets à billes roulant sur rail supérieur F, elles sont manœuvrables simultanément si tous les taquets de butée G sont fixés sur la barre.

Chaque porte possède deux butées qui sont appelées l'une ou l'autre à rencontrer le taquet G monté sur la barre A lorsque celle-ci est manœuvrée, l'une des butées agit pour la fermeture, l'autre pour l'ouverture ; l'on conçoit que si l'on retire l'une de ces butées sur l'une ou l'autre ou toutes ces portes, celles-ci ne fonctionnent que dans un sens ; la butée de fermeture est montée sur ressort pour amortir le choc de fermeture et éviter ainsi les accidents.

Primitivement, les voitures ne possédaient que 4 volants de manœuvre, deux de chaque côté et de chaque bout ; mais en dernier lieu, 2 volants ont été ajoutés au milieu. Tous ces volants peuvent être facilement désembrayables : en effet, il suffit, au moyen de la manœuvre d'une petite manette qui se trouve derrière le volant, de décentrer le pignon C qui est monté sur un axe excentrique, ce dernier ne se trouve plus ainsi en contact avec la crémaillère B.

Le garde de la voiture peut donc effectuer toutes les combinaisons, il ne lui est pas prescrit de se tenir toujours aux extrémités de la voiture, les volants du milieu lui permettant de commander les portes.

Le roulement de l'ensemble du mécanisme est extrêmement doux, avec un effort inférieur à 500 gr., il est facile de le mettre en mouvement.

Les volants sont toujours calés au moyen d'un loquet : pour permettre la manœuvre, il est nécessaire d'actionner avec le pied une pédale de commande dissimulée dans le panneau inférieur au droit du volant de manœuvre.

En outre, la barre A actionne automatiquement un interrupteur

de sonnerie de telle sorte que si les portes ne sont pas fermées, la sonnerie fonctionne dans la loge du conducteur et celui-ci ne doit pas démarrer tant que la sonnerie n'a pas stoppé.

La Compagnie de l'Illinois Central a mis à l'essai, il y a quelques mois, sur une voiture, la commande des portes par l'air comprimé. Cette innovation a paru à l'usage si dangereuse que l'installation n'a pas été maintenue.

En principe, le système est le suivant :

La voiture porte une conduite spéciale qui fournit à un cylindre l'air comprimé ; dans ce cylindre, se meut un piston à simple effet qui actionne par l'intermédiaire d'une bielle la barre B ; un robinet à 2 directions actionné soit par le conducteur, soit par le garde, permet de fermer toutes les portes, lorsqu'on laisse pénétrer l'air dans les cylindres, et d'ouvrir toutes les portes lorsqu'on les vide.

La Compagnie de l'Illinois Central a de nouveau étudié cette question et la Jewett Car Compagnie Newark Ohio, a breveté un système de fonctionnement de portes par commande à huile qui sera incessamment mis à l'essai.

La manœuvre de fermeture des portes sera brusque au début de la course et très lente lorsqu'il n'y aura plus que 30 centimètres à parcourir ; on espère ainsi éviter des accidents ; ce résultat est obtenu au moyen d'un tiroir qui étrangle l'orifice par lequel l'huile pénètre dans le cylindre.

Des couloirs latéraux sont ménagés le long des faces entre elles et les banquettes.

La suppression des séparations intérieures et la facilité d'ouverture des portes présentent de nombreux avantages.

Dans les véhicules ordinairement employés, les voyageurs sont obligés, lorsqu'ils sont sur un quai et qu'un train se présente devant eux, de regarder de compartiment en compartiment s'il y a de la place, tandis qu'il leur suffit, dans ce cas, d'entrer dans une voiture par une des portes et de chercher les places libres tout à leur aise.

Lorsque ce sont des voitures à couloir desservies par des portes de bouts, il y a encore des inconvénients : les voyageurs qui montent et qui descendent se rencontrent, les plates-formes extrêmes s'engorgent et le temps perdu dans les stations est considérable.

La solution du problème qui consiste à écourter le plus possible les arrêts, a été ainsi trouvée par les ingénieurs de la Compagnie Illinois qui sont arrivés à les réduire au minimum. En effet, il résulte d'expérience qui ont été faites sur ce réseau que : dans une voiture de 18<sup>m</sup>250 de longueur ayant deux portes de bout, les voyageurs quittent la voiture par deux files égales ; à raison de 1'' au minimum par voyageur, pour 60 voyageurs il faut, pour vider une voiture, 30'' ; pour une voiture à 12 portes, ceux-ci mettent au plus 1'' pour sortir par chaque porte à la fois ; donc 5'' suffisent, soit 1/16 du temps.

L'habillage de ces voitures est très soigné : les bois rares et les ornements sont employés à profusion.

L'aspect extérieur laisse à désirer du fait des nombreuses portes.

Les plates-formes extrêmes ont aussi chacune deux portes qui sont destinées à permettre la sortie des voyageurs en pleine voie, en cas d'accident. A cet effet, elles possèdent des marchepieds à 3 marches qui donnent facilement accès au sol.

Toutes les autres portes précédemment décrites, ont leur seuil à hauteur des quais élevés.

La Compagnie Illinois Central est extrêmement satisfaite et vient de commander un grand nombre de ces véhicules pour les étendre à toutes ses lignes interurbaines et de banlieue.

## (B) WAGONS

---

La question de la capacité des wagons de marchandises a été admirablement solutionnée par les Américains ; du reste, il n'y a pas de contrée où puisse mieux s'appliquer le matériel à grande capacité :

Au point de vue technique, parce que le mode de construction du matériel même dépend beaucoup de la capacité cherchée, parce que l'importance de cette capacité est aussi de nature à influencer sur les conditions d'établissement de la voie et des ouvrages d'art, et enfin parce que les conditions d'exploitation technique d'une Compagnie de Chemins de fer dépendent, dans une certaine mesure, de la capacité et de la puissance des engins de transport utilisés .

Au point de vue commercial aussi, à cause de la relation immédiate de la capacité ou du tonnage des véhicules avec les tarifications.

Cette question est considérée si importante qu'elle a été traitée fréquemment au sein des Sociétés d'ingénieurs et notamment deux fois au Congrès International des Chemins de fer, en 1889 et 1900 ; 5 rapports furent déposés à la 6<sup>e</sup> session tenue à Paris, en 1900.

De l'exposé des rapports déposés, il ressortait nettement que depuis quelques années il s'était en général produit, sur la plupart des Chemins de fer du monde entier, à des degrés divers suivant les pays, une tendance bien marquée à l'augmentation de la capacité des wagons à marchandises et, à la suite de la discussion qui eut lieu dans les sections en séance plénière, les conclusions suivantes furent adoptées :

1° L'augmentation de la capacité du matériel présente des avantages certains au point de vue technique.

2° Les considérations d'exploitation technique et commerciale particulières à chaque réseau permettent seules de décider s'il convient de procéder à cette augmentation et de fixer les limites à adopter dans chaque cas.

Depuis 1900, cette évolution constatée dans l'accroissement de la capacité des wagons à marchandises s'est encore accentuée ; l'utilité et les avantages de cette augmentation ont été presque universellement reconnus ; peu de réseaux importants sont restés étrangers à ce mouvement.

Sur le continent européen, où le tonnage de beaucoup le plus usité a été et est encore de 10 T. ; l'Allemagne, la première, adopta couramment, pour certaines séries de wagons de types courants, le tonnage de 15 T. ; mais elle s'est laissé devancer dans ces dernières années par les Compagnies françaises qui ont mis en service un nombre déjà relativement considérable de wagons de 20 T. L'ensemble du matériel européen, par rapport au matériel américain, peut encore être classé, malgré la création de ces types récents, comme du matériel de moyenne capacité. Seule, l'Angleterre a fait jusqu'alors, presque exclusivement usage d'un matériel de transport de petite capacité, le tonnage de la plupart des wagons en service variant entre 5, 8 et 10 T. au plus.

Les Etats-Unis qui ont, les premiers, adopté les plus puissantes unités de transport, ont continué à les augmenter ; d'un tonnage de 25 à 30 tonnes, ils sont passés à 40 et 50 T. ; cette capacité est donc décuple de celle actuellement atteinte par les wagons anglais.

### MATERIEL ANGLAIS

La très petite capacité du matériel à marchandises des chemins de fer de Grande-Bretagne provient de ce que les Compagnies de Chemins de fer sont encore actuellement gênées par les charges de leur héritage, suivant les propres termes du rapport déposé au Congrès des Chemins de fer de 1900, par M. Owen.

Les Compagnies anglaises ont cherché, à plusieurs reprises, par un remaniement des tarifs, à augmenter le volume des expéditions ; mais ces tentatives ont échoué. D'autre part, les wagons qui appartiennent aux particuliers ou aux entreprises de location de matériel sont au nombre de 500.000 sur 1.100.000 wagons à marchandises (1).

---

(1) Voir la communication faite à la Société des Ingénieurs Civils en Janvier 1905, par M. Biard, sur la capacité des wagons à marchandises.

Or, les industriels ont adopté tout naturellement pour leur usage, les unités de transport les moins coûteuses et celles dont l'emploi nécessite pour les raccordements et voies d'usines les installations les moins onéreuses.

Une transformation radicale, complète et subite n'est pas possible, car elle entraînerait celle des gares, des voies de manœuvre, des quais de manutention, accessibles seulement par plaques tournantes ; des remaniements considérables et onéreux seraient nécessaires. Il en est de même pour les raccordements industriels, pour les installations d'usines à gaz, de charbonnages, pour les appareils de levage des entrepôts et ports, etc...

Telles sont les conclusions du rapport de M. Owens au Congrès International des Chemins de fer. Cependant, il y a lieu de remarquer que le North Eastern Ry et le Caledonian Ry ont mis en essai quelques centaines de wagons de 15 et 20 T., à caisse en bois, et des wagons de 40 à 50 T., en acier, de trois types :

L'un, en tôle et profilés de la Darlington Wagon et C°.

Le second, à déchargement automatique, avec châssis en profilés et caisse à membrure métallique avec frisage en bois.

Le troisième en tôle et larges plats emboutis suivant les procédés Fox ; ces derniers étaient construits par la Sud's Forge C°, qui est concessionnaire pour l'Angleterre des brevets Fox.

Ces applications de la moyenne et de la grande capacité sont encore peu nombreuses ; cependant le trafic des matières très denses (houilles et minerais) est très important. En outre, les voies en Angleterre sont en général robustes et bien entretenues. Ce sont là, toutes considérations très favorables à l'emploi de grands wagons ; aussi il paraît très vraisemblable que les essais entrepris se multiplieront. L'usage de ce matériel en fera apprécier les avantages, et les Compagnies de Chemins de fer anglais abandonneront d'ici peu, les véhicules à faible capacité qu'ils maintiennent en service par sujétion et routine.

## MATERIEL FRANÇAIS

L'augmentation de la capacité des wagons à marchandises préoccupe aussi avec raison les ingénieurs des Chemins de fer français qui, du reste, ont réalisé depuis ces dernières années, des progrès qui sont sensiblement plus notables que ceux que l'on peut observer en Allemagne et surtout en Angleterre.

Le wagon de 10 Tonnes constitue en France les deux tiers environ de l'effectif total actuel.

Les autres wagons à marchandises présentent une augmentation de capacité ; la Compagnie du Chemin de fer de l'Est fut une des premières à entrer dans cette voie, et en 1879, elle construisit un premier lot de wagons de 15 T. à 3 essieux.

En 1882, la Compagnie P.-L.-M. appliqua ce tonnage à 250 wagons, mais à 2 essieux.

Enfin, en 1898, la Compagnie du Nord et la Compagnie du Midi adoptèrent aussi des wagons-tombereaux de 15 T.

Nous citerons aussi les 10.000 wagons de 13 T. exécutés pour le P.-L.-M. vers cette même époque.

Dès maintenant, le nombre total de wagons de 15 tonnes entre pour une proportion de 15 % dans l'ensemble de l'effectif des Chemins de fer français.

La Compagnie du Chemin de fer de l'Est, en août 1895, transformait des wagons H à hauts bords, de telle sorte qu'ils pussent porter 20 tonnes, sur 2 essieux. Cet essai ayant été satisfaisant, elle commandait un lot important du type H en 1899.

En 1896-1897, le Nord avait fait aussi construire 2.400 wagons-tombereaux de 20 tonnes.

La tare de ces wagons est de : Nord, 7.600 tonnes. Est, 7.700 tonnes, ce qui donne une valeur très avantageuse pour le rapport de la charge utile au poids mort sur rails (plus de 72 %).

Les Compagnies de l'Ouest et de l'Orléans et le Chemin de fer de l'Etat ont fait construire aussi, entre 1897 et 1904, des lots importants de wagons de 20 tonnes, types plats et tombereaux.

En résumé, le matériel de 20 tonnes sera bientôt représenté, si

l'on tient compte des constructions en cours ou décidées, par une vingtaine de mille de véhicules.

Les wagons réservoirs ont vu aussi leur capacité se développer considérablement depuis une dizaine d'années. Leur volume qui était, en 1893, de 125 hectolitres en moyenne, atteint aujourd'hui couramment 160 et même 170 hectolitres par wagon.

Dès 1887, les Compagnies de Chemins de fer du Nord et de l'Est avaient fait construire des wagons à bogies de 25 à 30 tonnes, et de 15 mètres à 13<sup>m</sup> 600 de longueur ; ceux-ci étaient spécialement destinés pour les transports de rails ou longs fers flexibles.

En ce qui concerne les wagons tombereaux, la première application du bogie à ce type de wagon en France, a été réalisée sur 100 wagons à houille de 30 tonnes, commandés en 1900 par le P.-L.-M., à la Pressed Steel Car C° de Pittsburg. Il nous sera donné d'examiner ce matériel par la suite, ce type de wagon étant très répandu aux Etats-Unis.

Le procédé Fox est exploité en Amérique par la Pressed Steel Car C°, et en France par la Société des Forges de Douai.

Les Compagnies du Midi et du Nord ont commandé à cette Société, l'une, 10 wagons-tombereaux pour minerais, d'une capacité de 50 tonnes ; l'autre, 40 wagons-tombereaux pour transport de houille, d'un tonnage de 40 tonnes.

La tare des premiers est de 15.400 tonnes, ce qui correspond, même si on ne la charge qu'à 40 tonnes, à un rapport du poids mort au poids total de 28 %, soit une proportion de charge utile remorquée de 72 % du poids total.

Les seconds tarent 14 tonnes à peine ; le rapport de la charge utile au poids total s'élève à 75 %.

Il n'est pas sans intérêt de faire ressortir les progrès considérables qui ont été réalisés, dans un espace relativement court, dans l'outillage de transport de petite vitesse sur les réseaux de notre pays.

Si l'on tient compte des conditions économiques actuelles, il nous paraît que pour cette branche de l'industrie de Chemins de fer, la France tient le premier rang dans l'ensemble des Chemins de fer européens.



Dans cet exposé déjà trop long, nous ne mentionnerons pas le matériel des Chemins de fer allemands et belges, qui ont subi de peu importantes transformations.

## ETATS-UNIS

Les premiers wagons à marchandises en Amérique, furent du type européen à 2 essieux parallèles, d'une capacité faible.

Le trafic très peu important et la multiplicité des réseaux permettaient de considérer ces wagons comme très suffisants ; leur capacité était de 3.200 tonnes environ en 1850.

Entre 1850 et 1860, le Commerce et l'Industrie en Amérique prirent une grande extension, entraînant, d'une part, une augmentation progressive de la capacité des wagons à 2 essieux dont le tonnage atteint 4.600 tonnes, et d'autre part, l'apparition des premiers wagons à bogies, à caisse sensiblement plus longue, et dont le type a depuis lors, caractérisé la construction américaine.

Le développement des Chemins de fer s'accrut d'une façon prodigieuse à partir de 1870 et une quantité considérable de matériel de transport fut nécessaire ; en même temps que le nombre des unités de transport croissait avec tant de rapidité, chaque unité nouvelle, locomotive ou wagon, marquait sur les types antérieurs un progrès constant.

C'est ainsi, pour ne citer que les principales étapes de cette évolution qu'apparurent successivement :

Vers 1873, les wagons de 12.700 T. et 16.783 T.

En 1876, celui de 18.140 T.

En 1885, le wagon de 27 tonnes fut adopté par les Compagnies les plus importantes comme type normal, pour les wagons couverts ou découverts, destinés au trafic général, et pendant 10 ans, ce type reste en service.

En 1895, ce tonnage est dépassé pour un certain nombre de wagons de la Compagnie du Pennsylvania, construits en vue de porter 31.710 T.

En 1897 et 1898, les nécessités du transport créées par le développement extraordinaire de l'industrie métallurgique et les progrès que ce développement rend d'ailleurs possibles dans la construction mécanique, amènent la création des derniers types de véhicules, à capacité et à tonnage jusqu'alors inconnus dans toute autre partie du monde, du moins pour les wagons de types courants, c'est-à-dire 36.300 T. et 45.400 T. pour les wagons couverts et 45.400 T. et 50 T. pour les wagons à houille et à minerai.

Plus de 125.000 wagons de cette grande capacité circulent actuellement sur les voies américaines : il est bon d'observer que le tonnage ci-dessus indiqué, se rapporte au tonnage nominal inscrit. Or, il est admis une surcharge de 10 % que les véhicules sont d'ailleurs susceptibles de supporter, ce qui correspond au tonnage officiel de 50 et 55 T. par wagon.

Ces renseignements ont été empruntés au rapport présenté par M. Lorée, au Congrès de 1900.

Pour satisfaire à ces accroissements de capacité, le mode de construction des wagons américains a subi quelques transformations, en mettant d'ailleurs à profit les derniers progrès de la métallurgie.

Dès leur début, les Chemins de fer américains ont employé le matériel à bogies ; pour les wagons à marchandises, le type de bogie usité s'appelle « le Diamond » ; les longerons du châssis sont reliés rigidement avec les boîtes ; la suspension est placée sous la traverse dansante. L'empattement de ces bogies varie entre 1<sup>m</sup>524 et 1<sup>m</sup>702.

Les caisses des wagons à bogies ont été fort longtemps en bois ; l'emploi courant du fer ou de l'acier a commencé en Amérique en 1893, alors qu'en Europe ce mode de construction était adopté depuis 1877.

Si l'usage du bois a été maintenu aussi longtemps en Amérique, cela tient à la facilité que présente ce pays pour s'approvisionner et au bon marché des essences convenables à la construction ; mais l'augmentation de puissance des locomotives et en même temps du tonnage des wagons, eurent pour effet de causer au matériel de transport, malgré sa construction robuste, des avaries graves et très onéreuses : les ruptures de traverses de tête et des longerons intermédiaires étaient très fréquentes.

Mais, dans la suite, le développement de la métallurgie eut pour conséquence une diminution des prix du fer et de l'acier, tandis que les constructions en bois augmentaient, en provoquant une hausse des prix des pièces de bois de grande longueur et de forts équarrissages. C'est ainsi que les constructeurs pressentirent le rôle que le fer et l'acier étaient susceptibles de jouer dans la construction du matériel de transport et la possibilité d'obtenir, par la substitution du métal au bois, des wagons et en particulier des châssis sensiblement plus résistants, tout en étant aussi et même plus légers, d'une durée vraisemblablement supérieurs, et d'un entretien moins coûteux.

Les premiers wagons métalliques furent construits par trois Sociétés de construction : La Harvey Steel Car C°, la Fox Steel Car C° et la Schoen Ming C°, cette dernière concessionnaire des brevets Fox.

Au début, ce matériel fit éprouver quelques mécomptes, parce qu'il présentait de très grandes difficultés pour la réparation ; mais peu après, elles furent aplanies, les commissions des Car Master donnèrent des indications à cet égard aux constructeurs qui se mirent alors à employer exclusivement des pièces interchangeables et profilés des types du commerce.

La plupart des Compagnies de Chemins de fer américains tombaient d'accord sur les avantages des châssis métalliques au point de vue de la solidité, de la durée probable et des frais d'entretien. La Carnegie Steel C° de Pittsburgh fit construire en 1896 les premiers wagons plats de 36 tonnes.

En 1897, la Schoen C° établissait des ateliers admirablement outillés et donnait un essor considérable au mode de construction en acier embouti.

La première année, 500 wagons sortirent des ateliers Schoen, mais depuis, plus de 100.000 wagons y ont été construits.

Ce genre de construction en acier embouti fut rapidement préféré à l'emploi des tôles et profilés, parce qu'à résistance égale, on obtient un matériel beaucoup plus léger : aussi les principales Compagnies de Chemins de fer l'adoptèrent sur une vaste échelle.

Le Pennsylvania R. R. possède actuellement 12.000 wagons en acier de 45 tonnes.

La Baltimore and Ohio R. R. en a 16.000 à trémies de 45 tonnes.

Les circonstances qui ont motivé ou favorisé une transformation aussi rapide sont nombreuses, mais les causes principales de cet accroissement ont été, d'une part l'énorme et rapide développement des voies ferrées, d'autre part, la prodigieuse concurrence qui s'établit entre les diverses Compagnies et qui a amené de nombreux abaissements de tarifs. En effet, le tarif moyen, en 1893, était de 2.97 centimes par tonne kilométrique ; en 1903, il était de 2.15 centimes. Le tarif moyen des houilles et minerais est tombé entre 1,5 centimes et 2 centimes ; la situation financière de certains réseaux, aussi bien celles des plus favorisées au point de vue de l'intensité du trafic que celles des autres possédant des lignes moins productives, en fut atteinte à un point inquiétant. En raison l'impossibilité de songer à des relèvements de tarifs, la nécessité de nouvelles méthodes fut reconnue indispensable.

Pour exploiter plus économiquement qu'il n'avait été possible de le faire jusqu'alors, il parut généralement que la dépense effectuée par tonne-kilomètre utile, pouvait être notablement réduite par l'application des deux principes suivants : diminution pour les wagons du rapport du poids mort au poids utile, et augmentation de la puissance des locomotives, de façon à pouvoir remorquer des trains de plus en plus lourds, la réduction du nombre de trains-kilomètres rendue ainsi possible devant permettre de réaliser des économies considérables, en combustible et surtout en salaires.

Or, les Etats-Unis se prêtent merveilleusement bien à la réalisation de ces mesures, les matières à transporter qui sont en général du charbon et des minerais, sont très denses et ont à effectuer de très longs parcours.

D'après M. Biard (1), on a relevé sur une des lignes reliant Pittsburg et les ports des grands lacs de l'Ouest, que les wagons chargés de minerai avaient circulé avec une charge effective moyenne de 108 % de tonnage nominal, et les wagons de charbon avec une charge effective moyenne de 82 %.

Pour pouvoir employer du matériel de transport de grande capacité, il est nécessaire de disposer de matériel de traction de grande puissance ; nous avons vu précédemment comment les

---

(1) Communication à la Société des Ingénieurs Civils de France, par M. Biard, Janvier 1905.

Américains ont satisfait à ces conditions en créant des locomotives colossales.

L'adoption de ce genre de matériel de transport à grande capacité n'a pu se développer que grâce à la réalisation de certaines mesures et à des dépenses de diverses natures très importantes.

En outre de l'avantage de la diminution des frais d'entretien de ces wagons il faut noter que les frais de premier établissement de construction de ce matériel en acier embouti sont très inférieurs à ceux des autres types.

Les frais de traction par tonne-utile remorquée, sont aussi diminués, non seulement parce qu'il y a diminution de poids mort par tonne de charge utile, mais aussi par le fait de la diminution de la résistance au roulement.

D'après l'examen du rapport au Congrès International des Chemins de fer de 1900, de M. Lorcé, directeur du Pennsylvania Lines, on a constaté sur ce réseau que la résistance par tonne sur voie en palier, des wagons chargés, est beaucoup plus faible que celle des mêmes wagons vides ; d'autre part, que cette même résistance diminue quand on passe du wagon de 36 T. à 45 T. et de même, quoiqu'à un degré moindre, quand on passe de 45 T. à 52 tonnes.

Des expériences, dont les résultats ont été publiés au New-York Ry Club, et qui avaient pour but de déterminer la résistance par tonne en palier pour les divers types de wagons, ont permis de relever que la charge utile remorquée dans des wagons de 50 T. était supérieure de 43 % par rapport à celle des wagons de 20 T. Ces chiffres peuvent donner une idée des avantages réalisés quand il s'agit de trains composés de wagons à plein tonnage, comme les trains de houille ou de minerais.

L'un des avantages et non des moindres de l'emploi de ce type de matériel réside dans l'augmentation de puissance du débit que l'on peut obtenir sur certaines lignes, et aux Etats-Unis, cet accroissement a été extraordinaire, ainsi que je l'ai fait ressortir dans le chapitre premier.

Ainsi que l'a démontré M. Félix Sartiaux dans la *Revue générale des Chemins de fer* d'août 1904, la diminution de la longueur des trains formés de wagons à bogies de grande capacité est très appréciable. Ainsi, pour un même poids brut total, le train composé exclusivement de :

Wagons de 10 T. a une longueur de 440 m.

» 20 T. » » 275 m.

» 40 T. » » 228 m.

soit en faveur des wagons de 40 T. un gain de près de moitié par rapport à celui de 10 T.

De tous les types de wagons métalliques à grandes capacités, celui qui présente le plus d'avantages, au point de vue de sa légèreté et de son entretien, est ainsi que nous l'avons déjà vu, le wagon en acier embouti.

La Pressed Steel Car Co qui a succédé dernièrement à la Schoen Co, s'est consacrée à ce genre exclusif de constructions de wagons et, grâce à un outillage formidable et à sa situation industrielle tout à fait propice à Pittsburg, elle a pu prendre et satisfaire des commandes telles qu'actuellement il lui faut construire 120 wagons complets, et, en outre, 50 bogies par jour pour tenir ses engagements.

Ce type de matériel par son succès même, mérite une description complète : aussi allons-nous passer rapidement en revue toutes les séries couramment construites par cette maison, qui sont :

1° Les wagons fermés de la Compagnie New-York New-Haven Hartford RR<sup>d</sup> C<sup>o</sup> (Voir fig. 27).

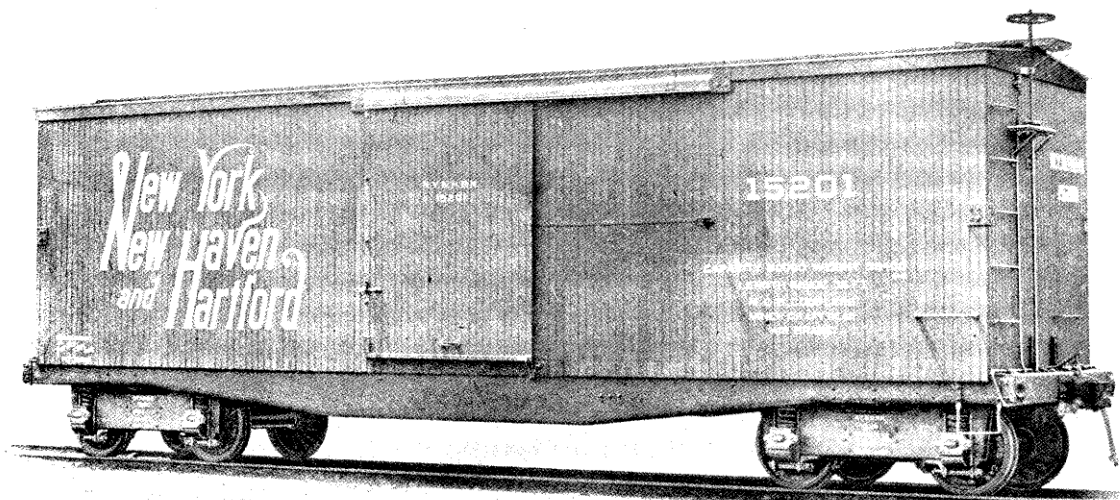


Fig. 27.

Hauteur du volant du frein à main par rapport aux rails.	4 <sup>m</sup> 250
Hauteur à la ceinture de pavillons .....	3 <sup>m</sup> 790
Hauteur du plancher.....	1 <sup>m</sup> 220
Longueur extérieure entre traverses des bouts.....	12 <sup>m</sup> 500
Longueur intérieure .....	11 <sup>m</sup> 000
Largeur extérieure .....	2 <sup>m</sup> 760
Largeur intérieure .....	2 <sup>m</sup> 588
Poids de la caisse .....	11T200
Poids des bogies .....	6T110
Poids total .....	17T310
Capacité maximum .....	40T000

2° Wagons fermés pour l'Union Pacific R. Rd (Voir fig. 28).

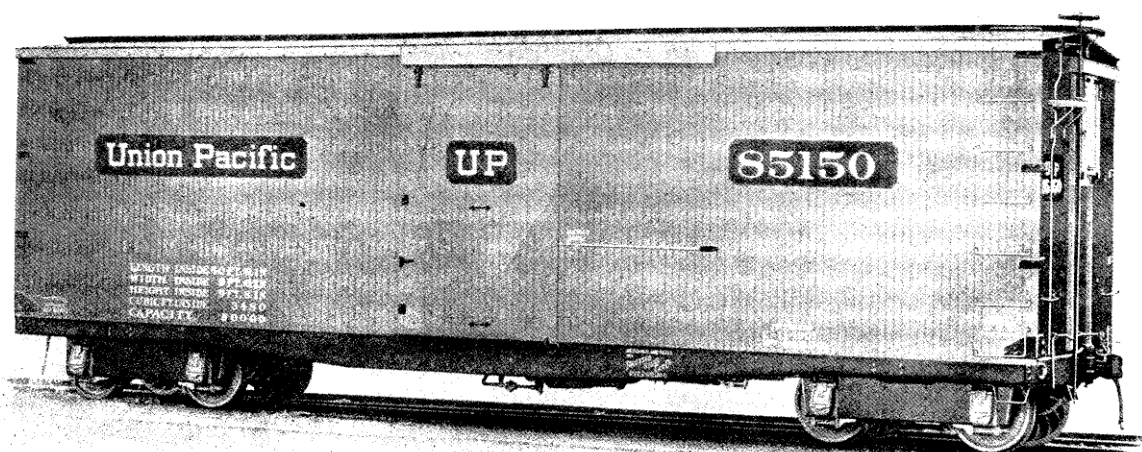


Fig. 28.

Hauteur du volant du frein à main par rapport aux rails.	4 <sup>m</sup> 250
Hauteur de la ceinture de pavillons.....	3 <sup>m</sup> 790
Hauteur du plancher.....	1 <sup>m</sup> 200
Longueur extérieure entre les traverses des bouts.....	12 <sup>m</sup> 400
Longueur intérieure .....	12 <sup>m</sup> 200
Largeur extérieure .....	2 <sup>m</sup> 760
Largeur intérieure .....	2 <sup>m</sup> 585
Poids de la caisse.....	12T100
Poids des bogies .....	6T120
Poids total .....	18T220
Capacité totale .....	40T
Rapport entre le poids mort et la tare.....	69'8 %



3° Wagon tombereau forme gondole (Voir fig. 29).

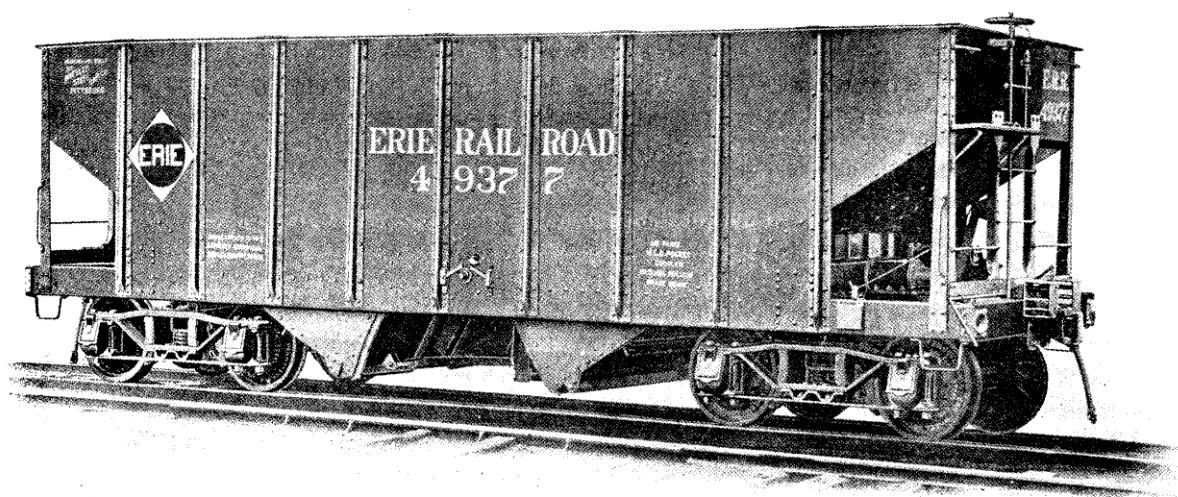


FIG. 29.

Hauteur des faces au-dessus du rail .....	3 <sup>m</sup> 05
Longueur entre traverses des bouts .....	9 <sup>m</sup> 50
Longueur de caisse .....	9 <sup>m</sup> 30
Longueur des portes .....	0 <sup>m</sup> 640
Largeur extérieure .....	3 <sup>m</sup> 05
Largeur intérieure .....	2 <sup>m</sup> 920
Capacité au ras du tombereau.....	38 <sup>mc</sup> 600
Capacité avec une charge dépassant en moyenne 0 <sup>m</sup> 254.	44 <sup>mc</sup> 000
Poids mort de la caisse.....	9T600
Poids mort des bogies.....	6T975
<hr/>	
Poids mort total .....	16T575
Charge maximum .....	50T000
Rapport entre le poids mort et la tare .....	75. 1%

La Compagnie Pennsylvania R. R. a adopté à peu près le même type de véhicule ayant les mêmes caractéristiques.

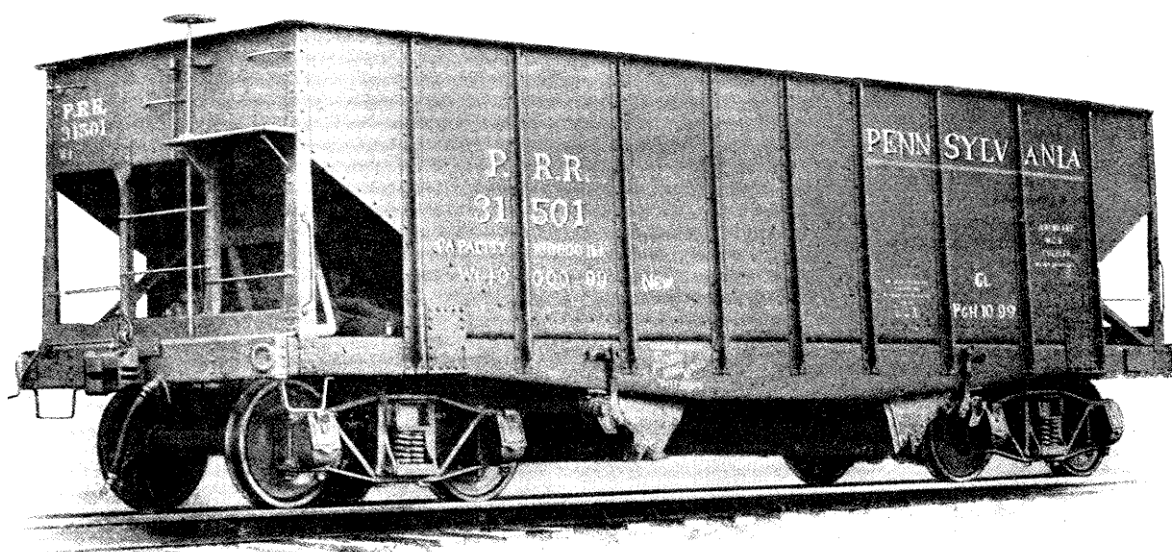


Fig. 30.

Ces wagons sont généralement affectés au transport des combustibles; dans la plupart des industries, les soutes à charbon sont surélevées par rapport aux générateurs ou foyers divers, de telle sorte que les trains de charbon refoulés sur les chemins d'accès de ces soutes déversent le combustible, lorsqu'ils sont arrivés à destination, dans l'entrevoie au moyen des portes placées à la partie inférieure des wagons; les panneaux des bouts inclinés facilitent l'écoulement du contenu. C'est en raison de cette forme même de wagon qu'ils ont été dénommés « Condoles » (*Voir fig. 30*).

4° Wagon tombereau (*Voir fig. 31*).

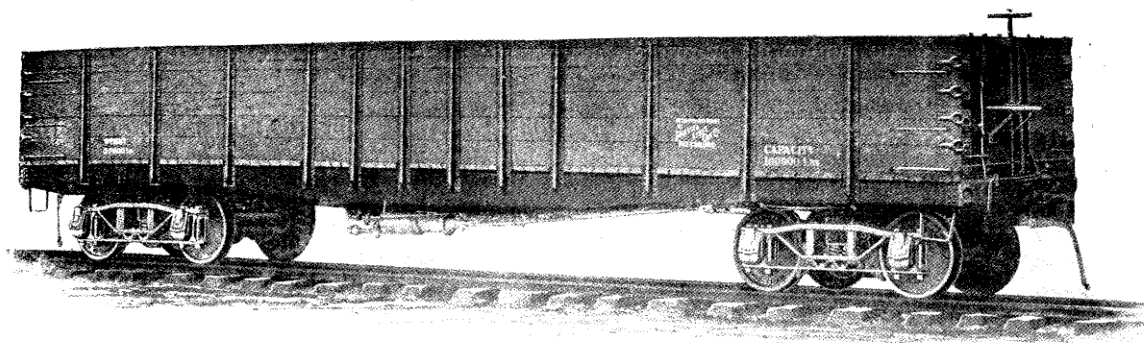


Fig. 31.

Hauteur du rail au volant de frein à main .....	2 <sup>m</sup> 750	
Hauteur des faces au-dessus du rail .....	2 <sup>m</sup> 450	
Hauteur du sommet des faces au-dessus du plan- cher .....	1 <sup>m</sup> 230	
Longueur entre traverses des bouts .....	13 <sup>m</sup> 200	
Longueur intérieure .....	12 <sup>m</sup> 650	
Largeur extérieure .....	3 <sup>m</sup> 050	
Largeur intérieure .....	2 <sup>m</sup> 750	
Capacité au ras des bords .....	36 <sup>mc</sup> 250	
Capacité avec une charge dépassant les bords de 254 <sup>m m</sup> .....	42 <sup>mc</sup> 500	
Poids mort de la caisse .....	10. 450	kilos
Poids mort des trucks .....	6. 800	kilos
<hr/>		
Poids mort total .....	17. 250	kilos
Charge maximum .....	50. 000	kilos
Rapport entre le poids et la tare .....	74. 3	%

5° Wagon tombereau (CHICAGO AND ALTON R. R.)  
(Voir fig. 32).

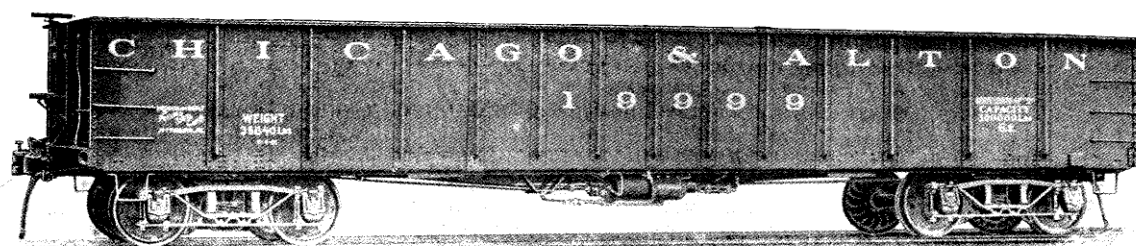


FIG. 32.

Hauteur du volant de frein à main au-dessus du rail .....	2 <sup>m</sup> 480	
Hauteur des faces au-dessus du rail .....	2 <sup>m</sup> 290	
Hauteur du sommet des faces au-dessus du plancher .....	1 <sup>m</sup> 260	
Longueur entre traverses des bouts .....	13 <sup>m</sup> 200	
Longueur intérieure .....	12 <sup>m</sup> 550	
Largeur extérieure .....	3 <sup>m</sup> 050	
Largeur intérieure .....	2 <sup>m</sup> 750	
Capacité au ras des bords .....	37 <sup>mc</sup> 200	
Capacité avec une charge dépassant les bords de 254 <sup>mm</sup> .....	45 <sup>mc</sup> 500	
Poids mort de la caisse .....	11. 300	kilos
Poids mort des trucks .....	8. 900	»
Poids mort total .....	20. 200	kilos
Charge maximum .....	50. 000	»
Rapport entre le poids mort et la tare .....	75. 4	%

6° Wagon plate-forme (*Voir fig. 33*).

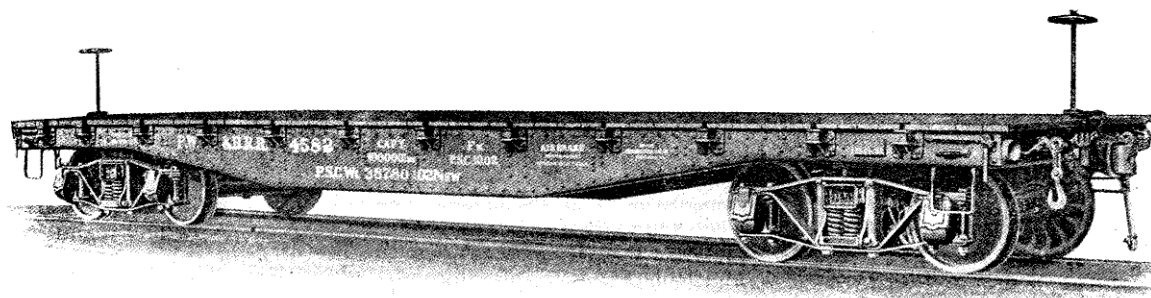


FIG. 33.

Hauteur du volant de frein à main au-dessus du rail .....	1 <sup>m</sup> 830
Hauteur du plancher au-dessus du rail .....	0 <sup>m</sup> 950
Longueur entre tampons .....	12,200
Largeur maximum .....	2,930
Largeur du plancher .....	2,750
Poids mort de la plate-forme .....	10,200 kilos
Poids mort des bogies .....	7,450 »
Poids mort total .....	17,650 kilos
Charge maximum uniformément répartie .....	50,000 »
Charge maximum placée à 1 <sup>m</sup> 50 de l'axe .....	45,360 »
Rapport entre le poids mort et la tare.....	73,9 %

7° Wagon plate-forme (*Voir fig. 34*).

FIG. 34.

Hauteur du volant de frein à main au-dessus du rail .....	1 <sup>m</sup> 830
Hauteur du plancher au-dessus du rail .....	0,975
Longueur entre tampons .....	11,700
Largeur maximum .....	2,950
Largeur du plancher .....	2,800
Poids mort de la plate-forme .....	5,600 kilos
Poids mort des trucks .....	6,500 »
<hr/>	
Poids mort total .....	12,100 kilos
Charge maximum uniformément répartie .....	40,000 »
Charge maximum placée à 1 <sup>m</sup> 50 de l'axe .....	19,000 »
Rapport entre le poids mort et la tare .....	76, %

La PRESSED STEEL CAR C° construit, en outre des bogies indépendants et des pièces de rechange. Leur construction est d'une simplicité extrême : les bogies des wagons à marchandises

n'ont pas de suspension directement sur les boîtes à huile, tous les ressorts sont reportés sous les traverses dansantes; celles-ci sont donc réduites à leur plus simple expression. On conçoit ainsi comment on arrive à alléger le matériel.

De même pour le châssis de caisse qui comporte juste les fers strictement nécessaires.

Il ne m'a pas été possible d'obtenir des renseignements sur la durée de ces wagons et le coût de leur entretien; il est acquis que leur réparation, à la suite d'avarie ou d'accident, est impossible, lorsqu'ils sont arrivés à leur limite d'usure ils sont en général réformés.

#### BETTENDORF AXLE C°

Pour mieux apprécier le degré de simplicité atteint en Amérique pour la construction de chemins de fer, nous donnons des vues représentant : l'ensemble d'un bogie (fig. n° 35) les longerons (fig. n° 36) et la traverse dansante (fig. n°37).

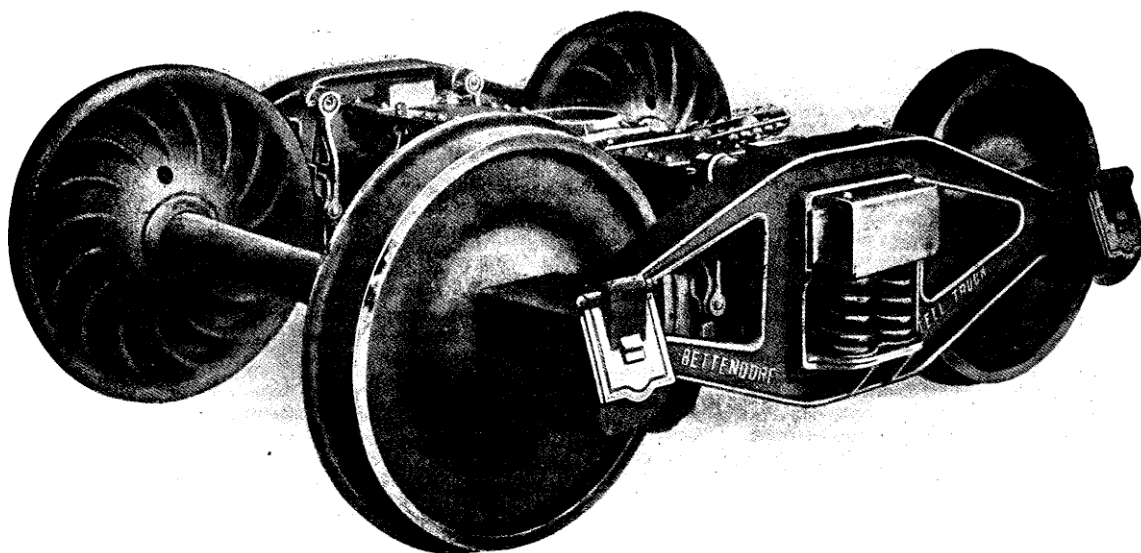


FIG. 35.

Ce type de bogie est construit par la BETTENDORF axle C° de DAVENPORT INDIANA : plusieurs centaines sont en service depuis quelques années, non seulement sous des wagons à marchandises, mais aussi sous des tenders et des voitures à voyageurs.

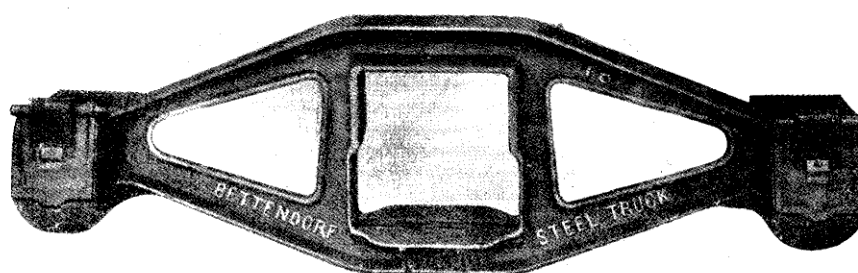


FIG. 36.

Ils sont peu coûteux et pèsent 500 kilos de moins qu'un bogie d'un autre type et de même force.

Les boîtes à huile solitaires avec les longerons sont en acier coulé: ce dispositif a un grand avantage en cas de déraillement pour relever le véhicule.

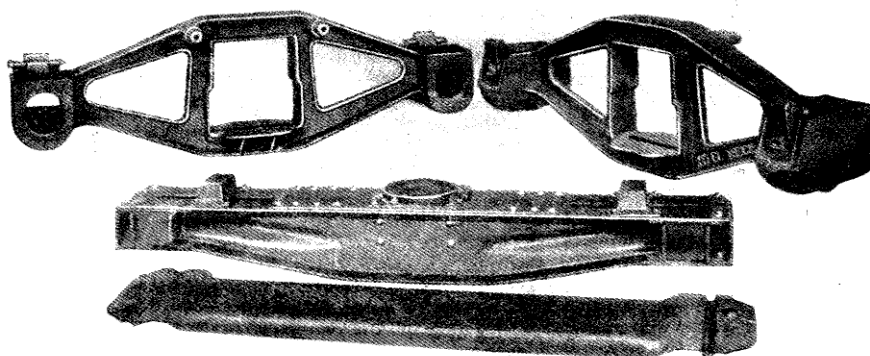


FIG. 37.



## CHAPITRE V

---

# WAGONS ET ENTREPOTS RÉFRIGÉRANTS

---

### MATERIEL ROULANT

Les différences climatiques qui existent entre les diverses provinces des Etats-Unis, sont la cause de leurs grands échanges de primeurs et produits divers de culture. Aussi les transports de viande, fruits, légumes, etc., atteignent-ils des proportions énormes. Pour s'en faire une idée nous citerons les trains de fruits et de légumes composés de 40 wagons de grande capacité, expédiés de la Californie à Chicago et au-delà ; leur parcours moyen est de 3.500 kilomètres. Le district de Los Angeles, dans lequel on fait particulièrement la culture des fruits et primeurs, expédie pendant la saison de décembre à juillet une moyenne quotidienne de 85 wagons chargés d'oranges, soit 18.000 par an.

On voit que les distances à parcourir sont considérables, il a donc fallu pendant ces longs parcours obtenir une bonne conservation de ces marchandises, c'est ainsi que se sont créés les wagons et entrepôts réfrigérants. Primitivement, des Compagnies indépendantes ont exploité ces installations, mais depuis, les compagnies de chemins de fer les plus importantes ont trouvé avantageux d'avoir leur matériel propre.

Le PENNSYLVANIA R. R., de par le tracé même de son réseau a naturellement progressé dans cette application, ses wagons réfrigérants peuvent servir comme modèle du genre. Les dessins d'ensemble et de détail du dernier type (voir planches IV V VI) permettent de se rendre compte de la constitution de ces véhicules.

Il est à remarquer que toutes les parois sont doubles et comprennent entre elles une épaisseur d'air qui forme matelas isolant ; aux deux extrémités se trouvent des récipients à glace d'une con-

tenance de 2.000 kilos de glace chacun, soit 4.000 kilos par wagon. Ces récipients sont munis d'une trémie à la base, afin que l'eau qui provient de la fusion puisse s'écouler.

Toutes les portes sont doubles, il est de la première importance qu'elles soient absolument étanches ; la première porte est capitonnée, et la seconde ferme à force sur toute une huisserie doublée de feutre.

Une Société, la « JOHNSON AUTOMATIC REFRIGERATOR Co » a apporté d'importants perfectionnements dans les détails de ce matériel à réfrigération. Les véhicules représentés (fig. 38) construits toujours d'après les mêmes principes, ont en outre, un ventilateur placé sous le plancher, voir (fig. 41) qui est entraîné par une poulie calée sur l'un des essieux. Ce ventilateur aspire l'air contenu dans la caisse du wagon, au moyen de prises d'air situées au milieu du wagon, d'une part sur le plancher, et d'autre part, sur les parois verticales à une hauteur environ de 1<sup>m</sup> 500 au-dessus du plancher et dans l'axe du véhicule. Cet air, refoulé par des tuyères à la partie inférieure du réservoir à glace, sort par les ouvertures du panneau intérieur de bout à claire-voie : une certaine quantité d'air est distraite par une tuyère qui aboutit à un serpentín baigné par l'eau de fusion. L'échappement se fait à la partie supérieure du pavillon du véhicule, vers le milieu (fig. 39-40).

Il est facile de se rendre compte que ce passage de l'air a le plus heureux effet pour la conservation des produits emmagasinés dans ces véhicules ; en outre des avantages qu'il donne en permettant aux caisses et denrées les plus éloignées des récipients à glace d'être refroidis, il permet de réaliser sur l'exploitation une économie notable qui provient surtout de l'utilisation de l'eau de fusion comme réfrigérant, alors que dans les wagons ordinaires cette eau est rejetée, quoiqu'elle ait une température inférieure de 7 à 8 degrés à celle de l'air.

En outre dans les wagons Johnson, les produits et caisses peuvent être rangés du haut en bas de la caisse et dans toute la longueur, or, les autres types similaires ne peuvent recevoir des denrées que sur une certaine hauteur, en laissant un intervalle entre elles, pour faciliter la circulation de l'air froid et éviter toute fermentation.

Un wagon Johnson pourra transporter 540 boîtes de fruits avec une charge de glace de 3.160 kilos, coûtant 0 fr. 0215 le kilo.

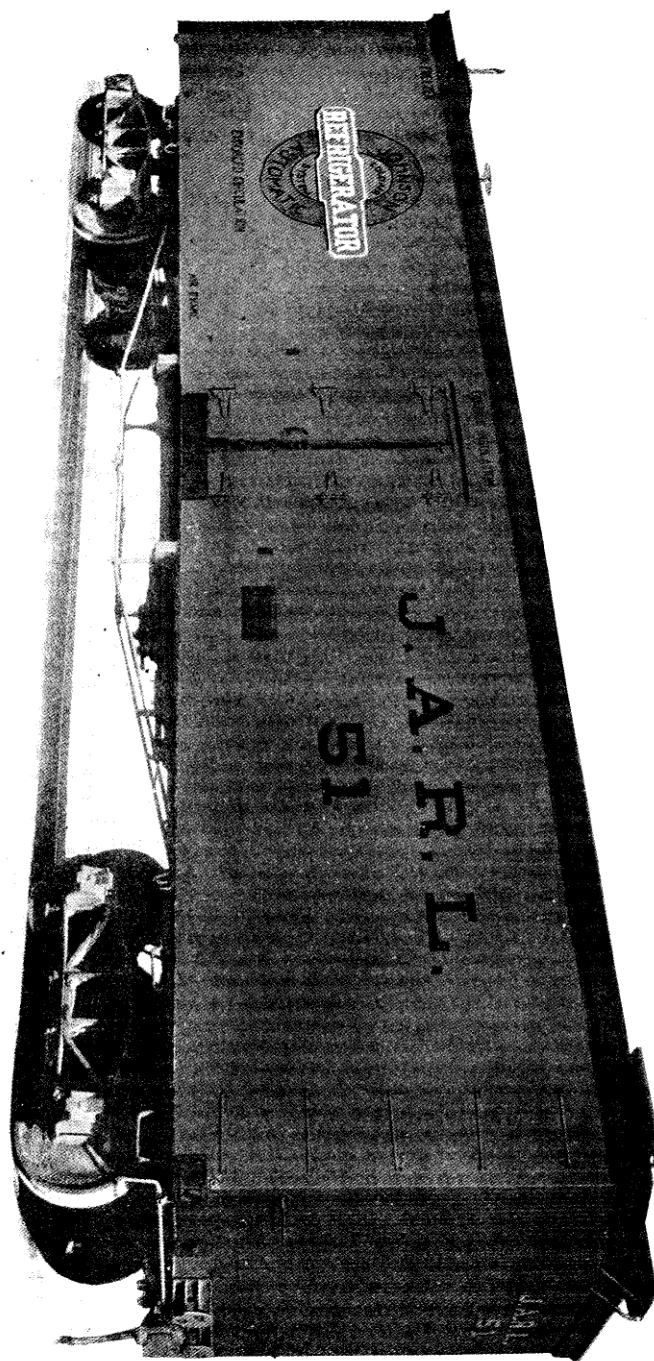


Fig. 38.



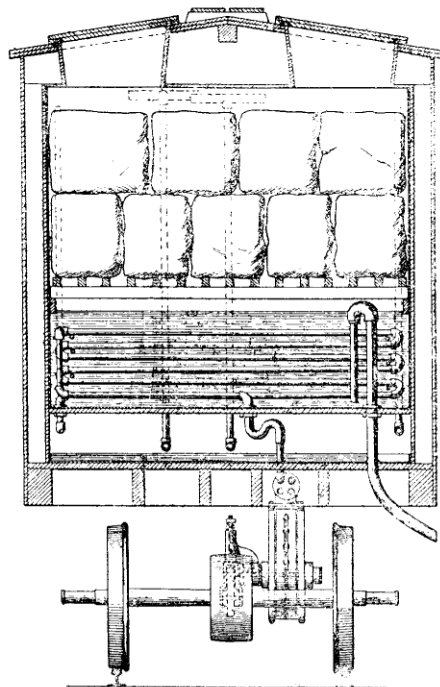


FIG. 39.

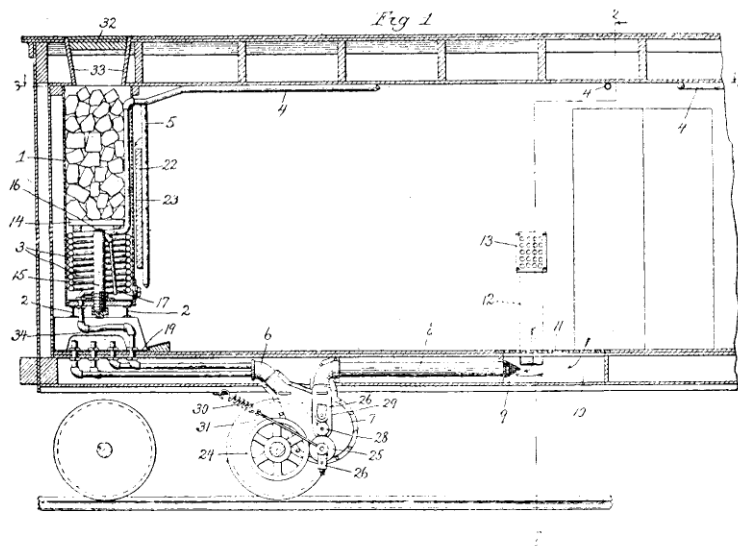


FIG. 40.

soit 75 francs. Un wagon ordinaire ne transportera que 360 boîtes pareilles, consommant 400 kilos de glace qu'il faut renouveler toutes les 24 heures ; la dépense qui en résulte atteint 360 francs.

Pour donner une idée des avantages que présentent les wagons Johnson, comparons-les en ordre de marche avec ceux du type ordinaire.

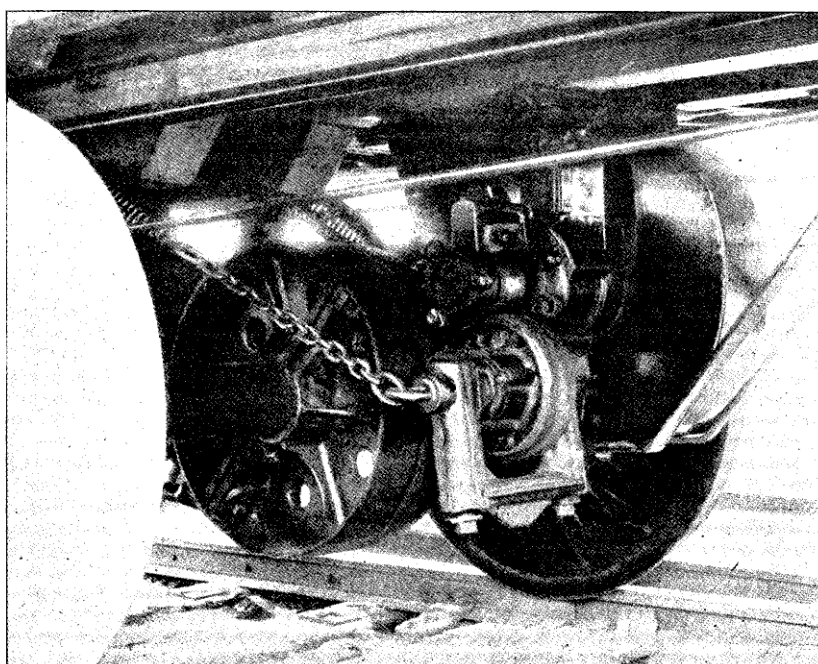


FIG. 41.

Un train composé de 30 wagons réfrigérants, transporte 10.800 caisses d'oranges et citrons pour un prix de 360 francs par wagon, soit 10.800 francs pour tout le train.

Le même nombre de caisses de fruits sera transporté dans 20 wagons Johnson pour les raisons déjà énumérées : le prix demandé par la Cie Johnson ne sera que de 75 francs par wagon, soit 1.500 francs d'où une économie considérable de 9.300 francs sur le même parcours.

Il y a lieu de tenir compte de la puissance absorbée par l'entraî-

nement du ventilateur par l'essieu ; cette dépense serait parait-il largement compensée rien que par l'économie de poids de la glace transportée.

Dans 30 wagons ordinaires, la glace transportée pèse à raison de 4.000 kilos par wagon : 120.000 kilos. Dans 20 wagons Johnson, il suffit de 3.200 kilos par wagon, soit 64.000 kilos. En outre, cette charge ne fait que diminuer puisqu'il est inutile de recharger les wagons Johnson, tandis que les autres doivent refaire leur plein toutes les 24 heures. De plus, il y a une économie considérable de temps, les battements dans les dépôts de glace étant inutiles.

L'expérience suivante a été faite avec 2 wagons réfrigérants Johnson : chacun d'eux avait été chargé dans le sud de la Californie, à Los Angeles, de 362 caisses d'oranges pesant 12.000 kilos, destinés à Chicago. A cette époque (en mai 1903), d'importantes inondations s'étaient produites dans le Kansas : par suite, il fut nécessaire de modifier le parcours en passant par Denver et Newton : le trajet eut ainsi une durée de 17 jours au lieu de 8, la distance totale parcourue étant de 5.200 kilomètres au lieu de 1.610 kilomètres.

La température à l'intérieur de la caisse était de 21° centigrades avant le chargement de glace, puis les récipients ayant reçu 2.250 kilos de glace, celle-ci décrut progressivement jusqu'à 6,5° centigrades ; pendant la marche elle oscilla entre 9° et 12° centigrades, ce maximum ayant été atteint lors de la traversée de l'Arizona et du sud de la Californie où la chaleur était très élevée.

Etant donné la longueur du voyage, il fallut refaire le plein de glace dans la station de LAS VEGAS, située à peu près au milieu du trajet : le premier wagon reçut 1.800 kilos de glace, le deuxième 1.600 kilos ; lorsqu'ils arrivèrent à Chicago, il y avait encore de la glace dans les récipients. La consommation de glace avait été de 7.000 kilos pour un wagon réfrigérateur ordinaire de la Cie SANTA FE qui faisait partie de ce train tandis qu'elle n'avait été que de 3.600 kilos pour le wagon Johnson. La durée de ce trajet équivalait à celui du sud de la Californie à New-York : dans un cas, la dépense de glace est de 1 kilo 350 gr. par kilomètre et de 410 kilos par jour, dans l'autre de 0 kilo 700 par kilomètre et de 210 kilos par jour.

De nombreuses Compagnies indépendantes possèdent des wagons réfrigérants ; elles sont extrêmement prospères.

La JOHNSON C<sup>o</sup> se propose d'étendre son exploitation et de porter son effectif de matériel roulant à 100.000 véhicules.

Une compagnie qui se nomme la ST-LOUIS REFRIGERATOR C<sup>o</sup> a 5.250 wagons en service et elle ne peut suffire aux demandes qui lui sont faites.

## ENTREPOTS

Pour emmagasiner ou transborder ces marchandises multiples, il a été nécessaire de construire des magasins.

Il y a, si l'on peut les diviser ainsi, deux catégories de dépôts : ceux qui sont situés dans les villes et ceux des gares de chemins de fer.

Les premiers, qui sont en grand nombre à Chicago, servent à recevoir les viandes et denrées ; pour un emmagasinement de longue durée, des spéculations ont lieu ainsi au moment des disettes ou de la pléthore de certains produits. Ces bâtiments en maçonnerie à plusieurs étages, sont à doubles parois ; ils sont divisés en locaux qui reçoivent chacun leur spécialité.

La moyenne de conservation est de :

9 mois pour les œufs, fromages et beurre.

10 à 15 mois pour la volaille.

8 à 10 mois pour les fruits.

10 à 18 mois pour les viandes.

La température dans les chambres est maintenue entre 0° et 2° centigrades ; la réfrigération est produite par des machines spéciales à ammoniaque.

Les autres entrepôts, situés dans les gares à marchandises, sont des hangars en bois à doubles parois, placés entre les voies de manœuvre avec quais hauts.

La réfrigération est produite par la glace que l'on répartit entre les doubles parois. Le magasin à glace est, en général, au-dessus de ces dépôts : en hiver, ils sont complètement remplis avec la glace extraite des rivières ou des lacs ; l'eau de fusion ruisselle



le long des parois, puis les morceaux sont utilisés, au fur et à mesure des besoins, pour le chargement des wagons qui viennent se présenter à quai.

Toute cette manipulation de glace est assurée par des transbordeurs ou plates-formes roulantes, ce qui réduit le prix de revient dans de telles proportions que le kilo coûte souvent moins de 0 fr. 02.

Les denrées ne stationnant que quelques jours dans ces entrepôts : ils servent surtout à effectuer le triage pour les diverses destinations, la température moyenne intérieure est de + 5° centigrades.

Tous ces bâtiments n'ont pas de fenêtres : les portes, réduites au strict minimum, sont doubles.

C'est grâce à cette séduisante organisation qu'ont pu se développer aux Etats-Unis, d'une part, ces grands abattoirs tels qu'Armour, qui expédient des viandes fraîches dans toutes les directions, puis ces « fruit's farm » qui cultivent les fruits industriellement. Aussi la viande et les fruits sont-ils, aux Etats-Unis, relativement bon marché en toutes saisons : vous trouvez même dans les intérieurs modestes, des pêches, bananes, raisins, pommes, poires, etc...

Cette industrie rend des services inappréciables, tout en étant elle-même très florissante.

## CHAPITRE VI

---

# VOIE ET MATÉRIEL FIXE

---

Les voies n'ont pas fait de progrès aussi rapides que les autres branches des chemins de fer des Etats-Unis. Cela tient à ce que les ingénieurs américains ont cherché, avant toute autre préoccupation, à réduire au minimum le travail manuel sur la voie ; ils ont donc simplifié dans les plus grandes limites la construction, en apportant cependant des améliorations qu'il faut reconnaître : les rails sont plus lourds ; les joints, après avoir été l'objet de nombreuses expériences dans le but d'accroître leur rigidité, sont très perfectionnés ; l'emploi du ballast, rare autrefois, se généralise, et enfin les traverses sont souvent injectées pour prolonger leur vie.

La section voie du palais des Transports comprenait des accessoires divers que nous passerons rapidement en revue.

TRAVERSES. -- Il y avait quelques traverses en bois, curieuses par leur longévité.

Une d'elles, en catalpa, avait assuré un service de 32 ans sur le Louisville et Nashville R.R. ; une autre, en redurood, avait 23 ans d'existence sur le Southern Pacific R.R.

Plusieurs traverses en Quebracho coloré avaient eu 25 à 30 ans de service dans les environs de Buenos-Ayres en République Argentine : le bois n'était pas avarié, mais sa texture est très spéciale et particulièrement dure, ayant beaucoup d'analogie avec l'ébène.

La Consolidated Cross Tie C°, de New-York, construit des machines curieuses pour travailler les bois : c'est en quelque sorte une dégauchisseuse dont les lames sont placées sur un arbre horizontal. Le bois est présenté tel qu'il vient d'être débité de longueur

et cette machine fait l'équarrissage ; avec une équipe de 5 hommes, le débit de cette machine est de 400 traverses par jour.

Une Société allemande la Brueggemann C<sup>o</sup>, montrait diverses vues et plans concernant un procédé spécial et secret pour le traitement des traverses en bois ; le rabotage est obtenu par la compression des fibres superficielles du bois au droit du patin du rail, toute la traverse est soumise à une compression telle que les bois les plus tendres ont les qualités des essences les plus dures.

L'administration des forêts présentait à l'Exposition un atelier très important de créosotage, dans lequel il était fait quotidiennement des opérations d'injection de traverses destinées à vulgariser ce procédé économique de préservation.

Ces expériences étaient dirigées par M. VON SCHRENK, directeur du service des produits des Forêts au ministère de l'Agriculture. Cet ingénieur forestier s'est consacré à des études intéressantes sur les traverses et la fixation des voies sur elles ; c'est lui qui a fait comprendre aux compagnies de Chemins de fer américaines, que les prix des bois ne seraient pas toujours aussi bas et qu'il y avait à craindre, en raison du déboisement rapide des Etats-Unis, une hausse importante ; pour l'éviter ou tout au moins la retarder, il propose la solution rationnelle d'augmenter la durée des traverses.

M. Von Schrenk préconise le créosotage par injection adopté presque partout en Europe et développe ses vues dans des fascicules parus en 1903 et 1904 (1).

Une plate-forme d'essais de traverses avait été montée par le professeur W. K. Hatt dans la division des Forêts.

Les traverses étaient soumises à une machine à charge statique de 15.000 kilos : les flèches et la compression étaient mesurées et relevées par des courbes.

Immédiatement après l'expérience, un échantillon de bois était prélevé au cœur de la traverse pour être analysé et déterminer sa résistance à la désagrégation par pourriture.

Toutes ces expériences qui ont été poussées le plus loin possible, seront publiées ultérieurement par l'administration des Forêts.

Les traverses métalliques sont de nombreux types, mais il y a

---

(1) Voir le Bulletin des Forêts des Etats-Unis N° 50.

lieu de remarquer que bien peu d'entre elles sont pratiquement employées.

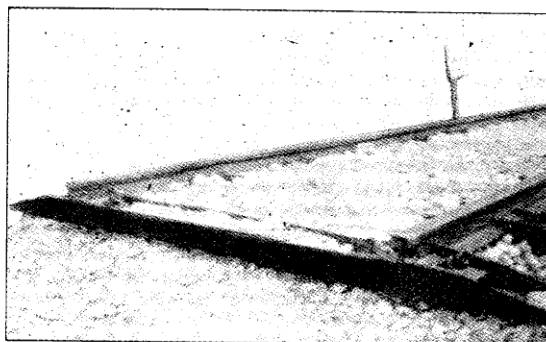


FIG. 42.

Cependant les traverses métalliques de M. Duhrer, ingénieur de la voie de la Cie Lakes Shore and Michigan Southern Ry sont en essai sur divers réseaux de cette Compagnie depuis mai 1900 et ont donné des résultats suffisants pour que les expériences soient poursuivies sur d'autres Compagnies : 3.000 de ces traverses sont



FIG. 43.

en service sur le réseau Silver Creek, New-York, and Otis Hill, et la même quantité sur le New-York Central and Hudson River R. R.; sur le Pennsylvania R. R., 500 de ces traverses ont été posées sur une voie principale.

Ces traverses sont en acier laminé : elles ont une forme de double T dont la grande aile repose sur le sol.

Les traverses système Seitz sont en forme d'U reposant à leur partie inférieure sur le sol ; elles sont en essai sur le Pennsylvania et le Consolidated Electric R. R. de Cleveland (fig. n° 42).

La figure, n° 43, est relative à une traverse en acier coulé de section I, mais évidée au centre pour recevoir les rails et être de niveau avec le ballast ; l'inventeur est M. Jesse Shaw de Chicago.

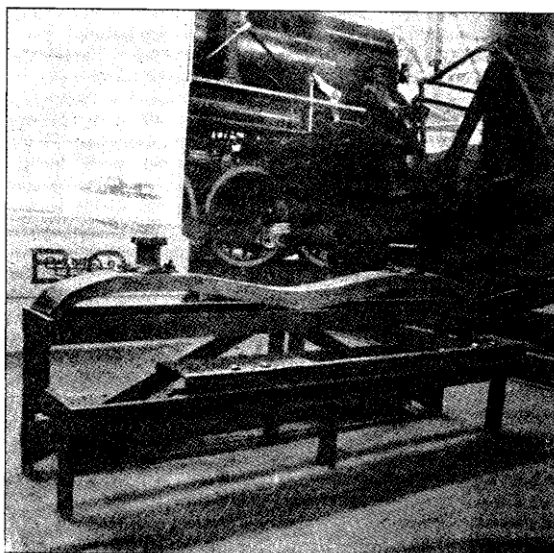


FIG. 44.

La photographie n° 44 représente la traverse Hatford en acier étampé, cette traverse est en essai depuis 10 ans sur le New-York Central and Hudson River R. R.

Il y a aussi au premier plan de cette vue une traverse en acier étampé mais dont la face supérieure est évidée pour permettre le bourrage de la traverse. Des traverses de ce type furent en essai de 1889 à 1899 sur le Chicago and Western Indiana R.R. C°, mais elles se comportaient très mal : il y en eut de grandes quantités qui se rompirent. Leur poids est de 40 kilos et leur prix de 12 fr. 50.

M. J. Fall de St-Louis, a conçu une traverse métallique repré-

sentée fig. 45 qui présentait un mode de fixation de rails intéressant, dont le serrage est obtenu par des clavettes formant coins ; l'un des inconvénients de ce système est *a priori* l'emploi d'un rail à profil spécial.

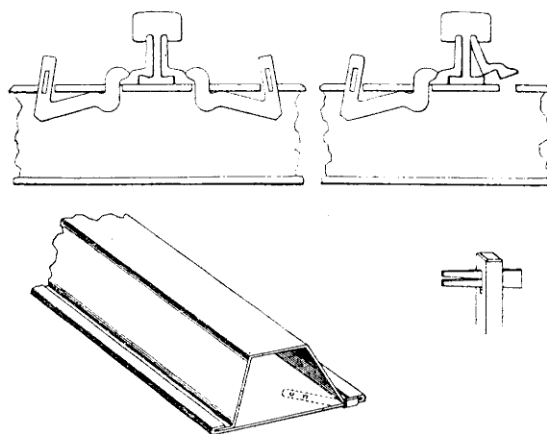


FIG. 45.

*Rails.* — La Compagnie Carnegie de Pittsburg lamine des rails de toutes sortes, dont les poids varient de 8 kilos à 50 kilos le mètre. Les plus petits ont 6 mètres de longueur, tandis que ceux qui pèsent 45 à 50 kilos ont 18 m. 50 de longueur. Les séries de rails couramment débitées par Carnegie sont : 10 kilos, 15 kilos, 20 kilos, 27 kilos 05, 30 kilos, 40 kilos, 45 kilos par mètre. Tous ces échantillons étaient empilés et formaient une gigantesque pyramide.

Comme rails en alliage dur, on relève ceux de la Wharton C° de Philadelphie : ces rails sont en acier au manganèse, ils ont été adoptés par le Métropolitain de Boston sur les lignes souterraines et aériennes.

*Joints de rails.* — Les efforts des ingénieurs de chemins de fer et des constructeurs se sont spécialement portés sur les éclissages de rails. De nombreux inventeurs ont créé des joints de forme ou construction qui passent pour être très rigides et consolider tout particulièrement la voie.

Celui de la Compagnie « Continuous Rail Joint of America » est l'un de ceux qui paraît le mieux résoudre le problème proposé.

Cette Compagnie a plusieurs types d'éclissés, mais ceux représentés fig. 46 et fig. 47 sont très couramment employés aux Etats-Unis. Le premier est appliqué sur 32.000 kilomètres de voie, de

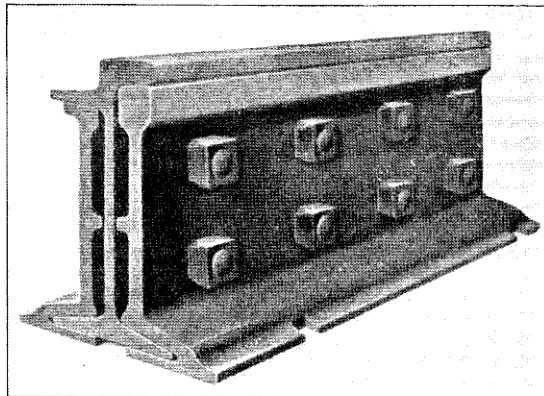


FIG. 46.

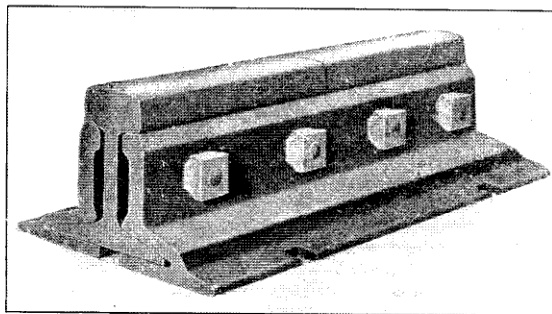


FIG. 47.

chemin de fer, tandis que le second est en usage sur les voies de tramways.

On remarquera l'évidement des faces de ces éclisses qui est tel qu'il permet le logement aisé des joints de cuivre pour les lignes de traction électrique.

L'éclisse de Weber est représentée fig. 48 elle se compose de

deux plaques ressemblant à celle des éclisses ordinaires, mais une troisième plaque de forme L, supporte avec sa plus longue branche le patin du rail, tandis que la plus petite est appliquée par les boulons d'éclisses sur une fourrure de chêne.

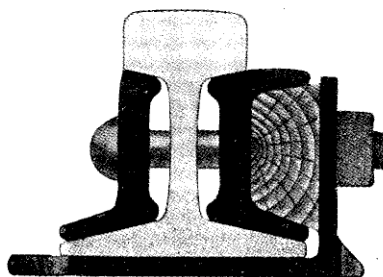


Fig. 48.

L'éclisse de la « Bonzano Joint C° » est répandu au Canada, voir fig. 49.

L'aile inférieure de l'éclisse cornière est infléchie pour augmenter son moment d'inertie au droit de la solution de continuité du rail.

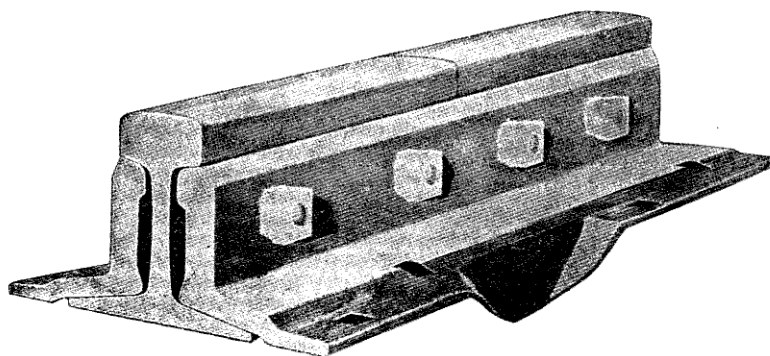


Fig. 49.

L'Atlas Ry Supply C° préconise des éclisses en fonte malléable qui forment une armature complète dont la rigidité est augmentée au moyen de boulons transversaux inférieurs.



Les trois figures 50 — 51 — 52 donnent une idée de ce que sont ces joints qui peuvent aussi être appliqués à des lignes à traction électrique, car soit le passage des éclisses, soit la pose d'une fourrure isolante sont possibles.

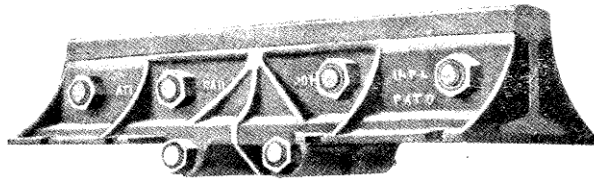


FIG. 50.

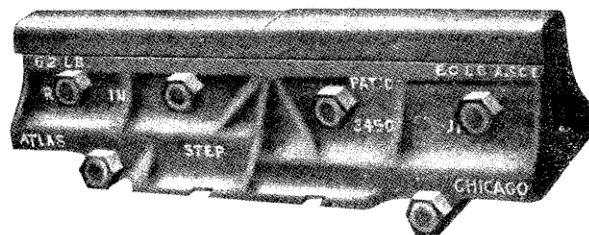


FIG. 51.

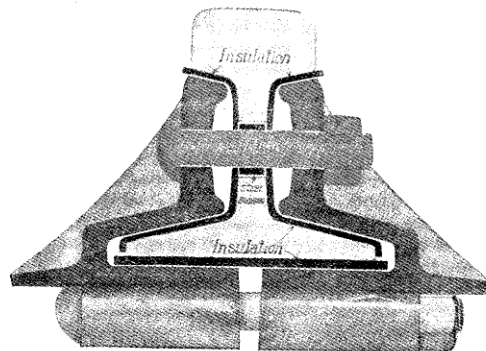


FIG. 52.

Le joint du rail de la Wolhaupter Supply C° de Chicago, consiste en la paire d'éclisses dont les patins inférieurs supportent une selle sur laquelle le rail s'appuie (fig. 53).

Bien d'autres systèmes d'éclisses nous ont été montrés, mais je

me suis contenté de décrire celles qui sont appliquées sur les chemins de fer.

On voit par ce rapide exposé que les inventeurs ne se sont pas rebutés pour réaliser le maximum de rigidité : ils ne craignent pas de proposer des éclisses compliquées, d'un poids élevé et très coûteuses, dont parfois les avantages nous échappent.

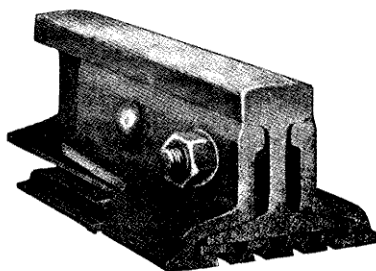


FIG. 53.

*Soudure de rails.* — La Goldschmidt Thermitt C<sup>o</sup> de New-York, qui exploite le brevet de la soudure de l'acier par l'aluminothermie, avait exposé une installation qui fonctionnait devant le public chaque jour.

On sait que ce procédé consiste à mélanger dans un creuset des oxydes d'alumine et de fer, avec une poudre spéciale ; la combustion est provoquée par un violent courant d'air et l'addition de manganèse.

L'action chimique qui se produit développe très rapidement une température de 4.200 degrés C. et la moitié du poids du mélange s'écoule sous forme d'acier fondu surchauffé.

Ce procédé est extrêmement simple et pratique ; aussi reçoit-il des applications de plus en plus nombreuses. En 1902, 2.600 joints ont été soudés ainsi.

*Coussinets de voie.* — Ceux généralement employés en Europe sont pour ainsi dire inconnus aux Etats-Unis ; mais des demi-coussinets du genre de ceux construits par l'Atlas Supply C<sup>o</sup>, sont appliqués sur certaines lignes. D'un côté le rail qui est Vignoles s'appuie sur le coussinet, tandis que de l'autre côté il est maintenu par les crampons (fig. 54).

Ce système paraît surtout intéressant pour les rails du plus grand rayon dans les courbes, afin d'éviter le renversement.

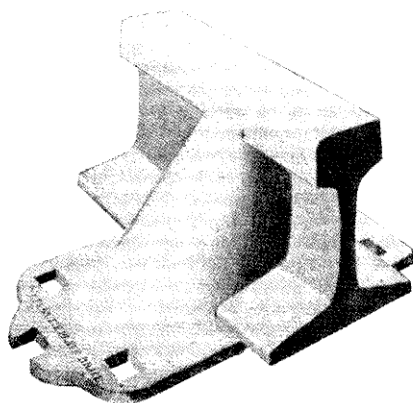


FIG. 54.

*Selles.* — Les selles sont très fréquemment employées sur les chemins de fer des Etats-Unis, la « R.R. Supply Co de Chicago » en fabrique divers types (fig 55), que l'on nomme :

Wolhaupter — Servis — Q And W.

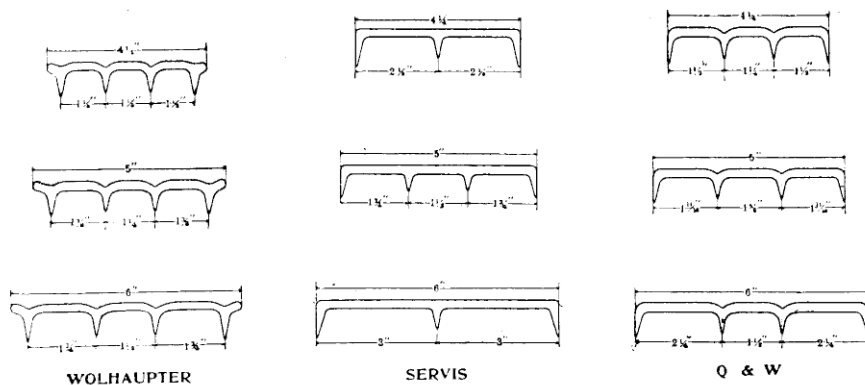


FIG. 55.

L'Atlas C° a aussi des selles dont des échantillons sont représentés (fig. 56).

*Tirefonds.* -- La garniture de voie système J. Thiollier, pour consolider les tirefonds, était exposée dans la section française.

Plusieurs garnitures étaient appliquées sur les différents types de fixation de voies en usage en France.

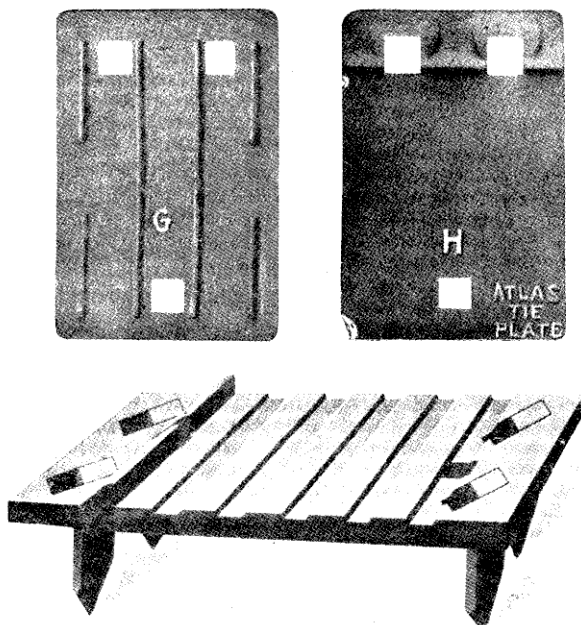


Fig. 56.

M. Thiollier s'était rendu à Saint-Louis au moment où le jury fonctionnait. A cette même époque, le Congrès des ingénieurs et chefs de Section de la Voie tenait ses séances dans le Palais des Transports; les membres de cette association ont assisté à de nombreuses et intéressantes expériences effectuées par M. Thiollier, en vue de démontrer au dynamomètre l'élasticité et la solidité des tirefonds garnis avec les ressorts hélicoïdaux Thiollier. Ce système, quoique nouveau, est déjà si répandu et connu dans toutes les Compagnies de Chemins de fer d'Europe, qu'il me paraît inutile de le décrire.

Dans cette même section figurait aussi les traverses mixtes Michel et Devaux, un certain nombre de ces traverses sont en essai au chemin de fer P.-L.-M. et au Métropolitain.

*Appareils de voie.* — Plusieurs Compagnies montraient des appareils de voie, cœurs et croisements, en acier forgé et en acier coulé ; mais ceux-ci ne présentent pas de particularité suffisante pour être mentionnée.

---

On voit donc que les industriels et les Compagnies américaines ne se sont pas désintéressés de la question « Voie » ; néanmoins, en raison de l'augmentation considérable de poids du matériel roulant et de l'accroissement du trafic, ces voies ne répondent plus aux besoins.

Les rails sont encore courts pour éviter une manipulation difficile ; ils sont fixés aux traverses par des crampons, pour réduire au minimum la main-d'œuvre de pose

Malgré tout, la voie laisse beaucoup à désirer et, par suite, son entretien est extrêmement onéreux.

---

## SIGNAUX & AIGUILLES

---

Cette section du matériel fixe a subi des transformations et progresse dans des limites presque inconnues en Europe.

Toujours avec la même préoccupation, on a cherché à réaliser une économie sur la main-d'œuvre des aiguilleurs et employés des signaux et ce but, tout en augmentant la sécurité, a été atteint par les constructeurs que nous allons passer en revue :

*Gal Ry Sal C°*. — La Général Railway Signal C° de Buffalo avait disposé des tables d'expérience sur lesquelles étaient groupés tous ses appareils, des sémaphores avec postes d'aiguilleur à leviers, ceux-ci branchés et connectés de telle sorte qu'ils se prêtaient à toutes expériences et manœuvres.

Cette Compagnie construit des signaux :

A commande directe par transmission mécanique, ou à commande électrique, ou enfin à commande pneumatique.

Dans ce groupe on remarque de nombreux types de sémaphores avec enclanchements divers ; l'un des plus intéressants est celui qui fonctionne à la main, mais est contrôlé électriquement et destiné de préférence aux lignes à voie unique.

La manœuvre du sémaphore qui se fait au moyen d'une manivelle, ne peut être effectuée par l'aiguilleur que si le rochet de la roue dentée, montée sur cette manivelle peut être soulevé. Or, si un train se trouve dans le canton, le courant fourni par des accumulateurs ou des piles traverse un électro-aimant qui cale le rochet, et il est impossible d'ouvrir le signal qui commande cette section.

Ce système a été appliqué sur deux lignes de l'Illinois Central, de Belleville à Carbondale, sur un parcours de 130 kilomètres de longueur, divisé en 19 cantons variant de 3 à 11 kilomètres de longueur, et de Central City à Paducah sur 170 kilomètres de longueur, divisé en 23 cantons de 4 kilomètres à 10 kilomètres chaque.

Pour les trains de marchandises, ces signaux sont permissifs, mais pour les trains de voyageurs, ils sont absolus.

*Union Switch Signal C<sup>o</sup>.* — Cette Compagnie est dirigée par M. Westinghouse : elle a ses ateliers à Swissvale, près Pittsburg ; elle est sans contredit une des plus puissantes Compagnies de construction de signaux et ses types ont été établis à la suite de nombreuses applications et études.

Les premiers appareils contruits en 1883 étaient actionnés par des moteurs à air comprimé commandés à distance par des valves situées dans les postes de commande.

Mais ce système de transmission fut reconnu défectueux en raison de la perte de temps occasionnée dans la manœuvre des appareils par la longueur des tuyauteries, que l'air avait à parcourir dans les deux sens, c'est-à-dire pour se rendre aux moteurs et en revenir. De plus, ces conduites étaient sujettes à des fuites, d'ailleurs très difficiles à trouver et à réparer lorsque les conduites sont assez nombreuses.

On dut dès lors rechercher un moyen plus rapide pour la communication entre les cabines et les moteurs. En 1884, M. Westinghouse fit la première installation d'un système hydro-pneumatique dans lequel les moteurs d'aiguilles et de signaux disposés à proximité de ces appareils et actionnés par l'air comprimé, étaient reliés à la cabine par une canalisation d'eau sous pression, qui commandait les valves d'admission et d'évacuation d'air. Ce système, dont certaines applications sont encore en service, permettait une plus grande rapidité de transmission, mais il présentait encore l'inconvénient de nécessiter des canalisations nombreuses et d'offrir, par conséquent, autant de chances de fuites. Ces fuites, même minimes, pouvaient paralyser très rapidement l'action hydraulique.

Le système finalement adopté en 1902 par M. Westinghouse est le système électro-pneumatique, qui a reçu depuis de nombreuses applications.

L'ensemble d'une installation de commande et d'enclanchements électro-pneumatiques, système Westinghouse, comprend :

1° Un certain nombre de moteurs pneumatiques actionnant chacun un appareil de voie ou de signal. Chacun de ces moteurs est constitué essentiellement par un cylindre renfermant un piston relié à l'appareil à commander, et muni d'un distributeur électrique qui commande l'admission d'échappement de l'air fourni par une canalisation générale.

2° Un réseau électrique reliant les organes de commande situés dans la cabine, aux distributeurs des moteurs sus-indiqués, et assurant dans la cabine le contrôle des mouvements des appareils situés à distance.

3° Un ensemble de leviers de manœuvre permettant la commande électro-pneumatique des appareils de voie et signaux ainsi que leurs enclenchements mécanique et électrique, ce dernier, sous le contrôle de courants de retour envoyés par les appareils à distance.

L'air comprimé ainsi que l'énergie électrique nécessaires pour assurer le fonctionnement de ces divers organes peuvent être empruntés à une source indépendante quelconque, ou bien, fournis par des appareils spéciaux annexés à l'installation.

La pression de l'air comprimé utilisé pour manœuvrer ces appareils est de 4 à 5 atmosphères.

Une longue expérience a prouvé que cette pression est la plus favorable au point de vue des dimensions des moteurs, ainsi que des facilités d'installation, de manœuvre et d'entretien des appareils.

La quantité d'air consommé est très faible et ne dépasse pas, même aux endroits où le trafic est le plus actif, 15 litres d'air à la pression atmosphérique par minute et par levier.

Un compresseur Westinghouse ordinaire, semblable à celui installé sur les locomotives pour le service des freins, suffit dans la plupart des cas à la production de l'air comprimé nécessaire. On trouve cependant souvent intérêt à installer des compresseurs d'air à grand débit, étant donné que l'air comprimé peut être employé avec grande économie à une quantité d'opérations très fréquentes dans l'exploitation des chemins de fer, telles que : la manœuvre des machines-outils et des appareils de levage, le transport des colis, le nettoyage des tapis et des voitures, la commande des pompes à eau, le perçage des traverses, etc., etc.

Les compresseurs peuvent être actionnés suivant les cas par la vapeur, le gaz, l'électricité, ou par tout autre moyen approprié.

La quantité d'électricité nécessaire au fonctionnement de ces appareils est très faible. Un courant d'environ 0.05 ampère sous 12 volts est suffisant pour assurer la manœuvre régulière de chaque valve à commande électro-magnétique.



Le courant est en général fourni par une batterie de 6 ou 7 accumulateurs, mais on peut aussi se servir de piles primaires ordinaires.

Des fils de faible diamètre, réunis sous forme de câbles, établissent les communications entre l'appareil de manœuvre et les divers moteurs de signaux et d'aiguilles.

Les diverses pièces de détails qui composent une installation complète de commande de signaux et aiguilles avec enclenchement sont trop nombreuses et trop minutieuses pour qu'elles puissent être examinées ici, même brièvement.

Pour avoir des détails complets il suffit de consulter (1).

Ces appareils électro-pneumatiques offrent une sûreté de fonctionnement et une solidité maxima, et lorsque la ligne est à 4 voies et le trafic très dense, le coût des installations avec compresseurs d'air et tous les accessoires est rapidement amorti.

L'Union Switch Signal Co., monte encore des signaux entièrement électriques pour les lignes à voies doubles ordinaires, l'énergie étant fournie par des piles ou accumulateurs.

La Compagnie a vendu plus de 6.000 appareils aux Etats-Unis depuis sa création et l'une des installations les plus intéressantes est la gare d'Union Station à Saint-Louis, dans laquelle toutes les plus grandes difficultés sont accumulées comme croisements et changements.

Ce rapport devant être limité, je rappellerai que cette gare (2) est protégée par un poste à interverrouillage. Le plus important est de 215 leviers, les autres en ont de 59 à 47, soit au total 300 leviers. Ils desservent les signaux et enclenchements pour 232 trains réguliers de voyageurs par 24 heures dont 90 % de ceux-ci qui ne passent qu'en transit.

La ligne principale qui se compose de 4 voies est éloignée de la gare proprement dite, la gare de Saint-Louis n'étant pas une gare

(1) 1° Les Annales des Mines, Tome VI, 10° Livraison de 1904.

2° Le Génie Civil du 9 Juillet 1904.

3° Le Bulletin de la Commission Internationale du Congrès des Chemins de fer.— Communication de M. Huberti (656, 257).

4° La Revue Electro de Bruxelles (Vol. III, 1904).

5° Les Brochures de la Société Westinghouse Française.

(2) Voir description complète et détaillée dans le Ry and Engineering Review du 28 Mars 1903.

terminus ; mais une gare de passage, les 32 voies intérieures de la gare sont reliées aux voies principales par 4 branches de triangle à 3 voies chacune. On conçoit la quantité de croisements qui résulte de cette disposition.

Tout le jeu des signaux et enclanchements est reproduit par des indicateurs sur une tablette placée devant les yeux de l'aiguilleur.

Si une erreur de manœuvre ou une défectuosité dans le fonctionnement se produit, des sifflets de sécurité montés aux pieds de chacun des signaux se mettent à fonctionner et lorsque les agents des trains et de la gare entendent tous ces sifflets, toute manœuvre et marche de train doit être instantanément arrêtée.

Cette station de St-Louis réunit les plus grandes difficultés d'exécution au point de vue signaux et la Cie Westinghouse a pu montrer sa compétence et la supériorité de son système, car depuis que cette gare est équipée (1889), il ne s'y est pas produit d'accident.

D'autres Compagnies avaient exposé aussi leurs échantillons ; il y avait entre autres la Cie Hall dont le système a été appliqué sur le réseau du métropolitain de Paris.

Les signaux Hall sont électriques et entièrement automatiques. Il serait superflu d'en donner la description ici, la Cie française des signaux Hall fournissant tous renseignements utiles. En outre, la Cie du Métropolitain a dressé une notice concernant ces signaux à l'usage de son personnel, qui est très suffisante.

*Signaux allemands.* — L'Allemagne, à l'extérieur du Palais des Transports, avait disposé toute une installation de voies avec signaux de toutes sortes, station, postes d'aiguilleurs, etc.

Pour une Exposition, cette installation avait une très grande importance, tous les appareils étant réellement montés et fonctionnant au besoin du poste de commande ; leur constructeur Siemens et Halske a su démontrer qu'il faut des appareils automatiques et électriques de marche irréprochable. Du reste, ils sont appliqués d'une façon générale sur les Chemins de fer de l'Etat Allemand.

## DEUXIÈME PARTIE

---

### CHAPITRE I

---

## MATÉRIEL DE TRACTION ÉLECTRIQUE ET ACCESSOIRES



## CHAPITRE I

---

### MATÉRIEL DE TRACTION ÉLECTRIQUE ET ACCESSOIRES

---

Le Palais d'électricité de l'Exposition de St-Louis, occupe une superficie sensiblement équivalente à celle du Palais des Transports.

Il ne m'appartient pas de décrire les plus intéressantes sections de ce département qui a ses propres rapporteurs.

Cependant, sans toutefois empiéter sur leurs droits et du reste après entente avec eux, je crois pouvoir examiner et étudier les principales parties de cette Exposition se rapportant à la Traction électrique.

Le matériel électrique de tramways et surtout le matériel de chemins de fer ont reçu aux Etats-Unis des perfectionnements tels, que dans le monde entier ils sont adoptés, suivant les données des constructeurs américains.

Avant d'aborder la description du matériel de Traction électrique qui nous était montré, il me paraît nécessaire de donner un aperçu de l'histoire de cette science bien spéciale.

Le goût des voyages et déplacements prend un développement qui ne paraît plus avoir de limites, et plus on multiplie les moyens de transport, plus les voyageurs augmentent dans des proportions qui déjouent souvent les prévisions les plus optimistes.

Lorsqu'il s'est agi aux Etats-Unis de transporter rapidement et confortablement les habitants des villes ou des environs, on a créé des moyens de transport en commun divers : Tramways, Métropolitains, Chemins de fer d'intérêt local, etc.

Les tramways ont été tout d'abord du type funiculaire à câble, tandis que les métropolitains et chemins de fer étaient à vapeur.

Mais dès que la traction électrique fit son apparition, elle fut d'abord appliquée sur les tramways ; l'engouement de cette transformation prit des proportions si colossales, que tout naturellement on se préoccupa de l'étendre sur les transports en commun interurbains et de banlieue des villes.

On s'explique facilement le succès de la traction électrique, lorsqu'on constate que : celle-ci ne dégage ni fumée ni odeur ; les secousses et le bruit sont à peu près annulés ; la vitesse moyenne est très supérieure à celle de tout autre mode de traction ; la rapidité de démarrage est augmentée : autant d'attractions pour les voyageurs.

Toutes ces causes ont permis aux Américains de se livrer à de nombreuses et coûteuses expériences qui les ont fait passer maîtres dans cette science.

Le matériel primitivement conçu fut très rapidement insuffisant ; pour s'en faire une idée, il suffit de rappeler que les tramways ont eu des moteurs successivement de 8 — 10 — 12 chevaux, tandis que les véhicules de grande capacité, genre chemins de fer, recevaient des moteurs de 30 — 40 — 50 — 75 chevaux.

Le matériel de tramways est trop connu pour qu'il soit analysé ici ; mais celui de chemins de fer n'est pas encore arrivé au degré de perfectionnement, malgré les innovations les plus récentes et les transformations qui y sont apportées chaque jour.

Si les tâtonnements et les progrès furent lents cela tient à ce que les premiers véhicules durent être remplacés par des nouveaux, plus spacieux, tandis que le matériel électrique, qui ne pouvait supporter les surcharges qu'on lui demandait, devait être triplé.

Les moteurs de tramways passaient successivement de 10 à 40 et 50 chevaux, et ceux des chemins de fer et métropolitains de 75 à 100 et 300 chevaux.

Aussitôt qu'il a fallu accroître la capacité de l'ensemble des appareils qui constituent un équipement complet, on s'est heurté à des difficultés sans nombre : l'une des principales, aux débuts, provenait du distributeur d'énergie électrique : celui-ci, appelé contrôleur, se comportait très bien lorsqu'il commandait des courants à faible débit employés dans les tramways ; mais lorsqu'on voulut les appliquer pour manœuvrer des intensités élevées, on s'aperçut qu'ils donnaient des résultats déplorable. C'est alors

que les constructeurs ont non seulement appliqué le soufflage magnétique, mais aussi ont divisé le courant par un grand nombre de touches.

Malgré cela, il a fallu donner aux contrôleurs de telles dimensions, pour que les contacts soient convenablement éloignés l'un de l'autre, afin que l'arc ne puisse naître et se maintenir, que leur manœuvre devint difficile, dure, et par conséquent lente. Or, l'on sait que les ruptures de circuit doivent être brusques ; l'on s'est trouvé en présence d'une première difficulté à résoudre. Après bien des recherches et essais qu'il est inutile de rappeler ici, le système dit à unités multiples a été créé.

On entend par « Multiple Unit System » le groupement de plusieurs unités automotrices.

Déjà l'adoption des locomotives électriques avait permis d'obtenir des vitesses moyennes, non réalisables par la vapeur, en rendant les démarrages très rapides ; mais les accélérations nécessaires ne pouvaient être obtenues qu'en augmentant de plus en plus le poids adhérent de la locomotive, ce qui accroît en même temps le tonnage du train.

Pour arriver à réduire par voyageur le poids mort dans de notables proportions, on a imaginé de multiplier les unités motrices dans un train.

Non seulement on obtient ainsi une adhérence aussi élevée que l'exige le démarrage et pouvant même atteindre le poids total du train, mais il est facile de proportionner le nombre d'unités motrices aux exigences du trafic à toute heure du jour, d'où résulte une traction plus rationnelle et plus économique des trains.

La symétrie parfaite de ces unités multiples présente de nombreux avantages, par leur réversibilité, leur divisibilité en deux ou plusieurs parties, ce qui est très précieux pour les manœuvres de formation ou de dislocation dans les gares ou les dépôts. En outre, le nombre des accidents graves et surtout des arrêts de service est très sensiblement diminué, une avarie sur une automotrice n'entravant en rien le fonctionnement des autres.

Les conditions qui ont présidé dans l'étude des systèmes multiples sont les suivantes :

1°. — Effectuer la commande de plusieurs voitures motrices par les appareils d'une quelconque d'entre elles, tout en permet-

tant à chaque unité de reprendre son indépendance par une manœuvre simple.

2°. — Restreindre au strict minimum les accessoires et câblage électriques traversant les voitures de remorque.

Je ne puis décrire ici en détail, les diverses unités multiples. Néanmoins, je rappellerai que tous les systèmes d'unités multiples ou d'unités doubles ont eu le même but : diviser le courant en autant de parties que cela était nécessaire pour obtenir un fonctionnement satisfaisant, non seulement des organes distributeurs, mais encore de toutes les pièces qui constituent un équipement. Ce résultat a été atteint en multipliant les appareils ; on conçoit alors que les contrôleurs ne pouvaient être commandés simultanément dans toutes les voitures accouplées autrement que par un servo-moteur.

Grâce à cela, l'ensemble de chaque équipement ne donne passage qu'à des débits limités et par conséquent offre plus de sécurité d'exécution et de bonne marche. Mais à ce système les exploitants ont vu de suite un nouvel inconvénient en la multiplicité des appareils et par conséquent dans les sujétions et le coût d'entretien. Cependant les avantages des unités multiples ont été reconnus tels, que la plupart, pour ne pas dire tous les chemins de fer Métropolitains, l'adoptent poussés par les besoins de leur exploitation : il a donc fallu, pour les satisfaire, réduire le nombre d'unités au strict minimum tout en ayant un effort moteur très grand. Les constructeurs ont été ainsi amenés à imaginer les nouveaux Multiples-Unit.

Deux compagnies concurrentes ont exposé à Saint-Louis leur type de Multiples-Unit le plus récent : ce sont la Westinghouse Electric Ming C° et la General Electric C°. Toutes deux ont une expérience hors pair en cette matière ; il est intéressant de constater qu'elles ont cherché à résoudre le même problème en employant sensiblement le même procédé. Afin d'avoir des brevets bien distincts, elles ont appliqué une principe identique, mais dont les détails d'exécution diffèrent totalement.

Les contrôleurs qui consistent en un ou plusieurs tambours rotatifs assurant la distribution du courant sont remplacés, dans les deux systèmes, par des appareils que l'on nomme « Contacteurs » : seule, la manœuvre de ces derniers diffère.



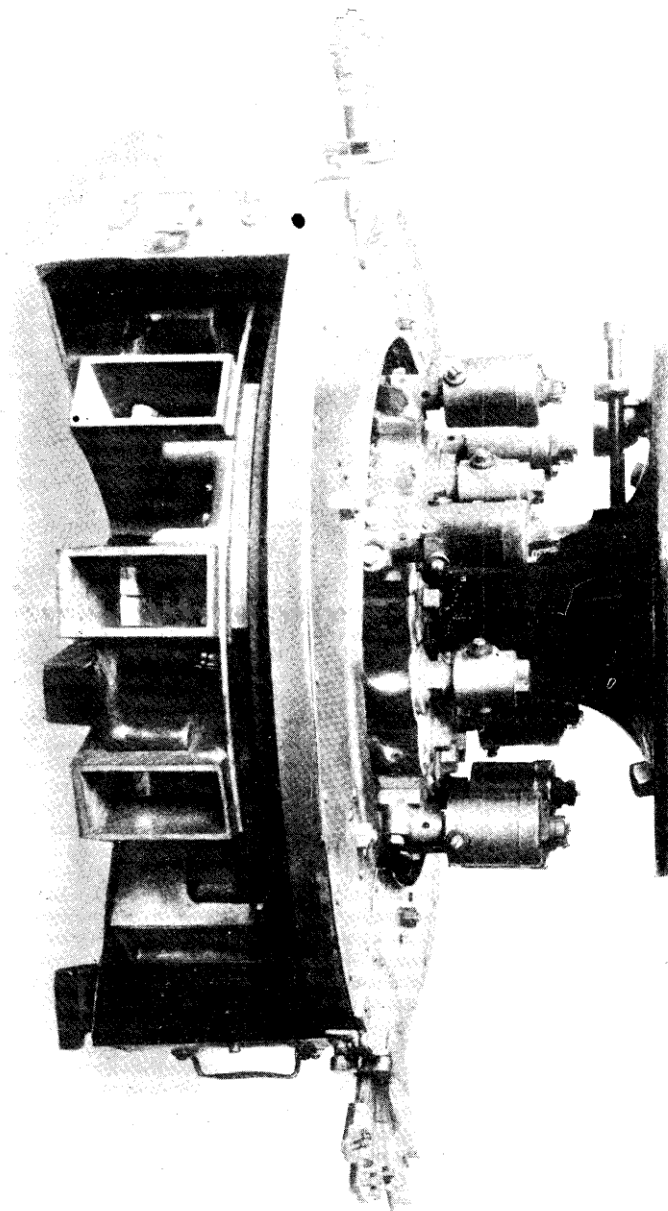


Fig. 57. — Contacteur fourelle.



D'une façon générale, on comprend par le terme « Contacteurs » : des interrupteurs indépendants très similaires à ceux employés couramment dans l'industrie et commandés par des dispositifs spéciaux qui sont électro-pneumatiques à la Westinghouse C°, et entièrement électriques à la Générale Electric. Ces commutateurs, vu leur indépendance, peuvent avoir des dimensions et une course qui ne sont plus limitées comme celles des secteurs des distributeurs contrôleurs : s'ils sont convenablement groupés et noyés dans un champ magnétique puissant, le débit qu'ils règlent peut devenir extrêmement élevé.

Sans entrer dans la description détaillée des deux systèmes exposés à Saint-Louis sous forme d'équipement d'un véhicule, il suffira de les décrire succinctement :

*Multiple-Unit Westinghouse.* — Les appareils qui composent un équipement de voiture motrice sont :

- 1° — Appareils de sécurité (disjoncteur, coupe-circuits, etc.)
- 2° — Un manipulateur.
- 3° — Un contacteur disque (appelé tourelle) fig. 57.
- 4° — Un relai limite de surcharge.
- 5° — Un inverseur pour chargement de marche.
- 6° — Une valve de sécurité pour appliquer les freins en cas de danger et actionner le compresseur.
- 7° — Un interrupteur de sécurité pour couper les touches du contacteur quand les freins sont serrés.
- 8° — Réservoir pour l'air nécessaire au fonctionnement du contrôleur avec valves et robinets.
- 9° — Deux batteries d'accumulateurs en série sur l'éclairage dont une batterie en réserve.
- 10° — Sept câbles transmetteurs et deux coupleurs.

Il y a, en outre : les accessoires complets, câbles, résistances, moteurs, que tout équipement électrique comprend en général.

Les voitures de remorque qui peuvent être intercalées entre les motrices reçoivent simplement sept petits câbles avec leurs coupleurs.

Le fonctionnement du Multiple Unit Westinghouse est le suivant :

Le conducteur en manœuvrant le manipulateur, distribue du courant à 14 volts, provenant d'une batterie d'accumulateurs *ad hoc*, dans les bobines de commande de la tourelle contacteur.

Ces bobines agissent sur des plongeurs magnétiques qui entraînent avec eux des tiroirs de distribution.

L'air sous pression employé pour les freins des voitures arrive sur la tourelle, les tiroirs précités laissent pénétrer l'air dans les cylindres placés sur la périphérie de la tourelle dans lesquels se meuvent des pistons.

Chaque contact est opéré par un piston vertical à air. Lorsque l'appareil est au repos, le piston est descendu à fond de course par l'effet d'un ressort, mais si l'air agit sur la face inférieure du piston, celui-ci se meut de bas en haut en combattant la force antagoniste du ressort et met en contact les touches.

Le manipulateur du conducteur est à manœuvre simple dans les deux sens ; s'il est amené à la position marche série, le premier piston des contacteurs fonctionne ; en outre, à la fin de sa course, il fait agir un appareil appelé « Interlock ».

Dans la boîte de l'Interlock se trouvent des connexions qui sont ouvertes au repos ; lorsque la première manœuvre ci-dessus décrite est effectuée, l'Interlock ferme les circuits, le courant est alors envoyé dans les solénoïdes des autres contacteurs, qui fonctionnent, si les disjoncteurs et appareils de sécurité leur permettent, et les opérations se succèdent ainsi jusqu'à ce que la voiture automotrice ait ses moteurs franchement en série d'abord, puis en parallèle sans résistance.

*Multiple-Unit de la Général Electric Co.* — Le Multiple-Unit de la Général Electric Co., est une combinaison de son ancien système Multiple-Unit et du Sprague, avec quelques perfectionnements apportés principalement dans l'inverseur et le distributeur à contacts.

Sans entrer dans une description détaillée qu'il est facile de trouver dans les nombreuses notes et publications de la Compagnie Général Electric Co., il suffira de rappeler en quelques lignes que :

Les voitures motrices comportent deux circuits électriques distincts :

1° — Un circuit principal amenant le courant aux moteurs, aux résistances etc.

2° — Un circuit de commande actionnant à distance les interrupteurs électro-magnétiques qui remplacent le combinateur principal (fig. 58).

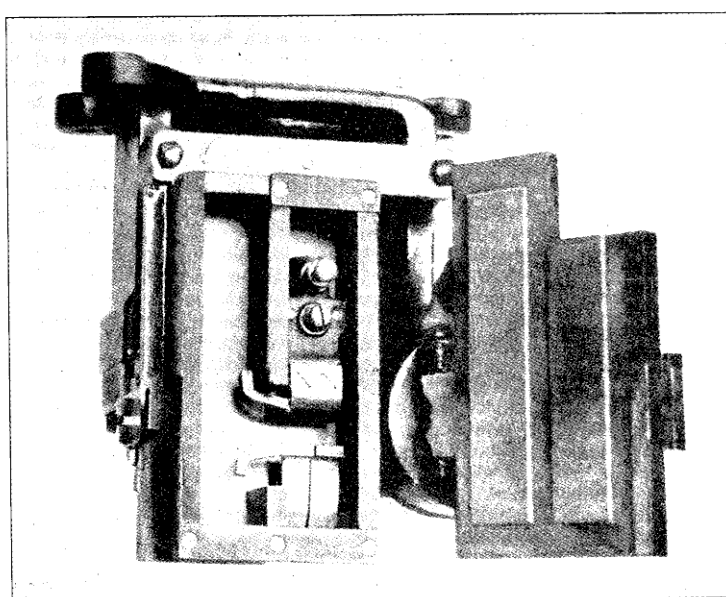


FIG. 58.

Le circuit principal est analogue au circuit ordinaire des voitures automotrices, qu'il soit pour deux ou quatre moteurs.

Les touches du contrôleur sont remplacées par les contacteurs électro-magnétiques à soufflage qui donnent les combinaisons de couplage et de résistances ; sur le schéma ci-joint (fig. 59) à la partie inférieure à droite, sont représentés ces contracteurs, tandis qu'à gauche est l'inverseur qui sert à renverser la marche des moteurs.

Les circuits principaux des diverses automotrices d'un train sont autonomes aboutissant à des frotteurs spéciaux. Sur les lignes électriques à 3<sup>e</sup> rail où il y a de nombreuses coupures pour faciliter les croisements ou les aiguillages, les interruptions de

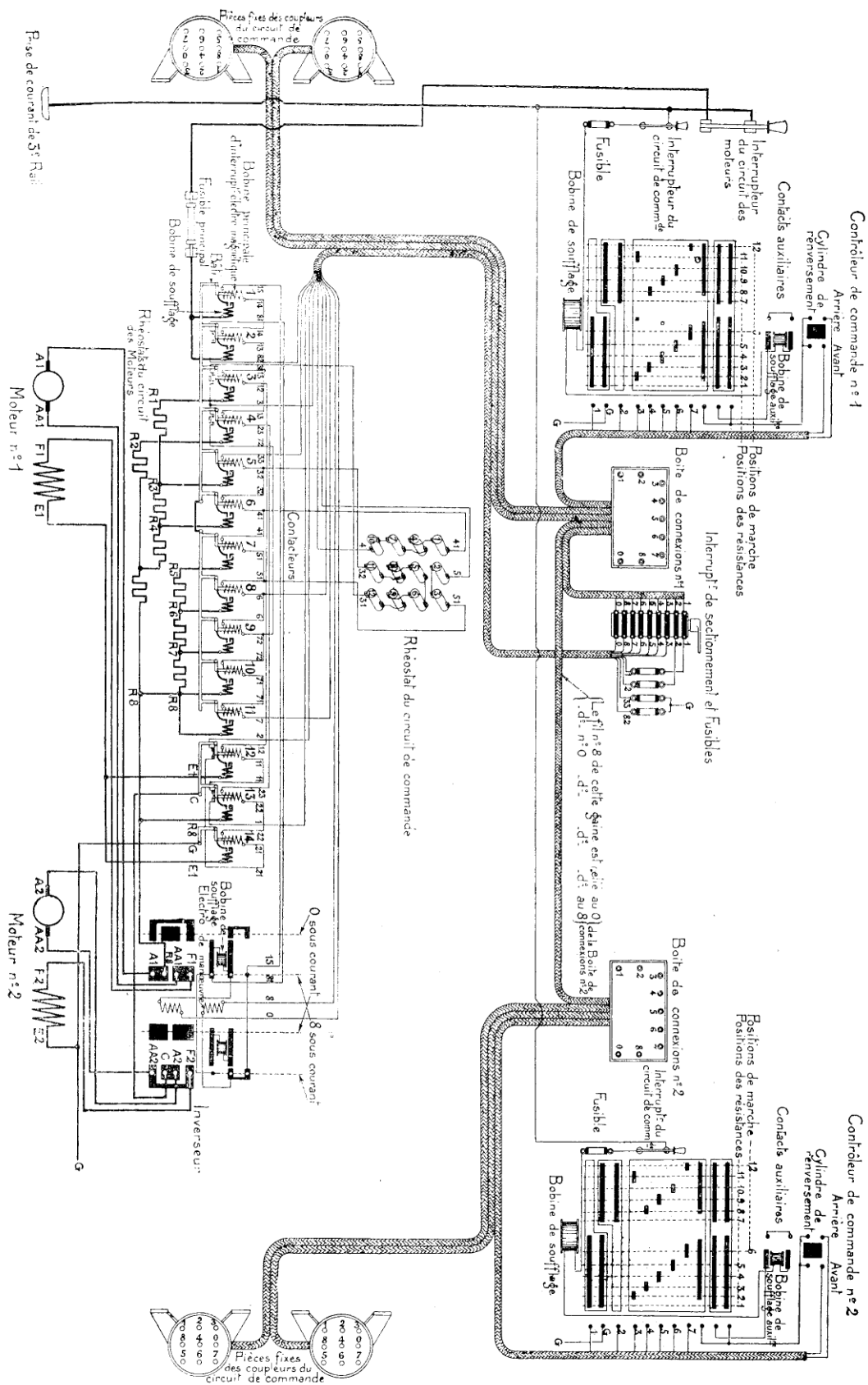


Fig. 59. — Schéma des connexions d'une voiture automatisée équipée avec deux contrôleurs et deux moteurs.

courant sur toutes les voitures successivement peuvent présenter des inconvénients auxquels on remédie par l'adjonction d'un câble reliant entre eux tous les frotteurs.

Les circuits de commande des voitures sont réunis en un seul par l'intermédiaire de coupleurs spéciaux et du câble à 9 conducteurs régnant sur toute la longueur du train.

Ce circuit général de commande ne comporte ordinairement aucun appareil en dérivation sur les voitures de remorque.

Sur les voitures automotrices, en chaque point d'où l'on peut avoir à commander la marche du train (les deux plates formes en général), est placé en dérivation sur le circuit de commande un multiplicateur de faibles dimensions, qui suffit à toutes les manœuvres et les rend extrêmement faciles.

Ces deux compagnies avaient imaginé de présenter au public leurs équipements, de telle sorte qu'il fût facile aux visiteurs de voir les appareils en détail et même de comprendre leur fonctionnement.

Ainsi la Général Electric C<sup>e</sup> a exposé une maquette de voiture automotrice, équipée avec son nouveau Multiple-Unit du type fourni à la Compagnie du chemin de fer Métropolitain de New-York.

Afin que l'examen de cet équipement fût aisé pour les visiteurs, la cabine du wattman avec ses appareils reposait sur le sol du stand, tandis que le châssis de caisse était suspendu à 1 m. 80 au-dessus de ce sol. Tous les appareils, contacteurs, inverseurs, compresseurs, etc... étaient découverts. Quant aux moteurs, ils étaient montés sur essieux dans un boggie placé en dehors de l'installation ci-dessus décrite et de telle sorte que les moteurs tournaient, entraînant les roues qui pouvaient être freinées par les sabots du boggie.

Ce dispositif était celui d'un laboratoire d'équipement électrique : toute manœuvre pouvait être effectuée de la loge du wattman et le fonctionnement des appareils était visible d'une façon parfaite.

Les moteurs de traction étaient du type G. E. 69 d'une puissance de 200 chevaux chaque.

La Compagnie Westinghouse avait simplifié l'installation : son

Multiple-Unit était présenté sous forme d'équipement complet monté sur un chevalet, dont photographie (fig. 60).

L'équipement était complet, un compresseur fournissait l'air et, pour toutes démonstrations, les appareils fonctionnaient à la demande ; le courant se rendait sur des moteurs de traction montés en opposition, suivant la méthode de Swinburn.

*Locomotrice à accumulateurs.* — Une locomotrice à accumulateurs électriques était exposée par la Compagnie Westinghouse ; elle circulait dans le Palais des Machines et avait servi à faire des transports des matériaux et pièces contenus, dans ce Palais.

Ce type de locomotrice a été construit spécialement pour les ateliers ; un véhicule à trolley ne peut pas être mis en service dans les ateliers qui comprennent des pont roulants, appareils de levage, courroies de transmission, etc. La Compagnie de construction de Machines à Vapeur et Moteurs à gaz Westinghouse a demandé à la Compagnie Electrique, sa sœur, de lui étudier un tracteur ayant un encombrement très faible et pouvant circuler sans entrave dans tous les ateliers.

C'est pour satisfaire à ces conditions que fut établi cet automoteur qui se compose d'une plate-forme montée sur deux essieux moteurs ; entre le double plancher, se trouvent les accumulateurs.

Le conducteur fait la manœuvre au moyen des deux manettes représentées aux extrémités ; il se tient sur les marchepieds des bouts

Ses principales caractéristiques sont :

Tare .....	50 tonnes
Poids avec les accumulateurs.....	4.750 kil.
Ecartement.....	normal
Ecartement d'essieux.....	2 m. 800
Largeur maximum.....	2 m. 250
Longueur maximum.....	4 m. 500
Dimensions de la plate-forme.....	2.000 × 4.000
Hauteur maximum.....	0.700 m/m
Vitesse .....	de 1 à 3 kilm. à l'heure
Effort de traction maximum sur le crochet d'attelage.....	455 kilos



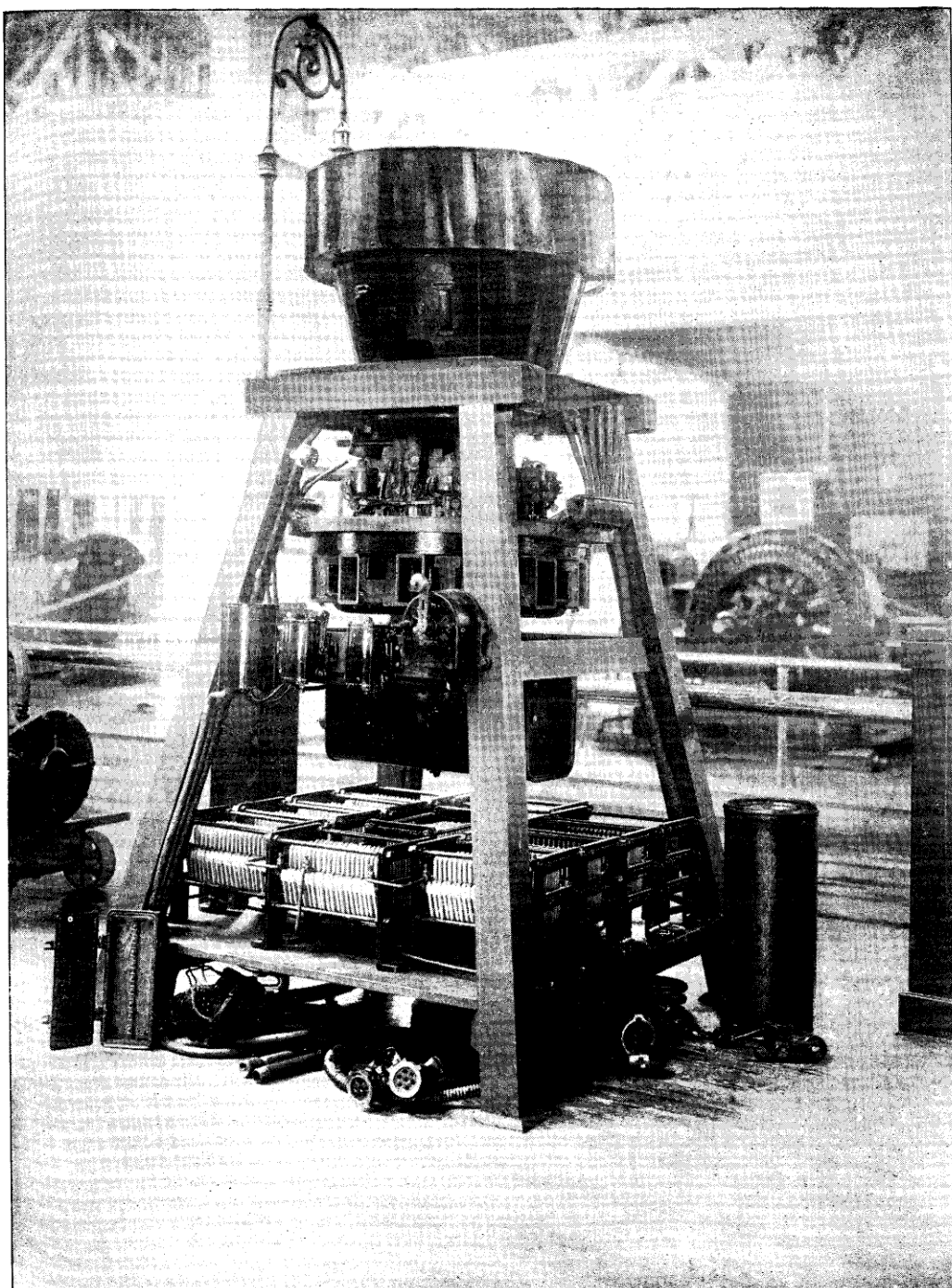


FIG. 60. — Equipement multiple Westinghouse.



*Frein électrique.* — Le frein électrique Westinghouse était monté sur un boggie représenté (fig. 61).

Ce frein est actionné par le courant électrique ; suivant les données du problème qui se présente, l'énergie est fournie soit par le courant dérivé de la source, soit par le courant que peuvent produire les moteurs propres du véhicule lorsqu'on les ferme sur eux-mêmes ; c'est cette dernière solution qui est le plus souvent appliquée.

Ce frein se compose essentiellement d'un électro puissant qui crée un champ magnétique dans des fers, munis à leurs extrémités, d'épanouissements en forme de sabot et qui affleurent aux rails. Lorsque l'électro est en charge, les sabots sous son action s'aimantent et le circuit magnétique ne peut se fermer entre eux que par le rail ; leur jeu vertical est suffisant pour les laisser descendre et frotter sur les rails. A l'autre extrémité du fer sont assemblés les leviers de la timonerie de frein, et les sabots des roues, au moyen d'une timonerie spéciale, sont appliqués sur les jantes par le déplacement même du noyau de fer.

Ce frein est extrêmement puissant ; il est appliqué sur la plupart des véhicules à traction électrique, en Amérique. Il présente un grand avantage : étant en quelque sorte d'une automaticité absolue.

En effet les voitures qui sont munies de ce frein ont un contrôleur de courant tel qu'il suffit de l'amener sur une ou plusieurs touches spéciales pour que le courant des moteurs de traction passe par des résistances et les électros du frein. Or, tous les moteurs de tramways sont excités en série ; en raison même de leur rémanence ; s'ils sont fermés sur une résistance, ils deviennent des générateurs dont la tension est d'autant plus élevée que la vitesse est plus grande. La puissance de l'électro est donc fonction de la vitesse des moteurs ; on conçoit ce que peut donner un frein de cette sorte, qui est du reste si brutal qu'il n'est guère employé que comme frein d'urgence ou de secours.

Si une voiture équipée avec ce frein est abandonnée à elle-même dans une pente, le circuit du frein étant fermé, elle descendra par bonds successifs en marquant un arrêt chaque fois que la vitesse des moteurs sera devenue suffisante pour agir sur le frein.

Ce système a déjà été appliqué en France, aux tramways du

Havre, entre autres, et dans la pente très rapide de Sainte-Adresse il donne d'excellents résultats.

*Compresseur d'air électrique.* — L'installation complète de freins de la Compagnie Westinghouse dans le Palais des Transports comprenait aussi un compresseur d'air électrique.

Sauf le frein électrique susdécrit, tous les freins sont, aux Etats-Unis, à air comprimé. Dans les voitures de tramways, on a appliqué pendant quelque temps des pompes à air directement actionnées par les essieux. Quoique paraissant rationnel, ce dispositif a dû être abandonné, ces pompes à grande vitesse, exposées à toutes les intempéries et à l'introduction de nombreux corps étrangers, fonctionnant mal et demandant un entretien très onéreux.

Pour produire l'air comprimé, on a recours aux compresseurs électriques. Ces appareils comprennent : un moteur-série qui entraîne soit directement, soit par l'intermédiaire de trains d'engrenages, un ou plusieurs corps de pompe. La Compagnie Westinghouse, spécialisée dans les deux genres de machines qui entrent dans cette construction, a des types de compresseurs qui fonctionnent bien ; plusieurs séries de ceux-ci étaient en montre dans leur stand.

La *National Electric Co.*, anciennement *La Christensen Co.* de *Milwaukee*, avait aussi des compresseurs, à la Section de l'Electricité. Ces compresseurs sont les plus répandus dans le monde. Le succès de cette construction vient de ce que cette Société a posé en principe qu'il fallait, en premier lieu, éviter que les corps de pompe chauffent, et ensuite que l'huile de la pompe ne puisse pénétrer dans la machine électrique.

Pour satisfaire à la première condition, les compresseurs sont à marche assez lente ; quant à l'huile qui est enfermée dans le carter des pompes et manivelles, elle ne peut avoir accès dans le moteur, celui-ci étant au-dessus de la pompe, sur le couvercle.

La *Général Electric Co.* a aussi des compresseurs intéressants.

---

En résumé, une grande évolution s'est opérée dans le matériel à traction électrique dans ces dix dernières années. Elle a été provo-

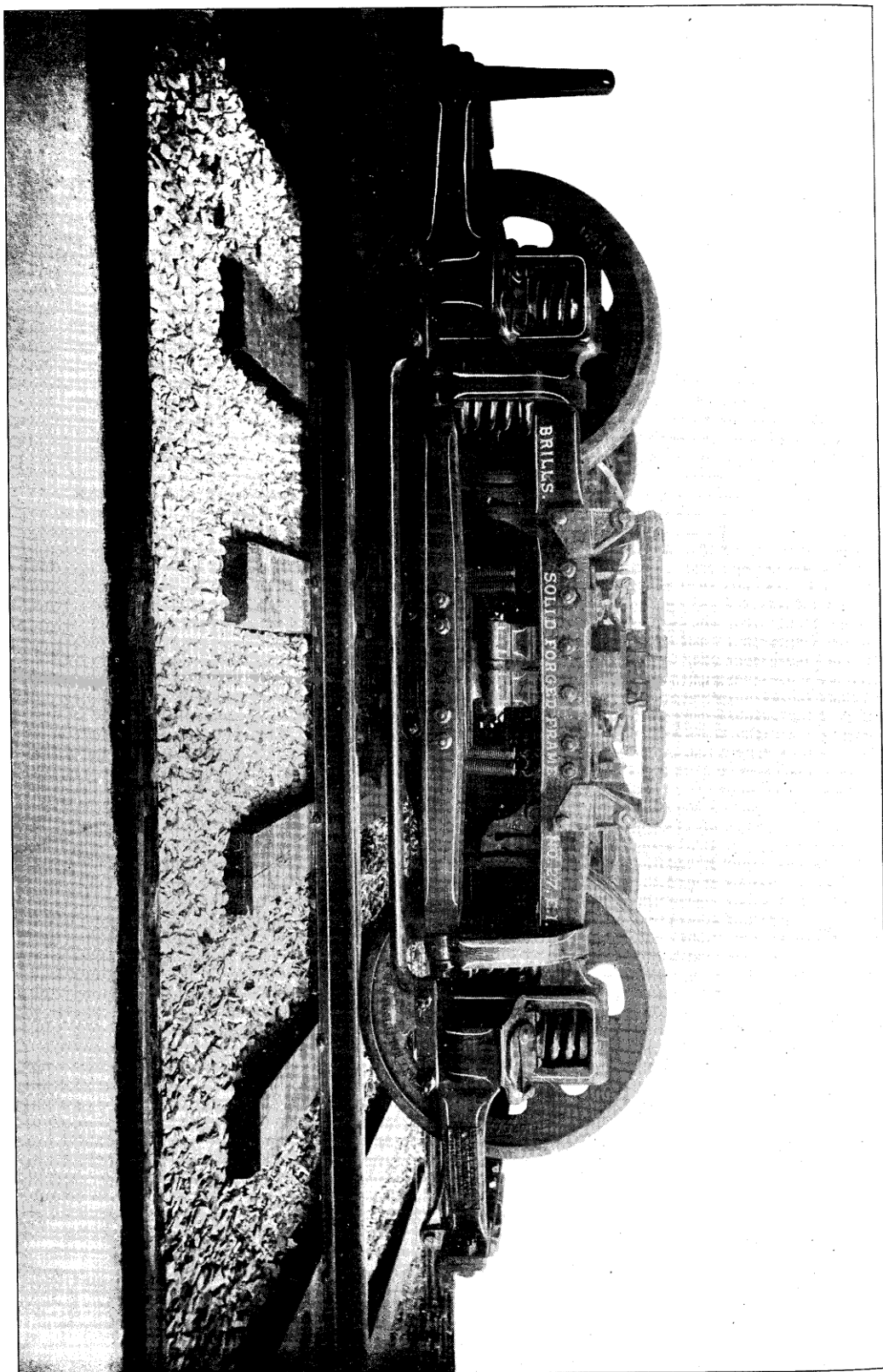


Fig. 61.



quée par l'application de ce mode de traction aux réseaux à gros trafics et aux chemins de fer.

Les constructeurs cherchent encore à réaliser de plus grands efforts de traction et de plus grandes vitesses ; pour cela il a fallu abandonner même les plus récents errements et la traction à courant alternatif paraît devoir bientôt sortir des laboratoires pour entrer dans le domaine de la pratique.

La Compagnie Westinghouse a établi des moteurs à courant alternatif à collecteur qui sont appelés à fonctionner très prochainement sur de nouveaux réseaux. Un de ces moteurs était dans son stand ; l'aspect en est sensiblement le même que celui des moteurs ordinaires à courant continu.

Avec le courant alternatif, suppression des résistances et des groupements complexes, avec difficulté de commande ; la tension de la ligne n'est plus limitée, etc... Les isollements ont une plus grande résistance, bref, sa supériorité est telle, que nous assisterons avant peu à une nouvelle transformation dans ce sens.

Du reste, on trouvera plus loin une courte description des plus récentes applications de traction électrique par courant alternatif.

---

## TURBINES A VAPEUR

---

*Groupes électrogènes.* — Quoique ceux-ci aient été exposés dans le Palais des Machines ou dans le Palais d'Electricité et que les rapporteurs de ces départements les examineront, je crois devoir consacrer une brève description aux turbines à vapeur, en raison du succès qu'elles ont eu, et de leurs récentes et nombreuses applications dans les usines génératrices de traction.

Ces turbines, créées et perfectionnées depuis quelques mois seulement, peuvent déjà lutter avantageusement avec les machines à mouvement alternatif.

*Turbines Curtis.* — *La Général Electric C<sup>o</sup>* avait exposé un groupe turbo-dynamo de 2.000 kilowatts, du système Curtis ; on sait que pour les grosses unités ce type est à axe vertical.

L'ensemble du groupe est constitué de la manière suivante :

La machine électrique est placée au-dessus de la turbine qui repose elle-même sur son condenseur ; le condenseur forme bâti et il est soutenu par le massif de fondation. On réalise ainsi un ensemble très compact et d'aspect satisfaisant.

Le groupe exposé à Saint-Louis était de ce type ; il entraînait un alternateur de 2.000 kilowatts fournissant du courant de 25 périodes sous 6.600 volts qui alimentait les tramways et le service des eaux de l'Exposition.

Cette turbine possédait 4 couronnes mobiles au lieu de 3, nombre généralement admis pour les plus grosses unités. Il en résulte une détente plus complète de la vapeur et, par suite, une économie.

Toute l'installation, y compris les machines auxiliaires, occupe un espace de 12 mètres de longueur sur 7 m. 50 de largeur, et une hauteur au-dessus de la maçonnerie de 6 m. 70 jusqu'au sommet du régulateur. Un groupe électrogène de même puissance occuperait environ dix fois la même surface et pèserait cinq fois plus.

*Régulateur.* — Sur la tête de l'arbre au sommet de l'alternateur, est placé un régulateur à force centrifuge équilibré par un ressort



agissant sur les touches d'un petit distributeur qui ouvre ou ferme le circuit d'une batterie d'électro-aimants ; ceux-ci à leur tour, commandent de petites soupapes réglant la quantité de vapeur qui arrive aux valves de distribution équilibrées. Les valves sont au nombre de vingt en deux groupes de 10 diamétralement opposés et situées juste au-dessus de la turbine.

L'action du régulateur est telle que pour des différences de charge de 1.200 kilowatts, la vitesse de la turbine n'a jamais subi de variations supérieures à 1,5 %.

*Pivot.* — L'ensemble des parties mobiles pèse 25 tonnes ; ce poids repose entièrement sur le bout inférieur de l'arbre qui flotte sur une mince couche d'huile sous pression.

Ce dispositif est si efficace qu'on peut faire tourner la turbine à la main.

*Condenseur.* — En quittant la dernière couronne, la vapeur pénètre directement dans le condenseur placé au-dessous, qui forme la plaque de fondation de la turbine. C'est un condenseur tubulaire Worthington, ayant une surface refroidissante de 800 mètres carrés environ. L'eau de circulation est fournie par une pompe centrifuge actionnée par un moteur électrique de 125 chevaux. La pompe à air est entraînée par un moteur de 50 chevaux.

*Excitation.* — L'excitation de l'alternateur est montée directement sur l'arbre horizontal d'une petite turbine Curtis, tournant à 3.600 tours. Celles-ci porte un disque unique à 3 rangs d'augets et fonctionne à échappement libre ; elle possède un régulateur automatique qui maintient la vitesse et la force électromotrice constantes, quelle que soit la charge.

La vitesse normale du groupe turbo-moteur est de 750 tours par minute.

Pour mettre en route, il suffit d'ouvrir en grand la valve d'admission ; le régulateur fait le reste. Nous ajouterons que le fonctionnement est tellement doux et silencieux, que, pour éviter les questions continuelles des visiteurs qui demandaient à quelle heure la turbine serait mise en route, on a dû placer une affiche ainsi conçue : *La Machine est en marche.*

Un essai de cette turbine contrôlé par le professeur Geo H. Bar-rus, a fait ressortir une consommation de 9 kilos de vapeur sèche

par kilowatt-heure, correspondant à 6 kilos 75 par cheval-heure. Et si on fait des relevés de consommation avec la vapeur surchauffée à 165°, la consommation de vapeur tombe à 7 kilos 25 par kilowatt-heure et 5 k. 50 par cheval-heure.

*Turbines Westinghouse.* — La turbine Westinghouse avait une puissance de 600 chevaux ; elle entraînait un alternateur de 400 kilowatts, la marche de cette machine était parfaite. En effet, elle fut mise en route le 20 juin et n'a pas cessé d'assurer le service pendant plus de 4.000 heures, sans un arrêt. Le 2 décembre, la carcasse de la turbine fut examinée par M. M. Foster, ingénieur en chef des machines à vapeur de l'Exposition, Holman, ingénieur inspecteur du gouvernement, président du bureau de contrôle des travaux publics de Saint-Louis, et un grand nombre d'autres ingénieurs.

Ils ont constaté que la turbine était en excellent état, qu'il n'y avait pas de pièce usée, et que les coussinets et axes étaient dans leur état de neuf. Cependant, cette turbine avait fourni pendant toute la durée de l'Exposition sa pleine charge à 3.600 tours, et parfois la charge variait brusquement de 25 % au-dessus ou au-dessous du maximum.

Des essais officiels furent faits à l'Exposition sur ce groupe et quoique les conditions n'aient pas été des plus favorables, puisque la vapeur n'était pas sèche, ni surchauffée, ils méritent cependant d'être consignés.

Charge en kw.....	418	300	193,5	99,4
Charge en chevaux.....	561	493	259,5	99,4
Pression de la vapeur à la valve d'admission.....	10 <sup>k</sup> 5	10 <sup>k</sup> 4	10 <sup>k</sup> 5	10 <sup>k</sup> 6
Nombre de tours par mi- nute .....	3553	3573	3586	3599
Quantité d'eau consommée par heure... ..	3800 <sup>k</sup>	2900 <sup>k</sup>	2180 <sup>k</sup>	1425 <sup>k</sup>
Quantité de vapeur con- sommée par heure par cheval .....	6 <sup>k</sup> 8	6 <sup>k</sup> 82	8 <sup>k</sup> 1	16 <sup>k</sup> 85

Mentionnons aussi la Compagnie *Hamilton Holtwarth* qui montrait une turbine de sa construction, mais pas en fonctionnement. Sa puissance était de 1.500 chevaux à 1.500 tours. Son corps comprend plusieurs couronnes à augets fixés et plusieurs augets mobiles. Sa marche était, paraît-il, bonne et les essais auraient donné une consommation de 5 kilos 4 de vapeur par cheval.

La Compagnie *Bullock* avait exposé dans son stand au Palais de l'Electricité une turbine de *Laval* de 300 chevaux, type trop connu pour être décrit.



## CHAPITRE II

---

### ESSAIS DE TRACTION ÉLECTRIQUE

---

L'administration de l'Exposition avait constitué une Commission d'ingénieurs de chemins de fer Métropolitains suburbains et Tramways, pour dresser un programme très complet d'essais et expériences sur le matériel et équipements électriques.

Ces essais devaient avoir lieu sur une voie double de 600 mètres, spécialement posée à cet effet à l'intérieur de l'Exposition ; mais cette installation étant insuffisante pour faire toutes les expériences prévues dans les courbes et rampes, il avait été décidé qu'elles seraient poursuivies sur les lignes de l'Indiana Union Traction Co.

Un Comité se composant des plus hautes notabilités en traction électrique, était chargé de suivre ces essais.

Le professeur Goldsborough fut choisi comme président.

Le professeur Norris, comme directeur des essais.

Une Commission spéciale, comprenant MM. Sprague, Wilgus et Slater, avait élaboré un projet d'essais pour les gros équipements de chemins de fer, qui spécifiait que :

1° Chaque partie qui soumettra du matériel aux essais, devra remettre une description complète de son système, avec dessins détaillés concernant les points qui devront être spécialement examinés.

Il devra être joint aussi une notice sur le système de contrôleur, sur la nature du courant à employer, continu ou alternatif, du choix du voltage, du choix des périodes, du choix des phases.

2° Tous les essais seront effectués sur la voie désignée par la Commission.

3° Il ne sera pas fait d'essais sur des locomotives électriques ou motrices de puissance inférieure à 500 chevaux.

4° Les essais seront effectués avec des locomotrices H. L. P. (1) ou remorquant des voitures. On relèvera :

- a) — La capacité des moteurs.
- b) — L'accélération.
- c) — Le temps de marche par vitesse acquise.
- d) — Le freinage.
- e) — L'échauffement.

Des courbes seront établies relativement à :

- f) — Vitesse et temps.
- g) — Distance et temps.
- h) — Voltage et ampérage par rapport au temps.
- i) — Kilowatts consommés par rapport à l'espace parcouru.
- j) — Diagramme de l'effort de traction sur tous les crochets de traction.

Si des moteurs à courant alternatif sont employés, on relèvera en outre les courbes.

- k) — Des kilowatts réels par rapport au temps.
- l) — Des kilowatts apparents par rapport au temps.

5° — Les essais comprendront aussi :

Les relevés des échauffements des induits, inducteurs, commutateurs, paliers, etc... à diverses vitesses et puissances.

6° — Les essais de contrôleurs comprendront :

- a) — Sécurité.
- b) — Point de vue pratique.
- c) — Economie.
- d) — Douceur de fonctionnement.
- e) — Groupement des moteurs.

7° — Les essais de multiple unit comprendront :

- a) — Douceur de démarrage.
- b) — Variation de l'économie et de la vitesse.
- c) — Reversibilité.

---

(1) H. L. P. — Haut-le-pied, c'est-à-dire sans remorque.

- d) — Fonctionnement avec un ou plusieurs moteurs coupés.
- e) — Rapport entre la consommation de marche et diverses données de démarrage et d'accélération.

8° — Les équipements seront examinés aussi :

- a) — Leur construction.
- b) — Leur poids et leur distribution.
- c) — Rapport du poids des équipements et de la partie mécanique.

d) — Nombre et type de voitures de remorque.

e) — Accélération.

f) — Influence de la voie.

9° Les essais seront faits sur chaque voiture motrice ou locomotrice pour déterminer :

a) — Le nombre de wattsheure par tonne-mille à diverses vitesses.

b) — Le nombre de wattsheure par tonne-mille de remorque.

c) — Wattsheure par tonne-mille avec la locomotrice, poids et vitesse variables.

10° — La méthode et les détails de ces essais seront arrêtés entre la Commission et le fournisseur du matériel.

Une Sous-Commission avait la surveillance des essais de traction électrique de puissance moyenne.

Ces expériences devaient être faites non seulement sur des équipements différents, mais aussi sur des voitures de différents types ; elles seront surtout poussées sur des voitures de 16 à 20 tonnes, munies de bogies de 8 à 12 tonnes chaque. L'équipement comprendra 4 moteurs de 75 chevaux de types différents.

Cette Commission devait porter toute son attention sur les trois points suivants, en dehors de la facilité de conduite à grande vitesse :

1° — La relation entre la moyenne des pertes électriques dans les moteurs et l'élévation de température avec variations de charge et de vitesse.

2° — La résistance d'un train, ou bien la puissance nécessaire pour entretenir un train à une vitesse constante (à une vitesse très élevée).

3° — L'évaluation de la marche de voitures équipées avec un appareil automatique qui règle l'accélération comparée avec une voiture dont le contrôleur est commandé à la main dans les mêmes conditions de fonctionnement.

La Commission plénière avait résolu de compléter leurs recherches conformément au programme général ci-dessous s'appliquant au matériel lourd et léger.

1° — Essais de divers types d'équipement électriques sur frein, pour rechercher les échauffements dans les induits, les inducteurs et les bobines inductrice.

2° — Essais de divers types d'équipement avec la détermination de leur rendement suivant leur marche et suivant la fréquence des arrêts.

3° — Détermination des courbes de torques et d'accélération.

4° — Détermination du courant consommé dans les résistances de démarrage de divers types de moteurs à des puissances différentes.

5° — Essais sur un équipement électrique pour déterminer à quelle puissance, à quelle vitesse, à quelle fréquence d'arrêt, il est économique d'appliquer l'automatisme de fonctionnement du contrôleur au lieu du contrôleur à main.

6° Essais sur divers contrôleurs à automatisme ou Multiple-Unit, pour comparer leur économie relative et la régularité du démarrage suivant les différents types d'équipement et de profil de ligne.

7° — Essais d'équipements pour déterminer les rendements de chacun comparés avec la capacité des moteurs.

La plupart des expériences de cette première partie pouvaient être exécutées sur une table d'essais ; la deuxième partie devait avoir lieu sur la voie expérimentale. Elle comprendrait :

8° — Essais pour comparer des équipements à 2 moteurs et à 4 moteurs.

a) — Détermination de la consommation d'énergie, avec travail variable et travail constant.

b) — Détermination de l'accélération avec travail variable et travail constant.

9° — Essais pour rechercher comment doivent être placés 2 moteurs sur une voiture à 2 bogies et à 4 essieux, soit avec un seul bogie, soit sur les 2 bogies.

10° — Accélération d'une voiture seule, comparée avec une motrice et une remorque, montrant la valeur de l'accélération et l'énergie consommée avec un contrôleur à main et avec un contrôleur automatique.

11° — Essais comparatifs de différents types de frein, soit électriques, soit mécaniques, relevés des rendements et de leur efficacité.

12° — Essais de frein, sur voiture isolée et sur voiture motrice avec remorque, suivant différentes conditions avec frein à main et et frein mécanique.

13° — Essais sur un équipement de voiture isolée pour déterminer la résistance passive des différents organes et la résistance au roulement due aux moteurs et aux essieux des bogies.

Les essais sur les batteries d'accumulateurs sont les suivants :

14° — Détermination du rendement d'une batterie à pleine charge sous charge moyenne ou sous charge variable.

15° — Détermination de la durée d'une batterie, suivant différentes conditions de marche.

On conçoit facilement l'importance de semblables essais dont le champ était si vaste ; ils intéressaient au plus haut point toutes les Compagnies de Chemins de fer et Tramways. Ce sont du reste elles qui supportaient, par des dons volontaires et contributions de matériel, les frais de ces expériences qui coûtèrent plus de 10.000 dollars, soit 50.000 francs.

La remise de ce rapport a été retardée autant qu'il se pouvait, pour que les résultats de ces expériences y soient relatés. Mais les Commissions ont voulu conserver les fruits de leurs travaux pour les publier dans un mémoire spécial qui paraîtra au Congrès international des Chemins de fer en 1905.

---



## CHAPITRE III

---

# RÉSEAUX A TRACTION ÉLECTRIQUE

---

L'application de la traction électrique ayant pris un développement considérable dans ces dernières années aux Etats-Unis, et cette question préoccupant à juste titre tous les ingénieurs de Chemins de fer, il n'est pas inutile de passer en revue les principaux réseaux américains équipés électriquement quoique les limites imposées au programme de ce rapport soient déjà dépassées.

A St-Louis même on constatait de suite, combien l'Américain attachait d'importance à faciliter les transports rapides et confortables. Un service très intense de tramways assurait les communications avec la ville et sa banlieue, tandis qu'à l'intérieur de l'Exposition circulait un Chemin de fer à traction électrique.

---

### CHEMIN DE FER DE L'EXPOSITION

L'Exposition était desservie par un chemin de fer électrique à trolley, dont la ligne à voie double avait une forme de ceinture. Les deux extrémités de cette ligne circulaire qui n'était pas complètement fermée étaient situées près de la porte d'entrée principale.

Pour ne pas déparer les grandes vues perspectives des avenues et des palais, la ligne était à niveau du sol et dissimulée par de la verdure et des arbres. Cependant, certaines parties, celles qui s'éloignaient du centre de l'Exposition, étaient en viaduc : mais elles étaient cachées avec beaucoup d'habileté dans la forêt.

La longueur de la ligne était d'environ 17 kilomètres sur lesquels se répartissaient 16 stations.

Les trains composés de trois voitures se succédaient dans chaque sens, toutes les 3' ou 10', suivant les heures de la journée.

Les deux voitures extrêmes étaient motrices, la voiture du milieu seule était de remorque. Les unes et les autres du type Semi-convertible, c'est-à-dire pouvant être closes ou découvertes à volonté, les panneaux se démontant.

La longueur de la caisse de la voiture était de 10 m. 50 ; une plate-forme de 1 m. 50 à chaque extrémité en donnait l'accès. La longueur totale du châssis de caisse était de 13 m. 50.

52 voitures avaient été affectées au service de cette ligne.

Les motrices étaient équipées électriquement avec les unités multiples G E. 70 ; les moteurs, d'une puissance de 50 chevaux, étaient au nombre de deux sur le bogie avant.

L'énergie de la ligne était fournie directement sous une tension de 600 volts par plusieurs des groupes exposés dans le Palais des Machines ; leur puissance totale s'élevait à 3.500 Kw.

Ce chemin de fer avait été prévu pour transporter dans chaque sens 200.000 voyageurs par jour. Il n'a jamais atteint ce chiffre, en raison de son tracé qui avait été établi pour sauvegarder toute l'esthétique de l'Exposition, et par cela même ne permettait pas d'aller d'un point quelconque à un autre point quelconque. En outre, de très nombreux passages à niveau non gardés suivant l'usage aux Etats-Unis, en ralentissaient la marche et la vitesse moyenne était très faible.

Le tarif était uniformément de 10 cents soit 0 fr. 50 centimes.

Des breacks automobiles électriques parcouraient en tous sens l'Exposition et des bateaux électriques desservaient les canaux et les bassins artificiels.

#### MOYENS DE TRANSPORT A SAINT-LOUIS

Les transports étaient assurés à Saint-Louis par 3 Compagnies qui sont :

La St-Louis Transit C<sup>o</sup>,

La St-Louis Suburban R<sup>r</sup> C<sup>o</sup>.

Le Wabash RR. C<sup>o</sup>.

Le réseau de la première Cie a 600 kilomètres de longueur ; il couvre toute la ville. De nouvelles lignes avaient été spécialement créées pour desservir l'Exposition ; celles-ci se terminaient en boucle aux différentes portes d'entrée. Les six boucles et le service des voitures étaient prévus pour transporter 50.000 voyageurs à l'heure.

La St-Louis Transit C° qui avait 893 voitures en service avant l'ouverture de l'Exposition a porté son effectif à 1.500 pour toute la durée de l'Exposition.

Les principales lignes qui drainaient le public vers l'Exposition avaient organisé respectivement leur roulement de voitures à raison de : une par 1/2 minute sur la ligne Olive ; leur contenance était en moyenne de 100 voyageurs, le débit pouvait atteindre 12.000 à l'heure.

Les départs sur la ligne Delmar encore plus fréquents, permettaient de transporter 26.000 voyageurs.

La St-Louis And Suburban Ry, 10.000 voyageurs à l'heure.

La Wabash C°, 15.000, soit au total 75.000 voyageurs à l'heure.

La Cie de chemin de fer du Wabash avait construit une station terminus dont la façade donnait sur l'entrée principale de l'Exposition. Cette gare spéciale était à 11 voies desservies par des quais elle pouvait satisfaire à un trafic de 25.000 voyageurs à l'heure.

Mais l'exploitation de cette ligne spéciale du Wabash fut une déception, parce que les trains circulaient entre la gare appelée Union Dépôt et celle de l'Exposition sans arrêt. Or, Union Dépôt est située à l'extrémité Est de la Ville, au bord de la rivière Mississippi ; dans cette région se trouvent tous les bureaux et magasins de la Ville et peu ou pas d'habitations. Les visiteurs de l'Exposition venant en grande partie des faubourgs de St-Louis qui offrait aux étrangers des hôtels et des maisons meublées à profusion, il leur aurait fallu perdre beaucoup de temps pour aller prendre les trains à Union Dépôt.

Le jour de l'ouverture de l'Exposition, le nombre de voyageurs transporté fut :

927.000 voyageurs avec 1.000 voitures en service sur la St-Louis Transit C°.

94.000 voyageurs avec 110 voitures sur la St-Louis And Suburban C°.

Et enfin 16.514 sur le Wabash RR. C°.

Les voitures des Cies de tramways de St-Louis étaient uniformément du type semi-convertible ; elles sont dans leur ensemble comme toutes les voitures similaires à bogies.

L'équipement électrique était fournie par la Cie Westinghouse ; il comprenait un des nouveaux types (série n° 95) à 2 moteurs de 40 chevaux ; le bogie avant, à 2 essieux, était seul moteur.

Les moteurs avaient reçu tous les derniers perfectionnements de la Cie Westinghouse, principalement en ce qui concerne leur graissage.

Tous ces véhicules étaient munis du frein à air comprimé, mais au lieu d'avoir un compresseur, chaque voiture motrice portait des accumulateurs d'air comprimé.

#### METROPOLITAIN DE NEW-YORK

La ville de New-York, admirablement desservie par un système de tramways électriques à caniveau et par un chemin de fer aérien, a mis tout dernièrement en exploitation (octobre 1904) une ligne métropolitaine souterraine qui assure les communications entre la banlieue de New-York et son centre.

On sait que la Ville comprise entre les rivières d'« East River » et « Hudson River » est toute en longueur du Nord-Est au Sud-Est. La partie Sud-Est de la Ville n'est pas habitée, mais occupée seulement par les bureaux ; elle appelle le matin une affluence de population telle qu'à certaines heures, malgré la fréquence des voitures de tramways qui se succèdent très rapidement à quelques mètres d'intervalle, il est difficile d'assurer le transport total des voyageurs.

Le subway de New-York a donc été tracé en vue de suppléer à cette insuffisance de moyens de transport.

Le réseau se compose actuellement d'un tronçon principal de 10 Km. de long, se divisant en deux branches à la hauteur de la 104<sup>me</sup> rue vers la fin de Central Park.

La ligne Ouest a un développement de	11 Km.	500
La ligne Est	»	» de 11 Km.

La longueur totale atteint donc 33 kilomètres ; les plus fortes rampes sont de 30 m/m par mètre.

La traversée des rivières Harlem et East est faite en souterrain dans des tubes en fonte.

La plus grande partie des lignes est à 4 voies ; les deux voies centrales sont affectées au service des trains express et les 2 voies extérieures au service des trains omnibus. Les trains express s'arrêtent en moyenne à toutes les 5 gares, c'est-à-dire qu'ils brûlent 4 gares sur 5 ; les quais des gares sont situés dans l'entre-voie des lignes de même sens, de telle sorte que les voyageurs d'un train omnibus peuvent passer rapidement dans un train express ou réciproquement.

Le nombre total des stations est de 49, parmi lesquelles 37 sont souterraines et 12 aériennes. Aux stations terminus sont disposées des boucles permettant aux trains de tourner.

L'écartement des voies est normal ; les rails sont en acier de 50 kilos par mètre courant. Dans toutes les courbes, les rails sont munis de contre-rails intérieurs. Le plus petit rayon de celles-ci est de 45 mètres.

Le rail conducteur est en acier ; il pèse 37 kilos par mètre, sa composition est spéciale pour augmenter sa conductibilité.

Carbone .....	de 8 à 15 %
Silice .....	5 %
Phosphore .....	10 %
Manganèse .....	de 50 à 70 %
Soufre .....	5 %

La résistance chimique de ce rail ainsi composé est 8 fois supérieure à celle du cuivre.

La longueur des rails est de 18<sup>m</sup>30.

Le troisième rail est posé sur un isolateur en grès artificiel.

L'énergie électrique nécessaire à l'exploitation normale est produite sous forme de courants triphasés à 25 périodes 11.000 volts, dans une usine génératrice située près de l'Hudson River, dont la puissance totale est de 60.000 kilowatts chacun. Les principales stations de production d'énergie de New-York produisent le courant sous la même forme et peuvent alimenter à titre de secours l'usine.

La chaufferie et la salle des machines sont placées côte à côte ; la longueur commune est de 112 mètres ; leurs largeurs respectives sont de 25<sup>m</sup>50 et 35<sup>m</sup>50. Les chaudières du type multitubulaires sont de Babcock et Wilcox, chacune a une surface de 560 mètres carrés et produit la vapeur sous 15 kilos.

A titre d'essais, un certain nombre de chaudières sont pourvues de surchauffeurs système Rosenthal, de 71 m.q. de surface de chauffe, et d'économiseurs. L'application de ces appareils sera étendue si on en reconnaît l'utilité. Le chargement du combustible est fait automatiquement sur 2 groupes de chaudières, par des appareils système Roney : sur les autres groupes, il est fait à la main.

Le charbon est amené dans les soutes qui surplombent la chaufferie au moyen de transporteurs. Les soutes ont une contenance totale de 10.000 tonnes.

L'eau de condensation est prise dans l'Hudson. L'eau d'alimentation est fournie par les canalisations de la Ville ; elle passe par des réservoirs où elle est échauffée par la vapeur des machines auxiliaires, et par les économiseurs.

Actuellement la salle des machines comprend neuf groupes composés chacun d'une machine à vapeur double de 7.500 chevaux, entraînant un alternateur triphasé de 5 000 Kilowatts, 3 turbo-générateurs de 1.250 Kws pour l'éclairage, 2 machines à vapeur de 400 chevaux et 3 moteurs triphasés de 365 chevaux accouplés à des dynamos à courant continu de 250 Kws sous 250 Volts, assurant l'excitation des alternateurs.

Les extensions futures ne comprennent que des groupes turbo-générateurs de 8.000 à 9.000 Kilowatts.

Les machines à vapeur Allis Corliss, dont la puissance normale est de 7.500 chevaux se composent de 2 machines compound accouplées sur le même arbre moteur ; les cylindres de haute pression sont horizontaux, ceux de basse pression sont verticaux, avec distribution par tiroir cylindrique.

La température de la vapeur oscille entre 230° et 260° sous une pression de 12 Kilos.

Les dimensions principales de ces machines sont :

Diamètre des cylindres à H. P. ....	1.067
Diamètre des cylindres à B. P. ....	1.184
Course commune .....	1.524
Vitesse de rotation .....	75 tours par minute

La condensation de la vapeur est assurée par deux condenseurs Alberger sur chaque machine.

Les alternateurs produisent le courant sous 11.000 Volts ; leurs dimensions principales sont les suivantes :

Hauteur totale extérieure .....	12 <sup>m</sup> 275
Largeur totale extérieure .....	13 <sup>m</sup> 276
Diamètre de l'inducteur .....	9 <sup>m</sup> 760
Poids de l'inducteur .....	150 <sup>T</sup>
Nombre de pôles .....	40
Nombre d'encoches d'induit .....	360

Le courant d'excitation à puissance normale est de 225 Amp. sous 200 Volts.

Les enroulements induits groupés en étoile ont été soumis aux essais aux tensions de :

- 25.000 Volts pendant 30' ;
- 30.000 Volts pendant 1' ;
- 35.000 Volts pendant 1".

Lorsque l'essai de 30' eut lieu, pendant que le potentiel était élevé graduellement à 25.000 Volts, il se produisit une décharge statique importante à la surface des enroulements. Celle-ci décrut par la suite pour disparaître complètement après 20'.

Pour  $\cos\phi = 1$  les rendements sont les suivants :

1/4 de charge .....	90.50 %
1/2 charge .....	94.75 %
3/4 de charge .....	96.25 %
Pleine charge .....	97 %
5/4 de charge .....	97.25 %

Les rendements sont résumés dans le tableau N° 6 ci-dessous, et sont supérieurs aux garanties données par le fournisseur.

TABLEAU N° 6

DÉSIGNATION	1/4 de pleine charge	1/2 de pleine charge	3/4 de pleine charge	Pleine charge	1 1/4 de pleine charge
Perte dans le fer en K W . . .	38,69	38,69	38,69	38,69	38,69
Perte dans l'induit I <sup>2</sup> R. . . . .	1,51	6,04	13,59	24,16	37,75
Perte dans l'induct <sup>r</sup> I <sup>2</sup> R. . . . .	35,54	35,54	35,54	35,54	35,54
Pertes totales K W . . . . .	75,74	80,27	87,82	98,39	111,98
Courant aux bornes de sorties K W . .	1.250 »	2.500 »	3.750 »	5.000 »	6.250 »
Courant produit K W . . . . .	1.325,74	2.580,27	3.837 »	5.098,39	6.261,98
Rendement réel. . . . .	94,29	96,50	97,71	98,06	98,24
Rendement garanti . . . . .	90 »	94,50	95,50	96,50	97 »

Il est imposé en outre que : pour une charge de 263 Amp. aux bornes sous 11.000 Volts avec un facteur de puissance de 100 %, la force électro-motrice ne doit pas varier de plus de 6 % si le circuit est brusquement coupé, la machine tournant à vitesse constante et sans modification dans l'excitation. La machine à vapeur est réglée de telle sorte que sa vitesse varie seulement de 4,5 % de la pleine charge à la décharge.

Les températures de l'air brassé par l'alternateur atteignent respectivement, après 17 heures de marche :

Aux bobines inductrices .....	22°5 cent.
Aux bobines d'induit .....	22°6 cent.
Au fer d'induit .....	25°5 cent.

Pour  $\cos \varphi = 1$  et un courant de 263 Amp. par phase sous 11.000 Volts, l'élévation de tension résultant d'une décharge brusque ne dépasse pas 6 %. Les élévations de température en service ont les valeurs suivantes : à la puissance normale de 263 Amp.  $\cos \varphi = 1$  l'élévation de température d'aucune partie ne dépasse 35° après 2<sup>h</sup> heures de fonctionnement. Pour une surcharge de 25 % et  $\cos \varphi = 1$ , l'élévation de température ne dépasse pas 45° dans les mêmes conditions.

Pour une charge de 263 Amp. avec  $\cos \varphi = 0,9$ , l'élévation de température ne dépasse pas 40° après 24 heures de fonctionnement.

Les courants à haute tension provenant des alternateurs sont



recueillis sur deux jeux de barres : chaque alternateur et chaque groupe de feeders peuvent être connectés.

Sur chaque feeder est placé un disjoncteur automatique à huile, mais à minuterie pour retarder son fonctionnement.

Le tableau est divisé en autant de panneaux que de machines et de feeders. Un tableau spécial est réservé pour l'éclairage de l'usine et de la ligne.

Une batterie d'accumulateurs de 3.000 Amp. heure est toujours en circuit.

Le nombre total de S/Stations sera de 12 ; actuellement, 9 sont en service.

Chaque sous-station est prévue pour 8 unités, sauf l'une qui pourra en contenir 10.

Les commutatrices compound sont de 1.500 Kilowatts alimentées par des transformateurs statiques refroidis à l'air ; elles reçoivent le courant secondaire alternatif sous 390 Volts et rendent du courant continu à 625. Leur nombre de tours est de 250 à la minute.

Les rendements de ces commutatrices sont :

A 1/2 charge .....	95,5 %
A 3/4 de charge .....	96,5 %
A pleine charge .....	96,9 %
1/4 de surcharge .....	97,1 %

L'échauffement après un fonctionnement continu de 24 heures à charge normale ne dépasse pas 35° pour l'induit et les inducteurs et 40° pour le collecteur des commutatrices.

L'élévation de température pour les transformateurs statiques atteint 35° environ après 24 heures de fonctionnement.

Le démarrage des commutatrices s'obtient au moyen d'un groupe moteur transformateur.

L'air comprimé nécessaire à la manœuvre des signaux de la ligne est fourni par des compresseurs d'air répartis dans les sous-stations.

Les trains sont composés de 8 voitures aux heures pleines et de 6 et 5 voitures aux heures creuses.

Les trains de 8 voitures sont remorqués par 5 motrices réparties en tête, au milieu et en queue; dans les trains de 5 voitures, il y a 3 motrices : une en tête, une au milieu et une en queue.

Les voitures motrices et les voitures de remorque ont 12 mètres 50 de longueur et sont supportées par 2 boggies et 2 essieux dont l'écartement est de 2 mètres. Les 2 essieux du boggie avant sont attaqués par 2 moteurs de 200 chevaux. L'équipement des voitures motrices est du type Multiple-Unit Sprague-Général Electric C°.

Le frotteur de courant est constitué par une plaque horizontale qui oscille autour d'un axe; ce frotteur est fixé à la traverse du boggie avec des isolants intermédiaires. Le courant, à la sortie du frotteur, traverse un fusible.

La vitesse commerciale des trains est de 40 kilom. à l'heure; y compris les arrêts, la vitesse maximum est de 72 kilom. à l'heure.

Pour obtenir cette vitesse commerciale sans atteindre des vitesses exagérées, il est nécessaire d'avoir une grande rapidité de démarrage; l'accélération des trains est de 0 m. 550 par seconde en palier. L'effort de traction total à produire sur les crochets d'attelage est de 20.000 kilos; le courant consommé dans ces conditions atteint 325 amp. sous 600 volts.

Les moteurs type série à courants continus ont été construits par deux maisons différentes, mais ont les mêmes caractéristiques; ils sont de 200 chevaux et prévus pour fonctionner sous une tension moyenne de 570 volts. Les uns pèsent 2.700 kilos, les autres 2.600 kilos. Les premiers ont un rapport d'engrenages de 19/63, les seconds de 20/63.

Toutes les pièces qui composent l'équipement sont placées au-dessous du plancher de la voiture. De grandes précautions ont été prises pour éviter l'incendie et la propagation du feu qui peut prendre naissance à la suite d'une étincelle ou d'un court-circuit.

La paroi inférieure du plancher est entièrement recouverte de tôles d'acier; le plancher est constitué en grande partie par des panneaux composés en amiante et silicate de soude. Les câbles sont placés dans des canalisations en amiante. Ceux-ci sont isolés au caoutchouc, mais les couches de caoutchouc sont séparées et recouvertes d'amiante tressé. Les câbles flexibles passent dans des tubes métalliques qui protègent l'isolement.

Tout le bois employé pour la construction des voitures est ignifugé sous pression.

L'éclairage et le chauffage des voitures sont électriques.

L'éclairage est assuré dans le compartiment par 26 lampes de 10 b.; 4 autres lampes sont réparties à raison de 2 dans la loge et 2 comme signaux à l'avant de la voiture.

Pour le chauffage, des résistances sous porcelaine sont placées dans des chauffeuses au pied des banquettes.

Les 500 premières voitures qui furent construites étaient entièrement en bois, mais afin d'éviter toute chance d'incendie, la Compagnie du Métropolitain de New-York étudia en 1903 la construction des voitures entièrement en acier et, en 1904, elle passait commande de 200 voitures métalliques.

La sécurité sur les lignes du Subway est assurée par des signaux de l'Union Switch and Signal Co. Le système employé est nouveau en ce sens que les signaux sont actionnés par le courant alternatif. Le courant continu a été rejeté pour la commande des signaux en raison des variations de tension qui se produisent sur le courant continu de traction; il en résulte que les appareils contrôleurs du circuit de voie peuvent être influencés et en souffrir dans leur fonctionnement.

Les signaux sont du système de l'Union Switch Co; chaque sémaphore comporte deux bras : l'un, commande l'arrêt absolu, tandis que l'autre sert de signal avancé il est par conséquent permissif. Chaque train est couvert par un sectionnement entier, c'est-à-dire par deux signaux absolus et trois permissifs.

Lorsque le signal absolu est mis à l'arrêt simultanément, une pédale automatique sort en relief sur le côté d'un des rails de roulement. Cette pédale actionne au passage d'un train une valve placée sur la conduite générale de ce train, l'air s'échappe par cette valve et le train se bloque.

Le fonctionnement de ces signaux est parfait; mais le coût de leur installation est élevé. Leur équipement comprend en outre des appareils de signalement, des moteurs générateurs pour la production du courant alternatif, des moteurs générateurs pour la charge des batteries d'accumulateurs pour les compresseurs d'air.

D'autre part, leur entretien est facile; étant donné la sécurité de fonctionnement et la fréquence de marche de ces signaux, les prix de revient des frais d'exploitation sont relativement faibles.

## METROPOLITAIN DE BOSTON

La ville de Boston possède l'un des plus intéressants systèmes de transport en commun qui existe aux États-Unis.

Des lignes de tramways à trolley furent installées en 1887 dans cette ville, qui eut les premiers réseaux en souterrain.

Le 1<sup>er</sup> juin 1901, l'ensemble des lignes aériennes et souterraines formait un métropolitain exploité par la Boston Ry Co.

La longueur des voies simples des tramways est de... 643 km

La longueur des voies simples du Métropolitain est de... 22<sup>k</sup>436

Cette dernière ligne qui présente le plus d'intérêt est en  
viaduc sur une longueur de ..... 8817 m.  
et en souterrain sur ..... 2401 m.

Elle réunit Sullivan Square à Dudley St., c'est-à-dire le quartier Nord au quartier Sud de la ville.

Au centre de Boston, la ligne se sépare en deux parties, l'une aérienne et longeant Atlantic Avenue, l'autre souterraine sous Common, Trumond, Hanover, etc... Street.

La partie aérienne est établie pour recevoir une double voie.

La ligne souterraine comprend quatre voies sur une grande partie de sa longueur : deux voies pour les tramways et deux voies venant des lignes en viaduc.

Les voies de tramways existaient avant l'établissement du Métropolitain pour lequel on a, sur certaines parties, élargi le souterrain existant, et sur d'autres, construit un souterrain nouveau.

Le profil et le plan de la ligne sont en certains points très accidentés : ainsi, entre Haymarket Sq. et Boylston St., ils présentent une rampe de 8 0/0 entre Boylston et Pleasant St., la même rampe est en courbe de 27 m. de rayon.

La courbe minimum est de 24 m. 60.

Les deux extrémités de la ligne sont terminées par des boucles des garages et des ateliers.

*Matériel roulant.* — Le nombre total de véhicules est de 180 dont :

- 175 voitures à voyageurs, automotrices,
- 1 voiture de secours,
- 1 voiture avec outillage,
- 3 wagons plats.

Les dimensions des voitures sont de :

Longueur entre système d'attelages .....	14 <sup>m</sup> 445
Largeur entre extrémité des traverses .....	2,680
Largeur au droit des plates-formes .....	2,220
Hauteur des plates-formes au-dessus des rails .....	1,118
Entre-axe des boggies .....	9,812
Longueur intérieure de la caisse .....	11,152
Hauteur de la voiture .....	3,787
Empattement des essieux du boggie porteur .....	1,677
Empattement des essieux du boggie moteur .....	1,825
Poids à vide .....	29 <sup>T</sup> 55
Poids en charge .....	36 <sup>T</sup>
Pourcentage du poids réparti sur le boggie moteur ...	63,45%
Nombre de places offertes .....	48

Les moteurs de types différents, sont répartis au nombre de :

200 moteurs Westinghouse de 150 chevaux, rapport d'engrenage  $50/21 = 2,38$ .

100 moteurs Westinghouse de 150 chevaux, rapport d'engrenages  $54/17 = 3,18$ .

48 moteurs de la General Electric de 170 chevaux, rapport d'engrenages  $59/18 = 3,28$ .

Les équipements électriques sont du type Unité Multiple Sprague General Electric.

Les équipements des freins sont du système Christensen.

A certaines heures de la journée, les voitures sont extrêmement surchargées: 200 personnes arrivent à prendre place dans une voiture de 48 places. Dans ce cas de surcharge, la puissance dont on dispose par tonne remorquée est de 6 chev. 8. Ce chiffre est l'un des plus élevés qui soit atteint par les exploitations de ce genre: aussi les démarrages sont très rapides et le coût d'entretien de ce matériel est inférieur à celui des lignes similaires.

D'après des relevés officiels, l'accélération obtenue en palier et en alignement droit avec ces voitures est de 1 m. 8 par seconde.

La vitesse maximum à l'heure, en palier et en alignement, est de 72 kilom.; la vitesse commerciale de 22 kilom. 600.

Les caisses des voitures sont du type généralement en usage aux Etats-Unis. Les banquettes sont disposées sur les côtés paral-

lèlement à l'axe longitudinal de la voiture. Dans chacun des 2 angles de droite se trouve une cabine pour le conducteur. La loge inoccupée est livrée au public, car la porte qui donne accès de cette loge dans la voiture peut être rabattue à l'intérieur et verrouillée, de façon à protéger les appareils. A l'avant et à l'arrière, sont 2 plates-formes d'accès; au milieu, une porte roulante dessert le centre de la voiture aux heures d'affluence.

Le contrôleur et l'inverseur sont placés sous les banquettes. Le conducteur a sous sa main le manipulateur, le robinet de frein et les divers interrupteurs. Tous les autres appareils sont placés sous la voiture.

Les patins frotteurs de courant qui étaient autrefois du type courant suspendu par deux bielles, ont été dernièrement modifiés; ils se composent maintenant d'un patin en acier forme U dont les branches évasées coulisent dans des glissières. Ce patin est maintenu en contact avec le troisième rail non seulement par son propre poids, mais aussi par l'action directe d'un ressort à pinces. Ce nouveau frotteur donne, paraît-il, d'excellents résultats.

La partie isolante des frotteurs supporte en outre une brosse à crins métalliques rigides, d'un diamètre assez gros; cette brosse est poussée du haut en bas par un ressort, elle peut être relevée complètement par une manette à came montée sur son axe.

Cette brosse sert non seulement à chasser la neige, mais aussi le verglas qui peut se former sur le rail conducteur. Ce dispositif est indispensable dans une contrée où les froids sont de longue durée et rigoureux.

*Usines.* — L'énergie totale pour l'alimentation des lignes de Boston est fournie par 8 stations génératrices qui ont une capacité normale de 36.444 kilowatts sous 550 volts; leur répartition est la suivante :

1. Usine Centrale.			
Capacité : 14,400 Kw.	Unités.....	{	1. — 2,700 Kw. 2. — 1,500 Kw. 6. — 1,200 Kw. 30. — 50 Kw.
2. Usine Lincoln.			
Capacité : 8,100 Kw.	Unités.....		3. — 2,700 Kw.
3. Usine Charlestown.			
Capacité : 4,300 Kw.	Unités.....	{	1. — 2,700 Kw. 2. — 800 Kw.

4. Usine Harward.		
Capacité : 3,000 Kw.	Unités.....	3. — 1,200 Kw.
5. Usine East Cambridge.		
Capacité : 2,700 Kw.	Unités.....	6. — 450 Kw.
6. Usine Dorchester.		
Capacité : 2,000 Kw.	Unités.....	2. — 100 Kw.
7. Usine Allston.		
Capacité : 744 Kw.	Unités.....	12. — 62 Kw.
8. Usine East Boston.		
Capacité : 600 Kw.	Unités.....	3. — 200 Kw.

Ces stations, très différentes les unes des autres, ayant été construites à des époques successives, se trouvent avoir des exploitations peu uniformes, ainsi que l'on peut s'en rendre compte par la fig. n° 62 qui donne le diagramme des frais d'exploitation du 11 octobre 1901 au 30 septembre 1902.

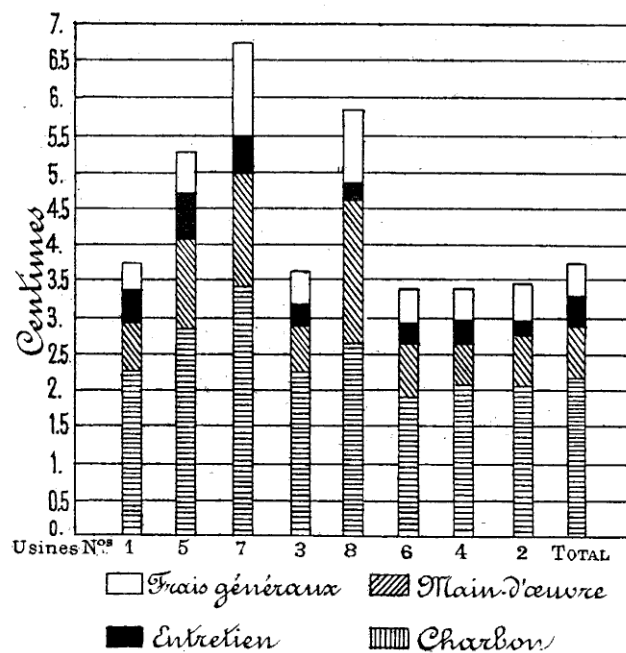


FIG. 62.

On voit que les usines les plus anciennes et de plus petite capacité, telles que : East Cambridge-Allston et East Boston ont des coefficients d'exploitation beaucoup plus élevés.

Les stations centrales de Dorchester, Harward et Lincoln, ont par contre, un fonctionnement économique ; du reste, celles-ci sont récentes et ont été construites et équipées avec les derniers perfectionnements.

Le charbon revient à 17 fr. 50 la tonne rendue à pied d'œuvre.

Les feeders sortent des usines en câbles souterrains, sauf à East Cambridge, Allston et East Boston où les câbles sont aériens.

*Réseau de distribution.* — Les feeders ont les longueurs respectives suivantes pour les diverses stations :

Station Centrale .....	kil. 13.000
— Lincoln .....	3.400
— Charlestown .....	8.300
— Dorchester .....	8.050
— Harward .....	9.500
— East Cambridge .....	9.850
— East Boston .....	3.200

Des survolteurs sont placés sur les circuits de la station centrale pour maintenir le voltage sensiblement constant.

Le rail électrique est fréquemment sectionné sur tous les réseaux (tous les 300 mètres en moyenne) ; chaque section est commandée par des interrupteurs, il est ainsi très facile d'isoler une partie de ligne sur laquelle un incident se produit.

Il y a deux sortes de feeders : les feeders réunissant les usines entre elles et sur lesquels se trouvent des interrupteurs permettant d'en isoler une quelconque, et les feeders d'alimentation du troisième rail sur lesquels sont prises les dérivations pour les sections de lignes.

*Voie et signaux.* — La voie est non seulement de pose soignée, mais elle est très bien entretenue. Les rails du type Vignolles sont de 42 k. 500 le mètre : la hauteur du fer est de 130 mm. et la longueur de 9 mètres.

Les traverses sont espacées de 36 centimètres d'axe en axe ; leur longueur est de 2 m. 40. Le rail repose sur les traverses avec interposition d'une selle à fer à crampons.



L'éclissage mécanique est du type Weber pour les joints isolés : les autres joints sont constitués par des éclisses cornières embrassant complètement le rail.

L'éclissage électrique se compose de 2 câbles en cuivre fixés en dessous du patin et dont les cosses sont rivées dans ce patin. Les éclisses sont formées de plusieurs feuilles de cuivre rouge fixées aux têtes. La pose des éclisses est faite au moyen d'une presse hydraulique.

Les traverses posées en courbe ont leur face supérieure inclinée, afin de permettre de donner facilement le dévers. Celui-ci est au maximum de 10 cm.

Toutes les courbes sont munies de contre-rails jusqu'à 450 m. de rayon. Ces contre-rails sont constitués par des rails de 50 kilos le mètre. Ils sont surélevés de 2 centimètres et ont un patin dissymétrique. La distance des champignons des 2 rails varie de 45 à 70 mm. suivant la courbe ; cette variation est obtenue au moyen d'une entretoise spéciale qui, par sa construction en 2 parties, permet de faire varier à volonté l'écartement.

Les vitesses des trains dans les courbes sont limitées à 16 kilom. à l'heure pour un rayon inférieur à 38 m. et à 26 kilom. à l'heure, pour les rayons compris entre 38 m. et 100 m.

Les rails de roulement ont une composition chimique de :

Carbone .....	0,636 %
Manganèse .....	0,936 %
Soufre .....	0,034 %
Cuivre .....	0,016 %
Phosphore .....	0,084 %
Arsenic ....	0,019 %
Silice .....	0,101 %
Scorie .....	0,106 %
Chrome .....	Trace

Pour prolonger les rails dans les courbes de petit rayon, ceux-ci ayant une durée extrêmement faible (44 jours de service en moyenne), la Compagnie du Boston Elevated a essayé des rails à forte teneur de manganèse. Leur usure est notablement plus lente, puisque la moyenne de durée de ces rails serait de 3 ou 4 ans, mais leur prix est de 83 francs le mètre, tandis qu'il est de 7 francs le mètre pour les rails ordinaires.

Les appareils de voie sont bien construits et leur pose est soignée. La longueur des aiguilles varie entre 3 m. 60 et 8 m. 10.

La manœuvre des aiguilles est entièrement automatique : elle se fait à distance comme au Subway de New-York, électro-pneumatiquement.

Tous les leviers de manœuvres sont réunis dans des postes d'enclenchements. Les trains sont munis de feux avant de couleurs différentes ; l'aiguilleur dirige le train sur la direction indiquée par ces signaux. Les enclenchements et verrouillages des appareils sont tels qu'il n'est pas possible qu'il se produise de rencontres ou prises en écharpe.

Les signaux ont été installés par l'Union Switch and Signal C<sup>o</sup> ; ils sont du même type que ceux du Subway de New-York.

*Rail conducteur.* — Le 3<sup>e</sup> rail a le même profil et la même longueur que le rail de roulement ; il est en acier doux et pèse aussi 42 kilos 500 le mètre.

*Isolateurs.* — Divers systèmes d'isolateurs ont été essayés, entre autre, le type OETNA ; en dernier lieu, la Compagnie a adopté un isolateur qu'elle construit elle-même. Il comprend une armature métallique en acier coulé dont les parties supérieures et inférieures sont isolées au moyen d'un tuyau en grès vitrifié, à section polygonale.

Ces isolateurs sont placés toutes les cinq traverses.

---

## ELECTRIFICATION DE LIGNES SUR LE NEW-YORK CENTRAL AND HUDSON RR C<sup>o</sup>

La Compagnie du chemin de fer du New-York Central a récemment équipé électriquement 2 lignes dont une de 55 kilom. de longueur, de la station « Grand Central » à celle de « Croton ». L'autre, située sur la division dite « Harlem » a 39 kilom. de long jusqu'à White Plains.

Ces 2 lignes ont été transformées à titre d'essai. Dans le cas où leur exploitation donnerait satisfaction cette application serait étendue.

L'équipement électrique est du type « Sprague » ; les trains d'un tonnage inférieur à 450 T. sont remorqués par une motrice ; au-dessus de cette charge la traction est assurée par 2 ou plusieurs motrices.

Les automotrices de cette ligne sont à 4 essieux moteurs et 2 essieux porteurs. Ces derniers sont montés sur pivot.

Chacun des essieux moteurs porte directement calé sur lui, l'induit d'un moteur bipolaire à courant continu ; les inducteurs de ces 4 moteurs sont placés horizontalement en série les uns derrière les autres, et forment un système magnétique complet fermé par une carcasse magnétique qui sert en même temps de châssis au truck du véhicule.

Les quatre essieux sont donc accouplés entre eux magnétiquement. Les masses polaires sont presque plates et sont à peine entaillées en forme d'arc de cercle, de sorte que l'induit qui suit les oscillations de l'essieu, peut se déplacer verticalement par rapport aux inducteurs qui, supportés par le châssis, sont suspendus.

Le poids de l'induit et de son essieu monté est de 5.000 Kilos.

Les balais des induits sont montés sur une bague isolante qui est elle-même supportée par la boîte à huile avec des ressorts intermédiaires (voir Fig. 63)

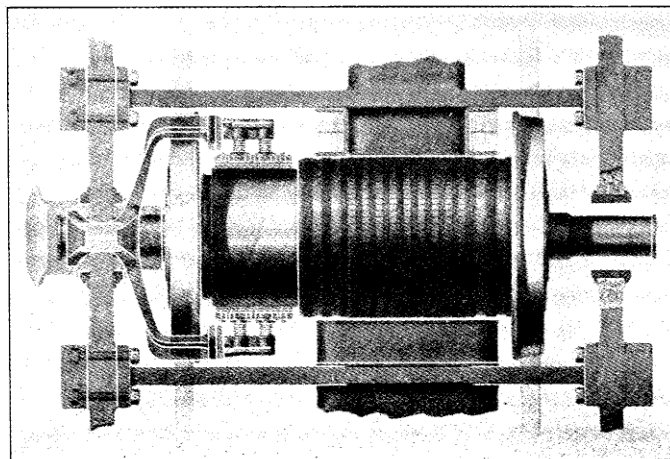


FIG. 63. — Plan schématique d'un moteur de la motrice N.Y.C.R.R.

L'écartement entre les masses polaires est de 813 mm. ; le diamètre de l'induit 775 cm. ; l'entrefer est de 19 mm. On remarque qu'au point de vue de la réparation, cette solution est très avantageuse, car il suffit de descendre l'induit avec son essieu dans une fosse sans défaire aucune connexion ni démonter aucun organe du moteur.

Pour compenser les variations d'entrefer des différents moteurs ou les inégalités de diamètre des roues, on a prévu entre chaque groupe de 2 moteurs un cadre reliant les électros à la culasse et par lequel peuvent passer 40 à 50 % des lignes de force du champ principal ; chaque moteur peut donc, dans certaines limites, être indépendant des voisins.

Pour diminuer la réaction d'induit considérable dans des moteurs bipolaires de ce type, on a adopté le bobinage à cordes. A 1.000 Amp. sous 650 Volts, on ne constate aucune étincelle.

Un des reproches que l'on peut faire à cette disposition de moteur est le poids mort apporté à l'essieu par l'induit ; mais il ne faut pas oublier que sur des voies prévues pour des locomotives à vapeur ce poids mort est de faible valeur comparé aux perturbations des machines à mouvement alternatif.

Tous les appareils de commande sont doubles, chaque extrémité de la motrice en étant pourvu.

Un couloir central règne sur toute la longueur ; de chaque côté sont placés les contacteurs, résistances, inverseurs, etc... enfermés dans des boîtes incombustibles où ils sont facilement accessibles et réparables.

Le contrôleur du type Sprague bien connu a été perfectionné au moyen d'un dispositif qui consiste en un rochet actionné magnétiquement, destiné à arrêter le tambour dans sa rotation lorsque le courant qui passe dans les moteurs a atteint son maximum.

Le poids total de la locomotrice atteint 95 T. ; le poids sur les essieux moteurs est de 69 T. Le poids utile pour l'adhérence est donc de 73 % du poids total.

Les moteurs peuvent être groupés, savoir :

- 1° 4 induits en série.
- 2° 2 groupes en série de 2 induits en parallèle.
- 3° 4 induits en parallèle.

Le courant est recueilli par 4 frotteurs sur le 3<sup>e</sup> rail, mais pour les manœuvres en gare et au dépôt, l'alimentation se fait par un fil de trolley et un archet placé sur le toit du véhicule. Ce dernier est manœuvrable par le wattman au moyen de l'air comprimé.

Les essais effectués sur la première automotrice de ce type donnèrent les résultats suivants :

Longueur totale de la locomotive .....	11 <sup>m</sup> 30
Largeur maxima .....	3 <sup>m</sup> 05
Hauteur maxima .....	4 <sup>m</sup> 40
Distance des essieux moteurs extrêmes .....	4 <sup>m</sup> 00
Distance totale entre essieux porteurs .....	8 <sup>m</sup> 20
Diamètre des roues motrices .....	1,118 m/m
Puissance normale .....	2,200 chx
Puissance maxima .....	3,000 chx
Effort normal de traction .....	9,250 Kgs
Effort maxima .....	14,500 Kgs
Vitesse avec une charge totale remorquée de 500 T....	97 Km à l'h.
Tension .....	600 Volts
Intensité de courant normal à pleine charge .....	3,050 Amp.
Intensité de courant maxima à pleine charge .....	4,300 Amp.

La vitesse maxima atteinte a été de 100 kilom. à l'heure avec un train de 8 voitures, pesant 431 T. et 115 kilom. à l'heure avec un train de 4 voitures, pesant 265 T.

L'accélération avec 8 voitures a été de 0,24 m. par seconde, et au maximum 0,27 par seconde ; l'effort de traction était de 12.200 kilos.

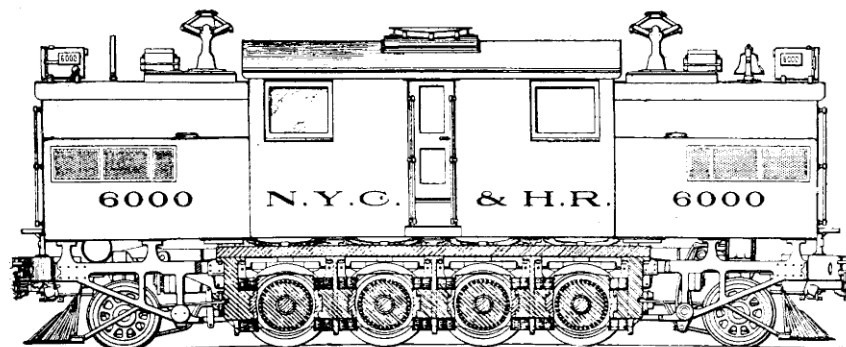


FIG. 64. — Coupe des moteurs de l'Automotrice montrant la carcasse magnétique

Le train à 4 voitures a eu une accélération moyenne de 0,358 mm. par seconde, avec 10.000 kilos d'effort de traction.

Le rendement des moteurs atteint 93 %.

Des moteurs monophasés dans l'état actuel de leur construction n'auraient eu que 87 à 88 % de rendement : cette différence de rendement serait supérieure à la perte d'énergie due à la transformation du courant par des commutatrices dans une sous-station.

Des expériences comparatives furent entreprises dernièrement par les Compagnies du New-York Central et la Général Electric, entre une locomotive à vapeur du type Pacific et une locomotive électrique, toutes deux ayant pratiquement une même répartition de poids sur les roues motrices. La supériorité d'accélération de la locomotive électrique sur la locomotive à vapeur fut très remarquable.

Le poids total du train de 6 voitures était de 487 T. pour celui à vapeur, et 427 pour la locomotive électrique.

La tension de la ligne était de 680 Volts pour la marche en série, mais en marche parallèle la chute de tension était telle que la force électromotrice atteignait 515 Volts. Ce dernier voltage correspond à la moyenne de celui des lignes interurbaines.

Le tableau N° 7 donne les résultats obtenus lors de ces essais.

TABLEAU N° 7

DÉSIGNATION	LOCOMOTIVES		DIFFÉRENCE en faveur de l'électricité
	A VAPEUR	ÉLECTRIQUE	
Longueur de la locomotive. . . . .	21 m.	11 m.	10 m.
Poids total de la machine y compris le tender pour la locomotive à vapeur. .	155 T.	90 T.	65 T.
Charge sur chaque essieu moteur. . . .	21,300 K.	16,100 K.	5,200 K.
Charge utile remorquée. . . . .	256 T.	37 t. 25	51 t. 25
Accélération en mètre par seconde. . .	0,398	0,635	0,237
Temps nécessaire pour atteindre une vitesse de 80 kilomètres à l'heure . . .	203"	127"	76"

La locomotive électrique aux premiers tours de roue donne une accélération supérieure à la locomotive à vapeur ; mais après un parcours de 460 mètres, l'accélération de la locomotive électrique est égale à celle de la locomotive à vapeur.

---

### TRACTION A COURANT ALTERNATIF

Les constructeurs et les techniciens en traction électrique cherchent à utiliser le courant alternatif pour la traction des trains. On sait quels sont les avantages de ce courant dont les plus importants sont : économie de réseau de distribution, suppression des sous-stations, suppression des rhéostats de démarrage, simplification des appareils de manœuvre et des moteurs ; etc...

Les applications à la traction du courant alternatif faites ces dernières années par les maisons de construction méritent d'être passées en revue. Du reste tout nous donne lieu de croire que le courant alternatif prendra dans l'avenir une supériorité marquée sur le courant continu.

---

### LIGNE SCHENECTADY, SPA, BALLSTON

La Compagnie General Electric a procédé récemment à des expériences de traction électrique par courant alternatif sur une ligne de 25 kilom. de longueur, reliant Schenectady à Spa.

Le courant de la ligne trolley est monophasé, sous une tension de 2.200 Volts 25 périodes, fourni par une sous-station.

La voiture pèse 30 tonnes ; elle comprend deux boggies munis tous deux de 2 moteurs de 50 chevaux, du type à courant continu.

Ces moteurs qui fonctionnent sous le courant continu ou le courant alternatif sont appelés « Moteur compensateur » ; ce nom vient de ce que l'enroulement des inducteurs est fait de telle sorte que la réaction de l'induit se trouve compensée lorsque le courant employé est alternatif.

Le problème qu'a cherché à résoudre la General Electric Co est de réaliser avec ce moteur sous courant alternatif une variation

de vitesse telle que son fonctionnement soit le même que sous courant continu.

Les expériences ont démontré que ce résultat était atteint et que maintenant il était facile d'équiper une ligne à courant alternatif à haute tension; ce qui permet d'économiser une grande quantité de cuivre sur la ligne et les frais de sous-stations.

Le courant pénètre dans la voiture au moyen d'un trolley à roulette, mais spécialement étudié en vue d'un bon isolement; il traverse un interrupteur et pénètre dans un transformateur statique de 80 kw à circulation d'air qui abaisse la tension à 400 Volts.

Les 2 moteurs de chaque boggie sont toujours branchés en série; la tension maximum à laquelle ils sont soumis ne dépasse donc pas 200 Volts.

Le moteur G. E. A. 604 de la General Electric comprend un induit à collecteur, semblable dans son ensemble à celui d'un induit à courant continu; l'inducteur se compose d'anneaux laminés en fer et l'enroulement ressemble à celui d'un moteur à induction.

Le caractère spécial de cet enroulement inducteur compensé pour la réaction d'induit, réside dans son large facteur de puissance, de telle sorte qu'à la vitesse moyenne, le facteur de puissance et le rendement sont maxima. Un facteur de puissance élevé présente d'autres avantages: il réduit la capacité et par conséquent les frais de premier établissement de l'Usine et du réseau de distribution; en outre, la régulation des alternateurs de l'usine est meilleure.

L'adaptation d'un équipement ordinaire à courant continu en équipement à courant alternatif est peu coûteuse; ainsi, pour les voitures de la ligne Ballston, la transformation a été faite avec un contrôleur type K. 29, série parallèle, pour courant continu, auquel ont été adjoints des interrupteurs commutateurs destinés à varier les connexions des bobines inductrices. La manœuvre de cet appareil ne demande que quelques secondes. L'interrupteur principal est relié par un jeu de verrous avec deux commutateurs à huile: l'un commande la haute tension, et l'autre le circuit à courant continu; ce verrouillage est tel qu'un seul des deux derniers commutateurs peut être manœuvré à la fois.

Pour les équipements qui sont appelés à fonctionner à la fois



sur le courant alternatif et sur le courant continu, le contrôleur type, série parallèle, est préférable, quoiqu'il ait l'inconvénient de diminuer le rendement des moteurs sous courant alternatif, qui serait un peu supérieur avec un contrôleur de tension. Il est vrai que cette différence est très faible (2 ou 3 0/0 environ). La courbe des torque vitesse étant prévue pour que le rendement soit élevé pendant le démarrage. L'encombrement des divers appareils qui composent ces équipements est moindre que celui des équipements purement alternatifs.

Les voitures portent 2 trolleys, un pour le courant alternatif, l'autre pour le courant continu. L'éclairage et le chauffage des voitures sont assurés par une dérivation sur le courant continu ou par une prise faite sur les circuits secondaires du transformateur.

Le compresseur qui fournit l'air pour les freins et sifflets est actionné par un moteur compensé fonctionnant sous courant alternatif ou continu.

Il est intéressant de comparer le fonctionnement des moteurs compensés, sous courant continu ou sous courant alternatif. Des relevés furent exécutés sur un parcours donné et dans les mêmes conditions de marche, mais avec l'une ou l'autre des sortes de courant. Les résultats de ces expériences sont représentés par les courbes caractéristiques n<sup>os</sup> 65-66.

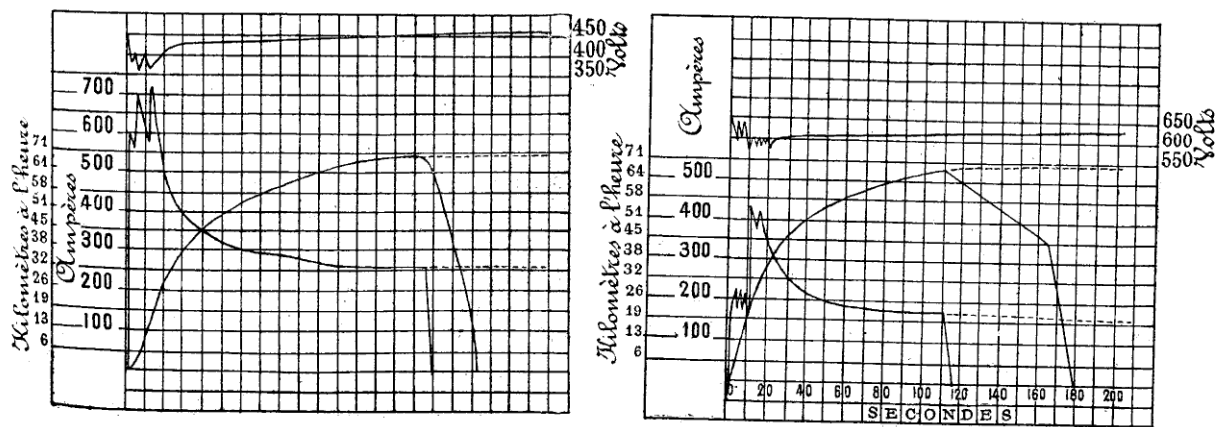


Fig. 65-66.

On remarque que l'accélération sous courant alternatif est moins rapide que sous courant continu ; la durée d'alimentation des mo-

teurs est, par suite, plus longue et la rupture du courant n'est produite qu'un peu avant le freinage. La courbe des vitesses montre aussi qu'avec les moteurs à courant continu la marche à vide de la voiture par vitesse acquise est notable, tandis qu'avec le courant alternatif elle est nulle.

Ces expériences ont eu lieu sur la ligne de Ballston sur un parcours de 25 kilom. environ, en palier, à une vitesse moyenne de 50 kilom. à l'heure et à une vitesse commerciale de 46 kilom. à l'heure, en tenant compte des arrêts qui duraient 15". On en a déduit que les moteurs compensés fonctionnent dans d'excellentes conditions sous les divers courants et qu'ils sont aptes à assurer un service régulier de traction.

Le tableau ci-dessous résume les principales données de ces essais :

	Courant continu	Courant alternatif
Parcours .....	25 Km	25 Km
Poids de la voiture .....	31 t 70	31 t 70
Temps .....	180 "	180 "
Débit moyen .....	229 Amp.	346 Amp.
Tension moyenne .....	606 Volts	425 Volts
Volts Ampères à pleine vitesse en palier ..	98	110
Volts Ampères par tonne heure.....	86,3	125,5
Vitesse moyenne .....	50 Km	50 Km
Vitesse commerciale .....	46 Km	46 Km

La consommation à la tonne heure est très inférieure pour la marche à courant continu ; cela tient en partie au meilleur rendement du moteur dans ces conditions et surtout à l'accélération rapide qui permet, dès que le démarrage est terminé, de couper le courant et de rouler par vitesse acquise.

La différence entre les volts ampères avec courant continu et alternatif provient de ce que l'expérience fut effectuée sur un petit parcours ; mais si elle avait été faite sur une ligne plus longue, ces chiffres auraient été sensiblement les mêmes. Il y a lieu de noter que la voiture marchait à même vitesse quoique la tension fût de 200 Volts par moteur à courant alternatif et de 300 Volts à courant continu ; cela s'explique car, dans le dernier cas, les enroulements inducteurs sont en série, tandis que dans le premier ils sont en parallèle.

Avec le courant continu, il y a une perte qui est loin d'être négligeable dans le rail de retour due à la dispersion et à l'hystérésis. Des mesures faites sur la ligne de Ballston ont montré que la résistance chimique est dans la proportion de 1,3 pour la ligne aérienne à 6,55 pour la ligne de retour par les rails. Le tableau comparatif ci-dessous donne les résultats de ces essais :

	Courant continu Résistance	Courant alternatif 25 périodes Résistance	Rapport
2 Trolleys séries.....	0,318	0,417	1,31
1 Trolley et 1 voie double...	0,167	0,259	1,55
2 Trolleys et 1 voie double...	0,088	0,155	1,76
2 Voies seules .....	0,0174	0,114	6,55

L'équipement a été prévu pour fonctionner sous courant alternatif de 25 périodes, ce nombre de fréquences étant celui généralement en usage sur les lignes primaires de traction à courant continu. Les essais effectués sur la ligne de Ballston ont prouvé que la traction à courant alternatif est entrée dans le domaine de la pratique ; l'on possède ainsi une nouvelle adaptation qui présente de grands avantages et qui permet d'entreprendre des lignes de longs parcours sans être obligé de distribuer sur sa bordure des sous-stations qui, non seulement augmentent les frais de premier établissement dans de très notables proportions, mais encore ceux d'exploitation et d'entretien.

#### LIGNE PONTIAC ODELL

Une ligne dans l'Illinois allant de Pontiac à Odell vient d'être équipée électriquement avec courant alternatif monophasé.

La voiture motrice comprend 4 moteurs de 75 chevaux chacun prévus pour une tension de 200 Volts : les 4 moteurs sont toujours groupés en série. Les bobines inductrices sont montées d'une façon indépendante sur les fers, de telle sorte qu'elles sont très aisément amovibles.

Le transformateur de la voiture est du type à huile d'une capacité de 110 Kilowatts : la tension du courant de la ligne est de

3.000 Volts. Des dérivations sont prises sur diverses bobines du transformateur, de telle sorte que le courant secondaire est à 400, 500, 600, 700 et 800 Volts. Ces différentes tensions correspondent aux diverses positions du contrôleur.

Pour éviter les accidents qui peuvent se produire, soit par perte, soit par l'effet de self-induction, le courant du circuit de dérivation que l'on abandonne pour en prendre un autre est fermé sur une résistance.

Chaque contact de contrôleur est noyé dans un soufflage magnétique, lors de son fonctionnement.

L'équipement de la voiture est protégé par un disjoncteur principal automatique à huile. Ce disjoncteur fonctionne non seulement s'il y a augmentation d'intensité de courant, mais aussi s'il y a élévation de tension dépassant de moitié la normale. En outre, sur le circuit de haute tension se trouve un fusible qui est monté sur le toit de la voiture, et, sur le circuit à basse tension, un fusible à soufflage magnétique.

La voiture complète pèse 29 tonnes.

La double ligne aérienne est supportée par des chaînettes isolées sur cloche en porcelaine, à triple larmier.

### LIGNE INDIANAPOLIS A CINCINNATI

L'usine génératrice qui alimente toute la ligne, dont la longueur est de 200 kilom., est située à Rushville : elle comprend 2 groupes compound Corliss à condensation de 700 chevaux chaque, entraînant directement un alternateur triphasé Westinghouse de 500 Kilowatts, 2.300 Volts, 25 périodes. Ces alternateurs sont construits de telle sorte que leur température atteint 35° centigrades pour la marche à pleine charge, et 55° centigrades pour une surcharge de 50 %.

Le courant produit par ces alternateurs est survolté dans les transformateurs de 2.300 Volts triphasé en 33.000 Volts biphasé, tension de distribution dans les sous-stations.

Les sous-stations réparties sur la ligne tous les 16 ou 20 kilom. sont alimentées par une des phases de courant de 33.000 Volts : le courant secondaire monophasé d'alimentation de la ligne trolley est

de 3.300 Volts ; le courant alternatif sous 550 Volts est aussi produit pour fournir les villes d'Indianapolis et de Rushville.

Chaque voiture est équipée avec 4 moteurs à courant alternatif à commutateur du type série et d'une puissance de 75 chevaux. Les moteurs sont prévus pour donner une vitesse de régime à la voiture de 70 kilom. à l'heure.

Une particularité de ces équipements est la possibilité de fonctionner sous le courant alternatif ou sous le courant continu. Il est du type à unités multiples à relais système Westinghouse ; le courant continu à basse tension pour la manœuvre de ces relais est fourni par une batterie d'accumulateurs.

Le courant principal de traction est sous 500 Volts alternatif ou courant continu.

Pour la marche à courant alternatif, le courant primaire sous 3.000 Volts est abaissé dans un transformateur statique automatique sous 500 Volts et au-dessous pour alimenter les moteurs. L'éclairage et le chauffage fonctionnent sous courant alternatif ou continu à 500 Volts.

Le trolley à courant alternatif est en forme dite « Raquette » : il est soigneusement isolé, étant porté sur une plate-forme isolante reposant elle-même sur une cloche en porcelaine.

Celui à courant continu est du type ordinaire à roulette.

L'équipement complet a été construit et monté par la Compagnie Westinghouse.



## TABLE DES FIGURES

---

	Fig.	Pages
Locomotive de la Compagnie Lima . . . . .	1.	43
— de Hannover-Maschinenbau-Gesellschaft. .	2.	47
Surchauffeur — — — — —	3.	49
Locomotive de la Société Heuschell Sohn. . . . .	4.	53
Table d'essais. — Vue en bout. . . . .	5.	57
— — — — — Elévation . . . . .	6.	57
Voiture Pullmann. . . . .	7.	73
— — — — —	8.	75
— — — — —	9.	77
— — — — —	10.	79
— — — — —	11.	81
— — — — —	12.	83
— — — — —	13.	85
— — — — —	14.	87
— — — — —	15.	89
— — — — —	16.	91
— — — — —	17.	93
— — — — —	18.	95
— — — — —	19.	97
— — — — —	20.	99
Voiture convertible de la Saint-Louis Co . . . . .	21.	103
— — — — —	22.	105
— — — — —	23.	107
— — — — —	24.	109
Voiture de l'Illinois Central . . . . .	25.	113
— — — — —	26.	113
Wagon fermé du N.Y.N.H.H.R.R. . . . .	27.	137
— — du U.P.R.R. . . . .	28.	138
— tombereau E.R.R. . . . .	29.	139
— — P.R.R. . . . .	30.	140
— — — — —	31.	141
— — C.C. R.R. . . . .	32.	142
— plat P.W. et B.R.R. . . . .	33.	143
— — A.I.S Co. . . . .	34.	144

	Fig.	Pages
Bogie de la Compagnie Bettendorf. — Ensemble . . .	35.	145
— — — Longerons . . .	» 36.	146
— — — Traverses . . .	» 37.	146
Wagon réfrigérant Johnson. — Ensemble . . .	» 38.	149
— — — Coupe en travers. . .	» 39.	151
— — — Coupe en long. . .	» 40.	151
— — — Vue de ventilation . .	» 41.	152
Traverses métalliques Seitz. . . . .	» 42.	170
— — — Shaw . . . . .	» 43.	170
— — — Hartford . . . . .	» 44.	171
— — — Fall . . . . .	» 45.	172
Eclisse Continuous Co. . . . .	» 46.	173
— — — . . . . .	» 47.	173
— Weber . . . . .	» 48.	174
— Bouzano. . . . .	» 49.	174
— Atlas . . . . .	» 50.	175
— — — . . . . .	» 51.	175
— — — . . . . .	» 52.	175
— Wolhaupter Supply Co. . . . .	» 53.	176
Coussinet de l'Atlas Co. . . . .	» 54.	177
Selles de la Wolhaupter Supply Co. . . . .	» 55.	177
— de l'Atlas Co. . . . .	» 56.	178
Contacteur tourelle Westinghouse. . . . .	» 57.	191
Contacteur tourelle General Electric. . . . .	» 58.	195
Schéma des connexions General Electric . . . . .	» 59.	196
Multiple-Unit Westinghouse . . . . .	» 60.	199
Truck équipé avec le Westinghouse. . . . .	» 61.	203
Graphique du coût de l'énergie par Kw. . . . .	» 62.	229
Plan schématique d'un moteur d'automotrice de N. Y. C. R. R. . . . .	» 63.	233
Csupe des moteurs de l'automotrice montrant la car- casse magnétique . . . . .	» 64.	235
Caractéristiques de moteur à courant alternatif. . . .	» 65.	239
— — — . . . . .	» 66.	239



# TABLE DES TABLEAUX

---

		Pages
Liste des Exposants français . . . . .	N° 1.	7
Récompenses aux Exposants. . . . .	N° 2.	13
Tableau synoptique des locomotives . . . . .	N° 3.	33 à 40
Résultats des essais des locomotives. . . . .	N° 4.	67
— — — . . . . .	N° 5.	69
Rendements des alternateurs du Subway de New-York. .	N° 6.	222
Comparaison entre la traction à vapeur et la traction électrique . . . . .	N° 7.	236

---



# TABLE DES PLANCHES

---

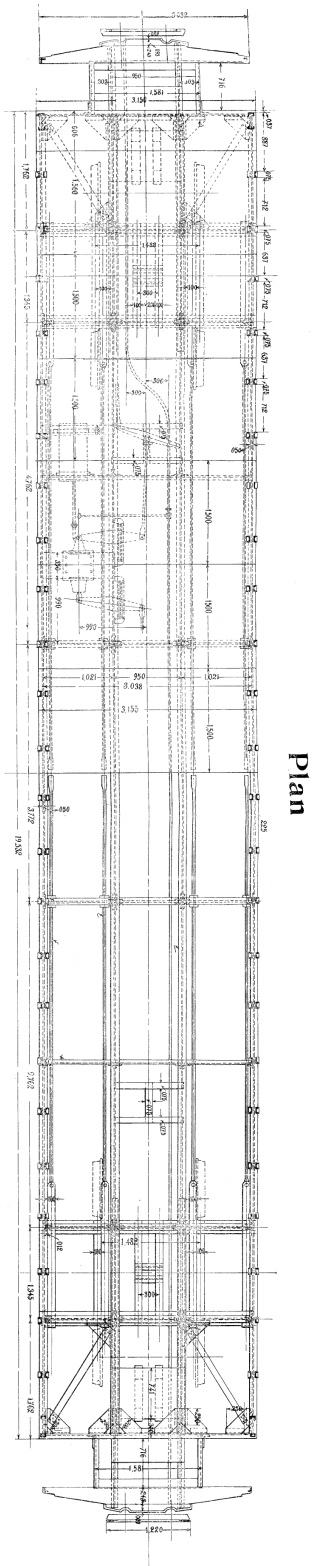
		Pages
Locomotive Mallet du Baltimore. . . . .	Planche I.	41
Vue d'ensemble de la plate-forme d'essais . . . .	» II.	59
— — d'une voiture de l'Illinois Central. »	III.	121 à 128
— — d'un wagon réfrigérant . . . . .	» IV.	153
Coupe d'un wagon réfrigérant. . . . .	» V.	à
Détails des portes d'un wagon réfrigérant . . . .	» VI.	164



# TABLE DES MATIÈRES

---

	Pages
Avant-Propos . . . . .	5
Installation des exposants . . . . .	6
Jurys . . . . .	9
Exposé . . . . .	14
Considérations générales . . . . .	19
Renseignements généraux, — Statistiques . . . . .	23
Conclusions . . . . .	28
Machines locomotives . . . . .	29
Fanal électrique . . . . .	45
Locomotives étrangères . . . . .	46
Exposition rétrospective . . . . .	51
Essai des machines-locomotives . . . . .	55
Locomotive de la Société Alsacienne . . . . .	66
(A) Voitures . . . . .	71
Compagnie Hick's . . . . .	101
— Brill . . . . .	101
John Stephenson Co. . . . .	111
Voitures spéciales de banlieue . . . . .	112
(B) Wagons . . . . .	118
Matériel anglais . . . . .	119
— français . . . . .	129
États-Unis . . . . .	131
Bettendorf Axle Co. . . . .	145
Wagons et Entrepôts réfrigérants . . . . .	147
Matériel roulant . . . . .	147
Entrepôts . . . . .	166
Voie et Matériel fixe . . . . .	168
Signaux et Aiguilles . . . . .	180
Matériel de traction électrique et Accessoires . . . . .	187
Turbines à vapeur . . . . .	206
Essai de traction électrique . . . . .	210
Réseaux à traction électrique . . . . .	215
Chemin de fer de l'Exposition . . . . .	215
Moyens de transport à Saint-Louis . . . . .	216
Métropolitain de New-York . . . . .	218
— de Boston . . . . .	226
Électrification de lignes sur le New-York Central and Hudson, R. R. Co . . . . .	232
Traction à courant alternatif . . . . .	237
Ligne Schenectady, Spa, Ballston . . . . .	237
Ligne Pontiac Odell . . . . .	241
Ligne Indianapolis à Cincinnati . . . . .	242

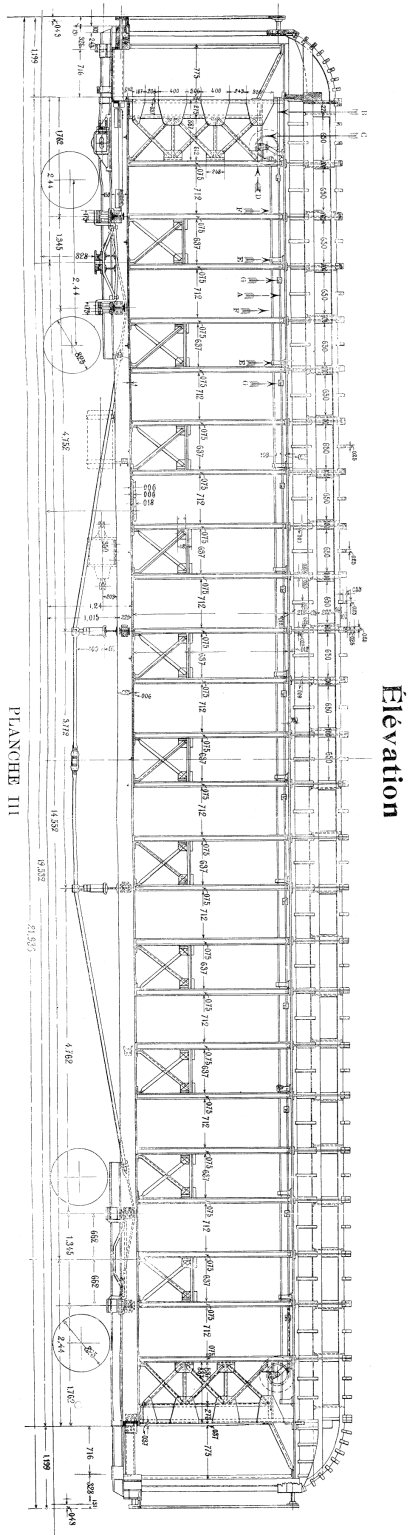


Plan

Voiture Spéciale

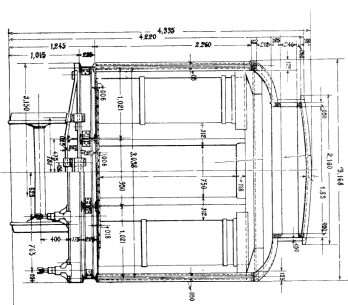
1/10

L'ILLINOIS CENTRAL

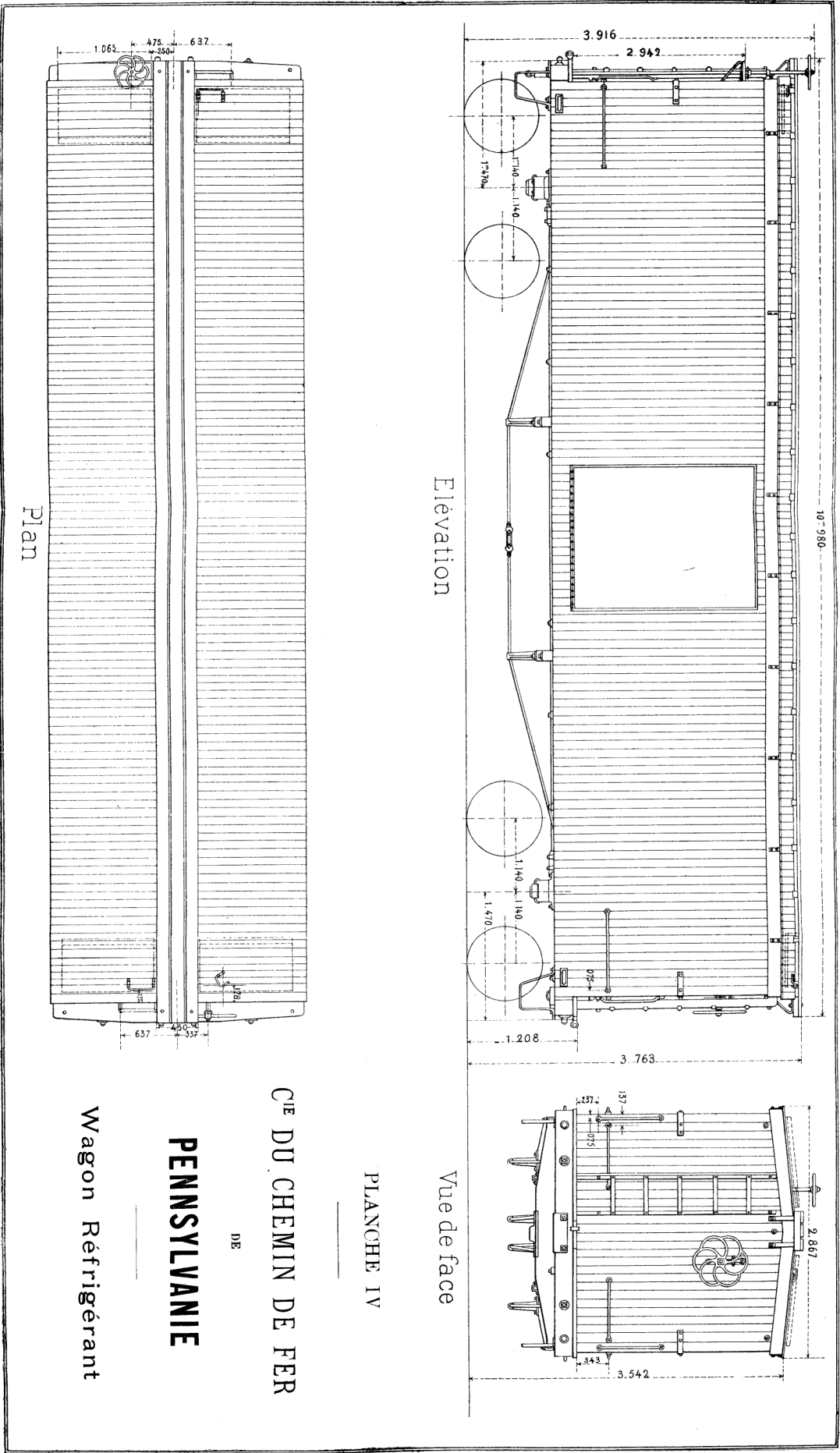


Élévation

PLANCHE III



Vue de face



Elevation

Vue de face

PLANCHE IV

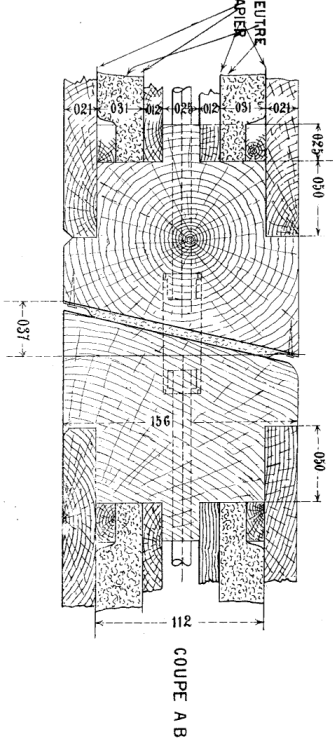
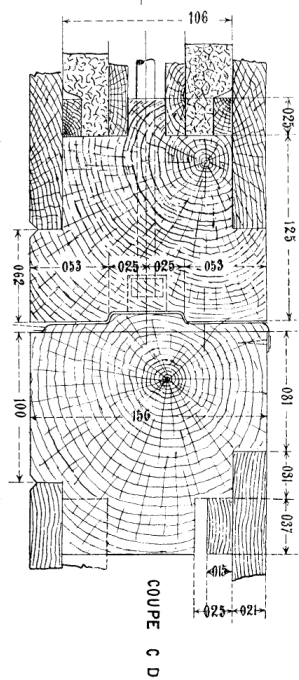
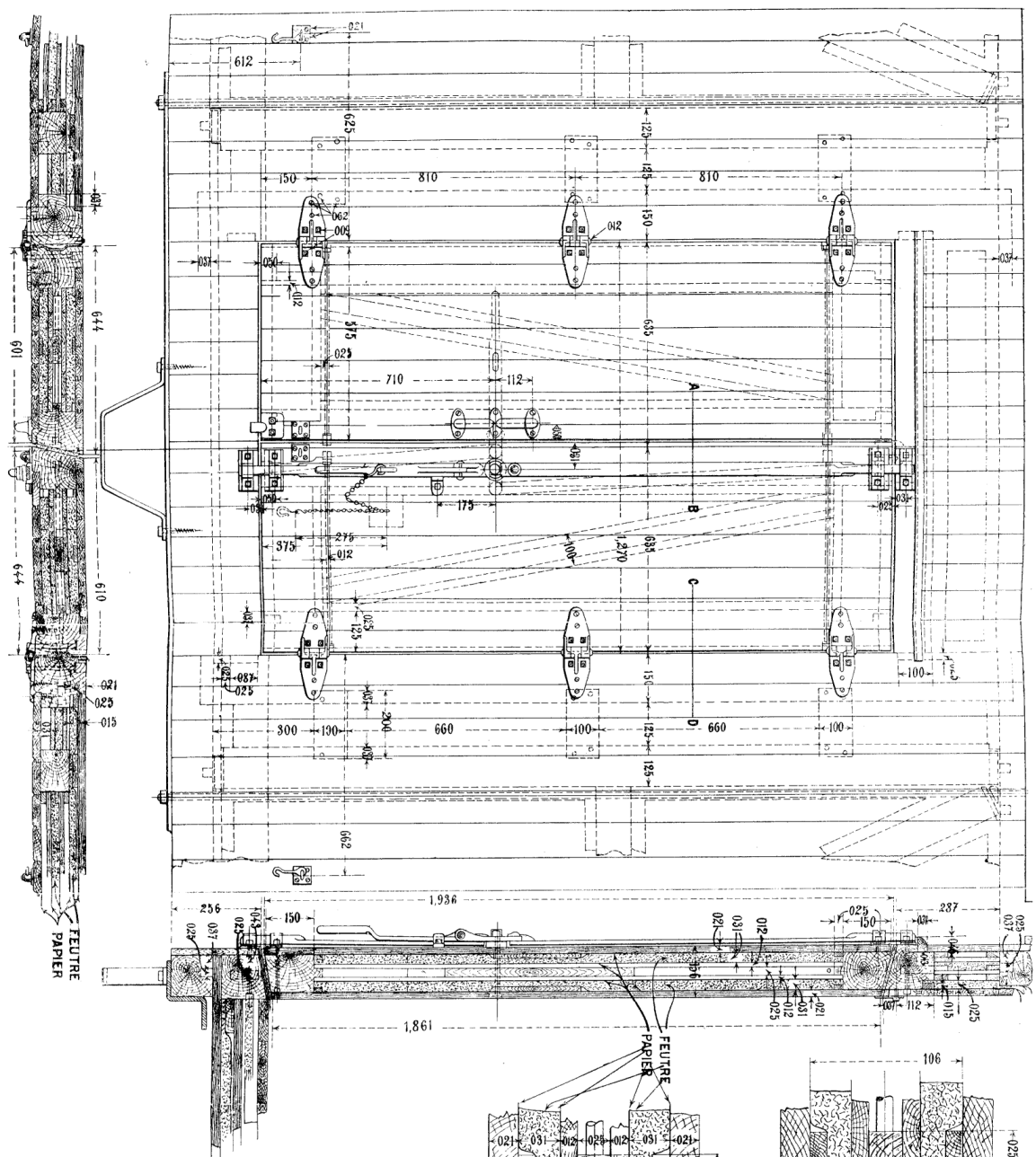
C<sup>IE</sup> DU CHEMIN DE FER

PENNSYLVANIE

Wagon Réfrigérant







# PLANCHE VI

C<sup>IE</sup> DU CHEMIN DE FER

D.F.

PENNSYLVANIE

Wagon Réfrigérant

Détails des portes