

Titre : Les chemins de fer de l'avenir, avec matériel roulant à très grande capacité, voies extra-robustes, vastes entrepôts et magasins de gares

Auteur : Pereire, Gustave

Mots-clés : Chemins de fer*Matériel roulant

Description : 1 vol. (X-212 p.-[4 pl. depl.]) ; 28 cm

Adresse : Paris : Gauthier-Villars : Champion : Ch. Bernard, 1920

Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 4 Le 305

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?4LE305>

4° Le. 305.

LES

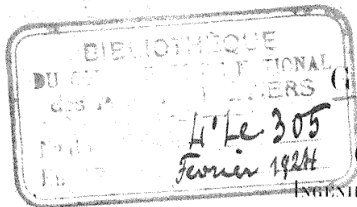
CHEMINS DE FER DE L'AVENIR

AVEC

*MATÉRIEL ROULANT A TRÈS GRANDE CAPACITÉ
VOIES EXTRA-ROBUSTES
VASTES ENTREPOTS ET MAGASINS DE GARES*

COMMENT PRÉPARER L'INSTALLATION DES
CHEMINS DE FER DE L'AVENIR

Ouvrage avec 5 cartes, 88 figures et de nombreux tableaux



PAR

GUSTAVE PEREIRE

en collaboration avec

GUSTAVE JOLIVET

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES



GAUTHIER-VILLARS, Éditeur

Quai des Grands-Augustins, 55

PARIS

CHAMPION, Éditeur

Quai Malaquais, 5

PARIS

IMPRIMERIE Ch. BERNARD

Rue des Cloys, 27

PARIS

1920

TABLE DES MATIÈRES

	PAGES
INTRODUCTION	I
PREMIÈRE PARTIE. — DES CHEMINS DE FER	1
AVANT-PROPOS	3
CHAPITRE PREMIER. — SITUATION DES CHEMINS DE FER AVANT 1914. — AVENIR QUI PEUT LEUR ÊTRE RÉSERVÉ	13
I. — Création	13
Insuffisance des prévisions	13
Les Romains avaient mieux prévu	16
II. — Situation en 1914.	17
Entraves au groupage	18
Wagons à grande capacité. — Avantages	18
Magasins, Entrepôts : leur nécessité	20
Grands pares de Matériel roulant. — Avantages	20
III. — L'avenir	21
Que peut-on prévoir	21
Réseau syndical	21
Matériel à très large gabarit	22
Gares et entrepôts-gares	22
Équipement électrique	24
Schéma des lignes du réseau syndical	24
CHAPITRE II. — AU SUJET DES CHEMINS DE FER INTERNATIONAUX (27 janvier 1919)	31
I. — Ligne Le Havre-Strasbourg-Munich-Linz	31
Contrôle qu'elle permettrait	33
II. — Entrepôts internationaux.	33
Avantages de leur création	33
III. — Caractéristiques techniques de la ligne interalliée	34
Coût de la ligne	34
Trafic nécessaire pour gager les dépenses.	35
Avenir de la ligne.	35

	PAGES
DEUXIÈME PARTIE. — LES CHEMINS DE FER DE L'AVENIR. - CALCULS JUSTIFICATIFS DES BASES D'ÉTABLISSEMENT	37
AVANT-PROPOS. — Les Chemins de fer avec matériel roulant à très large plateforme	39
CHAPITRE PREMIER. — GABARIT ET LARGEUR DE LA VOIE.	41
Forme du gabarit	41
Largeur de la voie.	43
Répartition de la pression sur le sol	43
Nombre de files de rails	44
Stabilité	46
Conclusions	49
Remarque importante	49
CHAPITRE II. — DIMENSIONS DES WAGONS	51
I. — Considérations d'ensemble	51
Conditions d'inscriptions en courbe	51
Conditions de sécurité du freinage	52
II. — Nombre de points d'appui des wagons.	53
Distance des points d'appui	53
Charge par essieu	54
Conclusions. — Tableau	56
CHAPITRE III. — MOYENS DE RÉALISATION. — VOIES	59
I. — Cas général. — Lignes avec plusieurs files de roulement	59
Substitution d'un chariot ou boggie aux roues formant point d'appui.	59
Empattement des chariots	60
Constitution des tables de roulement	61
II. — Cas des lignes à une file de roulement.	66
Matériel à large gabarit	66
Remarque au sujet du matériel actuel	66
TROISIÈME PARTIE. — RAPPORT DU POIDS MORT DES WAGONS AU POIDS UTILE TRANSPORTÉ, SELON LES RELATIONS EXISTANT ENTRE LA LARGEUR DE LA VOIE, LE GABARIT ET LA LONGUEUR DES WAGONS.	69
CHAPITRE PREMIER. — ESSAI D'UNE THÉORIE SUR UN MODE DE DÉTERMINATION DU POIDS MORT PROBABLE DES WAGONS	71
I. — Considérations générales	71
II. — Formules servant de base aux comparaisons, selon les cas à envisager	72
a) POUTRES AVEC PROFILS A FIGURES SEMBLABLES (FORMULES DE BARRÉ).	72
1 ^{er} Cas. — Même portée	73

	Pages
2 ^{me} Cas. — Portée proportionnelle au rapport de similitude.	73
b) POUTRES A CHARGE CONSTANTE PAR MÈTRE COURANT	73
3 ^{me} Cas. — Poutres à profils semblables.	74
4 ^{me} Cas. — Portées proportionnelles au rapport de similitude des hauteurs des poutres, largeur d'ailes variables	76
5 ^{me} cas. — Cas général. = OBSERVATIONS	77
III. — Comparaison de la formule du cas général aux formules empiriques adoptées pour le poids des ponts de chemins de fer.	78
Ponts à une voie	80
Ponts à deux voies.	80
Remarques sur les résultats des comparaisons.	81
IV. — Exemples d'application des formules.	82
1 ^{er} exemple. — Du wagon 10 T voie normale au wagon 10 T voie de 1 m. 00	82
2 ^{me} exemple. — Du wagon 10 T voie normale au wagon 20 T voie normale	84
3 ^{me} exemple. — Du wagon 10 T voie normale au wagon 40 T voie normale	85
CHAPITRE II. — DU POIDS PROBABLE DES WAGONS A TRÈS GRANDE CAPACITÉ	89
I. — Considérations générales	89
Caractéristiques des wagons 40 T	89
Poids probable des organes de roulement	90
II. — Wagons à grande capacité passant dans le gabarit actuel des voies dites normales	93
Dimensions de la caisse	93
Charge et tare probable avec essieux de 27 T pour wagon à 4 essieux. —	
Comparaison avec les types de wagons actuels	95
CHAPITRE III. — MATÉRIEL A LARGE GABARIT. — WAGONS 3 FOIS LA VOIE	97
I. — Bases d'établissement du matériel à large gabarit.	97
Charge par mètre carré de plancher et par mètre courant de longueur des divers types de wagons actuels	97
Gabarit	98
Charge à envisager par mètre carré de plancher par mètre courant de longueur des wagons trois fois la voie, selon la nature des matériaux transportés	99
Conditions d'emploi du matériel trois fois la voie. — Cas correspondants à une bonne utilisation. — Wagons-types	100
Majoration à donner au poids calculé des tabliers pour tenir compte de l'augmentation de largeur des planchers	102
II. — Tare probable des wagons-types.	103
a) TARE ÉTABLIE EN PARTANT DU POIDS DES WAGONS ACTUELS	103
Matériel à deux essieux (base wagon 10 T)	103
Matériel à boggies (base wagon 40 T)	104
b) TARE PROBABLE DES WAGONS SUR BOGGIES ÉTABLIE EN PARTANT DU POIDS DES PONTS	105

	Pages
Wagons sur 2 boggies de 2 essieux	105
Wagons sur 2 boggies de 3 essieux	107
III. — Conclusions	107
CHAPITRE IV. — WAGONS SPÉCIAUX CIRCULANT SUR DEUX VOIES	109
I. — Gabarit bas et voies renforcées	109
Wagons à 4 points d'appui	109
Matériel sur deux groupes de deux boggies	111
Tare établie en partant de celle des wagons 3 fois la voie. — Tableau A	101
Tare établie en partant du poids des ponts. — Tableau B	112
II. — Matériel à gabarit normal circulant sur voies spéciales à très lourdes charges	115
Wagons circulant sur 2 voies parallèles et prenant appui sur 2 groupes de 4 boggies. — Tableau C	116
Wagons trois fois la voie sur deux groupes de deux boggies. — Tableau C bis	118
III. — Conclusions	119
QUATRIÈME PARTIE. — MOYENS DE RÉALISATION ET PRIX DE REVIENT DES LIGNES ET DU MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER DE L'AVENIR. — COMPARAISONS AVEC LES MODES DE TRANSPORTS ACTUELS	121
CHAPITRE PREMIER. — TYPES DE VOIES POUR TRÈS LOURDES CHARGES — EXEMPLES DE MODES DE CONSTRUCTION. — PRIX DE REVIENT	123
I. — Mode de construction des diverses parties des voies	123
Rails	123
Mode de constitution des voies	126
Longrines spéciales en ciment armé avec élargissements formant cloches-coussinets	126
Caractéristiques du mode de construction proposé	127
II. — Dispositions d'ensemble des lignes pour wagons-chalands. — Organisation des masses de répartition. — Voies sur blocage en pierre ou maçonnerie et voies sur caissons en ciment armé	128
III. — Prix de revient	130
Superstructure. — Rails. — Longrines. — Ballast.	131
Masse de répartition	132
Infrastructure	133
Récapitulation	133
IV. — Comparaison du prix de revient des lignes futures, avec celui des lignes du type actuel	134
Prix de revient des voies actuelles occupant le même emplacement que les voies de l'avenir	134
Importance relative des installations de gares	134
Conclusion	136

	PAGES
CHAPITRE II. — WAGONS SPÉCIAUX A TRÈS GRANDE CAPACITÉ PRENANT APPUI SUR PLUSIEURS VOIES PARALLÈLES. — MODE DE RÉALISATION. — PRIX DE REVIENT	137
I. — Description de divers modes de réalisation	137
Dispositions d'ensemble	137
Moyens de correction du non-parallélisme du plan du tablier des wagons et du plan des voies	137
Parallélogramme de répartition	139
Circulation en courbes	141
Répartition égale des charges sur chaque chariot	141
Indépendance du système d'attelage des chariots et des parallélogrammes de répartition des charges	142
Compensation des variations de longueur des attelages à ressorts par rapport à celle des leviers de répartition des charges	144
Attelage des wagons-chalands entre eux	145
Dispositions diverses	145
II. — Prix de revient de la tonne de capacité	147
Lignes actuelles avec traction à vapeur	147
Lignes actuelles électrifiées	148
Lignes futures avec wagons automoteurs	148
1° CAS DU WAGON AVEC GROUPE ÉLECTROGÈNE	148
2° CAS DU WAGON CIRCULANT SUR LIGNE ÉLECTRIFIÉE	149
Conclusion	149
 CHAPITRE III. — DÉBIT DES LIGNES A GRANDE PUISSANCE. — COMPARAISON AVEC LES CHEMINS DE FER ACTUELS ET AVEC LES CANAUX. — PRIX DE REVIENT DE LA TONNE DE DÉBIT JOURNALIER.	 151
I. — Rapport du débit des lignes à grande puissance à celui des lignes au type actuel	151
Bases du calcul des débits	151
Débit horaire possible	154
Dépenses de premier établissement nécessaire par tonne de débit journalier possible des divers types de lignes	154
Conclusion. — Observations.	156
II. — Comparaison avec les canaux	157
a) CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES CANAUX	157
Rappel de quelques discussions antérieures sur la comparaison des chemins de fer et des canaux	157
Débit possible des canaux. — Observation	159
Fret réel des voies navigables	160
b) DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT NÉCESSAIRES PAR TONNE DE DÉBIT JOURNALIER POSSIBLE D'UN CANAL	162
Comparaison avec les chemins de fer	162
Valeur du matériel.	163
Variations des dépenses de premier établissement avec l'importance du trafic maximum envisagé.	166
c) CONCLUSION	166

	PAGES
CINQUIÈME PARTIE. — COMMENT PRÉPARER L'INSTALLATION DES CHEMINS DE FER DE L'AVENIR. — IMPORTANCE A DONNER AUX INSTALLATIONS ANNEXES POUR PERMETTRE D'OBTENIR SUR LES LIGNES ACTUELLES ET FUTURES UNE EXPLOITATION RATIONNELLE. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES	167
 AVANT-PROPOS.	169
 CHAPITRE PREMIER. — MANUTENTION ET MAGASINAGE DES MARCHAN- DISES	171
I. — Bases d'organisation.	171
Nécessité d'avoir recours à la manutention mécanique	171
Magasins des gares et stations	172
II. — Stations-magasins et entrepôts	173
Situation	173
Organisation	173
Besoin de la création immédiate de grands magasins	175
III. — Frais d'installation des stations-magasins et moyens de les récupérer	175
Dépenses à engager	175
Taxes à appliquer	177
Mode d'application des taxes	179
IV. — Avantages commerciaux procurés par la multiplication des magasins et entrepôts	179
Groupage.	180
Extension des opérations de crédit sur warrants.	182
Contrôle fiscal	184
V. — Conclusion	185
 CHAPITRE II. — POINTS DE CONTACT ENTRE LES LIGNES MARITIMES ET LES LIGNES TERRESTRES.	187
Liaison des quais et des magasins ou entrepôts par lignes à grande puis- sance	187
Rapidité d'évacuation des marchandises	188
Possibilité de placer les vastes entrepôts maritimes à prévoir sur des em- placements favorables.	189
Avantages économiques de l'emploi des lignes à grande puissance dans les ports	189

	PAGES
CHAPITRE III. — LIGNES COLONIALES.	193
Remarques au sujet du choix du tracé	193
Importance particulière de certaines lignes africaines projetées	194
Importance des stations-magasins et centres agricoles sur les lignes coloniales	198
CHAPITRE IV. — DES AVANTAGES DE LA CRÉATION D'UN RÉSEAU UNIQUE POUR LES LIGNES A GRAND TRAFIC. — " LE GRAND RÉSEAU DU SYNDICAT DES GRANDES COMPAGNIES "	199
Unification du matériel	200
Unification des modes d'exploitation	202
Unification des tarifs	203
Primes au personnel	204
Conclusion	205
CONCLUSIONS GÉNÉRALES.	207
Post-scriptum	211

INTRODUCTION

Ma vie s'est passée dans un milieu s'occupant beaucoup des Chemins de fer. Administrateur de divers réseaux étrangers, j'ai eu à réfléchir sur de nombreuses questions se rapportant aux voies ferrées, et pour me guider j'ai toujours recueilli et recherché les idées capables de produire d'heureuses améliorations tant au fonctionnement qu'au rendement des Chemins de fer.

Pendant cette guerre, au cours d'une visite à l'école des Chemins de fer à voie de 0^m60 (1), j'ai été frappé des résultats obtenus par ce type de lignes sur lesquelles circulait un matériel dont la largeur était sensiblement trois fois celle de la voie, et à l'issue de cette visite, j'eus l'intuition que l'adoption sur les grandes lignes d'un matériel basé sur les mêmes principes que le matériel du colonel Péchot permettrait d'améliorer considérablement le rendement de ces lignes.

Après mûres réflexions sur ce sujet, j'ai entrevu tout le parti qui pourrait être tiré de l'emploi de wagons à très larges plateformes, s'appuyant au besoin sur trois rails, ou même circulant sur deux voies parallèles ; les chargements de ces wagons pouvant être considérables, le sol supportant les voies étant renforcé en conséquence, à l'aide de blocages au besoin, pour permettre la circulation de véritables wagons-chaland, le tout constituant ainsi des lignes de transport luttant avantageusement avec les voies d'eau.

Pour prendre date, fin 1917, j'ai pris des premiers brevets sur ces procédés nouveaux.

J'ai alors demandé à un ingénieur que je connais depuis longtemps,

(1) Lors de cette visite, j'ai mesuré l'écartement d'une voie et la largeur du matériel roulant. J'ai trouvé pour la voie 0^m67 *entre les bords extérieurs* et 2^m00 pour la largeur d'un wagon-citerne et celle de la cabine d'une locomotive Péchot.

Ces observations fortuites et peut-être pas très exactes, je les ai résumées instinctivement par la remarque que le matériel avait 3 fois la largeur de la voie (0^m67 × 3 = 2^m01), d'où l'expression de « MATÉRIEL 3 FOIS LA VOIE » que j'ai l'habitude d'employer.

C'est l'application de cette remarque qui, dans mon brevet de 1917, m'a fait indiquer 4^m71 comme largeur de plateforme des wagons, voie normale à utiliser dans l'avenir (largeur de la voie prise à l'extérieur du rail 1^m57 × 3 = 4^m71).

spécialiste des Chemins de fer, d'étudier la mise au point de mes brevets. M. Gustave Jolivet, ingénieur des Arts et Manufactures, saisissant mon intime pensée, après avoir constaté la possibilité de construire les Chemins de fer que j'avais entrevus en a précisé les moyens de réalisation ; les deuxième, troisième et quatrième partie de ce volume résument les travaux qu'il a exécutés complètement pour répondre au problème que je lui avais posé, la première et la cinquième ayant été établies en collaboration étroite avec lui.

Dans la première partie j'ai réuni quelques-unes des notes que j'ai écrites au cours de ces dernières années au sujet des Chemins de fer de l'avenir, et dans la cinquième partie j'ai condensé toute une série de mes notes quotidiennes.

Pour bien dire, tout ce volume est le recueil des résultats de mes discussions journalières avec mes collaborateurs, c'est pourquoi le lecteur y retrouvera en plusieurs points certaines questions, traitées toujours dans le même ordre d'idées, mais avec quelques petites variations.

Du choc des idées jaillit la lumière, dit un vieux proverbe; les nombreuses idées que je consigne dans mes notes quotidiennes n'ont d'autres prétentions que de soulever des discussions qui en font naître d'autres, souvent mieux appropriées aux choses et au temps actuel.

J'espère que les idées que j'expose dans ce travail en feront surgir de meilleures ou de plus pratiques, c'est mon unique souhait et mon unique but.

On voudra donc bien excuser mes imperfections, ou être indulgent pour mes erreurs, mais je veux laisser dans l'ombre de mes vieux jours beaucoup de mes projets, de mes idées, ce sont des semences que je cherche à enrober dans mes livres pour qu'elles puissent me survivre ; j'en rapporte tout le mérite à mes parents.

GUSTAVE PEREIRE.

Juin 1920.

PREMIÈRE PARTIE

DES CHEMINS DE FER

AVANT-PROPOS

« Donne-moi ce que tu as, je te donnerai ce que j'ai. »

Que ce dicton populaire, résumé admirable de la loi d'échange s'applique à des matériaux ou à des idées, il en résulte toujours, du fait même que l'échange s'est produit, une amélioration de la situation respective des échangeurs. Tout marché honnête, donc renouvelable, étant toujours profitable aux diverses parties contractantes.

On ne peut échanger les matériaux que si on a les moyens de les transporter, et les idées s'échangent d'autant plus nettement que les déplacements des penseurs sont plus faciles.

Toute amélioration des moyens de transport entraîne une amélioration du bien-être matériel et moral de ceux qui en profitent : l'histoire en fait foi.

Les périodes les plus florissantes de l'humanité ont été accompagnées, pour ne pas dire précédées, d'une amélioration considérable des moyens de transport.

C'est l'initiative des Phéniciens, améliorant leur marine, qui a fait du bassin de la Méditerranée, une sorte de berceau du monde. C'est la hardiesse des ingénieurs romains, n'hésitant pas à sillonner leur empire, et à faire suivre les armées, d'un vaste réseau de routes, tout de suite construites pour durer, qui a permis de donner la prospérité et la paix romaine dont on retrouve encore tous les vestiges, même dans les coutumes et dans les traditions des pays occupés, notamment dans beaucoup de nos cités du midi de la France.

La Renaissance Italienne correspond à l'établissement en Lombardie des canaux à écluses, dûs au génie créateur de Léonard de Vinci, aidé de ses maîtres et de ses élèves. Ces magnifiques ingénieurs italiens, en améliorant les moyens de transport et d'irrigation, ne faisaient que reprendre sous une autre forme les traditions de leurs ancêtres romains.

La Renaissance Française, avec les Médicis, voit le commencement des voies d'eau en France (1).

Le génie de Colbert, ce remarquable ministre de Louis XIV, semble avoir vu sous toutes ses formes l'importance primordiale de l'extension des moyens de transport. Avec lui, nous retrouvons les grandes et belles voies à travers la France, pour faire circuler les armées de Louis XIV, routes d'Allemagne, routes d'Italie, routes d'Espagne. C'étaient les pavés du Roi au milieu, et de larges accotements en gazon de chaque côté du « chemin pavé » réservé au passage de l'artillerie et des lourdes voitures d'approvisionnements. Ces voies de transport, à larges emprises, nous rendent encore les plus grands services, et bien souvent nous sommes heureux de profiter des accotements pour y installer nos chemins de fer d'intérêts locaux, lorsque les pentes le permettent.

Avec lui, nous assistons également à la création du Canal du Midi, par Riquet; c'est lui aussi, qui, dans le même ordre d'idées, a fait renaitre notre commerce maritime, ce qui a eu pour résultat de nous donner sous Louis XIV, les Indes, le Canada et la Louisiane. La visite de nos ports de Bordeaux, de Nantes, de Saint-Malo, affirme la grande prospérité de notre commerce maritime d'alors, par la seule vision des monuments de ces villes, datant de cette époque.

Grâce à l'impulsion donnée, le système des routes de Colbert se continue jusque sous Louis XVI, et Napoléon I^{er}, dans la plénitude de ses facultés, a fait sillonner la France et l'Italie d'un réseau de routes considérable, qui, il y a encore 60 ans, faisait l'admiration des étrangers se rendant par voiture, à petites journées, en Italie.

La prospérité de l'Angleterre, est due à la suprématie, toujours maintenue, de sa puissance maritime, et nous avons failli être écrasés par les descendants des barbares, qui, dans un but de bien-être personnel, avaient su pousser au plus haut point l'amélioration des moyens de transport traversant ou partant de leur pays.

De tout temps, les instigateurs de la création des moyens de transport améliorés, ont rencontré les plus grandes difficultés auprès de leur administration contemporaine, même s'ils étaient compris au sommet de la hiérarchie.

Dans les *Lettres, Instructions et Mémoires de Colbert* (2), ce grand ministre, ou apparaît son esprit de prévoyance, sa lucidité dans les moyens de préparer l'avenir, on peut suivre, notamment dans la collection de sa correspondance avec

(1) Dans les premières cartes, sous Louis XIII, avant Cassini, on constate très bien cette préoccupation de l'aménagement des cours d'eau, car outre les traversées des rivières et des fleuves par gué ou par bac, correspondant aux pistes de poste, il y est porté de nombreuses indications de retenue d'eau sur toutes les petites rivières ou rus.

(2) *Lettres, instructions et mémoires de Colbert*, par Pierre CLÉMENT, Tome IV, Imprimerie Impériale, 1867.

Riquet, pour la création du Canal du Midi, toutes les émouvantes péripéties par lesquelles il a fallu passer pour aller de la conception à la réalisation, surtout pour les personnes comme nous qui, dès leur plus tendre enfance, ont entendu raconter toutes les difficultés rencontrées pour la création des premiers chemins de fer en France, et en Espagne.

A ce sujet, de l'impression sur moi résultant d'entretiens de mon père, de tous ses collaborateurs, beaucoup de choses sont tellement restées gravées dans ma mémoire, que je crois avoir vu certains événements qui se sont écoulés avant ma naissance et bien des réminiscences de toutes ces conversations écoutées parfois d'une oreille distraite, me reviennent aujourd'hui comme des idées à moi, et ce ne sont que de simples réminiscences, phénomène étonnant des choses gravées d'une manière inconsciente dans notre cerveau.

Dans l'état actuel des choses, les grands navires à vapeur sur mer, les chemins de fer (routes perfectionnées) sur terre, sont les moyens de transport les plus parfaits utilisés ; leur puissance est, malheureusement, insuffisante, aujourd'hui pour répondre aux besoins et leur amélioration doit être étudiée et exécutée avec le plus large esprit de prévoyance.

Dans le même ordre d'idées, il ne faut pas perdre de vue que le bon fonctionnement des organisations de transport, ces grands échangeurs de toutes choses, dont dépend le bien-être général, exige de chacun de ses employés une discipline librement consentie, c'est à dire imposée ni dans un sens, ni dans un autre. Un juste équilibre étant possible entre ceux qui conçoivent et ceux qui exécutent, lorsque la capacité spéciale de chaque intéressé répond bien aux services qui lui sont réclamés.

Le choix des employés doit donc se faire parmi les plus méritants, et c'est un devoir pour les Compagnies de transport de se séparer des incapables ou des mal en place, leur licenciement se faisant évidemment avec indemnité équitable, et ce, dans l'intérêt de la collectivité, ceux conservés devant, par contre, recevoir tout le bien-être possible.

Les moyens de transport, et les chemins de fer en particulier, étant les plus importantes des institutions sociales de par leur répercussion possible sur les autres, lorsqu'on parle d'eux, il faut toujours se rappeler la devise Saint-Simonienne que mon père avait mise comme exergue à *La Liberté* de 1876 à 1894. « *Toutes les institutions sociales doivent avoir pour but l'amélioration du sort moral, intellectuel et physique de la classe la plus nombreuse et la plus pauvre.* »

Au déclin de ma vie, je me sens être un continuateur des idées de mes parents, de leurs pensées les plus intimes. Je suis né au moment des chemins de fer, en 1846, neuf ans après l'ouverture des chemins de fer de Saint-Germain et de Versailles, et au moment même où s'ouvrait le chemin de fer du Nord de la France. Aujourd'hui encore, toute l'organisation créée par les frères Pereire

subsiste dans cette belle Compagnie du Nord qui a su, jusqu'avant cette terrible guerre, ne rien réclamer à la garantie de l'Etat pour son exploitation, résumant toutes les idées de première organisation des Pereire : Économat, Comité de Direction, surveillant et voyant tout, sachant réunir tous les divers chefs de service pour leur donner une impulsion commune pour savoir les encourager à tout moment, en faire des membres d'une même famille, avoir, en définitive, l'autorité prévoyante du père de famille, s'occupant avec le même intérêt de tous ses enfants, depuis les plus petits jusqu'aux plus grands, pour les guider dans le chemin du travail et de l'honneur.

A la mort de mon père, en 1880, j'ai pris la direction de son journal, *La Liberté*, et j'ai toujours cherché à défendre les chemins de fer, à la création et à la direction administrative desquels il avait contribué. Cette défense des intérêts des grandes Compagnies où mes parents avaient été, en quelque sorte, les premiers initiateurs, je l'ai faite sans arrière-pensée de succéder à mon père dans la grande Compagnie française dont il faisait encore partie au moment de sa mort.

J'ai toujours conservé intacte ma liberté pour mes polémiques personnelles de défense des intérêts supérieurs des chemins de fer, particulièrement au moment des Conventions de 1883. J'ai acquis cette liberté précieuse de pouvoir tout dire, avec la convenance d'un homme voulant être bien élevé, mais sachant parfaitement ce que faire veut dire. Je n'ai jamais aimé les coteries ni les sociétés d'admiration mutuelle. C'est pourquoi je peux proposer en toute indépendance le programme des chemins de fer de l'avenir faisant l'objet de ce volume.

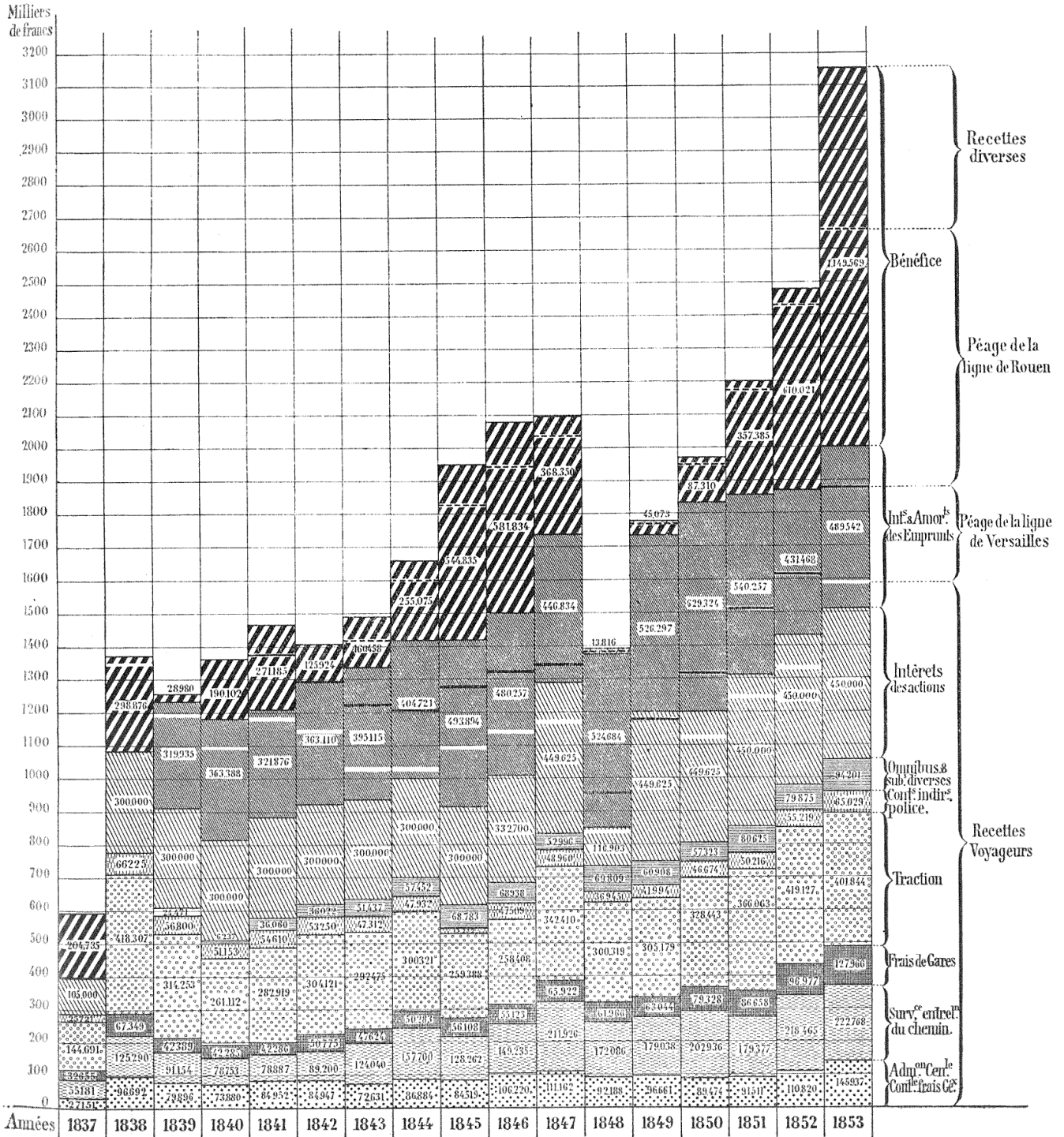
Au moment où nous esquissons ce que devraient être les chemins de fer de l'avenir et le développement considérable que l'on devrait envisager, il nous semble intéressant de montrer ce qu'ont été les premiers chemins de fer construits par les frères Pereire en 1837. M. Emile Pereire, l'aîné de ces frères, avait obtenu en 1835 la concession de la ligne de Paris à Saint-Germain et, par deux tableaux synoptiques, nous essayons de montrer les résultats obtenus de 1837 à 1853 sur cette petite ligne qui a été le berceau des lignes de Normandie et de Bretagne.

La création de la société qui devait l'exploiter a été très difficile, parce qu'à cette époque peu de personnes avaient confiance dans les résultats d'une pareille opération, et c'est ce qui explique pourquoi les créateurs de cette ligne ont été dans l'impossibilité matérielle d'acheter une large bande de terrains depuis Paris-Saint-Lazare jusqu'au Pecq. Dans les chemins de fer de l'avenir que nous envisageons dans ce travail, nous admettons qu'il faudrait avoir, pour toutes les lignes nouvelles, des bandes de terrains de 100 à 200 mètres, pour réserver aux siècles futurs la possibilité de réaliser toutes les améliorations que l'on pourra donner à l'exploitation nouvelle des chemins de fer.

GUSTAVE PEREIRE.

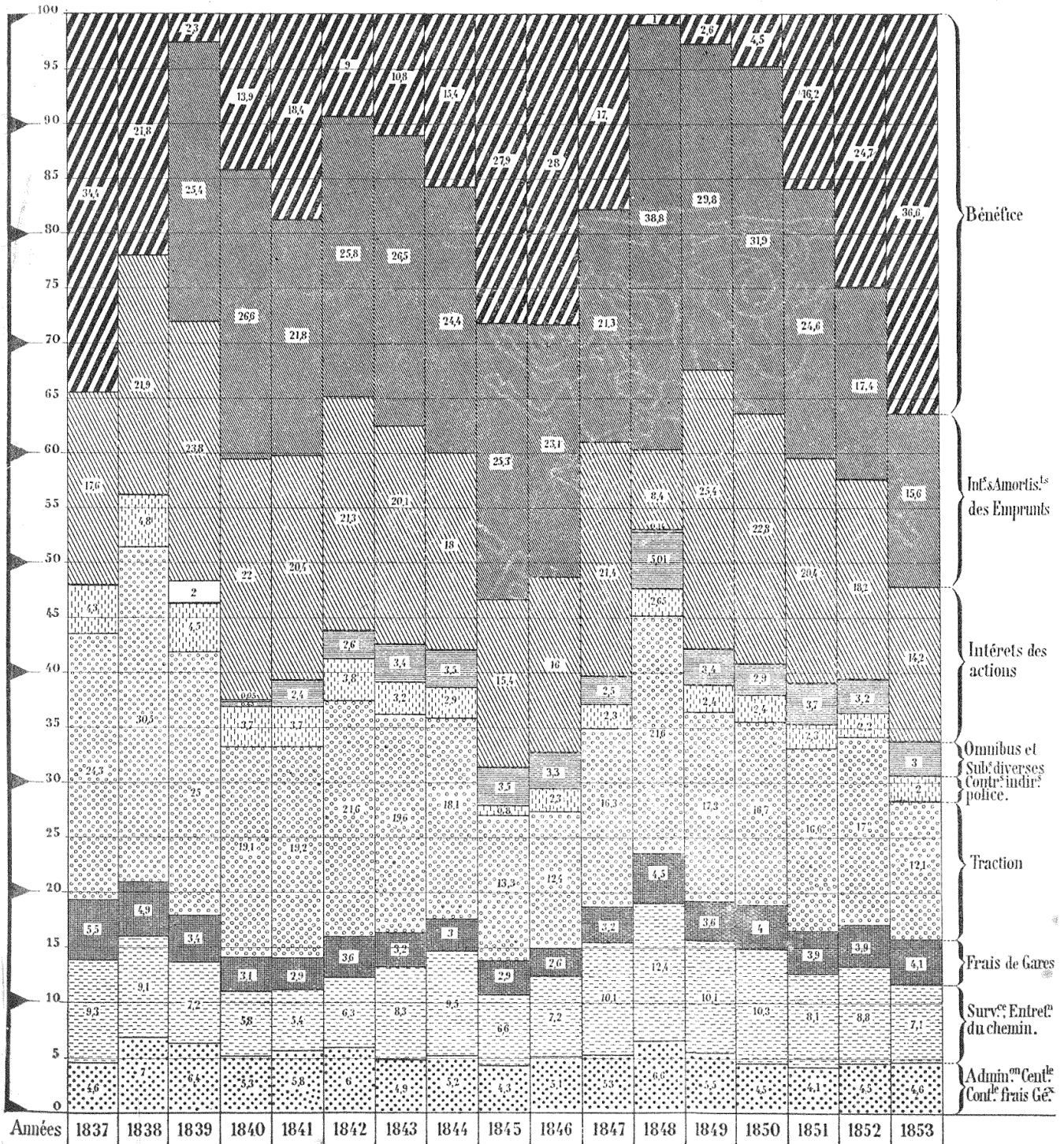
CHEMIN DE FER DE PARIS A SAINT-GERMAIN

N° 1. — Tableau des dépenses et des recettes.



CHEMIN DE FER DE PARIS A SAINT-GERMAIN

N° 2. — Répartition pour cent des recettes en dépenses et bénéfices.
(Ce tableau donne le rapport pour cent de chaque article de dépense à la recette de l'année correspondante).



CHAPITRE PREMIER

SITUATION DES CHEMINS DE FER AVANT 1914

AVENIR QUI PEUT LEUR ÊTRE RÉSERVÉ

1. — CRÉATION

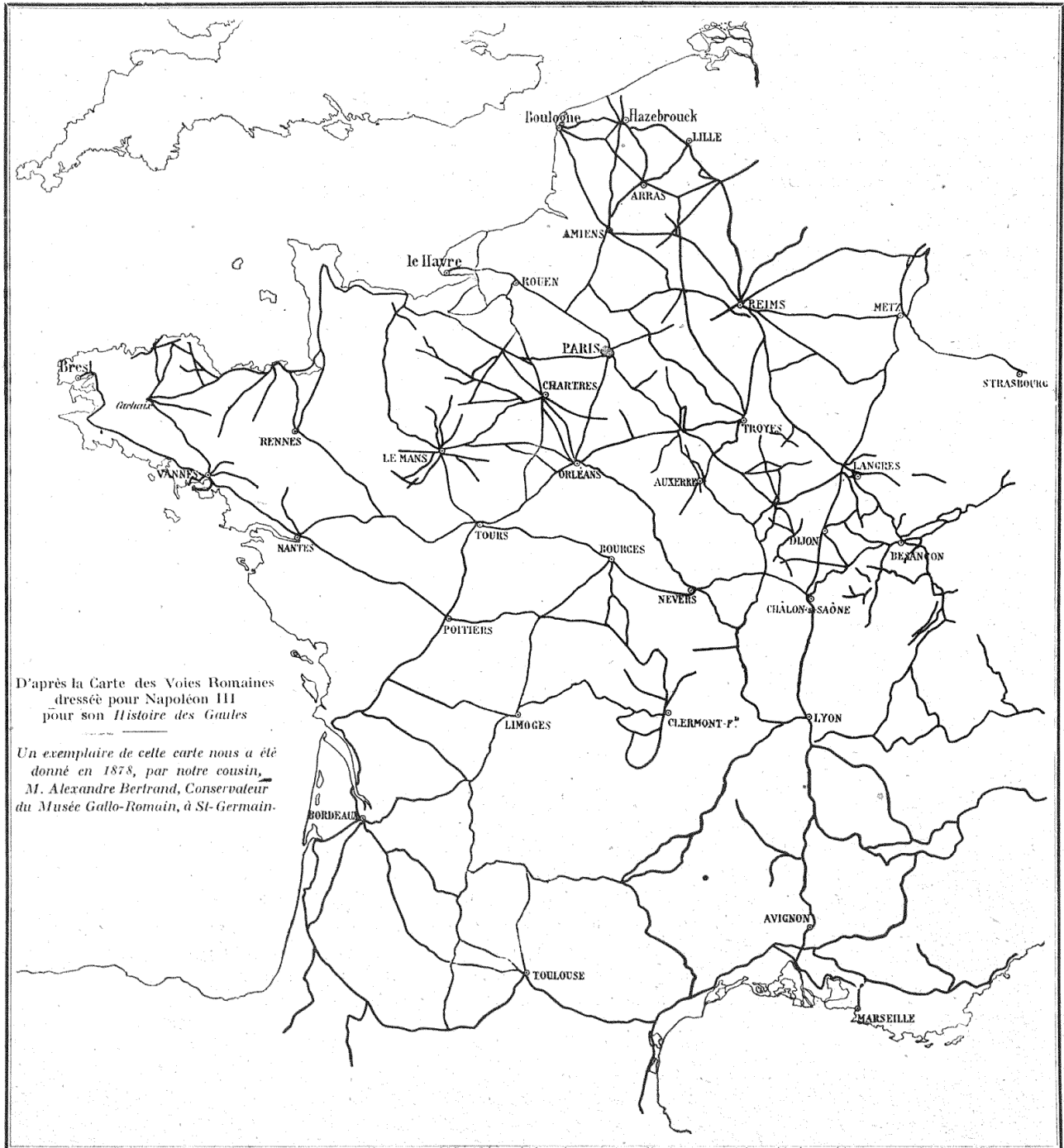
Insuffisance des prévisions. — La question des Chemins de fer a été l'objet en France d'une série d'essais, de tâtonnements, plus ou moins heureux, parce que, à son origine surtout, peu de personnes en avaient pressenti l'importance réelle.

Le capital à engager pour leur établissement, leur construction a donc été déterminé en partant de prévisions trop restreintes.

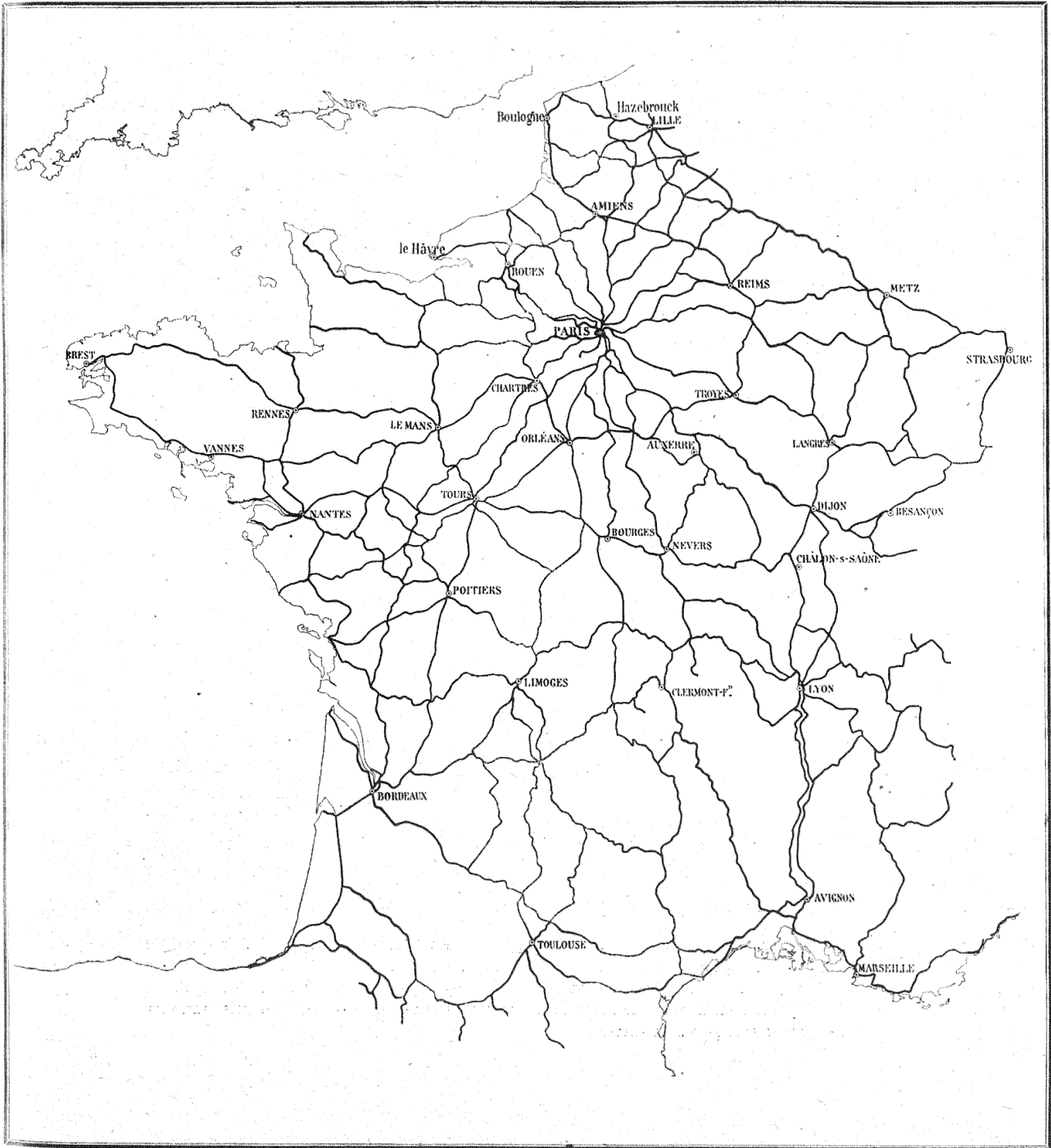
C'est ainsi que partout on a débuté avec des lignes à une seule voie, en ne prévoyant pas toujours leur dédoublement, sans se douter, il y a 70 ans, qu'il aurait fallu acheter de très larges bandes de terrain, qu'on aurait pu acquérir alors à très bon marché, pour avoir la place de poser non seulement deux voies, comme aujourd'hui, mais peut être 12, 16, comme cela a été fait en Amérique. Dans ce pays lorsqu'on a constitué les grands réseaux de chemins de fer à travers les immenses espaces de terre, mais il faut le dire, quasi vierges, on a donné aux réseaux la concession, pour ainsi dire gratuite, de larges bandes de terrain.

En France, seuls les frères Pereire (Émile et Isaac) ont compris cette importance du premier établissement, et la preuve évidente en est dans ce qu'ils avaient prévu dès 1837 pour la seule gare Saint-Lazare, terminus actuel des lignes de Saint-Germain, Versailles (rive droite), d'Auteuil, d'Argenteuil et de la ligne de Paris au Havre, lesquelles, par leur réunion avec le réseau des principales lignes de Normandie, Paris, Caen, Cherbourg, Rouen, Dieppe, ont formé en 1855, le réseau de l'Ouest. Tout cet ensemble de lignes a pris depuis 63 ans un développement considérable; malgré cela les terrains de la gare Saint-Lazare, et de ses abords, sont restés, comme surface, dans les mêmes conditions qu'au moment de la fusion, même une partie de certains quartiers de la place de l'Europe, qui avaient été achetés le long des lignes de la Compagnie de Saint-Germain et de

RÉSEAU DES VOIES ROMAINES



RÉSEAU DES PRINCIPALES VOIES FERRÉES ACTUELLES



Versailles (1), en vue d'y installer les entrepôts régulateurs de tous modes de transport bien compris, ont été vendus par la Compagnie de l'Ouest, et, aujourd'hui, pour satisfaire au trafic, il faut, à grands frais, par des travaux en sous-œuvre, établir une gare à plusieurs étages.

La plus grande partie des terrains occupés par les ateliers de l'Ouest entre les Batignolles et Clichy-Levallois, sont à peu de chose près, de semblables surfaces à ce qu'ils étaient en 1855.

En 63 ans, qu'a-t-on fait pour augmenter la surface de certaines gares de Paris, lesquelles, indéniablement, sont trop à l'étroit ?

Pour la Compagnie de Lyon, mon père, Isaac Pereire, avait préparé par promesse de vente l'achat de tous les terrains situés derrière la place de la Bastille, avec les mêmes réserves de terrains que les frères Pereire avaient constituées pour la gare Saint-Lazare et tout l'ensemble des ateliers et voies de garage dépendant de la nouvelle Compagnie de l'Ouest en 1855.

Actuellement, du fait des agglomérations, usines, villages, villes, qui se sont installés aux abords les plus immédiats des lignes construites, il faut exproprier à prix d'or pour, par exemple, comme sur le réseau de Paris-Orléans, faire les quatre voies entre Paris et Brétigny, lesquelles sont d'ailleurs insuffisantes.

Dans l'incertitude des résultats des nouvelles lignes de chemins de fer en 1849, c'est-à-dire il y a 69 ans, on n'a point prévu l'avenir ; les voies ont été établies trop économiquement et, depuis 45 ans, on est obligé de faire des renouvellements constants, de remplacer les anciens rails de fer par des rails d'acier de plus en plus lourds, de plus en plus résistants, sans oser changer la constitution du sol de la voie par un blocage de pierres pour faire reposer des rails très lourds, très robustes sur des sortes de voies romaines adaptées aux nouveaux moyens de transport.

Les Romains avaient mieux prévu. — Pourtant les Romains avaient favorisé leur conquête des Gaules par l'établissement de routes merveilleuses de résistance, constituées avec des assises de grosses pierres cimentées les unes aux autres sur une largeur de 3 mètres et une profondeur de plus de 1 m. 50. Ce réseau avec un très faible entretien a duré pendant des siècles, depuis Jules César jusqu'à l'invasion des barbares qui a mis fin à la domination romaine dans les Gaules.

Lorsqu'on examine l'ensemble des réseaux de ces voies magistrales, on

(1) Dans mon enfance, j'ai vu mettre tous ces terrains au niveau des lignes de Saint-Germain et de Versailles. Après la fusion de 1855, la Compagnie de l'Ouest a laissé échapper ces terrains déjà, en grande partie, nivelés ; si on les avait conservés pour leur destination d'entrepôts on aurait pu, facilement et au fur à mesure des besoins, augmenter le faisceau des voies entre les Batignolles et la gare Saint-Lazare.

est étonné de voir que tous nos chemins de fer ont suivi les traces de ces voies romaines avec tous les points de concentration qui nous ont servi pendant cette terrible guerre de quatre années. Les cartes des voies romaines et des chemins de fer actuels sont la preuve évidente de ce que j'avance.

Voici les constatations que nous a suggéré le passé.

Pour l'avenir, il faut imiter l'esprit romain, dans toutes ses prévisions, dans tous ses effets. Aujourd'hui le réseau français n'est plus à la hauteur des nécessités pour satisfaire à un développement sérieux de nos transports.

Les voies ne sont pas assez nombreuses, le sol sur lequel elles reposent n'est pas suffisamment consolidé pour recevoir une superstructure capable de supporter des trains très lourds, de manière à augmenter la puissance économique de nos divers transports.

La solution des canaux est coûteuse, très coûteuse pour l'État, longue à réaliser, et ne permet que des transports trop lents pour satisfaire tous les besoins nouveaux.

A de nouveaux besoins, nouvelles méthodes.

II. — SITUATION EN 1914.

Avant de développer ces méthodes nouvelles, je crois bon d'exposer comment j'ai été amené insensiblement à les concevoir. Cela m'a coûté beaucoup de temps, exigé des calculs des plus minutieux, nécessité un important personnel et en plus, le temps de réfléchir à toute heure aux nouveaux résultats trouvés chaque jour par ces calculs nombreux et acharnés. Dans tous les réseaux de chemins de fer on est pris par le travail de chaque jour et on a peu de temps pour se livrer à des calculs d'avenir qui demandent à la fois un nombreux personnel pour les établir, et une liberté d'esprit que l'on a seule à 72 ans, lorsqu'on est presque retiré des affaires actives, après y avoir donné comme moi, quarante-deux années de sa vie d'administrateur de grandes compagnies de chemins de fer à l'étranger (Nord de l'Espagne, chemins de fer Autrichiens.)

Depuis 30 ans, grâce à un comptable de premier ordre, j'ai pu étudier, en tous ses détails, la situation financière des chemins de fer autrichiens et du réseau entier du Nord de l'Espagne.

Au cours de cet examen, je me suis aperçu que je n'obtiendrais pas le résultat cherché sur le coût et le rendement de chaque ligne différente d'un même réseau, si je ne serrais pas de près les conditions d'établissement des tarifs — et il y a dix ans, abandonnant provisoirement mes études sur la partie financière, je me suis livré à l'étude des tarifs.

J'ai publié, en 1914, un premier travail sur cette étude des tarifs, dans lequel

j'exposais une nouvelle manière d'effectuer la comptabilité des chemins de fer en partant du prix de revient.

Aidé de collaborateurs du plus haut mérite, j'ai pu obtenir pour le prix de revient d'un train une formule très intéressante à quatre termes, peut être un peu trop simple.

Pendant mes loisirs forcés de cette terrible guerre, j'ai étudié divers moyens de compléter mon premier travail, lequel, malgré son imperfection reconnue par mes nouveaux travaux sur cette importante question, m'avait déjà montré des lacunes regrettables dans les méthodes de comptabilité et d'exploitation des chemins de fer.

C'est ainsi que par l'application des données de cette première étude aux résultats d'exploitation des grands réseaux, j'ai pu me faire une première idée de l'importance des bénéfices ou des pertes sur les voyageurs ou les marchandises.

Par suite de la division des expéditions G. V. en colis de 20 kilogrammes comme moyenne pour les 7 réseaux, et du fait des manutentions très coûteuses, on perd des sommes considérables sur les transports marchandises G. V.

Entraves au groupage. — C'est le non groupage des marchandises de grande vitesse qui empêche de trouver des moyens pratiques de regagner, chaque année, tout ou partie des pertes en question, et la nécessité du groupage, les bénéfices qu'on pouvait en tirer, étaient une des constatations de ma première formule à quatre termes. (Celle résultant de l'étude en cours aura une dizaine de termes.)

Très malheureusement le groupage est quasi interdit en France depuis plus de 60 ans pour sauvegarder les impôts sur les récépissés de chemins de fer. Cet impôt en 1907 a produit 43 millions et grâce à une surcharge sur les tarifs de 0 fr. 0021 par tonne et par kilomètre sur tous les transports de grande et de petite vitesse des marchandises, on aurait pu retrouver cette somme de 43 millions.

Wagons à grande capacité. Avantages. — L'emploi de wagons à grande capacité, du seul fait de la réduction du poids mort, permet de compenser en grande partie la surcharge de 0 fr. 0021 (1) par tonne kilométrique à appliquer

(1) Cette évaluation est d'accord avec celle indiquée à la Conférence sur l'« *Influence des Wagons à grande capacité sur les crises de transport* » faite par M. Adolphe Henry, Ingénieur Civil des Mines, le 10 mars 1914 à la Société d'Encouragement pour le développement de l'Industrie Nationale.

En partant de la recette comparée de deux trains remorqués par une même machine entre les mêmes points, et composés, soit avec du matériel ancien 10 T. soit avec des wagons à grande capacité système Fox Arbel, 40 T. au lieu de partir comme nous du prix de revient moyen de la Tonne kilométrique, M. Henry trouve une augmentation de recette par tonne kilométrique de train de 0 fr. 00266 ou de 0,00199 selon celui des tarifs, alors en usage, appliqué au transport (poids brut à l'aller plus retour à vide compris).

CATEGORIES	TARE d'un wagon.	CAPACITÉ ou limite de charge d'un wagon.	POIDS d'un wagon complètement chargé.	POIDS BRUT de la tonne de marchandises nettes.	DÉPENSE par KILOMÈTRE à rai- son de 0,01845 (1) par TONNE brut.	ÉCONOMIE	
	1					2	3 : 2 = 3
	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	francs.	francs.	francs.
Couverts	8,00	40	18,00	1.800	0,021 324	»	»
Plateformes	5,50 8,00	10 20	15,50 28,00	1.550 1.400	0,018 359 0,016 583	0,002 962 0,004 738	» 0,001 776
Wagons à bois	6,25 18,00	10 40	16,25 58,00	1.625 1.450	0,019 248 0,017 175	0,002 073 0,004 446	» 0,002 073
Tombereaux	5,50 7,50 8,50 18,00	10 15 20 50	15,50 22,50 28,50 68,00	1.550 1.500 1.425 1.360	0,018 359 0,017 767 0,016 879 0,016 109	0,002 962 0,003 554 0,004 442 0,005 212	» 0,000 592 0,001 480 0,002 250

(1) Valeur résultant de l'application des résultats de ma première étude aux résultats d'exploitation des sept grands réseaux français pour l'année 1907.

au tarif pour garantir à l'État la recette qu'il perdrait en droits de timbre du fait de la généralisation du groupage.

Dans l'état actuel c'est le wagon type houiller 50 T. Midi, qui seul permet de regagner certainement cette surcharge. Le tableau ci-contre des divers poids morts des wagons le montre d'une manière évidente.

La substitution de wagons du type 50 T. au matériel actuel jointe à une organisation du groupage permettrait donc sans augmentation de tarif :

1° De réserver à l'État l'équivalent des 0 fr. 0021 par tonne kilométrique en remplacement du droit de timbre comme dit ci-dessus.

2° Aux Compagnies de réaliser de sérieuses économies de manutention.

Bien que je sois convaincu que les Compagnies et par suite l'État auraient encore intérêt à prélever sur les recettes des transports groupés les 0 fr. 0021 par tonne kilométrique correspondants aux droits de timbre, on ne peut songer à voir adopter cette solution par le contrôle en ce moment surtout où l'État a augmenté de 25 % tous les tarifs de chemins de fer pour sauvegarder ses dépenses de garantie d'intérêt.

Magasins, entrepôts, leur nécessité. — Or, le groupage, pour la grande vitesse et aussi pour la petite vitesse ne peut donner tout ce qu'on est en droit d'attendre qu'autant qu'on dispose dans les gares de grands magasins dans lesquels les marchandises seraient déposées gratuitement pendant un certain temps et moyennant un droit infime pour une période plus prolongée, il faudrait pouvoir y conserver les marchandises jusqu'à un mois au départ et un mois à l'arrivée pour permettre d'effectuer tous les groupages de même destination, faciliter les réexpéditions, ou donner aux destinataires le temps de faire chercher économiquement leurs marchandises.

L'installation de ces magasins permettrait le déchargement et le chargement presque immédiat des wagons.

Grand parc de matériel roulant. Avantages. — Nous ne sommes pas toutefois partisans de la limitation parcimonieuse du nombre des wagons; leur transport à vide coûte cher; ainsi en partant des prix d'avant-guerre (1) un parcours inutile à vide de 3.000 kilomètres dans l'année coûte autant que l'intérêt

(1) Wagon	10 T.	au prix de	0 fr. 50	le kil. de tare.	} prix forts.
—	20 T.	—	0 fr. 80	—	
—	40 à 50 T.	—	4 fr. 00	—	

Voie à 80.000 fr. le kilomètre de voie unique.

Dépense de transport d'une tonne brute 0 fr. 045 (valeur très faible ne comportant que les dépenses fonction du parcours, c'est-à-dire sans compter celles d'intérêt et d'amortissement qui sont au moins égales à cette somme.)

à 6 % et l'amortissement en vingt ans du capital nécessaire à l'achat du wagon et à la construction de la voie qui servirait à le garer. Pour les wagons de 20, 40 et 50 T. on trouve sensiblement que pour tous ces types, le parcours correspondant est de 5.000 kilomètres.

Dans certains cas on aurait donc avantage à constituer d'immenses garages où le matériel vide attendrait la reprise du trafic en sens inverse de sa venue.

Ainsi que cela a été dit sommairement plus haut, il est indéniable que depuis quelques années avant la guerre on sentait que les voies ferrées atteignaient leurs limites de capacité.

La multiplication de certaines voies, et l'emploi de plus en plus étendu des wagons à grande capacité permettra d'éloigner ces limites.

Mais le « *progrès continu des chemins de fer ne doit pas se contenter de suivre le développement général de l'industrie, il doit souvent le précéder et le provoquer.* » (1).

III. — L'AVENIR.

Que peut-on prévoir? — En matière de transport il faut prévoir, non pour demain mais pour après-demain, comme l'avait si bien compris les frères Emile et Isaac Pereire. Il ne faut pas perdre de vue, non plus, que si dans l'ensemble le réseau français d'intérêt général est assez serré, il existe des courants naturels de trafic qui, malheureusement dans l'état actuel des choses empruntent plusieurs réseaux, ce qui n'est pas toujours pour faciliter la rapidité et l'économie des transports.

C'est le cas de toutes les voies de transit international traversant la France et en particulier de la transversale portant les marchandises américaines de l'Ouest vers l'Est de la France, en vue de son acheminement par la Suisse jusque dans l'Europe Centrale.

Réseau syndical. — Pour répondre aux besoins futurs, il faut donc prévoir tout un réseau de lignes principales, géré par un syndicat de tous les chemins de fer français, avec un conseil d'administration composé des sept présidents des réseaux, assistés chacun de leur directeurs respectifs.

Les apports relatifs en : matériel, lignes, ou argent, ainsi que la répartition des bénéfices de ce réseau syndical, entre les divers réseaux actuels, pourraient se faire par exemple, sur la base de la moyenne des bénéfices des 10 années ayant précédé la guerre, ou toute autre formule.

(1) *Les Chemins de fer après la guerre.* — Rapport de M. TOULON à la session nationale de Mars 1918 du Congrès général du Génie Civil.

En dehors de ce réseau syndical, chaque réseau continuerait à exploiter pour son compte le reste de ses lignes.

Cette question de la création d'un syndicat des réseaux, assurant les charges d'organisation d'un réseau de lignes à très grand débit, pourrait être utilement liée à celles qui se poseront inéluctablement pour le regroupement des lignes de chaque réseau et la prolongation de la durée des concessions.

Le grand réseau syndical devrait être organisé en vue des besoins les plus grands que l'on peut concevoir actuellement.

Matériel à très large gabarit. — Les emprises des lignes de ce réseau devront être considérables et avoir, au moins, cent mètres de largeur dans les parties les plus courantes. Tout le tracé et les ouvrages d'art devront être prévus pour recevoir un matériel à très large gabarit, pouvant atteindre 4 m. 50 de largeur pour le matériel à marchandises circulant sur une voie.

Je dis bien circulant sur une seule voie, car il faut prévoir les wagons prenant appui sur deux et même trois voies parallèles, constituant de véritables chalands sur roues, lesquels outre l'avantage d'amener à quai des tonnages importants par mètre courant, d'où diminution notable de la longueur des gares procureront d'intéressantes économies de poids mort (1).

Les voies de ce réseau d'avenir, seront établies sur sol consolidé à la manière des voies romaines, pour être à même de supporter des charges d'essieux considérables.

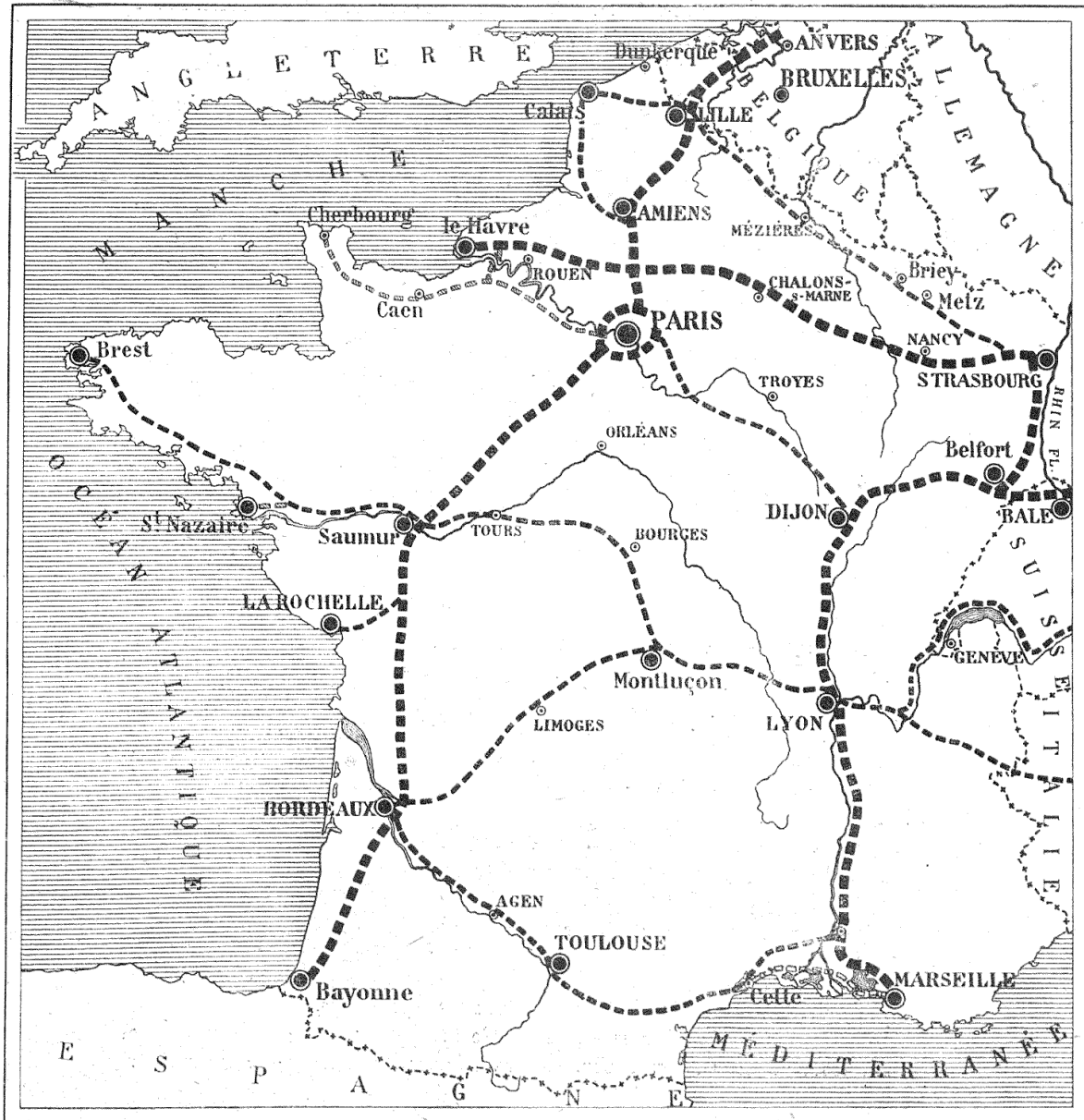
C'est ainsi que par stades successifs, on verra circuler sur ces lignes des wagons de 75 à 100 tonnes sur une voie, puis avec le matériel s'appuyant sur deux voies, des wagons de 150 à 200 jusqu'à 500 tonnes, les charges d'essieux passant de 15 à 50 tonnes; et dans un avenir plus éloigné, les progrès de la métallurgie et de la mécanique aidant, des wagons de 1.000 et à l'extrême limite 2.000 tonnes, les charges d'essieux atteignant alors 80 à 100 tonnes. Le gabarit de tels wagons pouvant atteindre 10 mètres de largeur et 10 mètres de hauteur, la partie supérieure en étant cintrée, demi-circulaire par exemple.

Ces derniers temps ont vu la réalisation pratique de rêves plus audacieux que cette simple conception, et la sagesse voudrait qu'il en soit tenu compte dans l'implantation des lignes du réseau syndical, notamment pour les ouvrages d'art et leurs renforcements futurs.

Gares et entrepôts de gares. — Chaque gare de ce réseau syndical devrait être prévue pour recevoir des entrepôts capables de contenir les marchan-

(1). Nous donnons en 2^e partie, Chapitre IV, quelques-unes des caractéristiques principales de ce matériel futur.

SCHÉMA D'UN RÉSEAU DE LIGNES A GRANDE PUISSANCE " RÉSEAU SYNDICAL "



dises correspondant à deux ou trois mois de trafic. Ces entrepôts ou docks seraient munis des meilleurs moyens de manutention.

Leur installation ne serait faite qu'aux voisinages des grandes agglomérations, villes ou centres industriels créés ou à créer.

Une gare suffirait tous les 30 à 50 kilomètres et plus peut être.

Équipement électrique. — Sur tout le réseau l'énergie serait fournie sous forme d'électricité, tant pour les besoins de la traction des trains que pour les services accessoires de manutention en gare, etc.

La création de puissantes usines électriques, distantes de 100 à 300 kilomètres utilisant, soit le charbon sur le carreau des mines, soit la houille blanche des montagnes ou des grands cours d'eau, permettrait de répondre tant au besoin du réseau syndical, qu'à la majeure partie de ceux des industries voisines.

Les lignes équipées de voies extra-robustes, avec wagons à grande capacité, tels que nous les envisageons auraient un débit de trois à cinq fois celui des lignes du type actuel occupant la même surface de terrain, et ne coûteraient au maximum, que le double de ces lignes.

L'établissement de ce réseau syndical, à grand trafic, permettrait l'application immédiate, et d'une manière uniforme, sur toute l'étendue du territoire, des moyens les plus perfectionnés. Il en résulterait certainement une économie considérable sur les prix de transport, permettant, tout à la fois d'améliorer le sort du personnel en l'intéressant aux résultats, et de favoriser le commerce par un abaissement du tarif.

Schéma des lignes du réseau syndical. — Pour le début, je vois le Syndicat établissant à travers la France, deux groupes de lignes formant transversales en croix.

Un premier groupe Sud-Nord, comprenant une ligne Bayonne-Anvers et une ligne Marseille-Anvers, via Strasbourg, amenant le trafic à un second groupe comprenant une ligne Havre-Rouen à Strasbourg et une ligne Brest, golfe du Morbihan, Lyon, Genève.

Chacune des lignes de ces deux groupes étant munie des antennes nécessaires pour former un ensemble liant tous les ports français (à munir de services de cargo-bots allant dans nos colonies africaines ainsi que dans les deux Amériques) et permettant de transporter très économiquement les produits au travers de la France.

A titre d'indication, nous donnons, dans la carte ci-contre, une esquisse de ce que pourrait être le réseau syndical des grandes Compagnies.

Nous pouvons aussi desservir la vallée du Danube, en continuant notre transversale Le Havre, Strasbourg, en traversant toute l'Allemagne du Sud par

Munich et aller ainsi en Roumanie, à Odessa, avec bifurcation sur le Bosphore et aller chercher tous les produits de la Russie et de l'Orient.

C'est nous assurer le transit de l'Europe centrale par nos grandes voies, et grâce à nos ports.

Il serait même admissible, que, si nous conservons le contrôle de la rive gauche du Rhin, nous puissions donner à ces régions, une prospérité inespérée, si l'on conçoit une sorte d'Etat en union douanière avec la France et en relations directes avec toute l'Allemagne du Sud, avec tous les Etats de l'ancienne Autriche-Hongrie, grâce à une transversale Anvers, Strasbourg, Linz vers l'Orient, se soudant à la ligne mondiale Le Havre ou Brest Strasbourg-Munich.

A cette dernière ligne pourrait se souder la ligne Dantzig-Fiume-Trieste, indispensable pour répondre aux légitimes aspirations des Polonais et des Yougo-Slaves.

Avec une réorganisation des ports allemands, on peut refaire les villes libres de l'ancienne union hanséatique participant à la constitution douanière contre l'Allemagne tant que celle-ci n'aura pas payé à nos alliés et à nous, tous les frais de cette guerre.

« Je me sens être un continuateur
des idées de mes parents, de leurs
pensées les plus intimes. »

Lettre de mon père à un de ses collaborateurs :

Malgré l'heureuse issue pour nous de la terrible guerre que nous venons de
subir, cette lettre traite des mêmes problèmes que ceux qui se posent actuellement.

Gustave PEREIRE, 1919.

Paris, le 28 Octobre 1871.

Mon cher Cohen,

Plus je réfléchis au projet d'article que je vous ai envoyé hier, plus je vois que l'idée est juste, opportune, féconde.

Ce n'est pas deux cents millions, c'est cent millions en or qu'il faudrait avancer à la Banque d'Angleterre pour obtenir qu'elle abaissât son escompte et le ramenât à son taux de 2 % d'avant la combinaison de l'achat des traites sur Londres. La combinaison de l'opération de Londres qui a été faite serait ainsi renversée; on aurait 50, 60, 100 millions de traites sur Londres à négocier, à vendre, ou du papier sur Paris à acheter à Londres.

Si, avec cela, la Banque de France abaissait également le taux de ses avances, elle ferait à la fois une œuvre *libérale*, utile et *essentiellement politique*.

On ne dominera aujourd'hui les partis que par les intérêts. Le Gouvernement actuel devrait lancer le pays dans les affaires pour faire oublier la politique, et le moyen de faire *prosperer les affaires*, c'est de *réduire le loyer des capitaux*.

Avec l'abaissement du taux de l'intérêt et avec la hausse des fonds qui en est la conséquence naturelle, tout deviendrait possible.

Avec l'abaissement de l'intérêt, le dernier emprunt se libérerait avec la plus grande rapidité et on pourrait alors faire de l'emprunt ce qu'on voudrait. On le mettrait au pair avec la plus grande facilité. C'est une source de profit pour tout le monde.

Avec l'abaissement de l'intérêt et la libération de l'emprunt, l'or reparaitrait en abondance. Il faudrait que le Gouvernement actuel montrât ainsi la puissance de ses combinaisons, qu'il montrât ainsi le rétablissement de la confiance, qu'il fit ainsi cesser la gêne insupportable des échanges et de la circulation.

Avec l'abaissement de l'intérêt et la hausse de la rente, le travail prendrait un grand essor et les salaires des ouvriers s'amélioreraient sans nuire aux bénéfices des patrons.

C'est le vrai moyen de combattre l'*Internationale*.

Tout le monde appuierait cette politique et oublierait dans le progrès de l'aisance générale les misères de la dernière guerre.

Mais il faudrait aussi que les chemins de fer mettent leurs moyens de transport à la hauteur du besoin, qu'ils commencent à agrandir leurs gares et par augmenter leur matériel pour tirer tout le parti possible des chemins actuels.

Les gares sont des entrepôts naturels, des entrepôts *gratuits*, ou à peu près, des entrepôts où la *manutention* est réduite à son *minimum* de frais.

Élevez la question des gares et du matériel de chemins de fer à la hauteur d'un besoin public, d'une nécessité qui résulte du besoin de répondre au renouvellement d'activité qui se produit en ce moment dans le pays et qu'il faut encourager.

Le développement du travail n'est que la mise en action de toutes les forces sociales. Ces forces sont le capital le plus précieux dont nous disposons; c'est la vraie richesse.

La mise en action de toutes les forces sociales, c'est encore l'organisation de l'armée pacifique avec laquelle nous commencerons l'œuvre de la revanche, et, plus la nation sera riche,

plus elle sera en état d'entretenir des armées, d'en soudoyer au besoin, d'utiliser dans son intérêt, dans celui de la civilisation, les forces brutales de l'Europe.

Nous aurons, en effet, à opposer, un jour, à Berlin, la Rome moderne, la coalition des forces militaires de la Russie, de la Belgique et des Pays-Bas qui auront à défendre bientôt leur indépendance gravement menacée.

Il faudra, pour résister à la Prusse, la contenir de toutes parts.

Pour rêver tout cela, il faut enrichir la nation et la mettre en état de se donner le luxe de se faire défendre par les autres.

Mais je m'aperçois que je me laisse emporter par mon imagination dans les régions de l'avenir et bien loin du but primitif de ma lettre.

Revenons-y, car il y a commencement à tout :

Prêt d'or à la Banque de Londres ;

Tirage de traites sur Londres qui en est la conséquence ;

Abaissement du taux d'intérêt à Londres, à Paris ;

Développement des moyens de transports des chemins de fer.

Conséquences :

Fin de la crise de l'or ;

Hausse de la rente et de tous les fonds publics ;

Fin de la crise des transports ;

Développement du travail ;

Amélioration des salaires des ouvriers et des profits des patrons ;

Pacification des esprits et rapprochement des classes ;

Internationale contenue ;

Consolidation de la situation politique nouvelle ;

Force puissante pour combattre pacifiquement les partis au point de vue politique ;

L'internationale au point de vue social ;

Voilà la véritable politique industrielle.

En d'autres termes, voilà la politique envisagée au point de vue de l'industrie et surtout au point de vue de la Banque et des chemins de fer qui en sont la plus haute expression.

J'aurais le même programme à faire au point de vue de la science et de l'instruction publique, au point de vue des beaux-arts, de la morale et de la religion dont la mission serait de concourir à l'amélioration morale, intellectuelle et physique du plus grand nombre.

CHAPITRE II

AU SUJET DES CHEMINS DE FER INTERNATIONAUX

27 Janvier 1919.

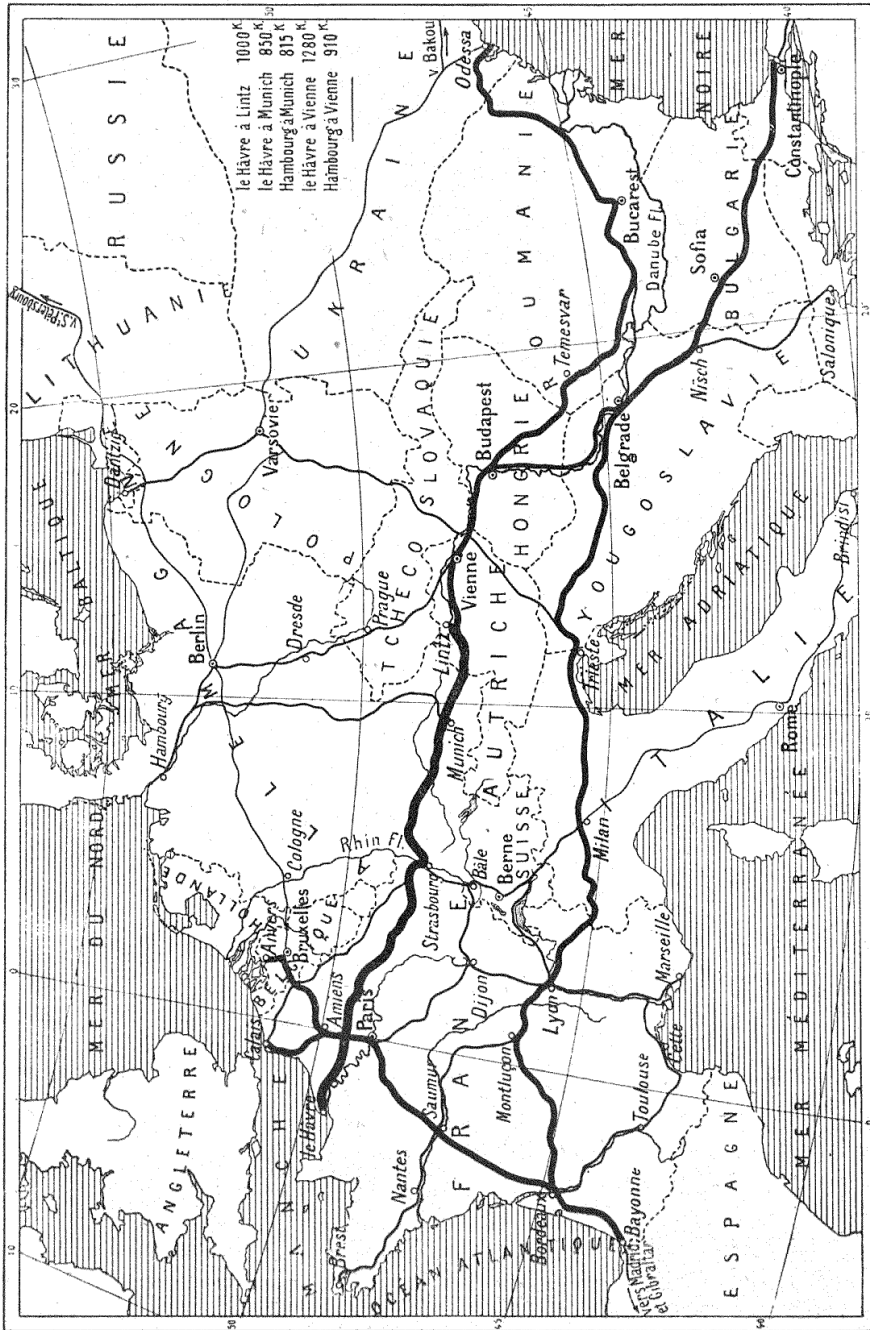
Parmi les nombreuses commissions de la Conférence de la Paix, les journaux nous annoncent que l'une d'entre elles aura à s'occuper des moyens à employer pour assurer le paiement des sommes dues en réparation des dommages causés.

Une autre s'occupera des ports, fleuves et chemins de fer internationaux, ces derniers comprenant notamment celui de la 45^e parallèle c'est-à-dire Bordeaux, Lyon, Milan, Trieste, Belgrade et au-delà, dont l'amorce est en effet comprise dans notre programme du réseau syndical des grandes compagnies françaises.

A la réflexion il nous paraît que le travail de ces deux commissions pourrait avoir un point intéressant commun.

I. — LIGNE LE HAVRE-STRASBOURG-MUNICH-LINZ.

En effet, parmi les grandes voies capables de transporter de nos ports de l'Ouest sur l'Europe centrale les produits venant par mer d'Amérique et d'Afrique, il semble que la ligne qu'il importe de réaliser tout d'abord est celle reliant Le Havre-Rouen à Strasbourg avec prolongement éventuel sur Munich et Linz. C'est la plus courte, c'est celle qui traverse les régions les plus atteintes par le cataclysme mondial, c'est-à-dire celle dans laquelle il importe d'introduire les plus grands instruments de prospérité en compensation des sacrifices qu'elle a dû supporter, et où les tractations qui s'attachent toujours à la détermination des tracés définitifs à adopter et des acquisitions de terrains nécessaires, demanderaient le moins de temps, car du fait même des événements, la notion de l'intérêt général y est des mieux comprise.



La réalisation de cette ligne rendrait possible, ou tout au moins, aiderait considérablement la solution des problèmes complexes posés au sujet des voies et moyens à employer pour obtenir des responsables de cette guerre les réparations des dommages causés, surtout si cette grande voie de transit est à même de transporter tout, ou presque tout des marchandises venant par mer, et destinées à l'Europe centrale et au-delà.

Contrôle qu'elle permettrait. — Il faut, en effet, remarquer qu'une grande voie de transit Le Havre, Strasbourg, Munich est sensiblement égale comme développement à une ligne Hambourg, Berlin, Munich, et qu'il suffit de bien peu de chose dans les clauses du traité de paix au sujet des tarifs douaniers pour que tout le trafic résultant de l'apport en Europe, des marchandises Nord et Sud, Américaines et Africaines passent de préférence par la France via Angleterre si besoin, au lieu de se rendre par les ports allemands.

Qu'en résulterait-il ? Une très grande facilité de contrôle et la possibilité d'établir une surveillance sur toutes les marchandises destinées aux États pénalisés et presque une obligation de passer par les voies que nous pourrions appeler les *voies interalliées*. Le passage sur ces voies permettrait de récupérer une portion importante des dommages par l'emploi des moyens exposés ci-dessous :

II. — ENTREPOTS INTERNATIONAUX.

Toute marchandise pénétrant dans les empires ou ex-empires centraux, paierait une taxe au profit des alliés actuels, et elle *ne sortirait des entrepôts* constitués, pour assurer la régularité du contrôle, *qu'après paiement* réel, ou garantie par une banque de la valeur des marchandises, et *de tous les frais* accessoires, transports de toute nature, entreposage, douane des divers États intéressés, pénalisation d'entrée dans les empires centraux, le tout garanti par des assurances obligatoires contre les pertes et avaries en cours de route.

Les entrepôts en question, aussi nombreux que possible, étant situés dans les ports de départ, en Amérique et en Afrique, même en Asie, dans ceux d'arrivée en Europe (Angleterre, France, Belgique) ainsi qu'au voisinage des frontières, Strasbourg par exemple, ou même en Allemagne sous le contrôle des alliés.

Avantages de leur création. — L'obligation du paiement de la valeur de la marchandise et de tous les frais avant sortie des entrepôts, entraînerait tout naturellement à établir des barèmes permettant à tous de connaître rapidement le total des frais de toute nature à envisager pour le prix de revient d'une marchandise achetée à New-York et à livrer aux entrepôts de Munich par exemple.

Les droits perçus à titre de réparation des dommages de guerre pourraient être répartis ensuite entre chacun des Etats intéressés suivant une proportion à établir, en fonction des dommages subis ou des dépenses faites par chacun d'eux.

III. — CARACTÈRES TECHNIQUES DE LA LIGNE INTERALLIÉE.

Pour que cette combinaison soit possible d'une manière véritablement pratique, c'est-à-dire en faisant intervenir le minimum d'organes administratifs, il est indispensable que la grande voie interalliée, sorte de guichet permettant un contrôle facile, soit à même d'écouler toutes les marchandises destinées à l'Europe centrale et au delà. Cette voie devra donc être équipée en conséquence en ménageant toutes les possibilités d'avenir.

Les emprises de cette ligne interalliée devront donc être très larges, cent à deux cents mètres, des réserves de terrains pour création ou extension de gares et magasins, étant prévues nombreuses.

Pour assurer la durée, diminuer les frais d'entretien des voies et permettre les renforcements éventuels, rien ne devra être négligé pour consolider le sol de manière à permettre l'application d'une superstructure capable de supporter des charges d'essieux considérables, condition indispensable pour l'emploi pratique des wagons à très grande capacité, lesquels dans une ligne internationale trouveraient constamment leur emploi judicieux.

Pour répondre parfaitement au but à atteindre, cette ligne devrait être immédiatement construite avec un type de voie extra-robuste, et équipée d'un matériel de très grande capacité du genre de ceux décrits dans la quatrième partie.

Coût de la ligne. — La construction et l'équipement de ces lignes coûteraient de deux à trois millions par kilomètre avec quatre voies installées sur les emprises de 100 à 200 mètres de large, avec toutes prévisions pour les extensions futures. Ces voies de communication étant capables, avec leurs quatre voies, d'assurer, avec un matériel extra-puissant, l'écoulement dans chaque sens jusqu'à un demi-million de tonnes par jour.

La ligne Le Havre, Rouen, Compiègne, Strasbourg, Munich, Linz, 1.000 à 1.100 kilomètres, toute équipée entraînerait donc une dépense d'environ trois milliards, dont l'intérêt devrait être garanti par les empires centraux, la somme à verser par eux, chaque année étant d'autant plus faible que les expéditions, sur la ligne, à destination de ces pays, seraient plus importantes, grâce à une ristourne de n millimes par tonne kilométrique de marchandises expédiées chez eux, et correspondant au bénéfice probable de l'exploitation dans les conditions normales des exploitations actuelles.

Trafic nécessaire pour gager les dépenses. — A 3.000.000 par kilomètre, il faut 180.000 francs par an pour amortir ce capital de premier établissement en un long délai (50 à 99 ans) et payer l'intérêt entre 6 et 5 1/2, selon le délai d'amortissement.

En acceptant des conditions d'exploitation défavorables, avec un tarif moyen de 0 fr. 04 par tonne kilomètre, le coefficient d'exploitation variant de 80 à 90 %, ne laisse qu'un bénéfice compris entre 0 fr. 008 et 0 fr. 004 par tonne kilomètre, prenons 0 fr. 005 pour nos calculs.

Sur les bases ci-dessus il faudrait donc un trafic de :

$$\frac{180.000}{0.005 \times 360} = 100.000 \text{ tonnes}$$

nettes par jour sur la ligne, soit 50.000 tonnes dans chaque sens, ou 50 à 60 trains à marchandises lourds actuels, pour gager les dépenses de premier établissement sans avoir recours à la garantie d'intérêt.

Il est d'ailleurs fort intéressant de remarquer que, du seul fait de l'emploi du matériel à très grande capacité préconisé, on doit s'attendre à une économie complémentaire voisine de 0.005 millimes par tonne kilométrique, sur les frais d'exploitation, en supposant celle-ci faite par les moyens coûteux encore utilisés, ceux-ci étant rendus presque obligatoires par les types de voies et de matériel adoptés, dont on n'ose pas s'écarter.

Par conséquent, ce bénéfice, tout en permettant le maintien et peut-être même l'abaissement des tarifs, permettrait d'accorder au personnel des avantages appréciables à répartir entre l'élévation des salaires de base et l'amélioration des primes à instituer en perfectionnement de celles employées chez nous jusqu'à ce jour. Tout cela en vue d'obtenir le meilleur rendement du puissant outil plus que national, presque mondial, créé et au maniement duquel les agents de tous grades participent. Ces primes doivent pouvoir atteindre la valeur du salaire de base lorsqu'un bon rendement est obtenu, leur importance doit être telle qu'elle soit aussi efficace à la base qu'au sommet de la hiérarchie du personnel.

Avenir de la ligne. — L'emploi de ces moyens liant la situation du personnel au bon rendement des lignes, assurerait une très grande régularité de fonctionnement, de sorte que, étant donné la quasi obligation de passer par ces lignes, et imposée aux empires centraux par le jeu des traités, ainsi que de la régularité et de la sécurité obtenues pour les transports, il se produira sur ces lignes un courant de trafic durable. Ceci d'autant plus facilement, qu'il semble que ce trafic s'équilibrera dans les deux sens, de l'Ouest à l'Est, transport de café, sucre, cacao, coton, etc..., venant par les mers; de l'Est à l'Ouest, pétrole roumain; blés de Russie, de Roumanie et de Hongrie, cuivre, potasse d'Alsace, etc...

DEUXIÈME PARTIE

LES CHEMINS DE FER DE L'AVENIR

CALCULS

JUSTIFICATIFS DES BASES D'ÉTABLISSEMENT

AVANT-PROPOS

LES CHEMINS DE FER

avec matériel roulant à très large plateforme

Étant donné que certaines lignes de chemins de fer constituant des grandes artères du transit national et international sont appelées à assurer un trafic de plus en plus considérable, qu'il y a intérêt à les doter d'un matériel roulant de plus en plus grande capacité, nous nous sommes demandé quelles étaient les limites extrêmes qui pouvaient être envisagées comme dimensions de ce matériel, sans nous préoccuper des conditions imposées pour la circulation sur nos grandes lignes, dites à voie normale. Cela en vue de déterminer les conditions de réalisation des chemins de fer de l'avenir et de nous permettre de dresser un programme de transition pour passer de l'état de choses actuel aux possibilités futures si, pour la construction des lignes nouvelles, ou la réfection des lignes anciennes, on veut bien avoir la sagesse de prévoir l'avenir en faisant toutes les acquisitions de terrain nécessaires, implantant les voies et déterminant les ouvrages d'art, de manière à ce que plus tard il ne soit pas rencontré d'obstacles à la réalisation des améliorations que, dès maintenant, on peut envisager comme possibles d'exécuter quant à une époque plus ou moins lointaine, le besoin s'en fera sentir.

Nous donnons ci-dessous le résultat de nos études pour la détermination des extrêmes envisageables ; ces calculs ayant trait à :

- 1° Gabarit limite, suivant le nombre de lignes, de points d'appui des wagons.
- 2° Dimensions limites des wagons correspondant à ces gabarits limites.
- 3° Moyens de réalisation. — Constitution des voies, voies sur blocage, permettant de supporter les très lourds wagons.

4° Poids mort et charge utile de ces wagons selon la résistance des voies appelées à les supporter, c'est à dire selon les charges maximum d'essieux admissibles.

Nous indiquerons des types de voies capables de supporter des essieux très lourds, permettant l'emploi rationnel de wagons dont la largeur peut atteindre trois fois celle de la voie, ou des wagons spéciaux de très grande capacité, sortes de chalands sur roues prenant appui sur deux ou trois voies parallèles (1).

(1) Ces types de voies et ces wagons spéciaux sont brevetés.

CHAPITRE PREMIER

GABARIT ET LARGEUR DE LA VOIE

Entre le gabarit de libre passage et le gabarit de chargement des véhicules d'un chemin de fer, il faut laisser un espace libre à peu près indépendant du gabarit. Cet espace libre constitue un véritable *espace mort* quant à la bonne utilisation du terrain occupé.

Pour diminuer la valeur proportionnelle de cet espace mort, on a donc tout intérêt à avoir un gabarit du matériel de la plus grande section possible.

Ce gabarit ne peut être quelconque, car il faut que le poids des marchandises et du wagon par mètre courant de voie, ainsi que celui de la superstructure, puissent être supportés par le sol de la plateforme.

En admettant que pour le rapport du poids utile au poids mort on ne réalise pas mieux qu'avec les wagons de grande capacité actuels, soit 1 de poids mort pour 3 de poids utile, si d est le poids par mètre cube du produit à transporter, nous prendrons donc $\frac{4}{3}d$ comme densité moyenne d'une tranche de wagon utilisant en plein le gabarit de chargement.

Pour la charge qui peut être supportée par le sol, remarquons que, dans l'état actuel, les grandes compagnies de chemins de fer français limitent le poids des wagons de 3.000 à 5.500 kilogrammes par mètre courant de voie, ce qui correspond sensiblement à 4 k. 500 de charge supportée par centimètre carré de plateforme. Sous les grosses locomotives, cette charge atteint 3 kilogrammes à 3 k. 500.

Nous nous placerons donc dans de bonnes conditions en prenant dans nos calculs 1 et 3 kilogrammes comme valeurs extrêmes de la pression p admise par centimètre carré de surface de plateforme.

Forme du gabarit. — Si l'on envisage des *transports à faibles vitesses*, dans lesquels la résistance de l'air est négligeable par rapport aux autres résistances

au déplacement des wagons, le gabarit pourra avoir telle largeur qui conviendra, sa hauteur h étant limitée par cette seule condition que le poids de la colonne de matériaux ne détermine pas sur le sol une pression supérieure à celle admise ; c'est-à-dire que pour limite de h on aura, en négligeant provisoirement le poids de la superstructure :

$$\frac{4}{3} d h = 10.000 p$$

ou :

$$h = \frac{30.000 p}{4 d}$$

En donnant à p les valeurs extrêmes de 1 et 3 kilogrammes dont il est parlé ci-dessus et à d les valeurs extrêmes de 500 et 2.000 kilogrammes comme poids du mètre cube des matériaux les plus courants, on obtient pour h les valeurs indiquées au tableau ci-dessous :

	$d = 500$	$d = 2.000$
$p = 1$	15 m.	3 m. 75
$p = 3$	45 m.	11 m. 25

Si on se place au point de vue des *très grandes vitesses*, pour avoir le minimum de résistance de l'air, il conviendrait d'avoir des véhicules à section circulaire.

La condition de répartition de la charge sur une largeur de plateforme égale au diamètre D , s'écrit :

$$\frac{\pi D^2}{4} \times \frac{4}{3} d = 10.000 p D$$

d'où :

$$D = \frac{30.000 p}{\pi d}$$

en donnant à p et à d les mêmes valeurs limites que dans le calcul précédent, on obtient pour D les valeurs données au tableau ci-dessous :

	$d = 500$	$d = 2.000$
$p = 1$	19 m. 40	4 m. 63
$p = 3$	57 m. 40	14 m. 30

On voit qu'en se plaçant dans les cas limites compatibles entre eux : terrains courants pour transports ordinaires, terrains bons ou bien consolidés pour transports de matériaux lourds, c'est pratiquement entre 10 et 15 mètres que doivent être fixées les dimensions extrêmes du gabarit.

Si, de plus, on remarque que :

1° Pour les transports à faible vitesse, intéressant la majeure partie des marchandises, la hauteur de 10 à 12 mètres paraît le maximum admissible pour les possibilités de chargement et d'arrimage. Cette hauteur étant, d'ailleurs celle usuelle sous flèche des grues de quai les plus courantes des ports de commerce ;

2° Pour les transports à grande vitesse, il est inutile de prévoir des wagons de plus de 14 à 15 mètres de diamètre. Il est même préférable d'adopter un diamètre plus petit, de manière à pouvoir asseoir les futures lignes, sans dépenses véritablement excessives, sur des terrains peu résistants.

On est amené à conclure qu'un gabarit de 10 à 12 mètres de largeur, c'est-à-dire de même grandeur que la hauteur admissible, donnerait toute latitude pour étudier dans l'avenir, des wagons tubulaires de 10 à 12 mètres de diamètre, utilisant bien tout le terrain placé en dessous.

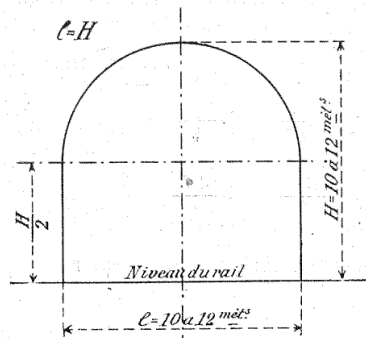


Fig. 1

Il résulte de l'ensemble des considérations ci-dessus que le gabarit de chargement

maximum qui peut être pratiquement envisagé pour le matériel de chemin de fer à très large plateforme est celui figuré au croquis ci-contre, fig. 1.

Largeur de la voie. — La largeur de la voie doit être telle que :

1° La répartition de la pression sur le sol et sur au moins toute la largeur du gabarit, se réalise dans les meilleures conditions possibles d'économie ;

2° La stabilité des wagons subsiste en cas d'arrêt dans une courbe comportant tout le dévers voulu pour contrebalancer la force centrifuge, alors qu'un vent

violent agissant normalement à la direction de la voie ajoute son action à celle de la composante horizontale du dévers.

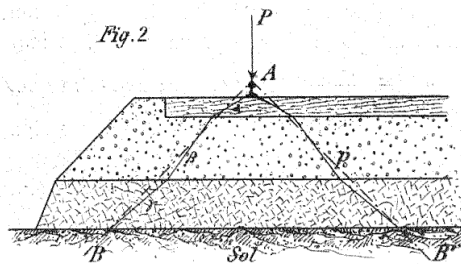


Fig. 2

Répartition de la pression sur le sol. — Si on considère

une file de rails, le poids de la charge roulante P, se transmet à travers les divers matériaux, suivant des prismes de répartition

dont les génératrices font avec l'horizon des angles α , β , γ , l'ensemble formant un prisme à génératrices de pente moyenne p , allant du point d'application A

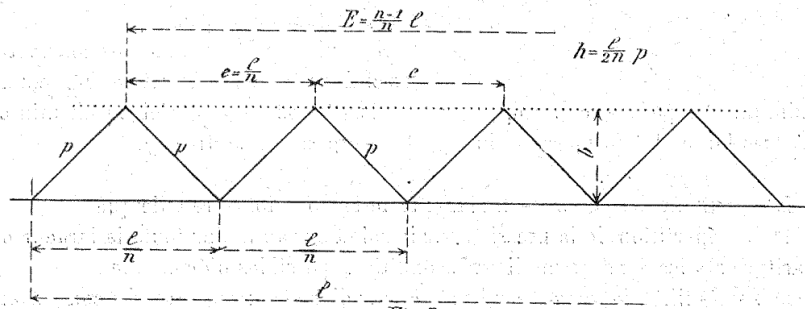
de la charge aux points de contact B, B' du dernier prisme avec le sol. (Voir fig. 2.)

On obtiendra une répartition judicieuse des charges en donnant aux files de rails un écartement tel que le prisme de répartition correspondant se juxtapose sans chevauchement, comme indiqué fig. 3.

Il résulte de ce dispositif qu'en appelant l la largeur du gabarit, e l'écartement des files de rails, E l'écartement des files extrêmes de rails, il convient d'adopter :

	Pour des lignes à :	2	3	4 files de rails.
	les écartements $e =$	$\frac{l}{2}$	$\frac{l}{3}$	$\frac{l}{4}$
	ce qui donne $E =$	$\frac{l}{2}$	$\frac{2l}{3}$	$\frac{3l}{4}$

Nombre de files de rails ou de lignes de points d'appui à adopter : n .



Si on considère la section des prismes de répartition dont il est question ci-dessus, on constate que la pente moyenne des côtés des prismes étant p , leur surface par mètre courant de voie est de $s = \frac{l^2 p}{4 n}$ (voir fig. 3), c'est-à-dire que, par mètre courant de voie, le volume des matériaux de répartition de la pression diminue proportionnellement au nombre des lignes de points d'appui.

Or il est nécessaire que le poids de ces matériaux de répartition, plus celui des wagons, ne dépasse pas la limite fixée pour la charge par unité de surface de plateforme de l'infrastructure.

En partant de la forme de gabarit déterminée précédemment dont la surface $S = l^2 \left(\frac{\pi}{8} + \frac{1}{2} \right) = 0.892 l^2$, le poids par mètre courant de wagon, charge

et tare comprise avec marchandise de densité moyenne 0,500 utilisant le plein gabarit est de :

$$\text{En Tonnes } \frac{4}{3} \times 0,500 \times 0,892 l^2 = 0,594 l^2$$

celui des matériaux de répartition de densité δ est de

$$\delta \times \frac{l^2 p}{4 n}$$

Pour fixer nos calculs, acceptons des valeurs moyennes de δ et de p soit $p = 1/1$ et $\delta = 2 \text{ T } 500$ par mètre cube pour tenir compte de l'augmentation de densité due à ce que le ballast et au besoin les maçonneries de répartition sont surmontés de rails et autres parties métalliques. Le poids de l'ensemble de ces matériaux par mètre courant sera de

$$\text{en tonnes } 2,5 \frac{l^2}{4 n} = 0,625 \frac{l^2}{n}$$

De sorte qu'en se tenant dans de bonnes conditions de charges sur la plateforme, soit 1 kilogramme par c/m^2 ou 10 T. par mètre carré, on devra avoir

$$0,594 l^2 + 0,625 \frac{l^2}{n} = 10 l$$

d'où

$$n = \frac{0,625 l}{10 - 0,594 l}$$

ce qui donne pour

$$l = 10 \quad n = \frac{6,25}{10 - 5,94} = 1,54$$

$$l = 12 \quad n = \frac{7,5}{10 - 7,428} = 2,59$$

c'est à dire que pour un gabarit de 10 mètres de la forme adoptée, on sera dans de bonnes conditions de possibilité de construction avec une voie à deux lignes de points d'appui, tandis que pour un gabarit de 12 mètres de large il faudra prévoir 3 lignes de points d'appui.

La formule $n = \frac{0,625 l}{10 - 0,594 l}$ peut encore s'écrire :

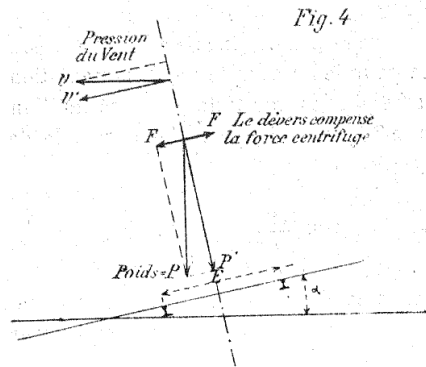
$$l (0,625 + 0,594 n) = 10 n$$

et si au lieu de se donner l on se donne des valeurs entières pour n on en tire pour :

$$\left. \begin{array}{l} n = 1 \quad l = 8.25 \\ n = 2 \quad l = 10.90 \\ n = 3 \quad l = 12.40 \end{array} \right\} \text{soit en } \left\{ \begin{array}{l} l = 8 \text{ m.} \\ l = 10 \text{ m.} \\ l = 12 \text{ m.} \end{array} \right. \text{ nombres ronds}$$

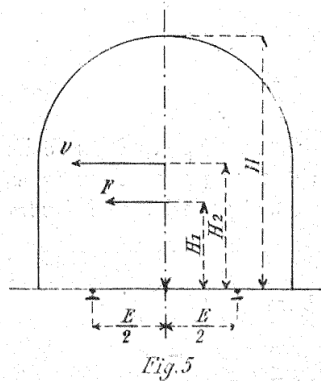
Stabilité. — Pour contrebalancer la force centrifuge, il faut donner à la voie une pente transversale théorique $p = \frac{V^2}{g R}$ ou sensiblement $p = \frac{8}{1.000} \frac{V^2}{R}$

dans cette dernière formule V étant exprimé en kilomètres à l'heure et R rayon de la courbe, en mètres.



Pour l'action du vent bien que par application de la circulaire ministérielle du 23 Août 1891, sur les ponts métalliques, il est admis que les trains ne circulent pas sur les ouvrages lorsque l'effort du vent dépasse 170 kilogrammes par mètre carré, nous prendrons dans nos calculs la valeur de 270 kilogrammes donnée dans la dite circulaire pour le calcul des ponts sans charge roulante.

En pratique, le problème se pose suivant les indications de la figure 4 ci-contre, mais la valeur de l'angle α ne dépassant pas 10 à 15°, même aux très grandes vitesses; pour le degré de précision que nous cherchons, on peut prendre P' et P'' égaux respectivement à P et à V^2 , ce qui revient à considérer le passage en vitesse dans une courbe sans devers. On se trouve alors dans le cas de la figure 5 dans laquelle :



H = hauteur du gabarit au-dessus du rail.
 H_1 = hauteur du centre de gravité au-dessus du rail.

H_2 = hauteur du centre d'application de la résultante de l'action du vent.

P = poids du wagon par mètre courant de gabarit.

$F = P \frac{8}{1.000} \frac{V^2}{R}$ valeur de la force centrifuge correspondante.

$S = H^2 \left(\frac{\pi}{8} + \frac{1}{2} \right) = 0,892 H^2$ surface du gabarit.

La stabilité est assurée si l'on a :

$$F H_1 + \bar{V} H_2 = P \frac{E}{2}$$

Pour ce calcul de stabilité, il convient de considérer le poids du wagon vide que, en conformité des hypothèses précédentes, nous prendrons égal au 1/3 de la charge à 500 kilogrammes le mètre cube contenu dans une tranche de 1 mètre d'épaisseur de gabarit, soit :

$$P = \frac{500}{3} H^2 \left(\frac{\pi}{8} + \frac{1}{2} \right) = 148 H^2$$

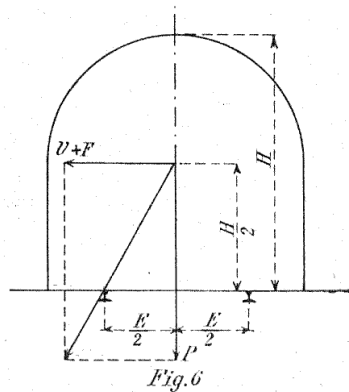
ou en nombre rond : $P = 150 H^2$

En raison même du mode de constitution des wagons, H, est inférieur à la hauteur du centre de gravité de la section du gabarit, laquelle est égale à $0,91 \frac{H}{2}$

La hauteur du centre d'application de l'effort du vent, par suite de la forme circulaire de la partie supérieure du gabarit, est également un peu inférieure à $\frac{H}{2}$ et la valeur réelle de \bar{V} inférieure à 270 H.

Nous nous placerons donc dans d'excellentes conditions de sécurité en admettant que F et \bar{V} sont appliqués à une hauteur

$$H_1 = H_2 = \frac{H}{2} \text{ (Fig. 6)}$$



L'équilibre sera réalisé lorsque la résultante de $\bar{V} + F$ et de P passera par la file de rails extérieurs, c'est-à-dire lorsqu'on aura :

$$\frac{\bar{V} + F}{P} = \frac{\frac{E}{2}}{\frac{H}{2}} = \frac{E}{H}$$

d'où $E = \frac{(F + \bar{V}) H}{P}$

et, en remplaçant F, \bar{V} et P par leur valeur en fonction de H :

$$E = \frac{150 H^2 \times \frac{8}{1.000} \frac{V^2}{R} + 270 H}{150 H^2} H$$

$$E = \frac{8 H}{1.000} \times \frac{V^2}{R} + \frac{270}{150} = \frac{8}{1.000} \frac{V^2 H}{R} + 1,80$$

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de E tirées de cette formule, dans le cas des gabarits maxima déterminés au premier chapitre de cette étude, celles de ces valeurs supérieures à la largeur des gabarits n'étant indiquées que pour mémoire.

R ↓	V →	VITESSE EN KILOMÈTRES À L'HEURE				
		30	50	100	200	300
		M.	M.	M.	M.	M.
200	$l = 8$	2,08	2,60	3,00	10,60	30,60
	$l = 10$	2,16	2,80	3,80	17,80	37,80
	$l = 12$	2,23	3,40	6,60	19,00	45,00
300	$l = 8$	1,99	2,33	3,93	10,33	21,00
	$l = 10$	2,04	2,46	4,46	12,46	25,80
	$l = 12$	2,09	2,74	5,00	14,40	30,60
500	$l = 8$	1,94	2,12	3,28	6,92	13,34
	$l = 10$	1,94	2,20	3,40	8,20	16,20
	$l = 12$	1,97	2,36	3,62	9,48	19,08
1000	$l = 8$	1,85	1,96	2,44	4,36	7,56
	$l = 10$	1,87	2,00	2,60	5,00	9,00
	$l = 12$	1,94	2,08	2,76	5,64	10,44

Si nous comparons les chiffres de ce tableau avec les valeurs à donner à E pour obtenir une bonne répartition des charges soit :

Pour lignes à		2	3	4	files de rails
et une largeur	$\left\{ \begin{array}{l} 8 \text{ m.} \\ 10 \text{ m.} \\ 12 \text{ m.} \end{array} \right.$	E = 4 m.	»	»	
de gabarit $l =$		E = 5 m.	6 m. 66	7 m. 50	
		E = 6 m.	8 m.	» 9 m.	»

on constate que, pour les lignes à 2 files de rails, pour lesquelles $E = \frac{l}{2}$ on peut atteindre, en toute sécurité, la vitesse de 100 kilomètres à l'heure en circulant dans des courbes de 300 mètres de rayon ou des vitesses de 200 kilomètres à l'heure sur des lignes à rayon minimum de 1000 mètres.

Ces vitesses maxima pourraient être assez largement augmentées en pratique, le centre de gravité pouvant, très facilement être placé bien plus bas qu'il est supposé dans les calculs ci-dessus.

Ainsi, avec le centre de gravité ramené à une hauteur $H_1 = \frac{H}{4}$ tout en conservant $H_2 = \frac{H}{2}$ l'équation de stabilité devient :

$$E = \frac{8}{1.000} \frac{V^2}{R} \frac{H}{2} + 1,80$$

c'est-à-dire que les valeurs données au tableau pour le rayon de 1.000 mètres deviennent alors applicables pour le rayon de 500 mètres et, au rayon de 1.000 mètres pour une vitesse de 300 kilomètres à l'heure, les valeurs de E deviennent 5 m. 50 pour $l = 10$ et 6 m. 12 pour $l = 12$ m.

Conclusions. — Les dimensions de gabarit proposées, en adoptant une voie à 2 lignes de points d'appui espacés de $E = \frac{l}{2}$ permettent donc d'envisager, pour l'avenir les vitesses les plus considérables, sans risquer d'accident en cas d'arrêt en pleine courbe par un temps épouvantable. La situation est encore meilleure dans le cas des lignes à plus de deux files de rails.

Dans les chemins de fer actuels dits à voie normale, on a sensiblement $E = \frac{l}{2}$ ($E = 1$ m. 50 d'axe en axe des rails, $l = 3$ m. à 3 m. 20) et la vitesse y atteint parfois 120 à 150 kilomètres à l'heure.

Remarque importante. — La condition de largeur de la voie égale à $E = \frac{l}{2}$ n'intéresse la stabilité que dans le cas de lignes à très grande vitesse ; pour des vitesses modérées, on peut descendre couramment à $E = \frac{l}{3}$ ce qui permet encore des courbes de 300 mètres de rayon avec une vitesse de 400 kilomètres à l'heure dans le cas qui nous occupe.

La réduction de la largeur de la voie, pour un gabarit donné, dans les limites compatibles avec la stabilité pour les vitesses et le rayon de courbes admis, présente des avantages non négligeables. La résistance des courbes croissant sensiblement comme la largeur de la voie, pour un rayon donné.

C'est là une question de proportion entre le prix de revient de la voie, la plateforme étant moins bien utilisée, et celui de l'effort de traction, étant admis qu'on néglige l'avenir au point de vue des grandes vitesses.

CHAPITRE II

DIMENSIONS DES WAGONS

I. — CONSIDÉRATIONS D'ENSEMBLE

Pour répondre aux besoins commerciaux les wagons doivent présenter une surface de chargement aussi grande que possible, sensiblement indéformable, sorte de plateau capable de permettre de constituer une caisse, couverte ou non.

Condition d'inscription en courbe. — En vue d'une bonne utilisation

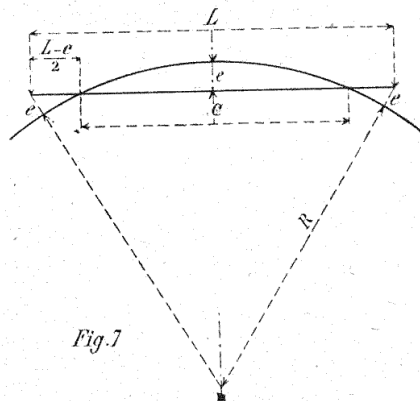


Fig. 7

du terrain, le mode de liaison de ce plateau avec les trains de roues porteuses devra être étudié de telle manière que dans le passage en courbe, l'éloignement des extrémités du wagon vers l'extérieur et de son milieu vers l'intérieur de la courbe, par rapport à l'axe de la voie, soit le même. Le wagon prendra alors en courbe la position indiquée par la figure 7 ci-contre, l'axe du wagon de longueur L coupant l'axe curviligne, de rayon R, de la voie suivant une corde de longueur C.

Soit e l'écart permis entre le gabarit du matériel et le gabarit de libre passage.

La condition posée ci-dessus est réalisée lorsqu'on a entre les divers éléments la relation.

$$L = 4 \sqrt{R e} \quad (1)$$

(1) En raison de la faible valeur de la largeur du wagon par rapport à celle du rayon de la courbe, on peut supposer sans erreur sensible, le wagon réduit à son axe.

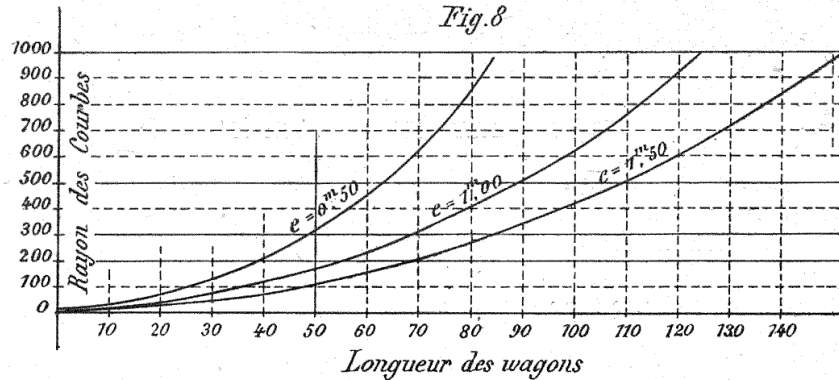
L'application du théorème des sécantes donne :

$$(2 R - e) e = \left(\frac{C}{2}\right)^2 \quad (I)$$

$$\text{et à l'extérieur } (2 R + e) e = \left(C + \frac{L-C}{2}\right) \left(\frac{L-C}{2}\right) \quad (II)$$

ou en additionnant ces deux équations

Le graphique ci-dessous *fig. 8* qui donne les valeurs possibles de L suivant les rayons de courbes jusqu'à 1.000 pour $e = 0$ m. 50 $e = 1$ mètre et $e = 1$ m. 50 montre que même pour $e = 0$ m. 50 et $R = 200$ on peut envisager l'utilisation de wagons de 40 mètres de long.



Conditions de sécurité de freinage. — Le matériel roulant à très grande capacité ayant surtout pour but de transporter des marchandises avec le minimum de frais d'exploitation la question de temps est secondaire, et il suffit d'envisager pour l'avenir des vitesses analogues à celles admises aujourd'hui, soit de 30 à 40 kilomètres à l'heure pour les trains de marchandises, et le poids total du wagon en charge se trouve limité uniquement par la question de sécurité de freinage. Les trains seront courts et les types de freins utilisés sur les trains de grande vitesse fonctionneront sans aléas sur le nouveau matériel. Or actuellement les Compagnies lancent des trains de 300 à 400 tonnes à plus de 100 kilomètres à l'heure.

$$4 R e = \frac{C^2}{4} + \frac{C L}{2} + \frac{C^2}{2} + \frac{l^2}{4} + \frac{C^2}{4} - \frac{2CL}{4}$$

en simplifiant
$$4 R e = \frac{l^2}{4}$$

ou
$$L = 4 \sqrt{R e} \quad (\text{III})$$

De l'équation (1) en considérant e^2 comme négligeable vis à vis de $2 R e$ on tire pour e la valeur approximative

$$e = \frac{C^2}{8 R} \text{ qui reportée dans l'équation (III)}$$

donne
$$L = C \sqrt{\frac{2}{R}}$$

Au point de vue de la puissance vive à annuler par le freinage en cas d'urgence on sera dans les mêmes conditions de sécurité si on a pour les nouveaux trains marchant à 30 ou 40 kilomètres à l'heure un tonnage T tel que :

$$\left. \begin{array}{l} T \times 40^2 = 400 \times 100^2 \\ \text{d'où } T = 2.500 \text{ tonnes} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{marche de 40 kilomètres comparée aux trains} \\ \text{de 400 tonnes.} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{ou } T \times 30^2 = 300 \times 100^2 \\ \text{d'où } T = 3.333 \text{ tonnes} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{marche à 30 kilomètres comparée aux trains} \\ \text{de 300 tonnes.} \end{array}$$

soit un tonnage brut total T de 3.000 tonnes environ pour les vitesses courantes.

Un wagon utilisant tout le gabarit en transportant des matériaux légers et pesant par mètre courant 0.594 H² comme déterminé dans le calcul du nombre des lignes de points d'appui aurait pour un tonnage de 3.000 tonnes une longueur L telle que :

$$0.594 H^2 L = 3.000$$

ce qui pour H = 10 donne L = 50 m. 50

et pour H = 12 — L = 35 m. 10

Il résulte de la considération de sécurité de freinage jointe à celle imposée par la nécessité d'inscription dans les courbes, qu'on peut envisager des wagons de 10 à 12 mètres de large et 40 à 50 mètres de long pesant brut 3.000 tonnes soit à raison de 1 de poids mort pour 3 de poids utile capable donc de porter

$$\frac{3 \times 3.000}{4} = 2.250 \text{ tonnes}$$

disons en nombre rond 2.000 tonnes.

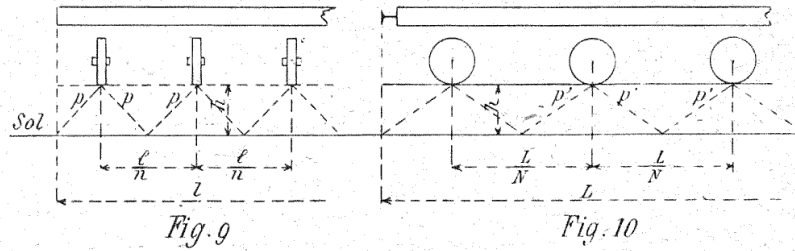
Ce matériel ayant deux lignes de points d'appui pour les wagons de 10 mètres de large et trois lignes pour ceux de 12 mètres de large.

II. — NOMBRE DES POINTS D'APPUI DES WAGONS

Distance des points d'appui. — La considération des prismes de répartition a montré que pour une largeur de gabarit, l, si n est le nombre des files d'appui admises, l'écartement de ces files devait être pris égal à $\frac{l}{n}$ pour obtenir une judicieuse répartition des charges.

Pour la même raison et pour utiliser toute la surface du terrain sous les

wagons d'une longueur L , l'espacement des points d'appui du wagon, en nombre N , sur chacune des lignes d'appui de la voie devra être de $\frac{L}{N}$.



Mais si p est la pente des faces des prismes de répartition placés dans le sens longitudinale de la voie et p' celle des faces placées dans le sens transversal, on devra avoir :

$$p \frac{l}{n} = p' \frac{L}{N} = h \quad (\text{fig. 9 et 10}).$$

h étant la hauteur de la masse de répartition d'où :

$$\frac{L}{N} = \frac{l}{n} \times \frac{p}{p'}$$

Il est à remarquer que, en raison du mode général de constitution des voies, les tables de roulement des files de points d'appui forment poutre continue, et de ce fait, il résulte que la pression se répartit mieux dans le sens transversal, ce qui revient à dire que l'on a $p' < p$ et par suite que pour rester dans de bonnes conditions d'utilisation de toute la surface portante, on devra avoir en général :

$$\frac{L}{N} > \frac{l}{n}$$

c'est-à-dire que la distance $\frac{L}{N} = \frac{l}{n}$ correspondant à l'hypothèse $p = p'$ prise comme distance d'appui sur une même file doit être considérée comme un minimum, s'appliquant aux lignes construites avec files de roulement peu rigides.

Charge par essieu. — En se plaçant dans cette dernière hypothèse, calculons la charge Q possible pour l'ensemble de n points d'appuis, c'est-à-dire le poids admissible du wagon par essieu comportant autant de roues qu'il y a de files de points d'appuis.

Admettons les mêmes bases de calculs que pour la détermination du nombre des lignes de points d'appuis; le poids des matériaux de répartition par mètre courant de plateforme est en tonnes de $0.625 \frac{l^2}{n}$

La valeur maximum de Q en tonnes ne devra donc pas dépasser celle résultant de l'équation :

$$0.625 \frac{l^2}{n} \times \frac{l}{n} + Q = 10 l \times \frac{l}{n}$$

la charge maximum admise sur le sol étant de 10 tonnes par mètre carré ou 1 kilo par centimètre carré.

$$\text{d'où } Q = \frac{l^2}{n} (10 - 0.625 \frac{l}{n}) \quad (I)$$

Le calcul du nombre de files de points d'appui a donné, dans les hypothèses admises la relation :

$$l = \frac{10 n}{0.625 + 0.594 n}$$

En portant cette valeur de l dans (I) on obtient comme valeur de Q en fonction de n :

$$Q = \frac{594 n^2}{(0.625 + 0.594 n)^2} \quad (II)$$

La formule (II) donne pour :

$n = 1$	Q =	en nombre rond	330 tonnes.
$n = 2$	Q =	—	380 —
$n = 3$	Q =	—	384 —



En prenant les chiffres précédemment adoptés pour l et en les portant dans (I) on trouve pour :

$l = 8$	$n = 1$	Q =	en nombre rond	320 tonnes.
$l = 10$	$n = 2$	Q =	—	343 —
$l = 12$	$n = 3$	Q =	—	345 —

La comparaison de ces divers résultats permet de tirer cette conclusion que dans le cas des lignes avec files de roulement peu rigides, c'est-à-dire des lignes construites avec le moins de frais possibles :

Pour rester dans de bonnes conditions de répartition des charges sur le sol, compte tenu du poids des masses de répartition, il faut par 1.000 tonnes de wagon,

trois essieux ou trois lignes transversales de points d'appuis, ce qui donne pour Q une valeur moyenne de 333 tonnes, disons en nombre rond 330 à 340 tonnes.

De la conclusion ci-dessus on en tire que $\frac{l}{n}$ étant la distance minimum à envisager pour les essieux, la longueur minimum des wagons par 1.000 tonnes sera de $\frac{3}{n} l$ soit pour :

$l = 8$	$n = 1$	longueur	24 mètres	distance d'essieux	8 mètres.
$l = 10$	$n = 2$	—	15 —	—	5 —
$l = 12$	$n = 3$	—	12 —	—	4 —

Dans le cas des lignes construites de telle façon que la rigidité des files de roulement permette d'envisager une répartition des charges dans le sens longitudinal sur une longueur beaucoup plus grande que dans le sens transversal ($p > p'$), cela ne change rien à la longueur minimum calculée ci-dessus par 1.000 tonnes brut de wagon.

Par contre le poids à adopter par point d'appui, et la distance de ces points sur chaque file de roulement varie comme $\frac{p}{p'}$, ou si on se donne le nombre d'essieux N par 1.000 tonnes les charges par essieux ainsi que leurs distances d'axe en axe varient comme $\frac{3}{N}$.

Par exemple pour $N = 2$ les distances de points d'appuis à point d'appui par file de roulement deviendront 12 mètres 7 m. 50 6 mètres pour les lignes à 1 2 3 files de roulement.

Conclusions. — Le tableau ci-après groupe les conclusions auxquelles les diverses considérations ci-dessus ont conduit sur les caractéristiques principales, en nombres arrondis, des wagons à très grande capacité :

TABLEAU.

A. — Caractéristiques indépendantes du tonnage.

1° — Nombre de files de point d'appui. $n =$	1	2	3
2° — Largeur des wagons. $l =$	8 m.	10 m.	12 m.
3° — Longueur maximum correspondant à l'inscription en courbes de 300 m. de rayon avec débord de 0 m. 50 de part et d'autre du gabarit des wagons	50 m.	50 m.	50 m.
<i>Pour les lignes à faible rigidité longitudinale :</i>			
4° — Poids à envisager par point d'appui.	330 T.	170 T.	110 T.
5° — Distance des points d'appui sur une même ligne de roulement.	8 m.	5 m.	4 m.
<i>Pour les lignes plus rigides :</i>			
4 bis Poids à envisager par point d'appui.	500 T.	250 T.	166 T.
5 bis Distance des points d'appui sur une même ligne de roulement.	12 m.	7 m. 50	6 m.

B. — Caractéristiques variables avec le tonnage.

<i>Pour wagons de poids brut en tonnes de :</i>	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000
<i>a) Longueur correspondant à :</i>									
1° — L'utilisation en plein du gabarit (matériaux légers de densité 500 K. environ au mètre cube).	26 ^m 50	53 ^m	80 ^m	17 ^m	33 ^m 50	50 ^m	12 ^m	23 ^m 50	35 ^m
2° — La répartition judicieuse du poids sur le sol.	24 ^m	48 ^m	76 ^m	15 ^m	30 ^m	45 ^m	12 ^m	24 ^m	36 ^m
<i>b) Nombre de points d'appuis par file de roulement :</i>									
1° — Lignes à faible rigidité	3	6	9	3	6	9	3	6	9
2° — Lignes plus rigides.	2	4	6	2	4	6	2	4	6

CHAPITRE III

MOYENS DE RÉALISATIONS VOIES

I. — CAS GÉNÉRAL.

Lignes avec plusieurs files de roulement

Substitution d'un chariot ou boggie aux roues formant point d'appui. — Il ne faut évidemment pas compter tout au moins dans l'état actuel des choses, pouvoir réaliser une construction admettant, sur une seule roue des charges aussi considérables que celles auxquelles ont conduit les calculs précédents. En donnant aux roues une très grande largeur, la surface de contact de la roue et du chemin de roulement permettrait peut être d'obtenir une pression unitaire admissible, mais la circulation en courbes serait rendue très difficile.

On peut, par contre, envisager que chaque point d'appui de ce matériel spécial, peut être constitué par un chariot pouvant atteindre les dimensions d'un de nos wagons courants.

Dans ce système, chaque file de roulement serait constituée non par une table de roulement de très faible largeur, mais par une large table coupant le prisme de répartition primitif; les roues extrêmes de chaque chariot prenant appui sur les sommets d'un rectangle inscrit dans la surface de sectionnement du prisme primitif envisagé.

Les chariots étant, selon les besoins, à 4 ou 6 roues et plus.

Le poids de la large et robuste table de roulement avec rails pour les chariots s'éloignant peu de celui de la masse de répartition comprise dans la portion de

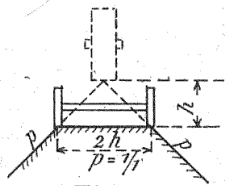


Fig. 11

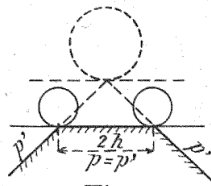


Fig. 12

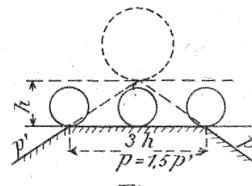


Fig. 13

prisme de répartition supprimée, laquelle est d'ailleurs faible par rapport au poids total par points d'appui; il en résulte que la pression par centimètre carré de

plateforme, reste très sensiblement la même que dans le système envisagé dans les calculs précédents.

Les figures 11, 12 et 13 ci-dessus qui montrent le mode de substitution des chariots aux points d'appui uniques, indiquent clairement que, étant donné la remarque qui vient d'être faite, cette substitution ne change rien aux conclusions antérieures relatives aux écartements des lignes de points d'appui et aux distances entre points d'appui des wagons sur une même file de roulement.

Lorsque les points d'appui sont constitués par des chariots à 2, 3 ou 4 essieux, les charges maxima indiquées au tableau des caractéristiques principales des wagons deviennent par essieu de :

	LARGEUR des wagons	DISTANCE d'axe en axe des chariots	NOMBRE D'ESSIEUX par chariots.		
			2	3	4
Lignes à faible rigidité lon- gitudinale et à	1 file = 8 ^m	8 m.	165 T.	140 T.	82 T. 5
	2 » = 10 ^m	5 m.	85 T.	57 T.	42 T. 5
	3 » = 12 ^m	4 m.	55 T.	37 T.	27 T. 5
Lignes à forte rigidité lon- gitudinale et à	1 file = 8 ^m	12 m.	250 T.	167 T.	125 T.
	2 » = 10 ^m	7 m. 50	125 T.	83 T.	62 T. 5
	3 » = 12 ^m	6 m.	83 T.	55 T. 5	41 T. 5

Etant donné les progrès considérables que les événements ont fait accomplir en métallurgie pour la fabrication courante des aciers à haute résistance, comme de plus dans les lignes actuelles dites à voie normale il existe déjà des essieux de 27 T. (*), on peut donc, sans être téméraire, envisager des charges atteignant 80 à 90 tonnes par essieu, dans le cas des lignes constituées spécialement en vue de supporter de très lourdes charges par essieu.

Ces charges étant admises, il est évident que les chariots d'appui devront avoir des dimensions importantes. Même ne serait-ce que pour faciliter leur acheminement au lieu d'emploi après fabrication, il est tout naturel de songer à donner à la voie de roulement de ces chariots le même écartement que celui de nos lignes actuelles.

Empattement des chariots. — Entre les chariots et la table rigide de roulement coiffant la masse de répartition, il devra exister un organe intermédiaire comportant des moyens de réglage de la voie des chariots et offrant une certaine

(*) Derniers types de locomotives et wagons houillers américains.

élasticité, de manière à obtenir une grande douceur de roulement et éviter la transmission sur la table des surcharges dues aux chocs possibles.

Le mode de réglage par bourrage de ballast, formant matière élastique, semble pouvoir être adopté.

Les théories faites précédemment au sujet de la distance des points d'appui des grands wagons, s'applique également pour la distance des roues des chariots.

Il en résulte que les règles pour la meilleure utilisation des matériaux conduisent à donner aux distances d'axe en axe des essieux d'un chariot la même valeur qu'à l'écartement d'axe en axe des rails de la voie de roulement des dits chariots.

Si cette distance est prise plus grande, il faudra donner à la voie une grande rigidité longitudinale ; si elle est prise plus petite que l'écartement de la voie, cette dernière devra avoir une grande rigidité transversale.

Constitution des tables de roulement. — Dans le cas d'une voie de chariots à l'écartement des voies normales actuelles, soit 1 m. 50 d'axe en axe des rails, et construites suivant les mêmes principes, la largeur utilisée pour la répartition des charges sous ballast peut être admise à 3 mètres. La distance d'axe en axe des essieux des chariots étant prise de 1 m. 50, il en résulte que, par l'emploi d'un système de rails, traverses et ballast donnant une répartition aussi uniforme que possible sous ballast, un essieu de 85 à 90 tonnes disposerait alors d'une surface de 4 m² 5 pour étaler sa pression, ce qui pour tenir compte des légères irrégularités de répartition donnerait une charge de 2 kilogrammes à 2 kilogrammes 5 par centimètre carré.

Comme pour permettre un bon bourrage, les traverses ne sauraient occuper plus de la moitié à un tiers de la surface, les matériaux à employer pour le ballast devront être capables de supporter sans s'effriter des charges de 5 à 7 kilogrammes par centimètre carré.

L'emploi des traverses métalliques semble donc s'imposer et des précautions spéciales devront être prises pour donner à la masse de répartition les mêmes qualités d'élasticité que celles procurées par les traverses en bois.

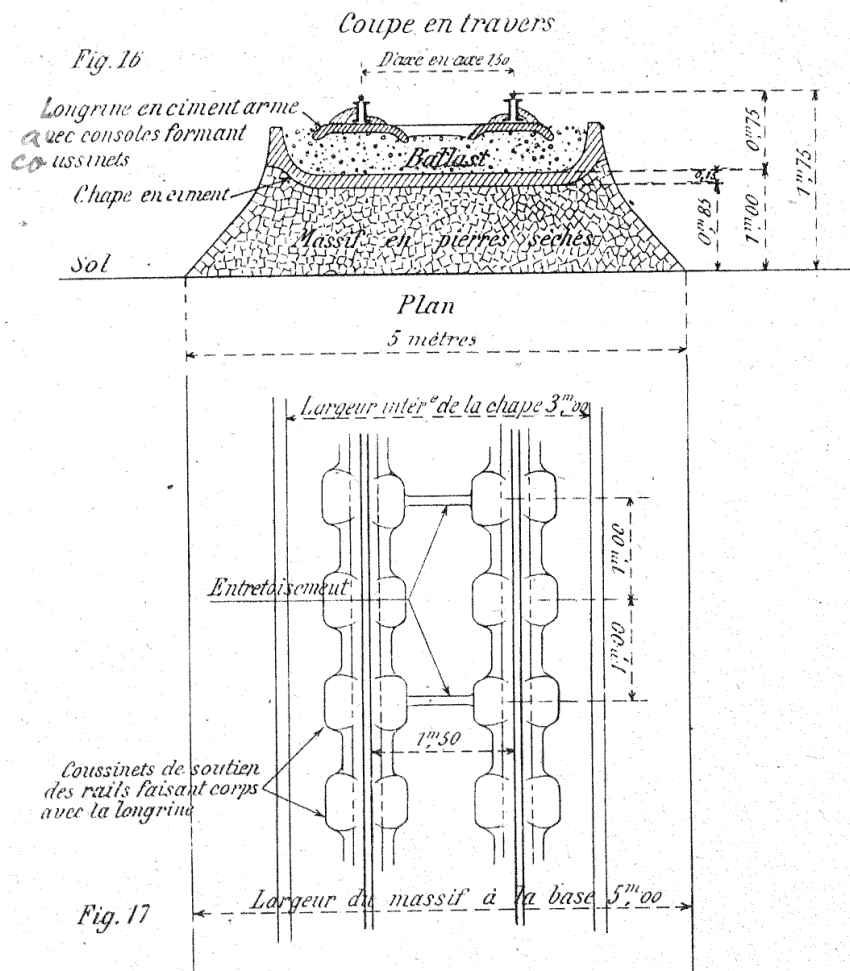
Pour cette superstructure métallique, en supposant les traverses espacées de 0 m. 80, pour supporter les essieux de 85 à 90 tonnes et en admettant que rails et traverses métalliques soient établis avec des profils semblables à ceux en usage, les traverses pèseraient 400 à 420 kilogrammes l'une et les rails 65 à 70 kilogrammes le mètre courant ; soit pour l'ensemble : rails, traverses, éclisses et boulons, un poids de 250 kilogrammes en nombre rond par mètre courant, c'est-à-dire environ le double seulement du poids de métal des voies actuelles à traverses métalliques capables de supporter l'essieu de 18 à 20 tonnes.

Le mode de construction des rails semble pouvoir supporter d'heureux changements, en effet :

LIGNES A DEUX FILES DE ROULEMENT

LARGEUR MAXIMUM DU GABARIT 10 MÈTRES

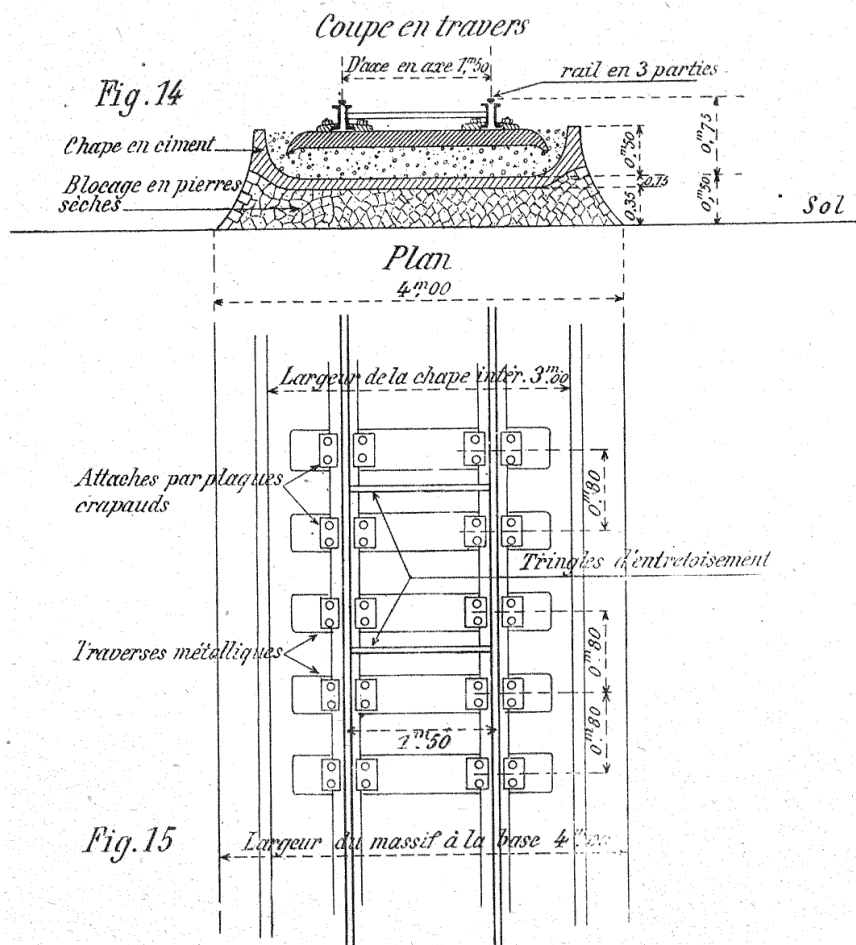
Dispositions d'ensemble d'une table de roulement et de la masse de répartition



LIGNES A TROIS FILES DE ROULEMENT

LARGEUR MAXIMUM DU GABARIT 12 MÈTRES

Disposition d'ensemble d'une table de roulement et de la masse de répartition



Les rails de roulement du poids de 65 à 70 kilogrammes le mètre courant, de profil semblable aux profils actuels, auraient de 220 à 225 millimètres de hauteur. Or, tant pour la facilité du montage, que pour être certain de la bonne qualité du métal dans toute la masse, il paraît préférable de faire usage de rails en trois parties :

Deux parties accolées en acier doux ou mi-doux formant poutre et supportant une table de roulement en acier extra-dur (acier au manganèse par exemple), le tout solidement boulonné et éclissé, voir même rivé, les joints des diverses parties étant alternés.

De plus, en raison même des charges envisagées et des dimensions à donner aux organes, on peut entrevoir la possibilité d'exécuter des dispositifs en ciment armé, qui par l'intermédiaire d'un lit de sable par exemple, répartiraient la charge sur le sommet du blocage formant massif inférieur de répartition.

Dans ce même type de matériel nouveau, il pourrait être étudié des modes d'attaches spéciaux des rails aux appuis en ciment donnant satisfaction, les rails étant toujours en trois parties.

Les *figures 14, 15, 16 et 17* représentent deux types d'organisation de tables de roulement pour chariots à écartement de voie normale à essieux très lourds.

Dans chacun de ces types, une chape en ciment armé, ou non, recouvre le blocage de répartition inférieur, lequel étale la pression sur le sol de telle manière que celle-ci reste dans les limites admissibles (environ 1 kilogramme par centimètre carré).

Dans les *figures 14 et 15* qui indiquent les dispositions d'ensemble d'une file de roulement dans une ligne à trois voies de chariots, la voie est supposée construite suivant le type courant, avec rails et traverses sur lit de ballast. La charge sous le blocage est répartie sur 4 mètres de largeur.

Dans les *figures 16 et 17* qui représentent une des voies d'une ligne à 2 files de roulement, les rails de roulement sont supposés fixés sur un système de longrines en ciment armé, les deux files de longrines étant reliées de distance en distance par des tringles maintenant l'écartement.

Comme dans le cas précédent la pression est transmise à la chape par un lit de ballast.

Il est à remarquer que les blocages inférieurs peuvent être constitués par des matériaux très courants.

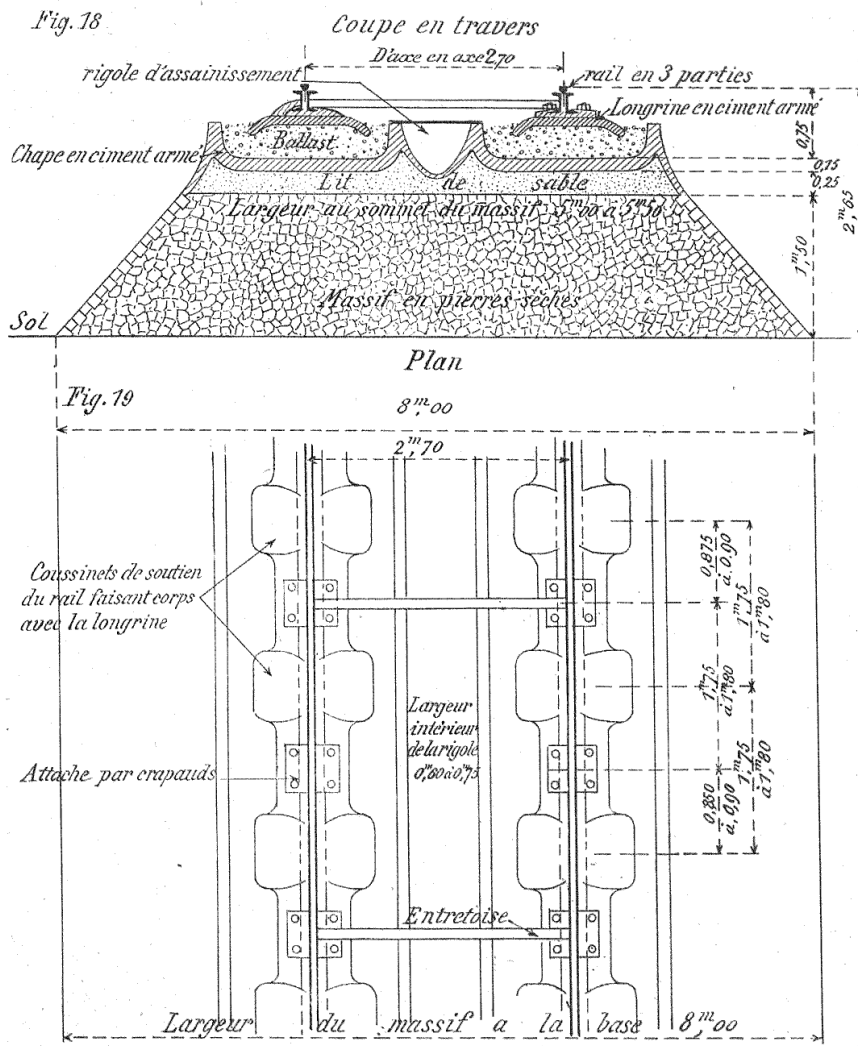
Pierres calcaires très dures de densité 2.45 à 2.70 résistant de sécurité à 3 ou 4 kilogrammes par centimètre carré pour le sommet, et à la base, pierres calcaires courantes de densité 2.20 à 2.40 résistant en toute sécurité à 2 ou 3 kilogrammes par centimètre carré.

Les dimensions approximatives à donner aux blocages sont indiquées sur les figures précitées.

LIGNES A UNE FILE DE ROULEMENT

LARGEUR MAXIMUM DU GABARIT 8 MÈTRES

Disposition d'ensemble d'une table de roulement et de la masse de répartition



II. — CAS DES LIGNES A UNE FILE DE ROULEMENT

Matériel à large gabarit. — L'étude faite précédemment des conditions de stabilité sous l'action combinée du vent et de la force centrifuge a montré que pour résister au renversement sous la seule action du vent avec des wagons vides, de type léger (tare égale au $\frac{1}{3}$ du poids porté) mais occupant tout le gabarit, de la forme adoptée dans nos calculs, la distance des files de rails extrêmes devait être de 4 m. 80. Il ne peut donc être question dans ce cas d'utiliser des chariots capables de circuler sur les voies normales actuelles.

Cette étude de la stabilité a également permis de conclure qu'avec une largeur de voie égale au $\frac{1}{3}$ de celle des wagons, on se trouverait dans des conditions de stabilité satisfaisantes.

Les lignes à une file de roulement, admettent des wagons de 8 mètres de large, donc $\frac{8}{3} = 2,66$ soit en nombre rond 2 m. 70 peut être pris comme distance d'axe en axe des rails de chariots.

Cet écartement permet encore de bonnes vitesses (voir le tableau du paragraphe « stabilité ») :

100 kilomètres à l'heure dans les courbes de rayon de 1.000 mètres avec du matériel à centre de gravité élevé.

100 kilomètres à l'heure dans les courbes à rayon de 500 mètres avec du matériel à centre de gravité bas.

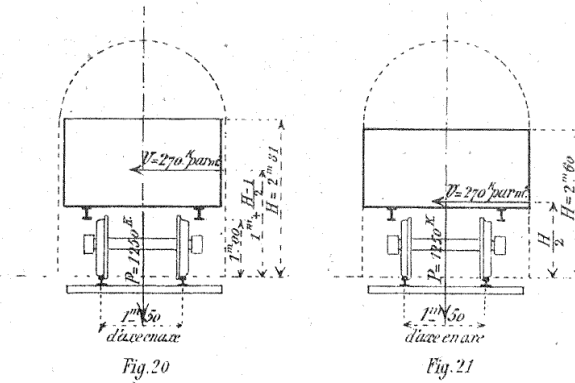
Une vitesse de 30 kilomètres à l'heure est encore admissible dans des courbes de 200 mètres de rayon et avec chargements à centre de gravité élevé.

Les figures 18 et 19 indiquent la disposition d'ensemble d'une ligne à une file de roulement dont la table supporte une voie de chariots de 2 m. 70 d'écartement d'axe en axe des rails.

Remarque au sujet du matériel actuel. — Sur les voies actuelles, pour que la stabilité, sous la seule action du vent soit assurée, la circulation de wagons couverts vides, à faible tare, utilisant le gabarit sur toute sa hauteur, ne peut être envisagée sans appréhension, car avec un vent donnant une pression de 270 kilogrammes par mètre carré, et, selon qu'on fait abstraction de l'action de ce vent sur les organes de roulement, comme indiqué *fig.* 20, ou qu'on admet qu'il vaut mieux pour plus de sécurité se placer dans le cas de la *fig.* 21, on trouve pour H les valeurs de 2.81 et 2.60, le poids par mètre courant de wagon vide étant de 1.250 kilogrammes soit $\frac{1}{4}$ de la charge de 5.000 kilogrammes par mètre courant de voie admise en moyenne par les Compagnies, cette hypothèse correspondant aux derniers types réalisés de wagons à faible tare.

Pour que H = 3 m. 20 comme envisagé plus loin dans divers calculs, pour

que la stabilité sous l'action du vent soit assurée, il faut que le poids des wagons par mètre courant soit voisin de 1.850 kilogrammes c'est-à-dire en s'en tenant à la proportion de 4 de poids mort pour 4 de poids total sur rails, que la charge par mètre courant de voie puisse atteindre 7.500 à 8.000 kilogrammes, ce qui



permettrait d'envisager la circulation d'essieux de 35 à 40 tonnes: ce n'est pas le cas sur nos lignes actuelles.

Pour que $H = 4 \text{ m. } 50$ (cas du gabarit type correspondant au matériel dénommé plus loin trois fois la voie) le poids par mètre courant de wagons devrait s'élever à 3.625 kilogrammes correspondant à des voies capables de supporter 14 à 15.000 kilogrammes de charges par mètre courant, le poids par essieu pouvant atteindre 70 à 80 tonnes.

Il va de soi que cette question de stabilité, sous l'action du vent ne se pose pas avec la majorité du matériel courant de nos voies normales dont la tare est élevée.

TROISIEME PARTIE

RAPPORT DU POIDS MORT DES WAGONS

AU POIDS UTILE TRANSPORTÉ

selon les relations existant entre la largeur de la voie, le gabarit
et la longueur des wagons

CHAPITRE PREMIER

ESSAI D'UNE THÉORIE SUR UN MODE DE DÉTERMINATION DU POIDS MORT PROBABLE DES WAGONS

I. — CONDITIONS GÉNÉRALES.

Un wagon comporte deux parties, l'une destinée à recevoir le chargement, simple plateforme (wagon plateforme) ou caisse ouverte (wagon tombereau) ou caisse couverte (wagon couvert) l'autre constituée par les organes de roulement, lesquels supportent les plateformes ou caisses.

D'une manière générale, dans les wagons, la partie recevant le chargement repose sur les organes de roulement par deux appuis (les wagons à trois essieux sont de plus en plus rares), ces appuis étant constitués, soit par de simples essieux, soit par des boggies à deux ou trois essieux et même, dans des cas particuliers, à quatre essieux.

Les dimensions des plateformes ou caisses peuvent varier dans d'assez grandes proportions, leur largeur peut être plus ou moins grande, selon le gabarit adopté, et leur longueur n'est limitée que par la possibilité d'inscription dans les courbes, sans déborder le gabarit de libre passage.

Pour les organes de roulement, leurs dimensions générales sont fonction exclusive de la largeur de la voie.

Les plateformes ou caisses supportant les charges, sensiblement uniformément réparties, reposant sur deux appuis sont construites suivant des règles différant peu de celles adoptées pour les poutres de pont, et on peut dire que pour une même charge à supporter par mètre courant, leur poids croît rapidement avec la portée adoptée (la variation est de l'ordre du carré de la portée).

Pour les organes de roulement la portée étant constante pour une même largeur de voie, leur poids croît moins rapidement que celui des charges supportées.

Actuellement les plateformes ou caisses sont construites avec, pour organes principaux de résistance, soit des profilés, soit des emboutis, soit des poutres constituées par des tubes. Le premier mode représentant la construction normale, le deuxième commençant à être connu, et le troisième n'en étant guère qu'à sa période d'essai.

Les organes de roulement comportent toujours des essieux montés recevant la charge des plateformes ou caisses ordinaires, simplement par l'intermédiaire des ressorts de suspension, et dans les wagons à boggies, par l'intermédiaire de châssis spéciaux, formant pour chaque boggie un véritable petit wagon ne comportant que les organes nécessaires à la transmission des efforts, laquelle se fait souvent par des systèmes élastiques très étudiés.

De ce qui précède, il résulte que les variations de poids des plateformes ou caisses, sont surtout fonction de la distance des points d'appui (écartement des essieux extrêmes des wagons courants, ou distance d'axe en axe des boggies).

Tandis que pour les organes de roulement, ces variations de poids par rapport au poids utile ne dépendant que de ce dernier, il en résulte que, pour comparer le poids mort de deux types de wagons, par rapport aux charges supportées avant de critiquer leur mode de construction, il faut d'abord se rendre compte des variations auxquelles il fallait s'attendre en passant de l'un à l'autre des types des wagons comparés, après avoir examiné les variations probables se rapportant à la partie des wagons supportant les charges et celles relatives aux organes de roulement.

II. — FORMULES SERVANT DE BASE AUX COMPARAISONS, SELON LES CAS A ENVISAGER

a) POUTRES AVEC PROFILS A FIGURES SEMBLABLES

Pour cet examen, il est établi ci-dessous un certain nombre de formules en partant du mode de comparaison préconisé dans la note de M. Barré (1) pour les profils à figures semblables formant poutres.

Si on considère deux poutres de sections à figures semblables de hauteur h et h' le rapport de similitude étant alors $\frac{h}{h'} = K$.

Si P et P' sont respectivement les charges, soit appliquées au milieu de ces

(1) Cette note est reproduite dans divers *Aide-mémoire* des ingénieurs.

poutres de longueur L et L' , soit celles uniformément réparties sur toute la portée, les charges par mètre courant étant alors de $p = \frac{P}{L}$, et $p' = \frac{P'}{L'}$.

m et m' les poids par mètre courant des poutres considérées, ces poids étant compris dans p et p' (Dans les formules ci-dessous, lorsqu'on voudra les appliquer à ces charges isolées, on devra supposer négligeables les poids des poutres par mètre courant par rapport aux poids isolés portés).

1^{er} Cas (*). Même portée — Pour une même portée les carrés des charges supportées sont proportionnels aux cubes des poids par mètre courant des profils.

Ce qui s'écrit :

$$\frac{P^2}{P'^2} = \frac{m^3}{m'^3} = K^6$$

d'où l'on tire :

$$\frac{P}{m} = \frac{P'}{m'} K \quad (1)$$

Les portées étant les mêmes, les poids morts des poutres considérées sont mL et $m'L$.

Pour une poutre on a :

$$\frac{\text{Poids total}}{\text{Poids mort}} = \lambda = \frac{P}{mL}$$

Pour l'autre :

$$\lambda' = \frac{P'}{m'L}$$

d'où

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{P}{mL} : \frac{P'}{m'L}$$

et en tenant compte de l'équation (1) on a :

$$\lambda = \lambda' K$$

C'est-à-dire que dans le cas considéré la valeur du rapport entre la charge totale sur les appuis (poids utile plus poids mort) et le poids mort croît comme le rapport de similitude. Pour une poutre de hauteur double de l'autre, le poids total porté est double par unité de poids mort.

2^e Cas (*). Portée proportionnelle au rapport de similitude. — Pour des portées L et L' proportionnelle au rapport de similitude des sections $\left(\frac{L}{L'} = K\right)$ les charges portées sont proportionnelles au poids par mètre courant des profils.

(*) Ces deux cas sont démontrés dans la note de M. Barré.

Ce qui s'écrit :

$$\frac{P}{P'} = \frac{\sigma}{\sigma'} = K^2 \quad (2)$$

d'où l'on tire :

$$\frac{P}{\sigma} = \frac{P'}{\sigma'}$$

Pour les rapports

$$\frac{\text{Poids total}}{\text{Poids mort}} \text{ on a } \lambda = \frac{P}{\sigma L}$$
$$\lambda' = \frac{P'}{\sigma' L'}$$

d'où

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{P}{\sigma L} \cdot \frac{\sigma' L'}{P'} = \frac{P}{\sigma L/K} \cdot \frac{P'}{\sigma' L'}$$

en tenant compte de l'équation (2) et on a :

$$\lambda = \frac{\lambda'}{K}$$

C'est-à-dire que dans ce cas le rapport entre la charge totale sur les appuis et le poids mort varie en raison inverse du rapport de similitude.

b) POUTRES A CHARGE CONSTANTE PAR MÈTRE COURANT

En plus des deux cas ci-dessus examinés dans la note précitée, envisageons l'hypothèse où la charge totale est proportionnelle à la portée, soit :

$$\frac{P}{L} = \frac{P'}{L'} \text{ et posons } \frac{L}{L'} = K$$

3^e Cas. Poutres à profils semblables. — *Pour des poutres à profils semblables, supportant les mêmes charges par mètre courant, les poids par mètre courant de ces poutres, sont proportionnels à la racine cubique de la quatrième puissance du rapport des portées, ce qui s'écrit :*

$$\frac{P^2 K^2}{P'^2} = \frac{\sigma^3}{\sigma'^3} = K^4 \quad (*)$$

(*) En effet si le rapport de similitude $\frac{L}{L'} = K$ s'appliquait également aux dimensions du profil de la poutre, conformément au 2^e cas, la charge qui pourrait être supportée serait :

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= \frac{P}{K^2} \\ \sigma_1 &= \frac{\sigma}{K^2} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

et le poids par mètre courant :

$$\text{Or, par hypothèse, la charge admise est } P' = \frac{P}{K}$$

Le rapport de similitude de la section transversale de la poutre doit donc être modifié de telle manière que, en application du 1^{er} cas, on ait la relation :

d'où l'on tire :

$$\frac{P}{\overline{m}} = \frac{P'}{\overline{m}'} \times \frac{1}{\sqrt[3]{K}} \quad (3)$$

or

$$\lambda = \frac{P}{\overline{m} L} \text{ et } \lambda' = \frac{P'}{\overline{m}' L'}$$

d'où, en tenant compte de l'équation (III) on tire :

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{L'}{L} \frac{1}{\sqrt[3]{K}} = \frac{L'}{L} \frac{1}{K \sqrt[3]{K}}$$

on a donc :

$$\lambda = \frac{\lambda'}{K \sqrt[3]{K}} = \frac{\lambda'}{\sqrt[3]{K^4}}$$

Et dans ce cas le rapport $\frac{\text{Poids total}}{\text{Poids mort}}$ varie en raison inverse de la racine cubique de la quatrième puissance du rapport des portées des poutres considérées.

$$\frac{P'^2}{P_1^2} = \frac{\overline{m}'^3}{\overline{m}_1^3} \quad (II)$$

En substituant dans (II) les valeurs de P_1 et \overline{m}_1 des équations (I) on a :

$$\frac{P'^2 K^3}{P^2} = \frac{\overline{m}'^3 K^6}{\overline{m}^3}$$

et en tenant compte de l'hypothèse $P' = \frac{P}{K}$

$$\frac{P'^2 K^3}{P^2} = K^2 = \frac{\overline{m}'^3 K^6}{\overline{m}^3}$$

d'où on tire :

$$\frac{P^2 K^2}{P'^2} = \frac{\overline{m}'^3}{\overline{m}^3} = K^4$$

et :

$$\overline{m} = \overline{m}' K \sqrt[3]{K} \quad (III)$$

par hypothèse :

$$P = P' K \quad (IV)$$

et en divisant membre à membre (IV) et (III), on a :

$$\frac{P}{\overline{m}} = \frac{P'}{\overline{m}'} \times \frac{1}{\sqrt[3]{K}} \text{ ou } \frac{P}{\overline{m}} \sqrt[3]{K} = \frac{P'}{\overline{m}'}$$

4^e Cas. Portées proportionnelles au rapport de similitude des hauteurs des poutres, largeurs d'ailes variables. — Dans la même hypo-

thèse que ci-dessus ($\frac{P}{L} = \frac{P'}{L'}$) on emploie des poutres dont les hauteurs totales et les épaisseurs d'ailes ont le même rapport K que les portées des poutres, l'égalité du taux de travail du métal étant obtenu par variation de la largeur des tables.

On obtient alors le même résultat que dans le 2^e cas avec cette différence que :

$$\frac{P}{P'} = \frac{\pi}{\pi'} = K \quad (4)$$

au lieu de K^2 . Comme dans le 2^e cas :

$$\frac{P}{\pi} = \frac{P'}{\pi'}$$

et

$$\lambda = \frac{\lambda'}{K}$$

OBSERVATION. — On peut dire que dans une poutre une partie du poids du métal est utilisée à résister aux efforts de flexion, l'autre aux efforts tranchants.

Dans les poutres supportant des charges uniformément réparties, l'intensité des efforts de flexion varie comme le carré de la portée, tandis que celle des efforts tranchants ne varie que comme cette portée.

Pour les poutres de portée L et L' telles que $\frac{L}{L'} = K$ supportant la même charge totale par mètre courant ce qui donne entre les charges totales sur appuis la relation :

$$P = P' K$$

En ne considérant que les efforts de flexion on a entre les poids du métal correspondant par mètre courant π_m et π'_m la relation (4^e cas ci-dessus)

$$\pi_m = \pi'_m K \text{ (efforts fonction de } L^2\text{).}$$

Pour les poids de métal résistant aux efforts tranchants on a évidemment :

$$\pi_t = \pi'_t \text{ (efforts fonction de } L\text{).}$$

En admettant que les poids de métal définitifs par mètre π et π' soient les moyennes géométriques de π_m et π_t , π'_m et π'_t .

soit :

$$\pi = \sqrt{\pi_m^2 \pi_t}$$

On aura dans cette hypothèse :

$$\pi^3 = \pi'^3 K^2$$

d'où étant donné que $P = P' K$,
les relations

$$\frac{P^2}{P'^2} = \frac{\overline{m}^3}{\overline{m}'^3} = K^2 \quad (3)$$

et l'hypothèse ci-dessus étant admise on peut dire :

5° Cas général. — Pour deux poutres de portée L et L' dont les hauteurs d'âme sont proportionnelles aux portées, c'est-à-dire ont un rapport $K = \frac{L}{L'}$ et supportant un même poids par mètre courant, les carrés des charges supportées sont proportionnels aux cubes des poids par mètre courant.

Dans ce cas, il ne saurait s'agir de poutres à profil constant, mais de poutres avec répartition judicieuse du métal (poutres composées ou embouties dans le cas des wagons).

Comme rapport des poids totaux aux poids morts on a :

$$\lambda = \frac{P}{\overline{m} L} \text{ et } \lambda' = \frac{P'}{\overline{m}' L'}$$

Les équations (3) donnent :

$$P = P' K \text{ et } \overline{m} = \overline{m}' \sqrt[3]{K^2}$$

d'autre part $L = L' K$ par définition, en portant ces valeurs dans l'équation de λ , on a :

$$\lambda = \frac{P' K}{\overline{m}' \sqrt[3]{K^2} \times L' K}$$

d'où, la relation :

$$\lambda = \frac{\lambda'}{\sqrt[3]{K^2}}$$

OBSERVATION I. — Si on veut comparer le rapport λ_u du poids utile porté P_u au poids mort, il suffit de remarquer que :

$$\lambda = \frac{P_u + \text{poids mort}}{\text{poids mort}} = \lambda_u + 1$$

C'est-à-dire que $\lambda_u = \lambda - 1$ et $\lambda'_u = \lambda' - 1$ ou encore que la relation du 5° cas par exemple peut s'écrire :

$$\lambda_u + 1 = \frac{\lambda'_u + 1}{\sqrt[3]{K^2}}$$

OBSERVATION II. — Lorsque la comparaison se fait entre une poutre à profil constant et une poutre d'égale résistance, on peut dire qu'à l'extrême limite le poids de la poutre d'égale résistance sera des 2/3 de celui de la poutre de même

portée qui aurait comme profil constant le profil maximum de cette poutre d'égale résistance.

En effet, si on admet que le métal n'est utilisé qu'à résister au moment fléchissant,

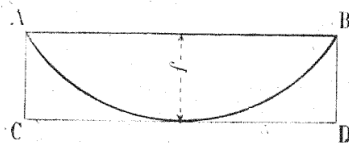


Fig. 22.

on a *fig. 22* : surface de la parabole représentant graphiquement le moment fléchissant = $\frac{2}{3}$ de la surface du rectangle ABCD.

La flèche f de cette parabole représentant la section du métal des ailes au milieu de la poutre on voit de suite qu'à l'extrême limite on a bien : Poids du métal d'une

poutre d'égale résistance = $\frac{2}{3}$ du poids de métal de la poutre à section constante de même hauteur d'âme résistant au même effort de flexion.

Pour deux poutres d'égale résistance de portée L et L' telles que $\frac{L}{L'} = K$ et supportant un même poids total par mètre courant, entre les valeurs λ et λ' , rapports des poids totaux, entre appuis, aux poids morts, le 5^e cas s'applique bien et on aura pour ces poutres la relation $\lambda = \frac{\lambda'}{\sqrt[3]{K^2}}$

Le 5^e cas est celui qui s'applique tout particulièrement aux ponts de chemins de fer, et, dans une certaine mesure aux poutres constitutives des plateformes ou des caisses des wagons.

III. — COMPARAISON DE LA FORMULE DU CAS GÉNÉRAL AUX FORMULES EMPIRIQUES ADOPTÉES POUR LE POIDS DES PONTS DES CHEMINS DE FER

Les ponts de chemins de fer doivent, en effet, être capables de supporter une charge roulante dont le poids total croît avec la portée.

Si on se reporte aux charges admises par les Compagnies Françaises, comme maximum par roue et par mètre courant de wagon (1) on remarque que dans l'état actuel, les essieux des wagons pèsent en moyenne 15 tonnes en charge et que la charge admise par mètre courant de voie est en moyenne de 5.200

(1)	CHARGES MAXIMA ADMISES	
	Par roue.	Par mètre de voie.
État (ancien réseau)	7.350 kg.	5.250
État (ancien Ouest)	7.350	5.250
Nord	7.500	5.000
Est	7.350	5.250
P.-L.-M	7.500	
Midi	8.350	5.600
P. O.	7.600	4.000

**Poids utile maximum, selon la portée,
qui peut être supporté par les ponts métalliques de chemins de fer,
par unité de poids du tablier.**

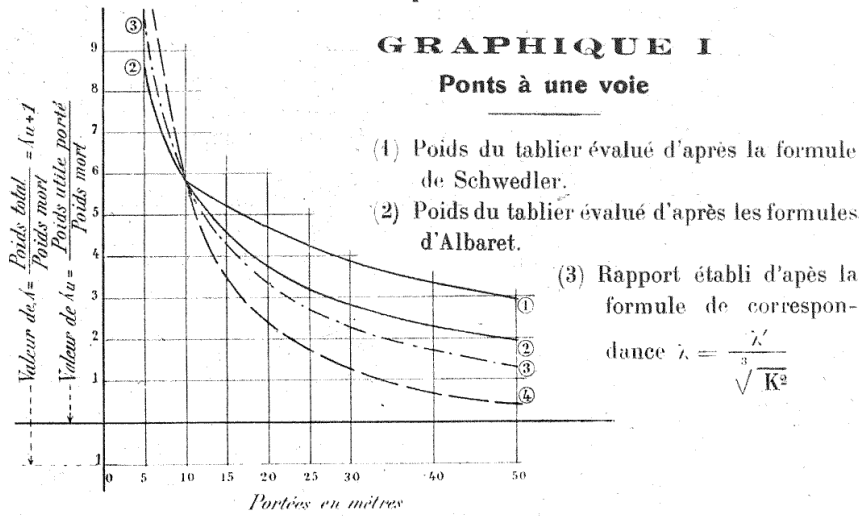


Fig. 23.

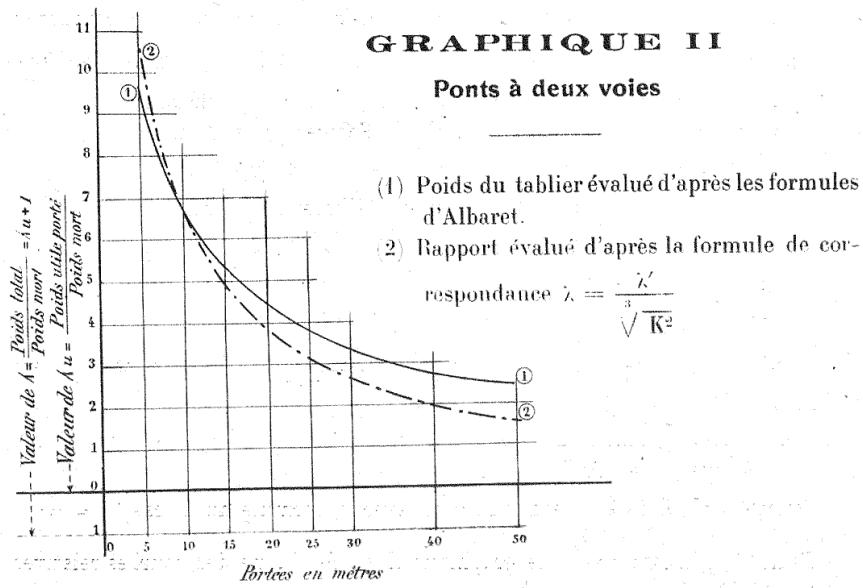


Fig. 24.

kilogrammes. Si à cette dernière on ajoute les 130 à 150 kilogrammes environ par mètre courant de poids de la superstructure (sans le ballast, les ponts métalliques qui nous intéressent ne comportent pas de ballast) on peut donc dire que les ouvrages d'art actuels des compagnies de chemins de fer sont établis pour supporter $5.250 + 150 = 5.400$ kilogrammes par mètre courant de voie. Pour tenir compte de la surcharge donnée par les locomotives, lesquelles pèsent plus de 5.400 kilogrammes par mètre courant, admettons pour nos comparaisons, que les ponts de chemins de fer sont établis pour supporter 6.000 kilogrammes par mètre courant de voie.

Pour les wagons, la charge par mètre courant est limitée, d'une part, par la charge admise par mètre courant de voie, d'autre part, lorsqu'il s'agit de matériaux légers, par le poids de ces matériaux qu'il est possible de loger par mètre courant dans les limites du gabarit. On peut donc toujours commencer à comparer deux types de wagons en admettant leur charge proportionnelle à leur longueur, quitte à réduire ensuite les poids morts par application du mode de comparaison de M. Barré pour des poutres de même portée à charges différentes, s'il y a lieu.

L'application des formules du 5^e cas aux ponts de chemins de fer donne les résultats s'éloignant peu de ceux donnés par les formules empiriques admises pour évaluer le poids des ponts dans les avants-projets.

Ponts à une voie. — Le graphique n° I ci-joint *fig. 23* donne les courbes du rapport $\frac{P}{m}$ pour les ponts à une voie avec pour base 6.000 kilogrammes de charge utile par mètre courant de voie (charge roulante plus superstructure.)

Courbe (1) établie d'après la formule de Schwedler qui donne

$$m = 800 + 25 L \quad (\text{pour } L = 10 \text{ à } 60 \text{ mètres.})$$

Courbe (2) établie d'après les formules d'Albaret qui donnent

$$m = 370 + 68 L \quad \text{pour } L = 4 \text{ à } 10 \text{ mètres.}$$

$$m = 440 + 61 L \quad \text{« } L = 10 \text{ à } 25 \quad \text{«}$$

$$m = 930 + 35 L + 0,19 L^2 \quad \text{« } L = 25 \text{ à } 80 \quad \text{«}$$

Courbe (3) établie d'après la formule $\lambda = \frac{\lambda'}{\sqrt[3]{K^2}}$ en prenant pour valeur

de λ celle correspondant à la portée de 10 mètres qui est la même avec les formules de Schwedler et d'Albaret.

Courbe (4) établie à titre d'indication avec la formule du 4^e cas $\lambda = \frac{\lambda'}{K}$.

Ponts à deux voies. — Le graphique II *fig. 24* donne des courbes relatives aux ponts à 2 voies.

La courbe (1) est établie d'après les formules d'Albaret qui, pour les ponts à deux voies, donnent

$$\begin{aligned} m &= 120 L + 250 && \text{pour } L = 4 \text{ à } 10 \text{ mètres.} \\ m &= 103 L + 820 && \text{» } L = 10 \text{ à } 25 \text{ »} \\ m &= 0,32 L^2 + 40 L + 2.200 && \text{» } L = 25 \text{ à } 80 \text{ »} \end{aligned}$$

La courbe (2) est établie d'après la formule $\lambda = \frac{\lambda'}{\sqrt[5]{K^2}}$ en prenant comme valeur initiale de λ celle correspondant à une portée de 10 mètres.

Remarques sur les résultats des comparaisons.

REMARQUE I. — La comparaison des courbes établies d'après les formules d'Albaret, dans les graphiques I et II montre que le métal est mieux utilisé dans les ponts à deux voies que dans ceux à une seule voie.

C'est ainsi que *pour une tonne de poids de pont* et sur la base de 6.000 kilogrammes de charge par mètre courant de voie, un pont à deux voies supporte 7 t. 500 pour 10 mètres de portée et 3 t. 400 par 30 mètres de portée contre respectivement 6 t. 71 et 2 t. 900 dans les ponts à une voie, ce qui se conçoit. Les organes accessoires tels que : garde-fous, banquettes latérales, etc., étant sensiblement de même importance dans les ponts à une voie ou à deux voies et par mètre courant de portée.

Il résulte des observations ci-dessus que pour une tonne de poids utile, tout le pont étant supposé occupé on peut dire que le poids de métal ou poids mort d'un pont à double voie est en moyenne de 12 % inférieur à celui d'un pont à une voie.

Des raisons analogues font que dans la réalisation de wagons s'appuyant sur deux voies au lieu d'une, une économie de même ordre pourra être obtenue dans le poids des châssis et caisses des wagons.

REMARQUE II. — Pour une même valeur initiale λ correspondant à une portée L , les formules établies dans cette étude donnent des valeurs plus faibles que les formules d'Albaret pour les portées inférieures à L et plus fortes dans le cas contraire. Cela tient à ce que les formules établies ici ne tiennent pas compte des poids morts accessoires de ponts dont il a été parlé ci-dessus (garde-fous, etc...)

REMARQUE III. — C'est le 4^e cas qu'il y aura lieu d'appliquer dans la comparaison de poids des tabliers de wagons de longueurs inférieures à 10 mètres et dont les poutres de châssis sont généralement réalisées à l'aide de profilés.

Pour les portées plus grandes qui permettent une utilisation plus judicieuse du métal sans entraîner une majoration excessive du prix de revient, pour main d'œuvre supplémentaire c'est le 5^e cas qu'il faudra appliquer dans les comparaisons.

IV. — EXEMPLES D'APPLICATIONS
DES FORMULES ÉTABLIES CI-DESSUS POUR LA DÉTERMINATION
DU POIDS PROBABLE DES WAGONS.

1^{er} Exemple. — Du wagon de 10 t. voie normale au wagon de 10 t. voie de 1 mètre.

Étant donné qu'un wagon plateforme, voie normale, 2 essieux de 40 tonnes frein à levier dont la tare de 5 t. 500 se décompose comme suit :

Organes de support de charges (chassis et caisse) 2 tonnes 500.

Organes de roulements (ressorts de suspension compris) 2 — 500.

Choc, traction et frein 0 — 500.

La plateforme ayant 6 mètres de long par 2 mètres 500 de large à quelle tare peut-on s'attendre pour un wagon de 10 tonnes de même nature roulant sur une voie de 1 mètre, la plateforme ayant 5 mètres 500 de long par 2 mètres 40 de large.

A. — CHASSIS ET CAISSE.

Si les charges étaient proportionnelles à la portée on aurait :

$$K = \frac{6}{5,5} = 1,09.$$

4^e Cas. $\lambda = \frac{\lambda'}{K}$ or $\lambda = \frac{10 + 2,5}{2,5} = 5$

$$\lambda' = 5 \times 1,09 = 5,42.$$

Charge par mètre wagon voie normale $\frac{12,5}{6} = 2 \text{ t. } 066.$

Pour les wagons voie étroite dans l'hypothèse ci-dessus la charge totale P' serait de : $2 \text{ t. } 066 \times 5,5 = 11 \text{ t. } 363$

le poids mort de : $\frac{P'}{\lambda'} = \frac{11,363}{5,42} = 2,096 \text{ K.}$

et la charge portée de $11,363 - 2,096 = 8 \text{ t. } 267.$

Les organes de châssis et caisse devront être renforcés conformément à l'hypothèse du 4^{er} cas, et on aura

$$\frac{P'^2}{P_i^2} = \frac{\sigma^3}{\sigma_i^3}$$

on a $P' = 11.363$ et $\varpi' = 2.096$ admettons provisoirement $\varpi_1 = 2.200$ ce qui donne $P_1 = 10.000 + 2.200 = 12.200$ on aura :

$$\frac{11,363^2}{12,200^2} = \frac{2,096^2}{\varpi_1^2}$$

d'où on tire $\varpi_1 = 2.195$ soit, en nombre rond, poids cherché pour l'ensemble des chassis et caisse 2.200 kilogrammes.

B. — ORGANES DE ROULEMENT.

En se plaçant dans l'hypothèse du 2^e cas, c'est-à-dire réduction des dimensions des organes de roulement dans le rapport des écartements de voies soit :

$$K = \left(\frac{1^m44 \text{ à } 1^m45 + 0,05 \text{ à } 0,06}{1,00 + 0,045 \text{ à } 0,05} \right) = 1,43 \text{ à } 1,44$$

on aurait :

$$\frac{P}{P'} = \frac{\varpi}{\varpi'} = K^2 = 2,05.$$

Le poids total du wagon, charge comprise, ne devrait être alors que de

$$\frac{10 \text{ T.} + 5 \text{ T.} 5}{2,05} = 7 \text{ T.} 56$$

et celui des organes de roulement de

$$\frac{2 \text{ T.} 500}{2,05} = 1 \text{ T.} 22$$

on doit pouvoir porter : chargement 10 T. + châssis et caisse 2 T. 200 + roulement, admettons 2 tonnes, soit au total 14 T. 200.

Il faut donc renforcer les organes qui viennent d'être définis en se plaçant dans l'hypothèse du 1^{er} cas et on aura :

$$\frac{P^2}{P'^2} = \frac{\varpi^2}{\varpi'^2}$$

ou

$$\frac{14,200^2}{7,56^2} = \frac{\varpi^2}{1,22^2}$$

d'où on tire :

$$\varpi = 1 \text{ tonne } 53.$$

On peut donc s'attendre à ce que la tare du wagon 10 tonnes sur voie de 1 mètre, défini comme ci-dessus, et construit sensiblement suivant le même mode que la plateforme de voie normale, pèse :

Châssis et caisse	2 tonnes 200
Organes de roulement	1 — 530
Choc, traction et frein, admettons	0 — 400
contre 0 t.500 pour le wagon voie normale.	
Total.	<u>4 tonnes 430</u>

Soit 4 t. 400 à 4 t. 200 de tare, ce qui nous indique que du fait du changement de proportion entre les dimensions de la caisse et l'écartement de la voie, le poids brut par tonne de poids utile passera de :

$$\frac{15 \text{ t. } 500}{10 \text{ tonnes}} = 1 \text{ t. } 55 \text{ pour la voie normale à}$$

$$\frac{14 \text{ t. } 400}{10 \text{ tonnes}} = 1 \text{ t. } 44 \text{ pour la voie de 1 mètre.}$$

En pratique même, on arrive à de meilleurs résultats, c'est ainsi que les chemins de fer vicinaux belges ont des wagons de 5 m. 300 de long, 2 m. 20 de large, de 3 tonnes de tare pour 10 tonnes de chargement. Ces wagons sont peu solides.

Les wagons plateformes voies étroites très robustes des types courants pèsent environ 4.000 kilogrammes.

2^e Exemple. — Du wagon 10 t. voie normale au wagon 20 t. voie normale.

Partant du même wagon 10 tonnes voie normale, à quelle tare peut-on s'attendre pour des wagons de 20 tonnes présentant les mêmes dimensions de caisse.

Tant pour les organes de roulement que pour les châssis et la caisse, les dimensions des organes devront être renforcées suivant l'hypothèse du premier cas.

En admettant provisoirement 7 t. 500 de tare (appareils de choc et traction compris) on aura pour le poids, châssis, caisse et roulement du wagon 20 tonnes.

$$\frac{15,5^2}{27,5^2} = \frac{5.000^2}{m'^2}$$

(5.000 et m' se rapportant aux tares moins le poids des appareils de choc et traction).

d'où : $\omega' = 7 \text{ t. } 325$, admettons $0 \text{ t. } 60$ pour les appareils de choc, traction et frein au lieu de $0 \text{ t. } 500$ dans le wagon 10 tonnes. Il faut s'attendre à une tare voisine de $7 \text{ t. } 925$ soit $7 \text{ t. } 900$ à 8 tonnes pour les wagons de 20 tonnes ce qui fait descendre le poids brut probable par tonne de poids utile à $\frac{28}{20} = 1 \text{ t. } 400$ avec ces wagons contre $1 \text{ t. } 55$ avec les wagons 10 tonnes de même longueur de caisse.

Ces résultats sont confirmés par l'expérience, ainsi le wagon plateforme Midi pèse 8.000 kilogrammes, le wagon à coke 20 tonnes Est pèse 7.970 kilogrammes.

NOTA. — Dans le wagon 10 tonnes d'origine les poids des organes de roulement et ceux des châssis et caisse sont sensiblement égaux dans le wagon 20 tonnes on aura également la décomposition :

Châssis et caisse	3 tonnes 700
Organes de roulement	3 — 700
Choc, traction et frein	0 — 600
Total	8 tonnes

3^e Exemple. — Du wagon 10 t. voie normale au wagon 40 t. voie normale.

Partant du même wagon 10 tonnes à quelle tare peut-on s'attendre pour des wagons de 40 tonnes de 11 m. 80 de longueur de caisse.

A. — CHÂSSIS ET CAISSE.

Admettons d'abord que la charge par mètre courant sera la même, on se trouvera dans l'hypothèse du 5^e cas.

$$\frac{p^2}{p'^2} = \frac{\pi^3}{\pi'^3} = K^2 \quad K = \frac{11,80}{6} = 1,96$$

la charge totale serait donc de $(10 + 2,500) \times 1,96 = 24 \text{ t. } 500$

et le poids du tablier $\pi L = \pi' L' K \sqrt[3]{K^2} = 2,500 \times 3,40 = 7 \text{ t. } 750$

soit une charge utile de $16 \text{ t. } 750$
au lieu de 40.

Il faut donc renforcer les châssis et la caisse pour supporter 40 tonnes suivant l'hypothèse du 1^{er} cas. En admettant provisoirement comme poids de tablier : 12 tonnes le poids p de ce dernier sera donné par la relation :

$$\frac{(40 + 12)^2}{(24,5)^2} = \frac{p^2}{(7,750)^2}$$

d'où : $p = 12 \text{ t. } 750$

NOTA. — Si on veut se rendre compte du poids d'un wagon avec poutres en embouti, réalisant presque le cas des poutres d'égale résistance (observation II, 5^e cas), c'est avec un tablier d'origine dont le poids des poutres aurait été réduit des 2/3 qu'il eut fallu faire la comparaison. En définitive, le résultat serait d'ailleurs le même que celui obtenu en réduisant des 2/3 le poids des poutres proprement dites de l'ensemble du tablier et caisse calculé ci-dessus.

En admettant cette hypothèse, le poids probable de l'ensemble châssis et caisse d'un wagon type Fox-Arbel par exemple pèsera : 8 t. 500.

Pour les wagons de construction courante une réduction analogue pourra s'appliquer tout au moins sur les organes principaux du châssis constituant les poutres supports de la charge, lesquelles dans le wagon 10 tonnes de base pèsent sensiblement moitié de l'ensemble châssis et caisse.

En admettant cette proportion, le poids probable de l'ensemble châssis et caisse d'un wagon de construction courante pèsera :

$$\frac{12 \text{ t. } 750}{2} + \frac{2}{3} \times \frac{12 \text{ t. } 750}{2} = 10 \text{ t. } 625 \text{ mettons } 10 \text{ t. } 650.$$

B. — ORGANES DE ROULEMENT.

Les organes de roulement dans leur ensemble devront recevoir un renforcement dans les conditions prévues à l'hypothèse du 1^{er} cas.

En admettant provisoirement un poids de 7 tonnes pour les organes de roulement plus ceux de choc et traction, le poids définitif du wagon en charge serait de :

40 tonnes + 8 t. 5 + 7 tonnes = 55 t. 500 à supporter par quatre essieux, soit $\frac{55 \text{ t. } 500}{4} = 13 \text{ t. } 83$ par essieu contre $\frac{10 + 3.5}{2} = 7 \text{ t. } 750$ par essieu du wagon 10 tonnes initial.

ou en nombre ronds admettons qu'il faudra passer de l'essieu de 8 tonnes à celui de 14 tonnes.

Le poids ϖ de ces organes devra satisfaire alors à la relation :

$$\frac{8^2}{14^2} = \frac{2.5^2}{\left(\frac{\varpi}{2}\right)^2}$$

2 t. 5 étant le poids des organes de roulement des wagons 10 tonnes à deux essieux.

$$\frac{\varpi}{2} = 3 \text{ t. } 625 \text{ ou } \varpi = 7 \text{ t. } 350.$$

Le wagon 40 tonnes pèsera donc :

	Wagon construction courante	Wagon-type Fox-Arbel
Châssis et caisse.	10 t. 650	8 t. 500
Organes de roulement	7 t. 350	7 t. 350
Choc, traction et frein (admettons comme pour les wagons 20 tonnes).	0 t. 600	0 t. 600
	18 t. 600	16 t. 450

OBSERVATIONS.— En réalité les essieux du type de wagon pris comme départ peuvent supporter plus de 8 tonnes car leur fusée est de 135 × 85 et ils sont plutôt du type 10 tonnes. En admettant cette nouvelle base, l'application de la méthode de calcul nous donne 6 t. 250 comme poids probable des organes de roulement des wagons 40 tonnes.

De plus en pratique l'emploi des emboutis dans la construction des châssis de boggies des wagons Fox-Arbel permettra une légère amélioration du poids des organes de roulement par rapport à ceux des wagons de construction courante : environ 150 kilogrammes.

En résumé, des calculs et observations ci-dessus, il résulte qu'il faut s'attendre pour les wagons de 40 tonnes, à une tare de :

17 t. 500 pour les wagons de construction ordinaire.

15 t. 300 pour les wagons types Fox Arbel.

Soit à un poids brut probable par tonne de poids utile de :

1 t. 437 pour les wagons de construction courante ;

1 t. 382 pour les wagons type Arbel.

Ces résultats sont confirmés par l'expérience selon les détails de construction et suivant que la longueur des caisses est un peu plus grande ou un peu plus petite que celle admise, le poids des wagons Fox-Arbel 40 tonnes en service sur les diverses Compagnies varie de 14 à 16 tonnes. Dans les conférences de propagande, c'est la tare de 15 tonnes par wagon de 40 tonnes qui est prise comme base d'établissement des calculs montrant l'avantage économique du système.

Les wagons 40 tonnes à caisse en bois construits par la Société Franco-Belge pour la Société des Aciéries de France pèsent 14 t. 600, la longueur de la caisse n'étant que de 9 m. 500 au lieu de 11 m. 80 ; ceux construits pour les Aciéries de Denain et Anzin, pèsent 15 t. 150, la longueur des caisses étant de 10 m. 680.

CHAPITRE II

DU POIDS PROBABLE DES WAGONS A TRÈS GRANDE CAPACITÉ

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Les exemples ci-dessus montrent que la méthode de calculs préconisée donne des renseignements précieux et suffisamment exacts sur le sens et la valeur de la variation du poids brut probable par tonne de poids utile des wagons.

C'est par cette méthode que nous allons essayer de déterminer les fares probables des wagons à très grande capacité, soit en partant des wagons à grande capacité, type Arbel, soit pour les très grands wagons, en contrôlant ces résultats pour ce qui est des châssis et caisses en partant du poids probable des tabliers des ponts métalliques, d'après les formules d'Albaret.

Caractéristique des wagons à boggies, à houille, de 40 tonnes de charge

A. — Dimensions.

Longueur de la caisse	11 m. 800	} Capacité 51 m ³ .
Largeur —	2 m. 800	
Hauteur —	1 m. 520	
Diamètre des roues	0 m. 945	

B. — Poids.

1° Organes de support de la charge	} châssis de caisse 4.500 K . . . } } ossature de caisse 3.100 K . . . }	} 7 T. 600
2° Organes de roulement		
3° Choc traction et frein à levier		0 T. 700
	Total	<u>15 T. 000</u>

POIDS PROBABLE DES ORGANES DE ROULEMENT

Pour la commodité des opérations qui suivent, nous examinerons de suite les variations de poids des organes de roulement dans le cas où la charge par essieu devra être de plus en plus considérable.

Nous avons vu précédemment que le poids probable est obtenu en se plaçant dans l'hypothèse du 1^{er} cas et dans laquelle on a

$$\frac{P_2}{P_1^2} = \frac{m^3}{m_1^3} = K^6$$

Dans le wagon Arbel type pris ci-dessus on a, en nombre rond, une charge par essieu de 14 tonnes et le poids des organes de roulement par essieu est de

$$m = \frac{6.700}{4} = 1.675 \text{ kilogr.}, \text{ admettons } 1.700 \text{ kilogrammes.}$$

Le tableau et le graphique *fig. 25* ci-après donnent la valeur du poids pro-

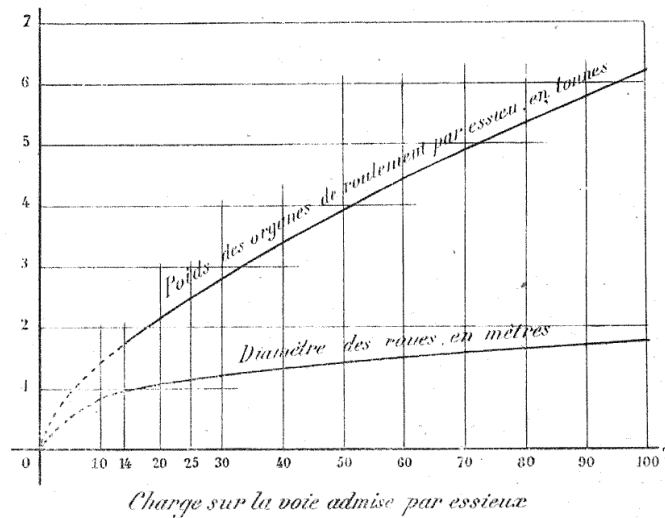


Fig. 25

bable des organes de roulement lorsque la charge par essieu varie de 14 tonnes à 100 tonnes ainsi que le diamètre probable des roues, le rapport de similitude K étant donné par la relation $K^3 = \frac{P}{P_1}$

On peut objecter que pour les portées soumises au frottement, comme les fusées d'essieux principalement, les surfaces d'appui devant être fonction de la charge à porter, le poids de ces parties devra augmenter plus vite que ce que le permet la stricte application de l'hypothèse admise. Mais les augmentations nécessitées par ces organes pourront être compensées par des diminutions sur des organes accessoires, de plus, pour les très grandes dimensions que les nécessités du graissage pourraient obliger à admettre, rien n'empêche d'avoir recours par exemple à des fusées évidées qui donneraient en outre une certaine élasticité, évitant bien des ruptures dans le cas des très fortes charges.

Tableau du poids probable des organes de roulement par essieu selon la charge acquise.

CHARGE par essieu	RAPPORT de similitude $K = \sqrt{\frac{P}{P'}}$	DIAMÈTRE des roues correspondant à l'hypothèse admise $D' = D K$	VALEUR de K^2	POIDS probable des organes de roulement par essieu $\pi' = \pi K^2$	OBSERVATIONS
14 T.	1.00	0 m. 945	1.00	1 T. 700	} Valeurs réelles pour les wagons Arbel 40 tonnes.
20	1.14	1 078	1.27	2 160	
25	1.24	1 142	1.47	2 500	
30	1.28	1 210	1.66	2 820	
40	1.41	1 332	2.01	3 420	
50	1.52	1 436	2.33	3 910	
60	1.62	1 530	2.64	4 500	
70	1.70	1 605	2.92	4 970	
80	1.78	1 680	3.19	5 425	
90	1.85	1 750	3.45	5 725	
100 T.	1.92	1 m. 810	3.70	6 300	

Il est évident que le jour où il sera possible de faire circuler des essieux de 40 tonnes et au-dessus et surtout au moment où, pour satisfaire à certains trafics considérables, on se décidera à construire des voies capables de supporter de pareilles charges roulantes, les organes de roulement de cette puissance seront construits avec les meilleurs métaux, et les poids calculés ci-dessous pourront sans doute ne pas être atteints.

C'est pourquoi dans nos calculs de poids probable nous pensons rester dans de saines conditions de réalisation possible en adoptant pour poids des organes de roulement ceux indiqués au tableau ci-dessous, ainsi qu'au graphique précité. Ces poids seront pris, sans nous préoccuper des petites variations pouvant résulter des modifications de diamètre au roulement et auxquelles on pourrait être conduit en pratique.

**Poids probables des organes de roulement pour des wagons
à 4, 8, 12, etc..., essieux, en nombre arrondis.**

CHARGE par ESSIEU	1 ESSIEU	4 ESSIEUX ou 2 × 2	6 2 × 3	8 2 × 4	12 4 × 3	16 8 × 2	24 ou 8 × 3 ou 12 × 2	
	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	
14	1,675 (*)	6,700	10,	13,400	20,	26,800	40	(*) D'après le poids fourni par la Société des wagons de grande capacité.
15	1,740	7,	10,500	14,	21,	28,	42	
17	1,925	7,700	11,500	15,400	23,	30,800	46	
18	1,950	7,800	11,700	15,600	23,400	31,	47	
20	2,160	8,650	13,	17,250	26,	34,500	52	
25	2,500	10,	15,	20,	30,	40,	60	
30	2,820	11,250	17,	22,500	34,	45,	68	
40	3,420	13,500	20,500	27,500	41,	55,	82	
50	4,	16,	24,	32,	48,	64,	96	
60	4,500	18,	27,	36,	54,	72,	108	
70	5,	20,	30,	40,	60,	80,	120	
80	5,500	22,	33,	44,	66,	88,	132	
90	6,	24,	36,	48,	72,	96,	144	
100	6,500	26,	39,	52,	78,	104,	156	

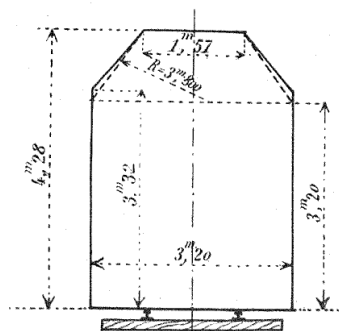
II. — WAGONS A GRANDE CAPACITÉ PASSANT DANS LE GABARIT DES VOIES NORMALES ACTUELLES

En supposant l'emploi d'essieux de 27 tonnes, lesquels sont admis sur certaines lignes américaines, quelles seront, la tare et la charge probable du wagon houiller qu'il est possible de construire en restant dans les limites du gabarit actuel ?

En se reportant au tableau du poids probable des organes de roulement on trouve que pour les 4 essieux 27 tonnes, ce poids sera de 11 t. 750. Admettons qu'au lieu de 0 t. 700 dans les wagons 40 tonnes le poids des organes accessoires, choc, traction et frein, du fait du léger renforcement à prévoir soit porté à 0 t. 850 il reste donc comme charge totale du tablier (poids mort, plus poids utile) $27 \text{ tonnes} \times 4 = (11 \text{ t. } 750 + 0 \text{ t. } 850) = 95 \text{ t. } 400$.

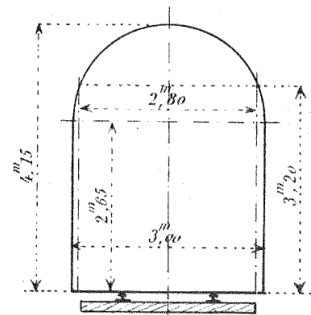
Dimensions de la caisse. — La largeur restant celle admise pour les wagons de 40 tonnes soit 2 m. 80, la hauteur des bords supérieurs de la caisse est limitée soit par celle de clichage des mines, 2 m. 850, soit par le gabarit.

Nous nous placerons, dans ce dernier cas, et en se reportant aux types de gabarit simplifiés ci-contre, figures 26 et 27 on voit que la hauteur admissible à prendre est de 3 m. 20.



Traits pleins: Gabarit improposé Est
Traits brisés: réel id

Fig. 26.



Gabarit de la ligne de
Saverne à Avricourt

Fig. 27.

Admettons que le fond de la caisse reste sensiblement à même hauteur que celui des wagons 40 tonnes (soit 1 m. 30, exactement 1 m. 250). La section de caisse sera de $(3 \text{ m. } 20 - 1 \text{ m. } 30) \times 2 \text{ m. } 80 = 5 \text{ m}^2 \text{ } 32$, soit avec un poids

moyen de 0 t. 950 (1) au mètre cube, un chargement possible de 4 t. 954, mettons avec le dos d'âne 5 tonnes par mètre courant de wagon.

Momentanément, prenons la même proportion entre le poids utile et le poids mort que dans les 40 tonnes.

$$\frac{7.600}{40} = 0.19$$

Le poids total par mètre courant de caisse du wagon cherché sera de 5 m. \times 1.19 = 5 t. 950 et la longueur probable de la caisse $\frac{95.400}{5.950}$ = soit 16 m. en nombre rond.

Pour 11 m. 80 de long le wagon Arbel pris comme type a un poids total de 40 t. + 7.600 = 47 t. 600.

En se plaçant dans l'hypothèse du 5^e cas, charge proportionnelle à la portée, la charge totale serait de

$$\frac{47 t. 600 \times 16}{11.8} = 47.600 \times 1.355 = 64 t. 500.$$

le rapport de similitude étant de : $K = \frac{16}{11.8} = 1.355$ le poids du tablier (châssis et caisse) sera de :

$$\varpi' = \varpi \sqrt[3]{K^5} = 7.600 \sqrt[3]{1.355^5}$$

ou

$$\varpi' = 12 t. 600$$

Pour supporter le poids total de 95 t. 400 le tablier dont le poids vient d'être

(1) Le wagon houiller pris comme type a une caisse de 31 m³ pour 40 tonnes soit 0 t. 785 par mètre cube. Le wagon 50 tonnes Midi a une caisse de 31 m³ 700 soit une densité de chargement admise de 0.985.

* Dans cette équation les termes en ϖ se rapportent au poids total des poutres, dont le rapport de similitude $K = \frac{L'}{L}$.

En partant de l'équation (3) page 77 pour, conserver la même signification aux lettres, il eut fallu écrire : $\varpi' L' = \varpi L \sqrt[3]{K^5}$.

De l'équation (5) on tire en effet $\varpi' = \varpi \sqrt[3]{K^5}$ comme $L' = L K$ en multipliant membre à membre ces deux dernières équations on a bien :

$$\varpi' L' = \varpi L K \sqrt[3]{K^5} = \varpi L \sqrt[3]{K^5}.$$

calculé doit être renforcé en application de l'hypothèse du 1^{er} cas et le poids probable définitif sera donné par la relation

$$\frac{95.4^2}{64.5^2} = \frac{\pi'^3}{12.6^3} \text{ d'où } \pi' = 16 \text{ t. } 300$$

La charge utile sera donc de : 95 t. 400 — 16 t. 300 = 79 t. 100.

la tare probable s'établit comme suit :

Châssis et caisse	16 tonnes 300
Organes de roulement	11 — 750
Choc et traction	0 — 850
Total.	<u>28 — 900</u>

Et le poids brut probable par tonne de poids utile peut être espéré de :

$$\frac{79 \text{ t. } 100 + 28 \text{ t. } 900}{79.100} = \frac{108}{79.10} \text{ soit } 1.36$$

Charge et tare probable avec essieux de 27 tonnes pour wagons à quatre essieux. Comparaison avec les types de wagons actuels. — En

nombres ronds on peut dire qu'avec des essieux de 27 tonnes et dans les conditions du problème posé ci-dessus, on peut compter pouvoir construire des wagons de 80 tonnes de capacité dont la tare serait de 28 tonnes, ce qui, malgré les marges admises sur les résultats des calculs détaillés, ne donne que 1.35 comme rapport de $\frac{\text{poids brut}}{\text{poids utile}}$.

Les wagons houillers à très grande capacité du Pennsylvania-Railway de 77 t. de capacité roulant sur essieux capables de porter 27 tonnes ont une tare de 27 t. La caisse de ces wagons de 82 m³ de capacité n'a que 14 m. 17 de long, la hauteur maximum et la largeur de la caisse étant sensiblement celles déterminées dans l'étude ci-dessus (hauteur 3 m. 20, largeur 2 m. 867).

Pour ce type de wagons à caisse plus courte le calcul donne bien 27 tonnes et il y a lieu de noter que sans dépasser cette tare les constructeurs ont ajouté des dispositifs spéciaux de déchargement, la caisse des wagons du Pennsylvania étant divisée en cinq trémies à doubles portes inférieures. Malgré la présence de la surcharge résultant de ces dispositifs spéciaux établis en vue de gagner du temps pour le déchargement le rapport $\frac{\text{poids brut}}{\text{poids utile}} = \frac{104}{77} = 1.35$ est encore meilleur que celui obtenu dans les wagons de 40 tonnes et même 50 tonnes de capacité, sans organes spéciaux, ce qui confirme les indications théoriques de nos formules.

Le graphique ci-dessous *fig. 28* qui donne le poids brut par tonne utile transportée dans les wagons voie normale, usuels, fait ressortir les conclusions qui se dégagent de cette étude, conclusions que nous examinons plus loin en détail au sujet des wagons à large gabarit.

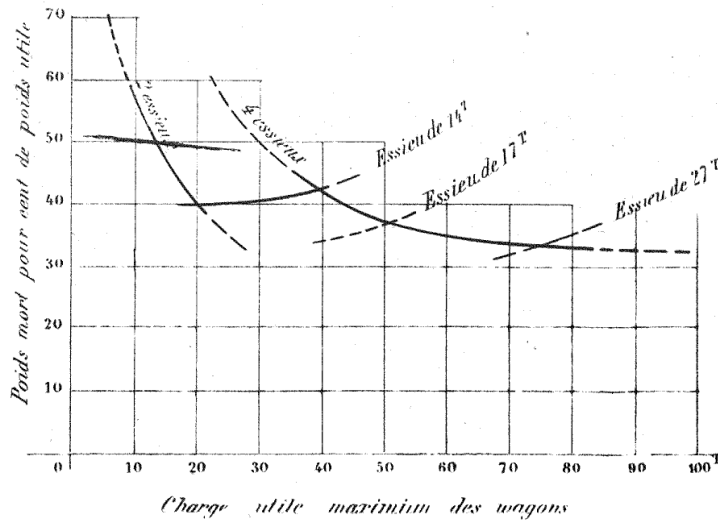


Fig. 28.

CHAPITRE III

MATÉRIEL A LARGE GABARIT

Wagons trois fois la Voie

I. — BASES D'ÉTABLISSEMENT DU MATÉRIEL A LARGE GABARIT

Des théories exposées ci-dessus il résulte que l'adoption d'un gabarit le plus large possible, permettant de construire des wagons plus courts pour une même charge entraîne une économie de poids mort par suite de la possibilité d'établir des ensembles, châssis et caisse proportionnellement plus légers par rapport à la charge utile.

Cherchons les résultats auxquels on peut s'attendre en se plaçant dans le cas extrême encore admissible d'un gabarit sensiblement égal à trois fois celle de la voie, ce qui n'est pas incompatible avec des vitesses suffisantes pour les trains de marchandises tout en restant dans des conditions de stabilité satisfaisantes (1).

Admettons donc dans les calculs qui suivent, une largeur de gabarit de 4 m. 50 pour les wagons de voie normale.

Pour une charge totale donnée, la longueur des châssis est déterminée par la charge admise par mètre carré de surface de plancher des wagons.

Quelle charge pouvons-nous admettre ?

Charge par mètre carré de plancher et par mètre courant de longueur des divers types de wagons actuels. — Les divers types de wagons examinés précédemment, sortes de moyennes des types courants, admettent les charges indiquées au tableau ci-après :

TYPE DE WAGONS	CHARGE par mètre carré de plancher	CHARGE par mètre courant de wagon	POIDS BRUT par tonne utile
	Kilogrammes.	Tonnes.	
40 tonnes voie normale	665	1.700	1,35
10 — voie de 1 mètre	760	1.800	1,41
20 — voie normale	1.300	3.600	1,40
40 — — — — —	1.210	3.400	1,37
50 — — — — — Midi.	1.750	4.900	1,358
77 — — — — — Pensylvanie	1.930	5.400	1,35

Ce type comporte des organes de déchargement spéciaux.

(1) Voir chapitre I (Gabarit) et la remarque à la fin du chapitre III (Moyens de réalisation — Voies).

Gabarit. — Pour les wagons larges, l'étude détaillée de la question montre qu'avec un gabarit de même hauteur que la largeur adoptée, la partie supérieure étant demi-circulaire, la stabilité est parfaitement assurée dans la limite des vitesses admises pour les trains de marchandises, si la largeur des voies, ou le poids par mètre courant de wagon vide répondent à certaines conditions, sinon la hauteur du matériel vide doit être limitée. Pour répondre à cette dernière supposition, nous admettons comme hauteur maximum des wagons, la même que celle adoptée pour le matériel des voies normales actuelles, ne serait-ce que pour se poser dans le cas de l'étude d'un matériel immédiatement utilisable sans augmentation de hauteur des passages supérieurs des lignes existantes. Le gabarit définitif adopté aurait alors une forme voisine de celles indiquées ci-dessous :

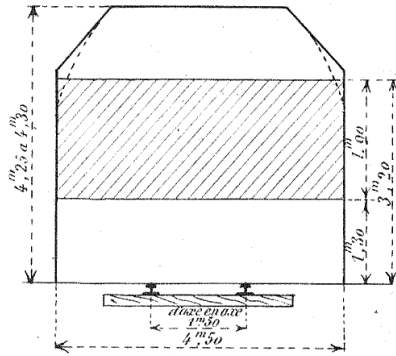


Fig. 29

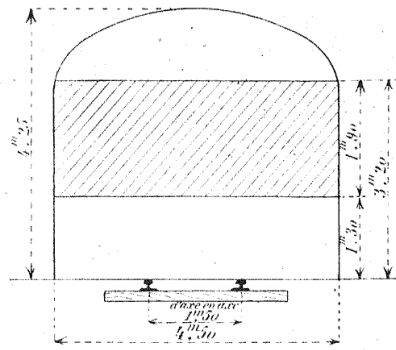


Fig. 30

dont la tranche la plus particulièrement utilisable, représentée en hachurés sur les croquis *fig. 29* et *30* présente une surface de $4.50 \times 1.90 = 8 \text{ m}^2 35$, sa situation en hauteur dans le plan du gabarit étant sensiblement celle des caisses des wagons hauts-bords ou wagons-tombereaux du matériel actuel, soit : hauteur au-dessus du sol, 1 m. 30 environ, épaisseur de la tranche 1 m. 90. (1)

(1) Les caisses des wagons-tombereaux courants ont une profondeur de :

20 tonnes État	1 ^m 40
20 — Midi	1 ^m 52
40 — houiller Nord	1 ^m 52
50 — Midi	1 ^m 80

Charge à envisager par mètre carré de plancher et par mètre courant de longueur des wagons trois fois la voie, selon la nature des matériaux transportés. — Le tableau ci-dessous nous donne en nombres arrondis les chargements utiles par mètre carré de plancher, et par mètre courant de wagon qu'il faudrait adopter comme base des calculs pour déterminer la longueur des wagons convenant le mieux à chaque nature de transport :

MATIÈRES A TRANSPORTER	DENSITÉ moyenne pour chargement en vrac ou en sacs	CHARGE par mètre carré de plancher	CHARGE par mètre de wagons 3 fois la voie	OBSERVATIONS
Combustibles				
Coke.	0.55	Tonnes. 1.050	Tonnes. 4.700	} 3 t. 500 avec chargement en dos d'âne.
Houille en morceaux	0.950	1.800	8.	
Produits agricoles				} 5 tonnes avec brèlage permettant d'occuper tout le gabarit.
Paille et fourrages comprimés	0.450	0.850	3.800	
Avoine.	0.450	0.850	3.800	
Orge.	0.650	1.230	5.400	
Blé.	0.750	1.400	6.300	
Engrais				
Chaux vive.	0.800	1.540	7.	
Phosphates.	2.80	5.30	23.500	
Fumiers.	1.000	1.90	8.500	
Matériaux de construction				
Plâtre.	1.20	2.20	10.	
Ciment en sacs.	1.80	3.40	15.	
Pierre à bâtir courante.	1.20	2.20	10.	
Tuiles et briques.	2.20	3.80	17.	
Mâchefer.	0.800	1.540	7.	
Bois				
Sapin.	0.600	1.140	5.100	
Chêne.	0.800	1.540	7.	
Minerai				
Fer { Fer oligiste, fer oxydulé.	4.500	8.500	38.	
{ Limonite.	5.500	6.650	30.	
Aluminium, bauxite.	3.000	5.700	25.	
Zinc, blende.	3.500	6.650	30.	

Conditions d'emploi du matériel 3 fois la voie. — Cas correspondants à une bonne utilisation. — Wagons types. — La comparaison des indications de ce tableau avec celui des charges admises dans le matériel actuel montre que :

1° Si on veut faire circuler du matériel très large (trois fois la voie) sur des lignes pas plus robustes que celles actuellement en usage, étant donné que, pour la bonne conservation des voies, la charge utile par mètre courant de wagons ne saurait dépasser celle obtenue dans les wagons circulant sur essieux 15 tonnes, c'est-à-dire 3 t. 500 environ, l'utilisation rationnelle des wagons très larges n'offre d'intérêt que dans le cas du transport des matériaux légers, tels que le coke, les fourrages.

2° Pour tirer tout le profit possible du matériel à large gabarit, il faut que : les charges par mètre carré de plancher restent les mêmes pour une hauteur de gabarit admise, celles acceptées par mètre courant de voie soient notablement augmentées.

Pour nous guider dans nos comparaisons et conclusions, nous étudierons les 5 séries de wagons larges qui répondent aux observations ci-dessus et spécifiées au tableau ci-dessous :

DÉSIGNATION des séries de wagons étudiées VOIES APPELÉES A LES RECEVOIR	CHARGE maximum par essieu	CHARGE par mètre courant de voie	MATÉRIAUX correspondant à l'utilisation complète de la tranche courante du gabarit.
1° Sur voies actuelles	14 à 15 tonnes	4 t. 200	Paille.
2° — — renforcées	17 à 18 tonnes	6 t.	Coke, céréales.
3° — — américaines	27 à 30 tonnes	7 t. 800	Céréales, engrais.
4° Sur voies futures 1 ^{er} stade	40 tonnes	9 t. 600	Matériaux construct., houille.
5° — — — 2 ^e — — —	60 tonnes	12 t.	Minera.

Le graphique *fig. 31*, fait mieux ressortir la loi de progression adoptée comme charges par mètre courant des voies suivant les types d'essieux employés.

Etant données les charges admises ci-dessus nous étudierons dans chaque cas les dimensions des caisses possibles et leur poids pour des wagons à deux essieux isolés ou des wagons à deux boggies de deux essieux soit quatre essieux en tout, ou deux boggies trois essieux, soit six essieux en tout.

En se reportant au tableau du poids des organes de roulement, on peut déterminer pour chaque cas le poids disponible pour les caisses et les charge-

ments, d'où la longueur de ces caisses, celle-ci étant calculée, en admettant provisoirement que le poids total (charge utile plus poids des châssis et caisse) égale 1,2 du poids utile et en tenant compte que ce coefficient augmente avec la

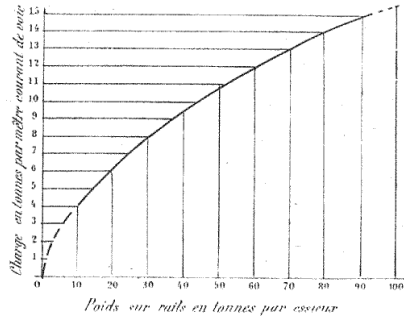


Fig. 31.

portée pour atteindre 1,4 à 1,5 avec des caisses de 20 à 25 mètres. Les tableaux ci-dessous résument les calculs de longueur probable des divers types de wagons.

Wagons à 2 essieux

Charge admise par essieu	15 t.	18 t.	30 t.	40 t.	60 t.
Poids total des wagons	30 t.	36 t.	60 t.	80 t.	120 t.
Poids des organes de roulement	3 t. 500	3 t. 900	5 t. 650	7 t.	9 t. 400
Poids total restant pour les châssis, caisse et poids utile	26 t. 500	32 t. 100	54 t. 350	73 t.	110 t. 600
Longueur probable	6 m. 30	5 m. 50	7 m.	7 m. 80	9 m. 20

Wagons à 2 boggies, 2 essieux

Charge admise par essieu	15 t.	18 t.	30 t.	40 t.	60 t.
Poids total des wagons	60 t.	72 t.	120 t.	160 t.	240 t.
Poids des organes de roulement	7 t.	7 t. 800	11 t. 250	13 t. 500	18 t. 750
Poids total restant pour les châssis, caisse et poids utile	53 t.	64 t. 200	108 t. 750	146 t. 500	221 t. 250
Longueur probable	12 m.	11 m.	13 m. 50	15 m.	17 m.

Wagons à 2 boggies de 3 essieux

Charge admise par essieu	13 t.	18 t.	30 t.	40 t.	60 t.
Poids total des wagons	90 t.	108 t.	180 t.	240 t.	360 t.
Poids des organes de roulement	10 t. 500	11 t. 700	17 t.	20 t. 500	28 t. 250
Poids total restant pour les châssis, caisse et poids utile	79 t. 500	96 t. 300	163 t.	219 t. 500	331 t. 750
Longueur probable	17 m.	15 m. 5	19 m.	20 m	24 m

Majoration de poids à donner aux tabliers, calculés suivant les méthodes exposées précédemment, pour tenir compte de l'augmentation de largeur des planchers.

Si, comme il est logique de l'admettre, la coupe transversale des wagons larges, présente les mêmes éléments que celle des wagons courants, la distance de ceux-ci étant simplement accrue pour obtenir la largeur nouvelle, il en résulte que les portées des organes de planchers seront augmentées dans la proportion de celle des wagons, soit : $\frac{4,5}{2,8} =$ sensiblement 1,6.

En remarquant que les organes de planchers représentent en poids le 1/3 des ensembles châssis et caisses des wagons plats 10 tonnes ou hauts-bords à grande capacité et tenant compte également des augmentations de charges admises par mètre carré de surface de plancher selon les catégories de matériel très large que nous nous proposons d'étudier.

L'application des méthodes déjà exposées nous donne comme majoration de poids à adopter :

130 kilogrammes par mètre courant de caisse pour la 1 ^{re} catégorie				
160	—	—	—	2 ^e —
200	—	—	—	3 ^e —
220	—	—	—	4 ^e —
250	—	—	—	5 ^e —

II. — TARE PROBABLE DES WAGONS TYPES DÉTERMINÉS CI-DESSUS

a) TARE ÉTABLIE EN PARTANT DU POIDS DES WAGONS ACTUELS

Les calculs établis par analogie avec les exemples précédents donnent les résultats résumés aux tableaux ci-dessous :

Matériel à 2 essieux (base wagon 10 tonnes)

Charge par essieu	15 t.	18 t.	30 t.	40 t.	60 t.
Longueur des wagons L	6 m. 30	5 m. 50	7 m.	7 m. 80	9 m. 00
Charge totale châssis et caisse P	26' 500	32' 100	54' 650	73'	110' 600
$\frac{L}{6} = K$	1.05	0.916	1.166	1.30	1.566
$\sqrt[3]{K^3}$	1.084	0.864	1.291	1.535	2.112
Charge proportionnelle $12.5 K = P$	13' 250	11' 380	14' 500	13' 250	19' 500
Poids châssis et caisse corresp ⁽¹⁾ $21.5 \sqrt[3]{K^3} = \pi'$	2.710	2.160	3.225	3.825	5.275
$\sqrt[3]{\frac{P^2}{P'^2}}$	1.58	2.00	2.42	2.73	3.17
Poids définitif châssis et caisse $(1) \frac{2}{3} \left(\pi' \sqrt[3]{\frac{P^2}{P'^2}} \right)$	3.580	3.600	6.520	8.750	13.950
Majoration pour augmentation de largeur de plancher	0.820	0.880	1.400	1.700	2.300
Poids total, châssis et caisse	4' 400	4' 480	7' 920	10' 450	16' 250
Organes de roulement	3.500	3.900	5.650	7.000	9.400
Choc traction et divers	0.600	0.600	0.700	0.800	0.900
Tare des wagons	8' 500	8' 980	14' 270	18' 250	26' 550
Charge totale sur rails	30	36	60	80	120
Tare des wagons en nombre arrondi	8.500	9.	14.500	18.250	26.5
Charge utile maximum	21.500	27.	45.500	61.750	93.5
Rapport $\frac{\text{poids mort}}{\text{charge utile}}$	0.395	0.335	0.318	0.296	0.283

(1) En admettant que en raison des fortes charges, l'économie maximum de poids mort sera réalisée dans les poutres nouvelles à étudier.

Matériel à bogie (base wagon 40 tonnes)

NOMBRE D'ESSIEUX	Wagons à 2 bogies 2 essieux soit 4 essieux				Wagons à 2 bogies 3 essieux soit 6 essieux					
	15'	18'	30'	40'	60'	15'	18'	30'	40'	60'
Charge par essieu	12 ^m	11 ^m	13 ^m 50	13 ^m	17 ^m	17 ^m	15 ^m 5	19 ^m	20 ^m	24 ^m
Longueur des wagons L	53 ^t	64 ^t 2	108 ^t 750	146 ^t 5	221 ^t 250	79 ^t 500	96 ^t 300	163 ^t	219 ^t 500	331 ^t 750
Charge totale châssis et caisse P	1.016	0.934	1.142	1.27	1.44	1.44	1.312	1.61	1.695	2.036
$\frac{L}{11,80} = K$	1.026	0.891	1.247	1.490	1.836	1.836	1.572	2.212	2.41	3.27
$\sqrt{K^3}$	48.250	42.500	54.750	60.500	68.700	68.700	62.500	76.600	80.600	96.70
Charge proportionnelle 47,6 K = P'	7.700	7.100	9.500	11.300	13.900	13.900	11.950	16.750	18.300	24.800
Poids châssis et caisse correspondant $7,6 \sqrt{K^3} = \pi$	1.06	1.32	1.58	1.80	2.16	1.09	1.33	1.65	1.94	2.27
$\sqrt[3]{\frac{P^2}{P'^2}}$	8.150	9.400	15.000	20.015	30.000	15.150	15.900	27.650	35.500	56.300
Poids définitif châssis et caisse $\pi \sqrt[3]{\frac{P^2}{P'^2}}$	1.560	1.760	2.700	3.300	4.250	2.200	2.480	3.800	4.400	6.000
Majoration pour augmentation des largeurs de planchers	9.710	11.160	17.700	23.315	34.250	17.350	18.380	31.450	39.900	62.300
Poids total châssis et caisse	7.000	7.800	11.250	13.500	18.750	10.500	11.700	17.000	20.500	28.250
Organes de roulement	0.700	0.700	0.750	0.850	0.950	0.800	0.800	1.000	1.100	1.500
Choc traction et divers	17 ^t 410	19 ^t 660	29 ^t 700	37 ^t 665	53 ^t 950	28 ^t 650	30 ^t 880	49 ^t 450	61 ^t 500	92 ^t 050
Tare des wagons	60	72	120	150	240	90	108	180	240	360
Charge totale sur rails	17.5	19.5	30	37.5	54	28.5	31	49.5	61.5	92
Tare des wagons en nombre arrondi	42.5	52.5	90	122.5	186	61.5	77	130.5	178.5	268
Charge utile maximum	0.412	0.371	0.333	0.306	0.29	0.404	0.403	0.379	0.344	0.344
Poids mort										
Rapport $\frac{\text{Poids utile}}{\text{Poids mort}}$										

b) TARE PROBABLE DES WAGONS SUR BOGGIES

**le poids probable du tablier étant déterminé en partant
du poids de tablier de pont correspondant
donné par les formules d'Albaret, pour les ponts à une voie**

Les portées de comparaison à prendre sont celles résultant de la formule d'inscription $C = \frac{L}{\sqrt{2}}$ qui donne la distance à admettre comme distance d'axe en axe des boggies.

Appliquons la vérification au matériel à boggies. Les bases de calculs des longueurs probables permettent de dresser le tableau de calculs ci-dessous :

Wagons sur 2 boggies de 2 essieux

Charge par essieu	15 t.	18 t.	30 t.	40 t.	60 t.	
Longueur des wagons L	12 m.	11 m.	13 m. 50	15 m.	17 m.	
Charge totale par mètre courant de châssis et caisse P.	4' 410	5' 830	8'	9' 700	13' 050	
Ponts } γ_0 correspondant à la portée $\frac{L}{\sqrt{2}}$	6.5	6.9	6.1	5.7	5.3	
	Poids mort par mètre courant $\varpi = \frac{6.000}{\sqrt{u}}$	0.925	0.870	0.985	1.050	1.130
		Charge totale par m. cour ^t P' = 6 000 + ϖ	6.925	6.870	6.985	7.050
Poids mort châssis et caisse } $\varpi = \sqrt{\frac{P^2}{P'^2}}$ ϖ	0.684	0.778	1.078	1.300	1.695	
Poids mort châssis et caisse ϖ L	8.230	8.770	14.550	19.500	28.800	
Poids roulement, choc et traction (1)	7.700	8.500	12.	14.350	19.700	
Tare des wagons	15. 930	17. 270	26. 550	33. 850	48. 500	
Charge totale sur rails	60.	72.	120.	160.	240.	
Tare des wagons en nombre arrondi	16.	17.5	27.	34.	48.5	
Charge utile maximum	44.	54.5	93.	126.	191.5	
Rapport $\frac{\text{poids mort}}{\text{charge utile}}$	0.364	0.322	0.290	0.270	0.256	

(1) Mêmes valeurs que celles admises au calcul précédent, tableau page 104.

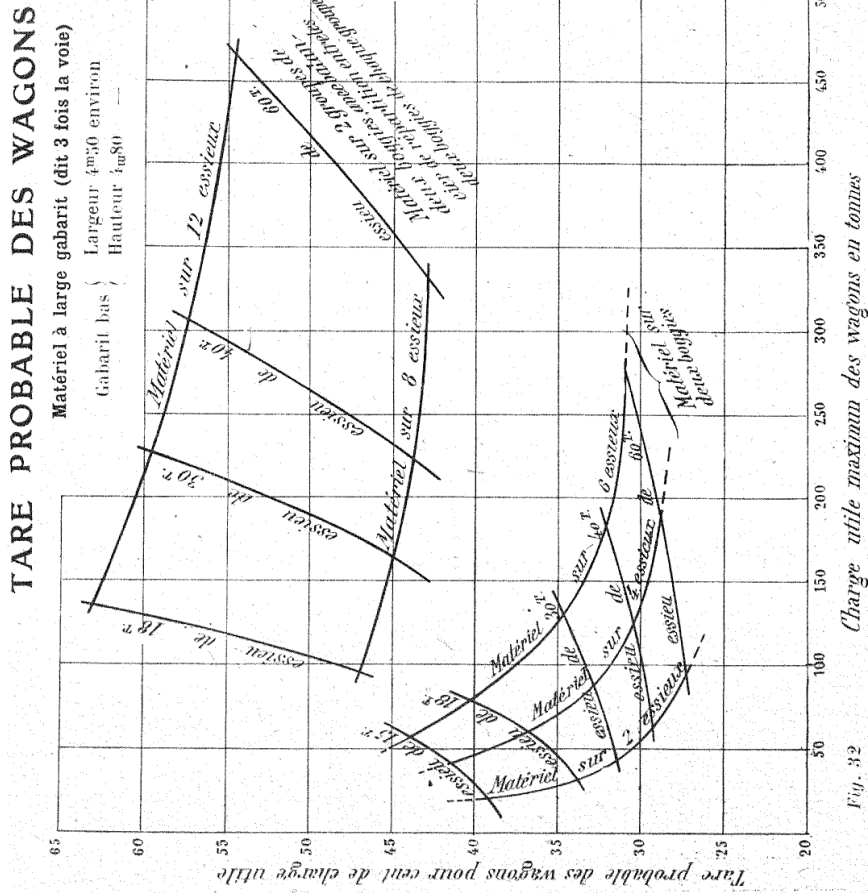


Fig. 32

Charge en tonnes
 par mètre courant de voie

Les trois courbes de cette figure indiquent les charges réelles que donneraient les types des wagons calculés.

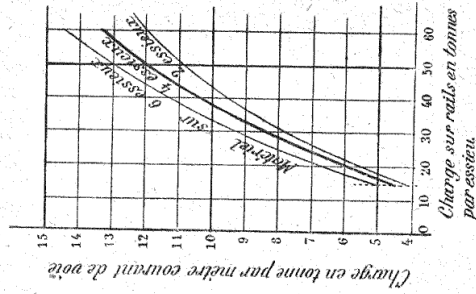


Fig. 33

Wagons sur 2 boggies de 3 essieux

Charge par essieu	15 t.	18 t.	30 t.	40 t.	60 t.	
Longueur des wagons L	17 m.	15 m. 5	19 m.	20 m.	24 m.	
Charge totale par mètre courant de châssis et caisse P	4 660	6 400	8 600	10 170	13 800	
Ponts } γ_0 correspondant à la portée $\frac{L}{\sqrt{2}}$	5.3	5.6	4.9	4.78	4.2	
	Poids mort par mètre courant $\overline{m}' = \frac{6.000}{\sqrt{\gamma_0}}$	1.130	1.070	1.222	1.250	1.428
		Charge totale par m. cour ^t P' = 6.000 + \overline{m}'	7.130	7.070	7.222	7.250
Poids mort châssis et caisse } $\overline{m} = \sqrt{\frac{8}{P^2} \overline{m}'}$	0.852	1.010	1.375	1.650	2.160	
						Poids mort châssis et caisse \overline{m} L
Poids roulement, choc et traction (1)	11.300	12.500	18.	21.600	29.750	
Tare des wagons	26.800	28.200	44.150	54.600	81.540	
Charge totale sur rails	90.	108.	180.	240.	360.	
Tare des wagons en nombre arrondi	26.	28.	44.	54.500	81.500	
Charge utile maximum	64.	80.	136.	185.500	278.500	
Rapport $\frac{\text{poids mort}}{\text{charge utile}}$	0.406	0.35	0.323	0.291	0.291	

(1) Mêmes valeurs que celles admises au calcul précédent, tableau page 104.

Les résultats obtenus par ce nouveau mode de calculs des poids probables des châssis et caisses, donnent donc des tares probables de wagons, qui s'éloignent peu, et contrôlent celles trouvées précédemment.

III. — CONCLUSIONS.

Le graphique ci-contre *fig. 32* qui donne les rapports $\frac{\text{poids mort}}{\text{poids utile}}$ pour les diverses charges d'essieu, et la *fig. 33* qui donne les charges par mètre courant de voie correspondantes admises font nettement ressortir les conclusions à tirer de cet ensemble de calculs.

1° Pour un nombre d'essieux donné par wagon, le poids mort par tonne utile transportée décroît très rapidement avec la charge qu'il est possible d'admettre par essieu.

2° Pour un type de voie donné pouvant supporter des essieux d'un poids maximum fixé, la charge par mètre courant de voie devant rester également dans les limites résultant du mode de construction de la voie, le poids mort du wagon par tonne utile transportée croît lorsque la capacité du wagon augmente.

Il est à remarquer qu'avec des voies pour essieux de 15 à 18 tonnes, l'emploi de wagons à gabarit large de trois fois la voie n'offre aucun avantage, car ils ne sont rationnellement utilisés qu'avec des matériaux légers. Le chargement en matériaux lourds pour ne pas dépasser la charge admise par mètre courant de voie ne pourrait se faire que sur une petite épaisseur, les wagons devraient par suite être aussi longs que ceux qui circulent actuellement, et les planchers plus larges entraîneraient une légère augmentation du poids mort.

Avec le type des voies actuellement en usage, à moins d'employer des matériaux nouveaux, il semble difficile d'espérer mieux que le résultat obtenu dans les wagons 50 tonnes Midi, comme rapport poids mort sur poids utile, soit 36 %.

Au-delà de 50 tonnes les wagons devront être allongés et le rapport $\frac{\text{poids mort}}{\text{poids utile}}$ augmentera.

Si, au contraire, on se décide à utiliser des voies beaucoup plus résistantes, tout en maintenant le gabarit actuel, sauf pour les matériaux très lourds, comme les minerais, l'augmentation du tonnage exigera encore l'allongement des wagons et l'amélioration du poids mort de ceux-ci sera faible. Au contraire avec le gabarit trois fois la voie, les wagons continueront à rester courts, et les plus belles espérances sont permises.

C'est ainsi que, comme le montre nettement le graphique, avec des voies capables de supporter des essieux de 30 tonnes, les charges par mètre courant de voie pouvant atteindre 8 t. 500 à 9 tonnes, le poids mort probable des wagons à 2 ou 4 essieux est de 31 à 33 %; avec des voies pour essieux de 40 tonnes supportant 10 à 11 tonnes par mètre courant ce poids mort probable n'est plus que de 28 à 31 % et avec des voies pour essieux de 60 tonnes supportant 13 à 14 tonnes par mètre courant, le poids mort probable descend à 27 ou 28 %, ce qui, en admettant que dans un transport, le retour se fasse à vide, conduirait à une économie de 0^f.008 à 0^f.006 par tonne kilométrique transportée et à une économie de moitié dans le cas malheureusement rare, où les wagons circulent toujours en charge. Mettons donc 0^f.005 en moyenne sur chaque tonne-kilomètre de capacité des wagons nouveaux envisagés. Ceci par comparaison avec le matériel roulant actuel, la dépense fonction du parcours étant admise de 0^f.015 par tonne-kilométrique brute.

Si le wagon fait 60.000 kilomètres par an, comme le 40 tonnes Arbel, houillers, cela ferait une économie d'exploitation de 300 francs par an par tonne de capacité de wagon, à très grande capacité, circulant sur voies extra-robustes capables de supporter des essieux de 60 tonnes.

CHAPITRE IV

WAGONS SPÉCIAUX CIRCULANT SUR DEUX VOIES

I. — GABARIT BAS ET VOIE RENFORCÉE

La figure 34 montre le type de gabarit adopté dans cette hypothèse.

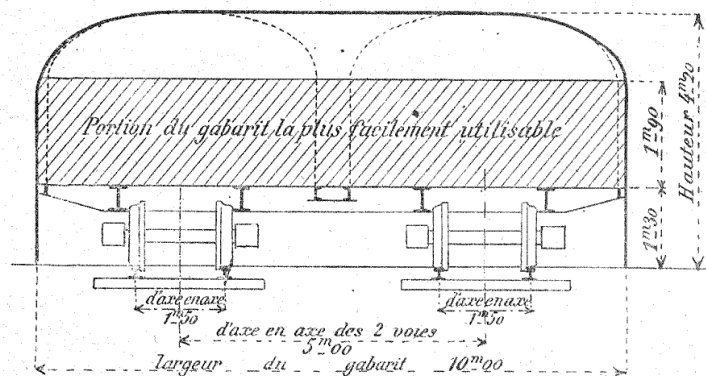


Fig. 34

En admettant la même loi de progression des charges admissibles par mètre courant de voie (voir fig. 33) en fonction des charges d'essieux, que celle adoptée par le matériel 3 fois la voie, les tabliers de ce type de wagons seront sensiblement constitués par 2 tabliers accolés des wagons 3 fois la voie, cette liaison permettant d'obtenir une économie de 10 à 12 % sur le poids de l'ensemble de ces 2 tabliers en raison de la diminution du nombre des organes accessoires et d'une utilisation meilleure de certains autres, mais pour les wagons à plus de 4 chariots il faudra y ajouter le poids des organes des parallélogrammes de répartition des charges.

Wagons à 4 points d'appui. — En partant des tableaux dressés pour le matériel trois fois la voie, on obtient le tableau suivant :

TABLEAU.

Wagons circulant sur deux voies (largeur 9 à 10 mètres)

	4 ESSIEUX (2 essieux par voie)				4 BOGGIES 2 ESSIEUX soit 8 essieux				4 BOGGIES 3 ESSIEUX soit 12 essieux			
	18 L.	30 L.	40 L.	60 L.	18 L.	30 L.	40 L.	60 L.	18 L.	30 L.	40 L.	60 L.
Charge par essieu	5 ^m 50	7 ^m	7 ^m 80	9 ^m	11 ^m	13 ^m 50	15 ^m	17 ^m	15 ^m 50	19 ^m	20 ^m	21 ^m
Longueur des wagons.	18 ^m	29 ^m	36 ^m 500	53 ^m	39 ^m	60 ^m	75 ^m	108 ^m	62 ^m	99 ^m	123 ^m	181 ^m
Poids de 2 wagons 3 fois la voie	1.	1.750	2.500	4.	2.500	4.	5.	8.	4.	5.	8.	14.
A déduire 10 à 12 % des 2 ensembles châssis et caisse. . .												
Reste pour poids du wagon sur 2 voies.	17.	27.250	34.	49.	36.500	56.	70.	100.	58.	94.	115.	170.
Charge totale sur rails	72.	120.	160.	240.	144.	240.	320.	480.	216.	360.	480.	720.
Poids utile maximum	55	92.750	126.	191.	107.500	181.	250.	380.	158.	264.	365.	550.
Rapport $\frac{\text{poids mort}}{\text{poids utile}}$	0.309	0.291	0.270	0.256	0.340	0.304	0.280	0.263	0.367	0.356	0.315	0.310

MATÉRIEL SUR DEUX GROUPES DE DEUX BOGGIES
avec poutre de répartition des charges reliant les boggies
de chaque groupe

Pour ce matériel l'application des méthodes de calcul exposées ci-dessus conduit aux résultats résumés aux tableaux A et B :

TABLEAU A. — Établi en partant du poids précédemment trouvé pour les châssis et caisses des wagons trois fois la voie circulant sur six essieux, et ayant une longueur de 15^m50 19^m 20^m 24^m
 pour des charges d'essieux de 18^t 30^t 40^t 60^t

Tableau A. — Wagons 3 fois la voie; la voie prenant appui sur 2 groupes de :

	2 boggies 2 essieux, au total 8 essieux				2 boggies 3 essieux, au total 12 essieux			
	18 t.	30 t.	40 t.	60 t.	18 t.	30 t.	40 t.	60 t.
Charge par essieu	22 m.00	28 m.00	32 m.00	35 m.50	33 m.00	42 m.00	48 m.00	53 m.00
Longueur du wagon L	144 ^t	240 ^t	320 ^t	480 ^t	216 ^t	360 ^t	480 ^t	720 ^t
Poids total sur rails	95.8	169.8	216	326.	128.7	219.	292.5	455.5
Poids utile maximum	Rapport $\frac{\text{Tare}}{\text{Poids utile}}$				2 boggies 3 essieux, au total 12 essieux			
	0.503	0.491	0.483	0.473	0.68	0.645	0.640	0.58
Décomposition de la tare des wagons	Chassis et caisse				Chassis et caisse			
	28.500	51.500	70.000	106.500	58.500	100.000	137.000	193.000
	Roulement				Roulement			
	15.600	22.500	27.500	36.000	23.400	34.000	41.000	54.000
	Poutres de répartition des charges entre les boggies de chaque groupe				Poutres de répartition des charges entre les boggies de chaque groupe			
3.100	4.000	5.200	10.300	3.600	5.000	6.000	13.500	
Choc, traction et divers				Choc, traction et divers				
1.000	1.200	1.300	1.500	1.800	2.000	3.500	4.000	
Tare probable				Tare probable				
48.200	79.200	104.000	154.000	87.300	141.000	187.500	264.500	
10 à 12 % du poids chassis et caisse				10 à 12 % du poids chassis et caisse				
3.200	5.700	8.000	11.500	6.800	11.000	15.500	21.500	
Reste comme $\frac{1}{2}$ tare du wagon de même longueur s'appuyant sur 2 voies				Reste comme $\frac{1}{2}$ tare du wagon de même longueur s'appuyant sur 2 voies				
45.000	73.500	96.000	142.500	80.000	130.000	172.000	243.000	

	4 boggies 2 essieux, au total 16 essieux				4 boggies 3 essieux, au total 24 essieux			
	288.	480.	640.	960.	432.	720.	960.000	1440.
Poids total sur rails	90.	147.	192.	285.	161.	260.	344.	486.
Tare probable	4 boggies 2 essieux, au total 16 essieux				4 boggies 3 essieux, au total 24 essieux			
	198	333.	448.	675.	271.	460.	616.	954.
Poids utile maximum	Rapport $\frac{\text{Tare}}{\text{Poids utile}}$				Rapport $\frac{\text{Tare}}{\text{Poids utile}}$			
	0.454	0.441	0.430	0.423	0.595	0.565	0.560	0.510

TABLEAU B. — Établi en partant du poids des tabliers des ponts métalliques à deux voies d'après les formules d'Albaret (voir fig. 24).

Les longueurs adoptées pour ces wagons sur deux voies, avec gabarit bas, étant celles, prises en nombres arrondis, résultant du tableau ci-dessous :

Charge par essieu	18 ^t	30 ^t	40 ^t	60 ^t	
Charge admise par mètre courant de voie (fig. 35)	6 ^t 500	8 ^t 500	40 ^t	43 ^t 500	
8 essieux par voie	Charge totale par voie	144 ^t	210 ^t	320 ^t	480 ^t
		Longueur minimum des wagons, } tamponnement compris. }	22 ^m 20	28 ^m 20	32 ^m 00
12 essieux par voie	Charge totale par voie		216 ^t	360 ^t	480 ^t
		Longueur minimum des wagons, } tamponnement compris. }	33 ^m 20	42 ^m 40	48 ^m 00

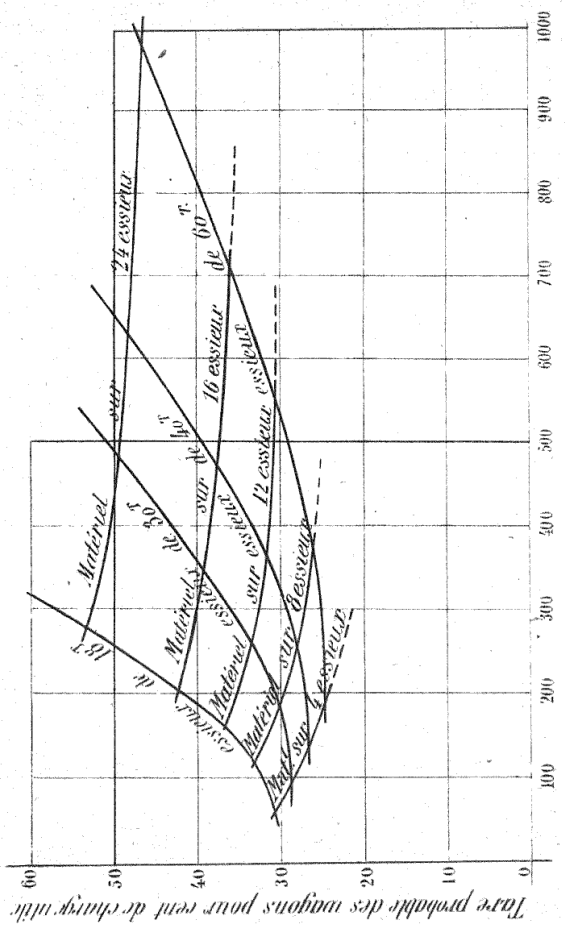
Tableau B. — Wagons circulant sur 2 voies parallèles et prenant appui sur 2 groupes de :

	4 boggies 2 essieux, au total 16 essieux				4 boggies 3 essieux, au total 24 essieux					
	18 t.	30 t.	40 t.	60 t.	18 t.	30 t.	40 t.	60 t.		
Charge par essieu	18 t.	30 t.	40 t.	60 t.	18 t.	30 t.	40 t.	60 t.		
Longueur du wagon L	22 m.00	28 m.00	32 m.00	35 m.50	33 m.00	42 m.00	48 m.00	53 m.		
Charge totale par mètre courant de châssis et caisse	11 ^t 280	15 ^t 170	17 ^t 800	24 ^t 300	11 ^t 320	15 ^t 120	17 ^t 880	24 ^t 500		
Données des ponts	$\frac{L'}{u}$ correspondant à une portée $\frac{L}{\sqrt{2}}$	5.30	4.40	4.10	3.80	4.00	3.35	3.00	2.85	
		Poids mort par mètre courant $\frac{12^t}{L'} = m'$	2.260	2.700	2.950	3.160	3.000	3.580	4.000	4.220
			Charge totale par mètre courant $12 + m' = P'$	14.260	14.700	14.950	15.160	15.000	15.580	16.000
Poids tablier et caisse de wagon par mètre courant $\sqrt{\frac{P^2}{P^2}} = m''$	1.020	2.703	3.300	4.300	2.490	3.520	4.280	5.530		
Décomposition de la tare des wagons	Châssis et caisse m'' L arrondi	42.300	76.500	105.600	152.500	82.300	147.500	205.000	298.500	
	Roulement	31.200	45.000	55.000	72.000	46.800	68.000	82.000	108.000	
	Poutres de répartition des charges entre les boggies de chaque groupe	6.200	8.000	11.400	20.000	7.200	10.000	12.000	27.000	
	Choc, traction et divers	2.000	2.400	2.600	3.000	3.600	4.000	7.000	8.000	
Tare probable	81.700	131.900	174.500	247.500	139.900	229.500	306.700	436.500		
Poids total sur rails	288.	480.	640.	960.	432.	720.	960.	1440.		
Tare probable en nombre arrondi	82	132.	175.	250.	140.	230.	306.	440.		
Poids utile maximum	206.	348.	465.	710.	292.	490.	654.	1000.		
Rapport $\frac{\text{Tare}}{\text{Poids utile}}$	0.398	0.380	0.376	0.352	0.480	0.470	0.468	0.440		

Comme dans les calculs précédents les tares obtenues en partant des poids des ponts (tableau B) sont inférieures à celles calculées par les méthodes établies en

TARE PROBABLE DES WAGONS

Matériel circulant sur 2 voies à gabarit bas (Largeur 9 à 10 mètres, Hauteur 4m20 environ.



Charge utile maximum des wagons en tonnes

Fig. 36.

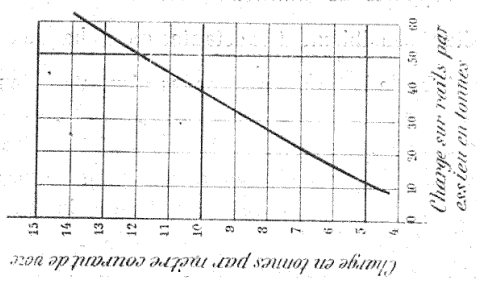


Fig. 35.

partant des rapports de similitude, les différences en pour cent du rapport $\frac{\text{poids mort}}{\text{poids utile}}$ étant sensiblement constantes pour chaque cas examiné.

Le graphique de la fig. 36 résume les résultats obtenus par nos calculs, pour le matériel à gabarit bas circulant sur deux voies, les courbes des tares probables, selon le nombre d'essieux et les charges par essieu, étant établies sur les moyennes des dits calculs. Ce graphique ne s'applique que dans le cas où la loi de variation des charges par mètre courant de voie, en fonction des charges par essieu est celle représentée fig. 35.

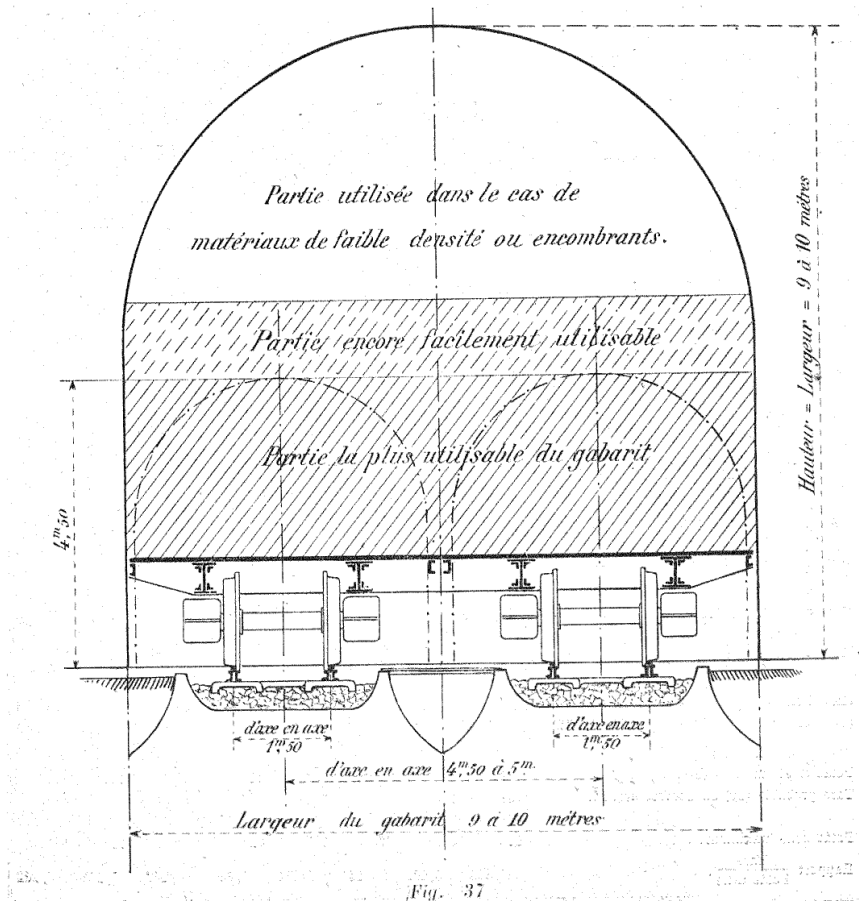
L'examen de ce graphique montre nettement que l'adoption du gabarit bas, lequel restreint les charges maxima à admettre par mètre courant de voie, exclut l'emploi pratique des wagons-chalands à très grande capacité, si on veut rester dans des limites acceptables comme poids mort. Par exemple, avec des charges de 60^t par essieu il ne faut pas dépasser des charges utiles de plus de 700^t environ, si on veut s'en tenir à une tare intéressante, c'est-à-dire de 1 de poids mort pour 3 de poids utile.

II. — MATÉRIEL A GABARIT NORMAL

circulant sur voies spéciales pour très lourdes charges

Pour ce matériel le gabarit admis est celui établi au 1^{er} chapitre de cette étude, savoir: partie supérieure demi-circulaire avec hauteur totale du gabarit égale à la largeur du wagon.

La fig. 37 montre une coupe schématique de ce matériel dans le cas des wagons circulant sur deux voies, avec indication de la position relative des gabarits limités de 2 wagons trois fois la voie, dans celui du matériel sur deux voies.



Dans nos calculs nous admettons que les charges par mètre courant, pour ce type de voie sont sensiblement le double de celles adoptées pour le matériel à gabarit bas. La fig. 38 représente la loi de variation des charges admises par mètre courant de chaque voie, en fonction des charges par essieu. Pour l'essieu de 100^t cette charge est la limite de ce qui peut être raisonnablement accepté en terrain courant, avec infrastructure organisée en conséquence.

Le tableau C résume les calculs des tares probables pour des wagons de 16 et 24 essieux au total, ces calculs étant établis en partant du poids des ponts pour la détermination des poids des châssis et caisses.

Le tableau C bis indique, par déduction des résultats du tableau C, les tares probables des wagons trois fois la voie à gabarit normal circulant sur les mêmes voies.

MATÉRIEL A GABARIT NORMAL circulant sur voies spéciales pour très lourdes charges

Tableau C. — Wagons circulant sur 2 voies parallèles et prenant appui sur deux groupes de :

	4 boggies 2 essieux, au total 16 essieux				4 boggies 3 essieux, au total 24 essieux			
	18 ^t	30 ^t	60 ^t	100 ^t	18 ^t	30 ^t	60 ^t	100 ^t
(1) Charge par essieu	18 ^t	30 ^t	60 ^t	100 ^t	18 ^t	30 ^t	60 ^t	100 ^t
(2) Charge admise par mètre courant sur chaque voie	11.500	16.500	25.	33	11.500	16.500	25.	33.
(3) Poids total sur rail.	288.	480.	960	1600.	432.	720	1440.	2400.
(4) Poids du roulement, poutres de répartition, choc, traction et divers	39.400	53.400	95.	140	57.600	82.000	143.	200.
(5) * Reste pour charge totale châssis, caisse et chargement	248 600	424.600	865.	1460.	374 400	638.000	1297.	2200.
(6) Longueur du wagon en nombre arrondi $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} \frac{(3)}{(2)} = L \\ \frac{(5)}{(6)} = P \end{array} \right.$	13m.	15m.	20m.	25m.	19m.	22m.	30m.	37m.
(7) Charge totale par mètre courant châssis et caisse en nombre arrondi $\left\{ \begin{array}{l} \frac{(5)}{(6)} = P \\ \frac{(5)}{(6)} = P \end{array} \right.$	19 ^t 150	27 ^t 150	43 ^t 250	58 ^t 500	19 ^t 600	29 ^t 000	43 ^t 250	59 ^t 500
(8) $\left. \begin{array}{l} \text{Donnés des points} \\ \text{Poids mort par mètre courant} \\ \text{Charge totale par mètre courant} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \frac{L}{\sqrt{2}} \text{ correspondant à une portée } \frac{L}{\sqrt{2}} \\ \frac{12^2}{L} = \pi' \\ 12 + \pi' = P' \end{array}$	7.00	6 50	5 50	4.85	5.75	5.30	4.30	3 70
(9) $\left. \begin{array}{l} \text{Donnés des points} \\ \text{Poids mort par mètre courant} \\ \text{Charge totale par mètre courant} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \frac{12^2}{L} = \pi' \\ 12 + \pi' = P' \end{array}$	1 710	1 850	2 180	2 480	2 080	2 790	2 790	3 250
(10) $\left. \begin{array}{l} \text{Donnés des points} \\ \text{Poids mort par mètre courant} \\ \text{Charge totale par mètre courant} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \frac{12^2}{L} = \pi' \\ 12 + \pi' = P' \end{array}$	13.710	13 850	14 180	14 480	14 080	14 270	14 790	15.250
(11) Poids tablier et caisse de wagon par mètre courant $\sqrt{\frac{P^2}{P'^2}} = \pi'$	2 160	2 500	4 600	6 300	2 520	3 630	5 750	8 000
(12) Poids châssis et caisse $\pi' L$	28 000	43 500	92 000	157 500	48 000	80 000	172 500	296 000
(13) Tare probable des wagons (4) + (12).	67 500	98 900	187 000	297 500	105 600	162 000	315 500	496 000
Résumé :								
Poids total sur rails (3)	288.	480.	960.	1600.	432	720	1440.	2400.
Tare probable (13) en nombre arrondi	68.	100.	190.	300.	107	165	320.	500.
Poids utile maximum	220.	380.	770.	1 300	325	555	1120.	1900.
Rapport $\frac{\text{Tare}}{\text{Poids utile}}$	0,308	0,262	0,246	0,231	0,330	0,297	0,285	0,262

**TARE PROBABLE DES WAGONS A GABARIT DIT NORMAL (Hauteur = Largeur)
circulant sur voies extra-robustes**

Matériel à large gabarit dit 3 fois la voie
Largeur du gabarit = 4^m30 environ

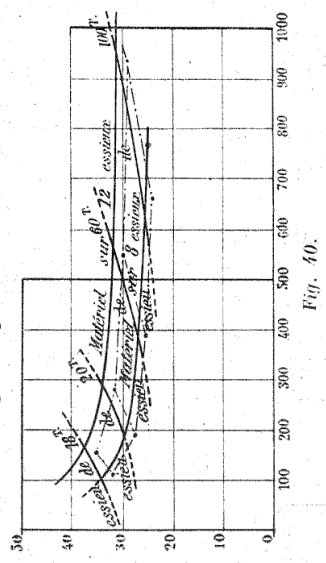


Fig. 40.

Matériel circulant sur deux voies
Largeur du gabarit 9 à 10 mètres

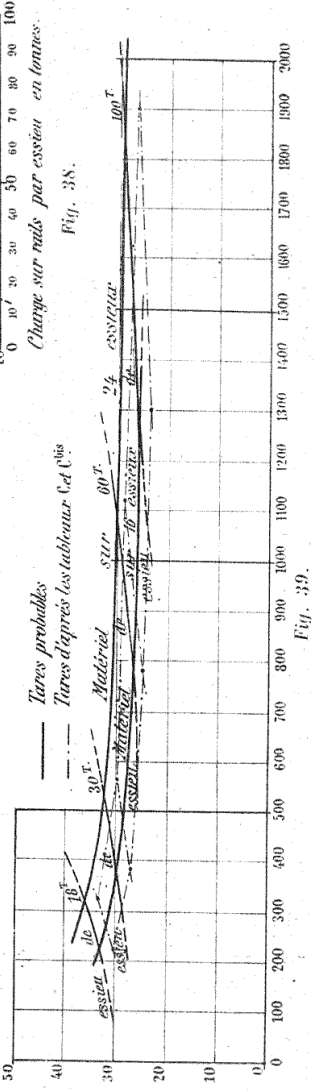
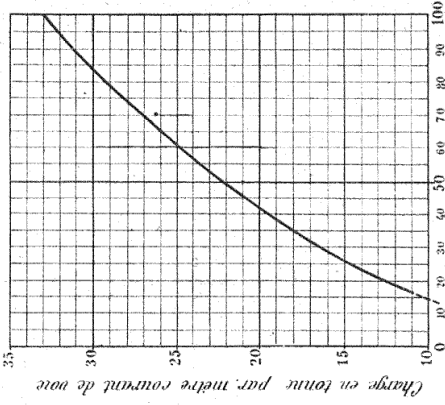


Fig. 39.

Charge en tonnes par mètre courant de voie



Charge sur rails par essieu en tonnes.

Fig. 38.

MATÉRIEL A GABARIT NORMAL

circulant sur voies spéciales pour très lourdes charges

Tableau C^{bis}. — Wagons 3 fois la voie prenant appui sur 2 groupes de :

	2 boggies 2 essieux, au total 8 essieux				2 boggies 3 essieux, au total 12 essieux			
	18 t.	30 t.	60 t.	100 t.	18 t.	30 t.	60 t.	100 t.
Charge par essieu	18 t.	30 t.	60 t.	100 t.	18 t.	30 t.	60 t.	100 t.
Longueur du wagon	13 m.	15 m.	20 m.	25 m.	19 m.	22 m.	30 m.	37 m.
Poids total sur rails	144 ⁰	240 ⁰	480 ⁰	800 ⁰	216 ⁰	360 ⁰	720 ⁰	1200 ⁰
Poids châssis et caisse $\frac{110 \rightarrow L'}{2}$, ou $\frac{110}{2}$ de (12) tableau C, environ	15 500	24 000	50 500	87 500	26 500	44 500	95 500	165 000
Roulements, poutres de répartition, choc, traction et divers: $\frac{1}{2}$ de (4) tableau C.	19 500	27 500	47 500	70 000	29 000	41 000	71 500	100 000
Tare probable	35 000	51 500	98 000	157 500	55 500	85 500	167 000	265 000
Poids utile maximum	109 000	188 500	382 000	642 500	160 500	274 500	553 000	935 000
Rapport $\frac{\text{tare}}{\text{poids utile}}$	0,321	0,272	0,256	0,245	0,348	0,311	0,302	0,283

Nous savons que les poids obtenus en partant des ponts, sont un peu faibles par rapport à ceux que donnerait notre 1^{re} méthode. Il a été tenu compte de ce fait dans le tracé des courbes dans les fig. 39 et 40 qui représentent les courbes de variation des tares probables auxquelles il faut s'attendre pour le matériel circulant sur voies extra-robustes.

Avec ce type de voie, à partir de 30 tonnes par essieu, et étant donné la loi de variation des charges adoptées par mètre courant de voie, les calculs ci-dessus montrent que l'on peut espérer construire des wagons à très grande capacité ayant des poids morts proportionnellement bien inférieurs à ceux des wagons actuels. A l'extrême limite, avec des essieux de 100 tonnes environ, on peut envisager la possibilité de construire des wagons-chalands de 2000 tonnes de capacité, ne présentant que 250 à 300 kilogrammes de poids mort par tonne de poids utile.

III. — CONCLUSIONS

La méthode d'évaluation des tares probables qui vient d'être utilisée est un peu empirique, mais les opérations de contrôle effectuées nous ont montré qu'elle donnait des résultats suffisamment exacts pour le but que nous nous proposons, savoir :

Étant donné que l'emploi des wagons à grande capacité, en dehors des avantages résultant de leur utilisation dans le cas de masses considérables à transporter entre deux points conjugués (exemple du charbon de la mine à l'usine à gaz), procure une économie de poids mort sérieuse, d'où diminution notable des dépenses de traction : Jusqu'à quelle limite peut-on aller comme capacité des wagons, et quelle économie de poids mort peut-on espérer obtenir ?

Nos calculs ne nous ont peut-être pas donné des chiffres très exacts, mais ils nous ont permis de déterminer les lois de variation des tares probables, énoncées à la fin du calcul des tares des wagons trois fois la voie.

Les résultats obtenus ont été condensés dans des graphiques qui donnent, pensons-nous, une image nette de ces lois de variations.

De cette étude il résulte que :

1° Dans l'état de choses actuelles, il est difficile de faire mieux qu'avec les wagons 40 et 50 tonnes en usage, pour la circulation sur les lignes existantes et que ce serait une erreur de vouloir dépasser ces capacités.

2° La construction de lignes capables de supporter des essieux de plus en plus lourds permettra d'augmenter la capacité des wagons tout en restant dans de bonnes proportions pour le rapport du poids mort au poids utile, mais à la condition que le gabarit soit élargi.

Autrement dit pour la détermination d'un type judicieux de chemin de fer, il faut mettre en harmonie (1) :

Le gabarit.

La charge par mètre courant qui peut être supportée par la voie.

Le poids maximum sur rails par essieu.

(1) Si on se reporte au compte-rendu de la 8^e session du Congrès International des Chemins de fer (Berne 1910) : 1^{re} Section, Question II : *Renforcement de la voie et des ponts en vue de l'augmentation du poids des locomotives et la vitesse des trains*, on constate que, ainsi qu'il résulte de l'examen des divers rapports, cette harmonie n'a pas été nettement envisagée. Mrs J.W. Jacomb-Hood rapporteur pour la Grande-Bretagne, fait pourtant allusion au gabarit pour signaler qu'il limite la charge possible par essieu, et qu'avec le gabarit anglais cette charge se tiendra à 22 tonnes, au moins pendant de nombreuses années encore.

Le renforcement de la voie ainsi qu'il résulte des conclusions mêmes, votées au Congrès, est surtout nécessité par la question d'économie des frais d'entretien qui sans cela deviendraient considérable en raison des détériorations qui résulteraient du passage des trains de marchandises de plus en plus lourds, ce renforcement a également pour but de permettre l'usage de vitesses élevées, sans que pour cela les vitesses de plus de 430 kilomètres à l'heure soient envisagées.

Nos calculs montrent qu'avec des voies trois fois plus résistantes que les voies actuelles, c'est-à-dire dont la superstructure est capable d'étaler 15 à 20 tonnes par mètre courant de voie, et de supporter des essieux de 30 à 40 tonnes, il est possible de construire des wagons donnant des tares de 25 à 30 % du poids utile, allant jusqu'à 200 tonnes de capacité pour le matériel circulant sur une voie, la largeur du gabarit devant être égale à près de trois fois l'écartement de la voie normale, soit 4 m. 50 environ. Cette capacité pourrait atteindre 500 tonnes avec un matériel spécial circulant sur deux voies conjuguées.

C'est là un résultat intéressant surtout si on songe que :

En 1914 le parc du réseau français comprenait 390.000 wagons, représentant une capacité de plus de 4.000.000 de tonnes.

Dans le cas plus que certain, où le trafic d'ici quelques années deviendrait double de celui d'avant-guerre, du seul fait que tout le matériel nécessaire à faire face à cette augmentation serait constitué par des wagons économiques à grande capacité, un réseau de 2.000 km. de lignes robustes à 2 voies renforcées, pourrait être construit, l'amortissement de la majoration de dépenses due à ce renforcement étant fait en 25 ans (1). Dans le cas où l'amortissement porterait sur une plus longue période 75 à 90 ans, le réseau gagé par la seule économie résultant de la diminution de poids mort des wagons pourrait atteindre 3.000 kilomètres.

L'emploi des wagons à très grande capacité permettrait bien d'autres économies : diminution de la longueur des garages, et des installations de gares par rapport au développement des voies principales, économies sur le personnel des trains, etc., et en prévoyant l'amortissement des dépenses en plus de 50 ans, c'est rester en dessous de la vérité que de dire que la construction exclusive d'un matériel à grande capacité circulant sur voies renforcées, permettrait de construire un réseau de 3.000 à 3.500 kilomètres, constituant les artères principales du trafic national et international à travers la France et suffisant à lui seul à assurer dans les meilleures conditions, le trafic supplémentaire envisagé. Cette construction donnant la possibilité de faire face dans l'avenir aux extensions les plus considérables du trafic tout en assurant dès le début un rendement de 5 à 6 % des capitaux engagés en plus de ceux qu'aurait exigé la construction de ce réseau en très bonnes voies du type actuel.

(1) Cela en supposant que :

a) Les wagons à grande capacité ont une utilisation double de celle des wagons actuels : c'est-à-dire qu'avec 2.000.000 de tonnes de capacité de matériel nouveau, on transporte autant de tonnes kilomètres qu'avec 4.000.000 de tonnes capacité en matériel ancien.

b) L'économie annuelle due à la faible tare est de 200 francs par tonne de capacité au lieu de 300 francs comme calculé d'autre part.

c) Les lignes à deux voies extra robustes coûtent 2,5 à 3 millions le kilomètre au lieu de 300 à 600.000 francs comme les très bonnes lignes à gros trafic actuelles.

QUATRIÈME PARTIE

**MOYENS DE RÉALISATION
ET PRIX DE REVIENT
DES LIGNES ET DU MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER
DE L'AVENIR**

Comparaison avec les modes de transports actuels

CHAPITRE PREMIER

TYPES DE VOIES POUR TRÈS LOURDES CHARGES

EXEMPLES DE MODES DE CONSTRUCTION PRIX DE REVIENT

I. — MODES DE CONSTRUCTION DES DIVERSES PARTIES DES VOIES

Au chapitre « Moyen de réalisation-Voie » nous avons signalé que l'adoption de voies capables de supporter des charges considérables permettrait d'apporter d'heureux changements au mode de construction des voies, notamment par l'emploi de rails en trois pièces et la possibilité d'exécuter en ciment armé les dispositifs de répartition de charge. En raison des sections qui pourraient être adoptées, ces dispositifs en ciment armé auraient en effet chance d'offrir des qualités de durée bien supérieure à celles qu'on peut attendre des meilleurs types de traverses en ciment armé essayés sur les voies actuelles.

Nous donnons ci-dessous des extraits du brevet, auquel il est fait allusion page 40, sur un système de voies ayant pour but de répondre au problème posé.

Rails. — La présente invention a pour objet un système de voies composé de rails en trois pièces.

Des exemples de réalisations de cette invention sont représentés aux dessins annexés :

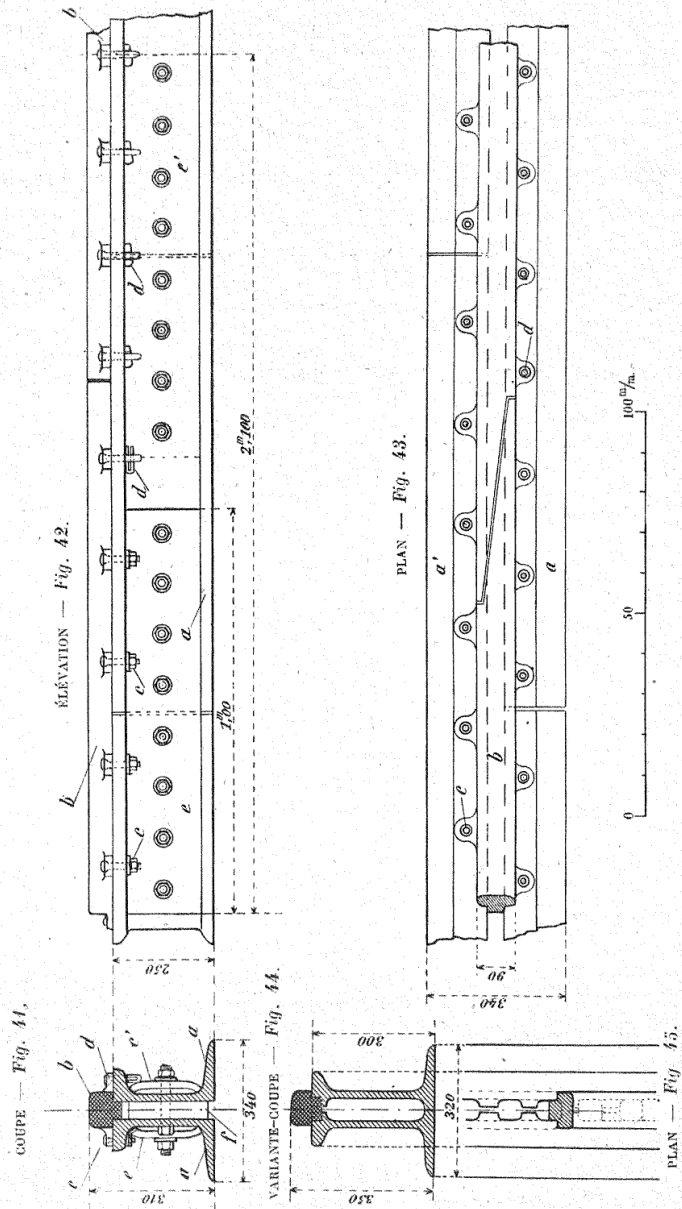
Dans ces dessins, les *fig. 41, 42 et 43*, sont respectivement une coupe en travers, une élévation et un plan d'un modèle de rails, les *fig. 44 et 45* sont respectivement une coupe et un plan d'une variante.

Le rail en trois parties est constitué par deux portions verticales *a, a'*, en acier doux ou mi-doux formant poutre, qui supporte une table de roulement *b*, en acier extra-dur (acier au manganèse par exemple), le tout solidement boulonné et éclissé voir même rivé, les joints des diverses parties étant alternés.

Il est à remarquer que dans ce type de rail, *la partie formant table de roulement a seule besoin de comporter la portion mobile des lames d'aiguilles et des pattes de lièvre des croisements*; car en raison même des charges il sera préférable d'adopter pour les croisements des pattes de lièvre mobiles du type américain pour assurer la parfaite continuité de l'appui au passage des roues.

VOIES POUR LOURDES CHARGES

Types de rails en trois parties jointés



Les parties verticales pourront être continues avec assemblage, et au besoin soudures convenables, de manière à assurer un support sans points faibles sur toute la longueur des appareils de branchement.

L'usure se produisant surtout sur la table de roulement, cette partie pourra être remplacée facilement en cas de besoin, d'où économie sur les procédés actuels qui obligent au renouvellement des rails après une certaine usure (*).

Deux profils identiques a et a' sortes de fer à U à ailes inégales, supportent une table de roulement b reliée à eux par un système à tenons ou encoches

(*) L'idée de constituer des rails en 3 pièces n'est pas une nouveauté, elle date presque du début des chemins de fer.

Dans les divers systèmes que nous connaissons, tous étudiés pour supporter les charges d'essieux actuellement admises, la table de roulement participe à la résistance du rail et comporte une sorte de queue verticale qui sert à la relier solidement avec les deux parties inférieures.

Les *fig. 46* et *47* ci-contre représentent les deux types les plus caractéristiques de ces sortes de rails lamellés.

La *fig. 46* se rapporte au brevet E. R. Shepart (1870). L'inventeur compte sur la forme arrondie de la partie inférieure de la queue de la table de roulement pour assurer un complément de surface de transmission des charges, et s'opposer au soulèvement du champignon du rail. Les trois parties sont reliées au moyen de boulons, une sorte de rondelle à ressort d'un type spécial étant intercalée entre l'écrou de serrage et le rail.

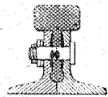


Fig. 46.

La *fig. 47* se rapporte au brevet Crabb (1902). L'auteur compte sur les plans inclinés u et v pour assurer sous l'action des charges un contact parfait des parties latérales avec la portion centrale du rail.

Dans tous ces types les joints sont nettement décalés et aucun éclissage de renforcement n'est prévu à l'endroit de ces joints.

La question de dilatation semble avoir été omise. En effet si, comme il est nécessaire pour la résistance, les diverses parties du rail sont solidement boulonnées, ce qui constitue ainsi une sorte de rail continu, la dilatation des diverses lames du rail, ne peut se faire librement; il en résulte fatalement un ébranlement des attaches, et par suite, une détérioration rapide du rail sous l'action des charges roulantes.

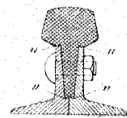


Fig. 47.

Au contraire dans le type décrit ici, et étudié spécialement pour des voies devant supporter de très lourdes charges, les deux parties inférieures doivent présenter une résistance suffisante à ces charges, un éclissage soigné étant prévu à l'endroit des joints, lesquels sont groupés. Les groupes de joints sont espacés de 10 à 15 mètres comme dans les voies actuelles, chaque groupe formant joint de dilatation du rail composé.

C'est d'ailleurs le poids considérable par mètre courant qu'il fallait envisager pour assurer une résistance suffisante aux charges prévues qui a amené l'adoption de rails en trois pièces dans les voies pour très lourdes charges. Il est, en effet, indispensable pour pouvoir assurer des réparations urgentes, en cas d'accidents, ou autres, de ne pas avoir de pièces pesant plus de 50 kgs par mètre courant, l'expérience ayant montré qu'au delà, il est extrêmement difficile d'assurer leur maniement à bras d'homme. On peut, évidemment, envisager l'emploi d'engins de levage, mais il faut le temps de les conduire à pied d'œuvre, et une fois là, il n'est pas toujours possible de les installer sans gêner la circulation.

(fig. 44 et 45) ou par boulons telle que *c*, ou broches à clavette telle que *d*. Cette table de roulement peut ou non comporter une portion s'intercalant entre les deux pièces verticales *a* et *a'* de façon à mieux résister aux poussées latérales des boudins des roues des chariots.

Pour atténuer le plus possible les chocs au passage des joints, ceux de la table de roulement sont en biseau.

L'assemblage des pièces *a* et *a'* dont les joints sont décalés s'effectue à la manière des assemblages de poutres, et comporte une éclisse intérieure *f* et deux éclisses extérieures *e* et *e'*. Les dimensions de ces éclisses et le nombre de ces boulons sont calculés de manière à conserver toute sa solidité à la poutre, formée des pièces *a* et *a'*, qui supporte les tables de roulement.

Mode de constitution des voies. — Le brevet décrit les divers modes de constitution représentés fig. 14 à 19 de cette étude.

Longrines spéciales en ciment armé avec élargissements formant cloches-coussinets. — Nous reproduisons ci-dessous le texte du brevet au sujet des détails de description de ces longrines avec coussinets formant corps avec elles :

Les fig. 48, 49 et 50 représentent en coupe, en plan et en élévation, le détail d'une forme de console-coussinet. Une partie *j* côté extérieur de la voie, butte contre le rail de manière à résister au déversement. Une partie *i* côté intérieur de la voie, reçoit un coin de calage (*) *m*, lequel peut être en acier et maintenu en place au moyen d'une vis *v* et d'un écrou *u*, la vis faisant corps avec la partie *i*. Une clavette *n* assure la parfaite application du patin du rail sur la longrine et s'oppose au cheminement de ce rail. Les deux parties verticales du rail peuvent être maintenues à distance vis à vis de chaque console au moyen d'une cale *q* ; avec des profilés du type de la fig. 44, ces cales *q* sont inutiles.

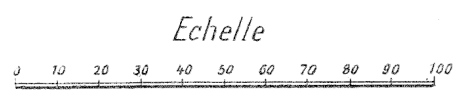
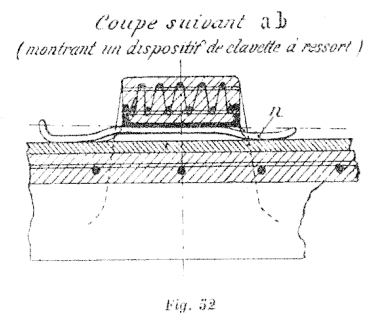
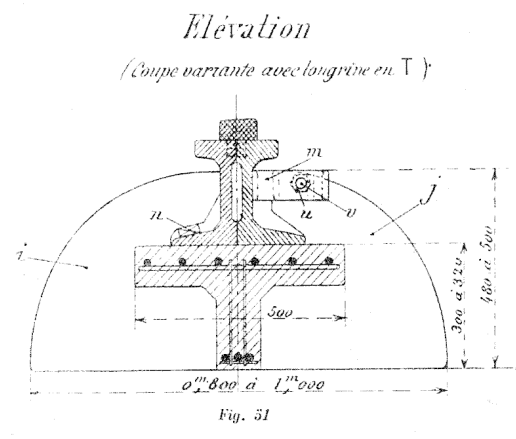
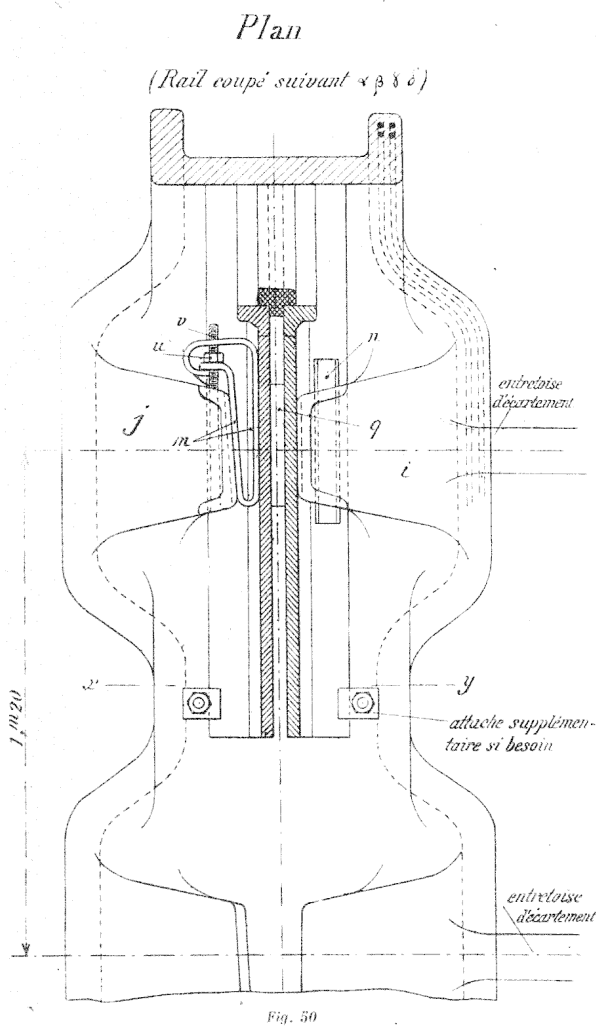
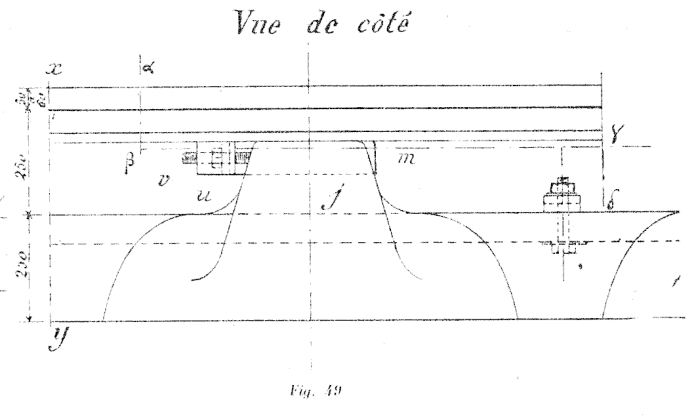
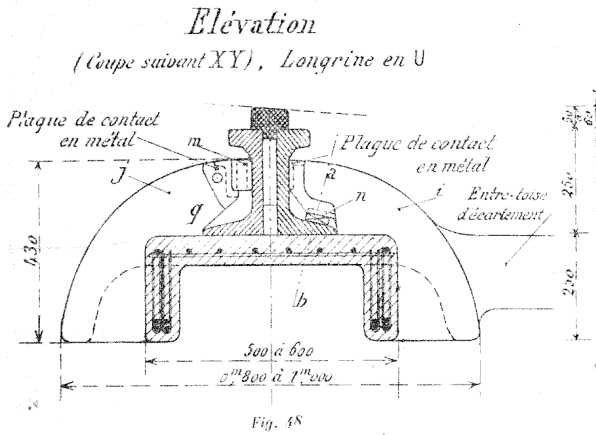
L'espace libre entre les deux parties du coussinet est déterminé de manière à permettre facilement la pose. Dans le cas des fig. 48, 49 et 50, chacune des parties verticales du rail peut être introduite séparément par pivotement du profilé autour de l'arête supérieure des parties correspondantes *i* ou *j* des coussinets.

Les surfaces de contact des coussinets avec le rail peuvent être réalisées par des parties métalliques reliées au reste de l'armature métallique constituant l'ossature de la longrine de ciment armé.

(*) Dans les fig. 48 à 51 le coin de calage est représenté du côté extérieur de la voie. Cette solution paraît préférable : le coin de calage en acier, formant ressort, amortit les chocs latéraux, lesquels se produisent sur le rail de l'intérieur vers l'extérieur. Pour que cet amortissement se réalise dans de bonnes conditions, il est bon que la clavette *n*, soit établie de manière à former ressort, par exemple comme représenté fig. 52

VOIES POUR TRÈS LOURDES CHARGES

Voie sur longrines spéciales en ciment armé avec élargissement formant cloches-coussinets



Les longrines seront de longueur aussi grande que possible avec joints de dilatation; si nécessaire, ces joints étant établis de manière à ne diminuer en rien la résistance du système de longrines en ces points spéciaux.

L'inclinaison de 1/18 au 1/20 de la table de roulement sera de préférence obtenue par le profil de la table et non en inclinant l'axe du rail.

Caractéristiques du mode de construction proposé.— La **conception technique de ce système** se résume comme suit : La pression des charges roulantes sur le chemin de roulement constitué par l'ensemble rails, longrines et entretoises, est transmise au sol par une série de cloches formant piles d'appui et espacées par exemple de 0^m80 à 1^m20 sous chaque rail.

Toute dénivellation qui viendrait à se produire dans le chemin de roulement peut être facilement corrigée à la manière ordinaire par bourrage de ballast sous ces piles. La couche de ballast doit être d'épaisseur suffisante pour assurer une répartition des charges aussi régulière que possible sur le sol, ou sur le sommet de la masse, de composition variable, qu'il y a lieu d'intercaler entre la couche de ballast et le sol naturel, lorsque les charges à répartir sont considérables.

Ces sortes de cloches en ciment armé comportent un dispositif d'attache du rail qui, étant donné les charges envisagées et la nature même de l'élément constitutif de ces cloches, doit être de préférence du type coussinet.

C'est un peu revenir avec des matériaux nouveaux à la constitution des cloches Greave ou Livesey, mais reliées entre elles par un système assez rigide. Dans le sens longitudinal une sorte de poutre en ciment armé forme longrine pour le rail. Cette poutre entre cloches peut être par exemple en U comme *fig. 48* ou en T comme *fig. 51*. Dans le sens transversal, des entretoises qui peuvent être également en ciment armé, maintiennent l'écartement de la voie.

Les divers organes, cloches, longrines, entretoises en ciment armé ou matériaux similaires, peuvent être moulés en atelier et soudés sur place par coulis de ciment autour des agrafes préparées à l'avance pour les parties métalliques.

Le système longrines, permettant l'appui total des patins des rails en employant au besoin, en plus des coussinets des cloches, des attaches complémentaires aussi nombreuses que besoin pour assurer un bon contact de ces patins de rails sur lesdites longrines, solutionne la question de l'utilisation du ciment armé comme support des rails. Le grand reproche, résultant de l'expérience, fait aux traverses en ciment armé, porte en effet surtout sur la désagrégation rapide, qui, par suite des trépidations, se produit à la liaison des attaches des rails avec les traverses.

L'organisation de la liaison des cloches et des longrines peut toujours être établie de telle manière que la souplesse reste suffisante pour assurer toujours un excellent contact avec les patins des rails, et que la rigidité de l'ensemble cloches et longrines, s'ajoutant au besoin à celle du rail, permette la répartition, évidemment inégale, du poids des charges roulantes sur deux et trois cloches ou plus.

Bien que conçu pour des voies devant supporter des charges d'essieux considérables, **ce système d'appui peut s'appliquer aux types des voies actuelles.**

Pour l'exécution, l'emploi de matériaux très résistants comme certains agglomérés spéciaux d'ardoises semble désirable, mais avec des ciments armés bien exécutés, *on peut réaliser des ensembles qui tout en permettant avec des rails courants d'établir des voies capables de supporter des charges plus considérables que les voies sur traverses actuelles, seraient tous comptes faits, plus économiques que nos voies sur traverses.*

II. — DISPOSITION D'ENSEMBLE DES LIGNES POUR WAGONS-CHALANDS

Organisation des masses de répartition.

Voies sur blocage en pierre ou maçonnerie et voies sur caissons en ciment armé.

À ce sujet, le texte du brevet s'exprime comme suit : En raison de l'avantage qu'il y a à établir les lignes de manière à permettre le passage facile en courbe des larges wagons circulant sur deux lignes voisines, un espace libre de 1^m50 à 2 mètres ou plus sera laissé entre les gabarits du matériel des voies voisines, bien que déjà un gabarit de libre passage distant sur tout son pourtour de 0^m50 du gabarit du matériel, permette le passage en courbe de 300 mètres de rayons de wagons répondant aux besoins à prévoir.

Les *fig.* 53, 54 et 55 représentent les dispositions d'ensemble de doubles lignes pour wagons-chalands. Entre chaque ligne on peut prévoir une voûte *y*, protégeant un large conduit d'assainissement pour l'évacuation des eaux. De petites voûtes *z* peuvent également être prévues entre chaque voie des lignes pour compléter l'assainissement et recevoir les canalisations pour signaux ou autres.

La *fig.* 53 s'applique pour wagons à une file de roulement, elle se présente donc dans son allure générale comme nos lignes actuelles. Les wagons peuvent atteindre environ 8 mètres de largeur et la largeur totale *l* occupée par la double ligne est alors de 20 mètres environ.

DISPOSITION D'ENSEMBLE DES LIGNES POUR WAGONS-CHALANDS

Ligne avec voies à une file de roulement et wagon dit 3 fois la voie

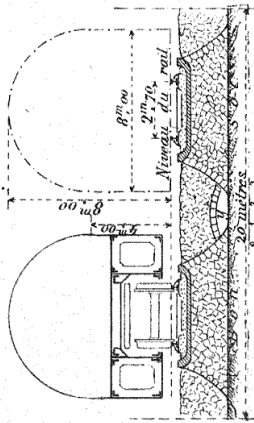


Fig. 53.

Ligne avec voies à deux files de roulement sur blocage et avec wagon approprié

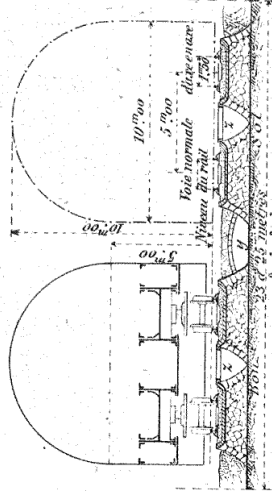


Fig. 54.

Ligne avec voies à trois files de roulement

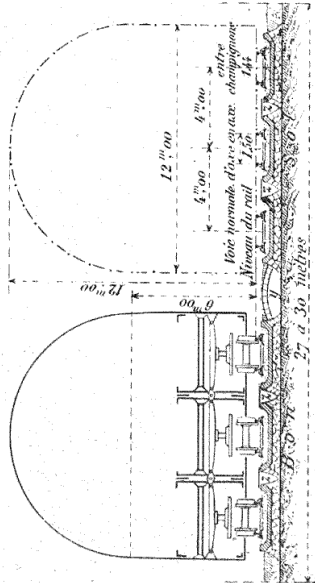


Fig. 55.

Ligne avec voies à deux files de roulement Types d'installation sur caisson en ciment armé

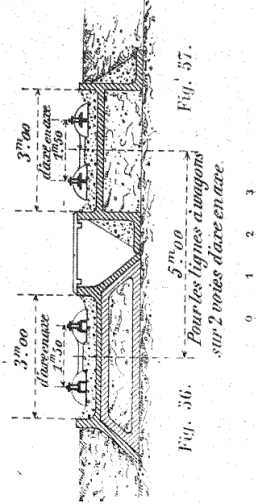


Fig. 56.

Fig. 57.

Pour les lignes à wagons sur 2 voies d'axe en axe.

La *fig. 54* se rapporte à des lignes à deux files de roulement, la largeur des wagons peut atteindre 10 mètres environ et la largeur totale l de la double ligne 23 à 25 mètres.

La *fig. 55* est relative à des lignes à trois files de roulement, la largeur des wagons peut atteindre 12 mètres environ et la largeur totale l de la double ligne 27 à 30 mètres.

En se rapportant aux figures représentant des blocages sous voies, établis de manière à assurer la répartition des charges sur toute la largeur du gabarit, le lecteur constatera que le ballast y est toujours représenté comme contenu dans une chape, laquelle peut être en maçonnerie, en béton ou de préférence en ciment armé. C'est une suggestion coûteuse, mais il s'agit de reporter sur le sol des charges considérables, et le ballast de toute première qualité à utiliser devra être bien maintenu.

L'emploi des chapes en ciment armé, permettrait d'augmenter encore la rigidité longitudinale des plateformes de roulement, de manière à assurer une répartition étendue des charges. On peut même concevoir que la masse de répartition entre le ballast et le bon sol soit essentiellement constituée par un caisson en ciment armé dont la partie supérieure comporte la chape à ballast, le tout formant un ensemble comme représenté *fig. 56* et *fig. 57*. Les terres du caisson et le sol avoisinant de la base de ces caissons étant consolidés au moyen d'injection de ciment sous pression.

C'est aux spécialistes des travaux en ciment armé qu'il appartient de donner une solution pratique, rationnelle, à l'idée que nous suggérons.

Au point de vue des ouvrages d'art, les techniciens auront d'intéressants problèmes à résoudre, par exemple dans l'utilisation d'alvéoles ménagées dans la masse de répartition pour assurer la traversée des ruisseaux et cours d'eaux moyens ou des passages inférieurs pour les routes ou autres moyens de communication.

III. — PRIX DE REVIENT

Dans le système ancien, l'établissement des voies comporte deux séries de travaux distincts :

L'infrastructure qui donne le chemin dans lequel vient s'appliquer la voie ferrée, ce chemin étant réalisé au moyen de terrassements ou d'ouvrages d'art, dont le niveau supérieur dit cote rouge est réglé en fonction du profil en long adopté.

La superstructure, constituant l'essence même de la voie ferrée, avec son ballast, les traverses et les rails dont le niveau des tables de roulement est fixé par la cote bleue correspondant au profil en long définitif, le seul à envisager au point de vue des efforts de traction.

Pour le système nouveau, destiné à supporter de très lourdes charges, nous avons vu la nécessité d'interposer entre ces deux éléments anciens, une masse de répartition, dont la partie supérieure, fond de la chape à ballast, sera tenue en principe rigoureusement parallèle à celui des tables de roulement des rails.

L'importance de cette masse de répartition variera beaucoup avec la nature des terrains traversés, et ainsi que nous l'avons fait observer, dans bien des cas, elle pourra être utilisée pour réaliser certains ouvrages d'art faisant partie de l'infrastructure des voies anciennes.

Toutefois, d'une manière générale, on peut dire que la masse de répartition constitue le **chapeau d'infrastructure** des voies nouvelles.

Pour nous donner une idée du prix de revient de ces voies nouvelles, examinons successivement chacun de leurs éléments.

Pour les évaluations, nous adopterons pour les matériaux et les divers prix de revient, les valeurs connues d'avant-guerre, de manière à obtenir des résultats aussi comparables que possible entre le coût des voies nouvelles et celui des anciennes.

Le devis total que nous allons essayer d'établir se rapportera à une double voie à deux files de roulement, du type de la *fig. 54*, lequel est le plus pratiquement réalisable, et se prête le mieux à la transition par stades successifs entre le présent et le futur. Nous supposerons tout de suite que les voies sont organisées pour supporter des essieux excessivement lourds de 85 tonnes environ, comme envisagé page 61 au paragraphe Constitution des tables de roulement, du chapitre Moyens de réalisation, voies.

Superstructure. — *Rails, longrines, ballast.*

La table de roulement en acier manganèse devra avoir sensiblement 60 $\frac{m}{m}$ d'épaisseur et 80 à 90 $\frac{m}{m}$ de largeur. Avec la nervure 45 $\frac{m}{m} \times 20 \frac{m}{m}$ environ entre les parties verticales du rail, plus les oreilles d'attache si besoin, cette table de roulement pèsera de 45 à 50 kilog. par mètre courant.

Les deux parties verticales du rail, en acier mi-doux pèseraient par mètre courant 35 à 40 kilog. chacune, soit 70 à 80 kilog. par rail.

L'écissage demandera au plus 40 kil. de métal par joint, ceux-ci étant espacés de 10 à 15 mètres, de sorte qu'on peut admettre pour être large 4 kilog. d'écissage par mètre courant de rail.

Chaque écissage demandera près de 6 kilog. de boulons, rondelles, etc... soit 0 k. 600 par mètre courant de rail. En prévoyant pour la liaison de la table de roulement et si nécessaire d'ailleurs, 1 k. 400 de boulons par mètre, nous serons très larges dans nos évaluations en adoptant 2 kilog. de boulons, rondelles, etc., par mètre courant de rail.

Pour la liaison du rail à la longrine correspondante, on aura : un coin avec boulon d'arrêt et une clavette, pesant ensemble 4 kilog. par coussinet que nous admettrons espacés de 1 mètre. Admettons sur cette largeur deux paires d'attaches supplémentaires par boulons et crapaud, pesant environ 2 kilog.

Pour les **longrines** en ciment armé, avec une console-coussinet par mètre courant, en se reportant aux *fig.* 48 à 51 on voit que par mètre courant et par longrine, ce système demandera que les longrines soient en U ou en T, environ 0^m3100 par mètre, sur lequel compte tenu des pièces métalliques spéciales à encastrier dans les coussinets, pour assurer le contact avec les rails, il n'entrera pas plus de 30 kilog. de fer par mètre courant. Les longrines seront reliées au moins toutes les deux consoles-coussinets par une entretoise qui demandera 0^m3060 de ciment et 5 kilog. de fer. C'est à dire qu'au total le système longrines demandera 0^m230 de ciment et 32 kil. 500 de fer par mètre courant de rail.

Avec 1^m3500 de ballast on sera dans de bonnes conditions.

Pour la superstructure, et sur bases d'avant-guerre, le prix de revient par mètre courant d'une voie de roulement s'établirait comme suit :

Rails :	
Table de roulement en acier manganèse..	50 k. × 2 à 1 fr. le kg. = 100 »
Parties verticales	80 k. × 2 à 0 17 » = 32 »
Eclissage	4 k. × 2 à 0 25 » = 2 »
Boulons d'éclisse, attaches des tables...	2 k. × 2 à 0 40 » = 1 60
Coins et clavettes, attaches s/longrines..	6 k. × 2 à 0 70 » = 8 40
Total rails et attaches par mètres de voie de roulement..	144 »
Longrines, coussinets et entretoises de longrines :	
Ciment 0 ^m 230 à 100 fr.	23 »
Fers d'armatures 32 k. 500 à 0 fr. 20.	6 50
Divers (soudures, etc.).....	0 50
	30 »
Ballast 1 ^m 3500 à 4 fr.	6 »
Total.....	Fr. 180 »

Masse de répartition. — En s'en tenant dans les conditions moyennes, représentées *fig.* 18 la masse de répartition demandera par mètre courant et par voie :

Pour la chape env. 1 ^m 325 de ciment à 80 fr.	100 »
Pour le blocage env. 3 ^m 600 de pierre en partie appareillées et maçon-	
nées à 50 fr.	180 »
Total.....	Fr. 280 »

Le système par caisson en béton armé et injection de ciment sous pression indiqué *fig. 56* et *57* auquel il faudra probablement avoir recours en terrains peu consistants, coûtera un peu plus peut-être dans ces mauvais terrains, mais son emploi étendu à des terrains ordinaires pourrait permettre une économie sur l'évaluation ci-dessus.

Si donc nous admettons une dépense moyenne de 300 fr. par mètre pour la masse de répartition, même avec de mauvais terrains, nous serons larges.

Infrastructure. — Pour une double voie à deux files de roulement, la plateforme d'infrastructure devra avoir, en couronne, environ 25 mètres, soit un peu moins de trois fois celle d'une ligne à double voie actuelle; admettons trois fois.

Pour les voies nouvelles, il faut envisager des frais spéciaux supplémentaires nécessités par la préoccupation de maintenir sensiblement dans le même plan, l'ensemble de la plateforme de 25 mètres de large, bien que les deux groupes de voies puissent pratiquement être établis à des niveaux différents, si l'économie du projet le demande. Par contre, les frais généraux d'achat, et ceux de clôture ne seront guère plus élevés pour ces lignes que s'il s'agissait d'établir une double voie ordinaire, de sorte qu'on peut admettre que tous comptes faits, les frais d'infrastructure d'une voie nouvelle ne dépasseront pas trois fois ceux des voies ordinaires.

En adoptant, prix d'avant-guerre, 130.000 fr. par kilomètres pour frais d'infrastructure en terrain difficile, d'une double voie ordinaire, ceux d'une voie nouvelle n'auraient pas dépassé dans les mêmes conditions $130.000 \times 3 = 390.000$ fr. ou 390 fr. par mètre.

Récapitulation. — Une double voie nouvelle, sans équipement électrique, serait donc revenue, avant-guerre, et par mètre courant, à :

Superstructure :	2 (180 fr. \times 2) = 360 \times 2 =	720 »
Masse de répartition	2 (300 fr. \times 2) = 600 \times 2 =	1.200 »
Infrastructure.....		390 »
Divers caniveaux, entrevoies, etc .. et imprévus.		90 »
	Total par mètre courant.Fr.	2.400 »

soit 2.400.000 fr. par kilomètre.

Si on compte, ce *qu'il faut faire d'ailleurs*, qu'on achètera tout de suite des bandes de 200 à 300 mètres de largeur en moyenne, au lieu de 50 à 30 mètres, comme pour les lignes actuelles, la dépense atteindrait, toujours sur base d'avant-guerre, 2.600.000 fr. par kilomètre.

IV. — COMPARAISON DU PRIX DE REVIENT DES LIGNES FUTURES AVEC CELUI DES LIGNES DU TYPE ACTUEL

Pour le moment, l'augmentation du débit des lignes les plus importantes est prévu d'abord par le quadruplement des voies, c'est-à-dire en constituant les artères principales des réseaux avec deux doubles voies, puis, dans certains cas particuliers, par la simple électrification de la double voie existante.

Prix de revient des voies actuelles occupant le même emplacement que les voies de l'avenir.— Admettons pour un instant que, dans l'ordre d'idées qui fait l'objet de cette étude, les Compagnies de chemin de fer, et l'Etat, voyant large et pensant à l'avenir, se mettent d'accord pour créer un réseau très puissant à trois doubles voies, du type actuel.

Ce réseau, sur bases d'avant-guerre, reviendrait en terrain de difficulté moyenne, et par kilomètre, à :

Infrastructure, comme ci-dessus	130.000 fr. × 3 =	390.000 »
Superstructure	— 2 × 35.000 fr. × 3 =	210.000 »
	Total	Fr. 600.000 »

Ces prix (1) comme ceux établis pour les voies extra-puissantes, s'entendent en voie courante, installations de gares et voies de service diverses, non comprises.

Admettons encore que ce réseau soit entièrement électrifié, c'est là une opération coûteuse qui reviendrait, sur base d'avant-guerre, à environ 200.000 fr. (2) par kilomètre de double voie, ce qui porterait le prix de revient du kilomètre du nouveau réseau, en voies ordinaires à 1.200.000 fr.

Pour le réseau à deux voies extra-robustes et pour compter large, nous admettrons qu'au lieu de 200.000 francs, l'équipement électrique coûtera 300.000 francs, ce qui portera le prix de revient du kilomètre de voie courante à 2.600.000 fr. + 300.000 fr. = 2.900.000 fr.

Importance relative des installations de gares.— Mais pour faire une juste

(1) Ces prix semblent même faibles, de simples quadruplements de voie ont coûté plus de 600.000 fr. le kilomètre ; aussi pouvons-nous tenir le chiffre ainsi établi comme plutôt inférieur à la réalité, même en admettant l'utilisation des lignes existantes pour former une des doubles voies du nouveau réseau.

(2) M. Parodi, chef du service électrique, matériel et traction, du chemin de fer P. O. dans un article sur l'« Evolution de la traction électrique », paru dans la *Technique Moderne* du 1^{er} mai 1914, évalue cette dépense de 100.000 à 300.000 fr. par kilomètre.

comparaison du prix de revient des lignes à double voie extra-robuste et de celles à trois doubles voies ordinaires, occupant le même terrain, il faut remarquer que les premières permettent une diminution considérable du développement des installations annexes, gares, garages, dépôts, etc...

La longueur des trains diminue en effet beaucoup par l'adoption des wagons à grande capacité ainsi qu'il résulte des indications du tableau ci-dessous :

**Caractéristiques des rames de trains courantes,
suivant le type des wagons utilisés.**

Types de voies	VOIES ACTUELLES pour essieux 15 tonnes		VOIES DE L'ANENIR pour essieux de 40 à 60 tonnes	
	Wagons ordinaires	Wagons à grande capacité	Matériel sur 1 voie, dit wagon 3 fois la voie	Matériel sur deux voies
Charge utile par wagon	10 t.	40 t.	200 t.	1000 t.
Nombre de wagons par train	50	15	4	1
Poids brut du train (locomotive non comprise).	775 t.	825 t.	1020 t.	1250 t.
Charge utile.	500 t.	600 t.	800 t.	1000 t.
Longueur de la rame	350 m.	190 m.	60 m.	25 m.
Longueur de voie simple occupée	350 m.	190 m.	60 m.	50 m.
Longueur de quai nécessaire par 10 tonnes utiles	7 m.	3 m. 16	0 m. 75	0 m. 25

On voit que, même dans le cas de l'utilisation exclusive des wagons à grande capacité de 40 tonnes sur le réseau nouveau, construit avec des voies du type actuel, une économie de plus de 50 % sur le développement des voies secondaires pourrait être réalisé par l'adoption des voies extra-puissantes, permettant la circulation des wagons-chalands. On constate également que pour une même longueur de quai de débarquement, on pourrait sans manœuvre de wagon, manutentionner une quantité de marchandises plus de dix fois supérieure (*).

Les installations secondaires, dans nos voies normales actuelles majorent d'environ 1/5 le prix de revient du kilomètre de voie. Etant donné ce qui vient d'être exposé, nous serons larges en admettant que pour les voies extra-robustes,

(*) Pour les voies sur les quais de ports maritimes, c'est là une qualité très intéressante du système que nous proposons.

les installations secondaires majorent de 1/10 la dépense par kilomètre établie ci-dessus.

Tous comptes faits, en partant des mêmes bases de prix de revient, un kilomètre du réseau envisagé coûtera :

$$\text{avec 3 doubles voies ordinaires : } 1.200.000 + \frac{1.200.000}{3} = 1.440.000 \text{ fr.}$$

$$\text{avec 2 doubles voies extra-robustes : } 2.900.000 + \frac{2.900.000}{10} = 3.190.000 \text{ fr.}$$

Il faut noter que pour ces dernières il a été prévu une dépense supplémentaire de 200.000 fr. par kilomètre pour achat d'une large bande de terrain, de sorte que pour rester exactement dans les mêmes conditions, les valeurs à comparer sont 1.640.000 fr. et 3.190.000 fr.

Conclusion. — En résumé, une ligne nouvelle à voies extra-robustes ne coûterait tout au plus que deux fois (exactement 1,94 fois) le prix d'un faisceau de voies du type actuel, utilisant la même surface de plateforme. Nous verrons dans un autre chapitre que pour le matériel roulant, la tonne de capacité reviendra moins cher avec le système de voies extra-puissantes, qu'avec le matériel actuel, de sorte que tous comptes faits, les frais d'installation d'un réseau nouveau suivant le mode préconisé ici ne coûterait certainement pas le double de celui d'un réseau de même développement à trois doubles voies, ce réseau du type nouveau permettant l'écoulement d'un tonnage au moins triple de celui que pourrait enlever un même réseau à 3 doubles voies équipées suivant l'ancien système.

CHAPITRE II

WAGONS SPÉCIAUX A TRÈS GRANDE CAPACITÉ PRENANT APPUI SUR PLUSIEURS VOIES PARALLÈLES

MODE DE RÉALISATION. — PRIX DE REVIENT

I. — DESCRIPTION DES DIVERS MODES DE RÉALISATION

Dans les chapitres précédents, notamment dans l'étude des tares probables, nous avons montré les avantages résultant de l'emploi des wagons prenant appui sur plusieurs voies parallèles.

De tels wagons, que nous appelons *wagons-chalands*, sont réalisables, et nous donnons ci-dessous des indications sur leur mode de construction, certaines des dispositions signalées sont brevetées.

Dispositions d'ensemble. — Dans le cas de lignes sans courbe, ou avec courbes de très grand rayon, le tablier des wagons-chalands, constitué comme un véritable pont à 2, 3 ou 4 poutres pourrait s'appuyer directement sur les chariots, ou boggies, par l'intermédiaire de masses élastiques.

Pour les lignes présentant de très petits rayons descendant jusqu'à 300 mètres, et moins, les chariots, sont divisés en deux groupes, un à chaque extrémité, auxquels le tablier transmet son poids par une série de points situés dans un plan normal au plan de lignes, coupant perpendiculairement toutes les voies, et passant dans les conditions ordinaires au voisinage, et de préférence, au centre de chaque groupe de chariots.

Par exemple dans le cas des *fig.* 58 à 61 les points d'appui de la caisse sont situés dans les plans normaux à la voie, passant par les lignes *a*, *a'* ou l'arc *c*.

Moyens de correction du non-parallélisme du plan du tablier des wagons et du plan de la voie. — Les gauchissements pouvant résulter de la situation respective de chacun des groupes de chariots sur les voies, par

exemple l'un en courbe avec devers ou changement de pente par rapport à l'alignement droit voisin, l'autre en alignement droit et en plan horizontal seront compensés :

Soit par la flexibilité du tablier, et alors les points de jonction de celui-ci et de chacun des groupes se trouveront sur une ligne d'axe a, a' , *fig. 58, 59, 60* parallèle au plan des voies et située dans le plan normal aux fils de rails précité.

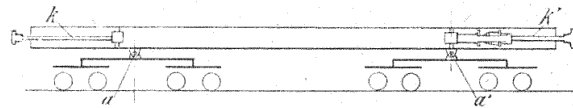


Fig. 58.

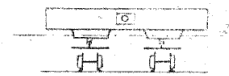


Fig. 60.

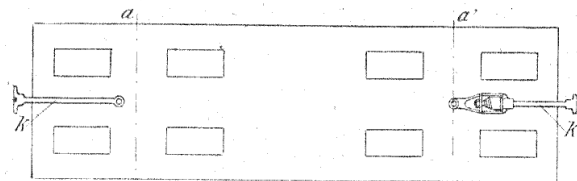


Fig. 59.

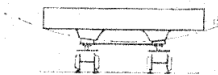


Fig. 61.

Soit par rotation du tablier sur un des groupes et alors ses points de jonction avec ce dernier groupe seront situés sur un cercle, c , *fig. 61*, tracé dans le plan déjà indiqué, l'inclinaison du tablier par rapport au plan d'appui du groupe de chariots correspondant étant laissée possible; la jonction avec l'autre groupe étant faite comme précédemment.

Dans ce dernier cas on peut dire que :

D'un côté le tablier est ancré à un premier groupe de boggies par un système articulé suivant un axe horizontal (a *fig. 60*) normal à la voie, de l'autre, par un système articulé dont l'axe horizontal est parallèle à la voie (axe passant par le centre du cercle de glissement c *fig. 61*).

C'est un peu le dispositif connu sous le nom de suspension à 3 points dans les chemins de fer ordinaires que nous appliquons à ce matériel spécial, dispositif préconisé par le colonel Péchot (1).

Dans la planche qui montre les dispositions d'ensemble d'un groupe de 4 boggies pour wagon circulant sur 2 voies, les figures 67. à 72. montrent des modes de réalisation de ces articulations du tablier par rapport à chacun des

(1) Voir le Chapitre V de son *Étude sur la stabilité des trains, et les chemins de fer à voie de 0^m60.*

groupes de boggies. Les *fig. 69* et *70* montrent un mode d'exécution de l'articulation à axe transversal et les *fig. 71* et *72* un mode d'exécution de l'articulation à axe longitudinal.

Parallélogramme de répartition. — Partant des deux lignes d'appui de la caisse du wagon, ou mieux, des deux barres ou poutres transversales sur lesquelles sont installés : d'un côté le système de rotation transversal et de l'autre le système de rotation longitudinal de la caisse, la répartition de la charge supportée par chacune de ces barres sur l'ensemble des boggies du groupe correspondant est obtenue comme suit :

De la ligne d'appui *A B* (voir *fig. 62* et *63*) de la caisse sur un groupe de boggies la charge est reportée aux divers boggies successivement sur :

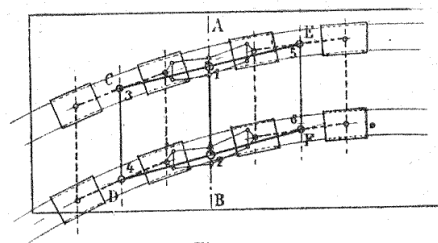


Fig. 62.

1° Deux nouvelles lignes *C D* et *E F* parallèles à la première *A B* au moyen des leviers *C E* et *D F*. Les leviers *C E* et *D F* comportent respectivement sur la barre d'appui primaire les articulations 1 et 2, et sur les barres d'appui secondaires les articulations 3 et 4 sur *C D* et 5 et 6 sur *E F*. Toutes ces articulations ayant leur axe perpendiculaire au plan du parallélogramme *C D E F* formé par les leviers de répartition et les barres ou lignes d'appui secondaires, toutes ces articulations étant constituées par des surfaces d'appui appropriées pour recevoir les charges cor-

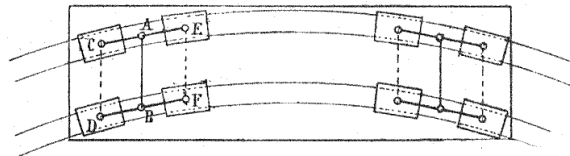


Fig. 63.

respondantes tout en permettant une rotation autour d'un axe vertical.

Les barres ou bases d'appui secondaires peuvent elles mêmes recevoir une nouvelle série de leviers reportant les charges sur des bases tertiaires comme indiqué *fig. 62* et ainsi de suite.

Les charges peuvent d'ailleurs être réparties d'une série de barres d'appui à la suivante par plus de deux leviers longitudinaux (exemple *fig. 64* et *66*). Pour les dernières barres d'appui il n'est pas indispensable de les matérialiser car les derniers points d'appui reposant sur les boggies, l'écartement de ceux-ci est maintenu constant du fait même que ces boggies circulent sur des voies parallèles.

C'est ainsi que, si on se contente de deux boggies par voie, il n'y aura point de levier de répartition de charge, et dans le système à deux voies parallèles on se retrouvera dans le cas du brevet U S P. 359.507 W F Goodwin (1886).

Pour des wagons circulant sur deux voies parallèles avec 4 boggies par voie, du type de ceux des figures, 58, 59, et 60, la répartition de charge peut se faire simplement par deux leviers à chaque extrémité du wagon, et malgré l'absence des côtés C D et E F le système n'en fonctionne pas moins comme si le parallélogramme C D E F était réalisé matériellement (fig. 63).

Les fig. 67 et 72 montrent un mode de réalisation complet d'un groupe de 4 boggies, à 2 boggies par voie. En particulier ces figures montrent deux modes de construction des organes d'appui nécessaires pour transmettre les charges aux diverses articulations du parallélogramme de répartition. C'est ainsi que les appuis de la barre primaire sur les leviers ou balanciers sont indiqués comme réalisés par une couronne de billes, tandis que les appuis des balanciers sur les boggies comportent une couronne de galets coniques. Étant donné les charges, les diamètres de ces couronnes varieraient de 0^m80 à 1^m50 ou même plus.

Les fig. 64 et 65 indiquent un groupement particulier de boggies dans lequel

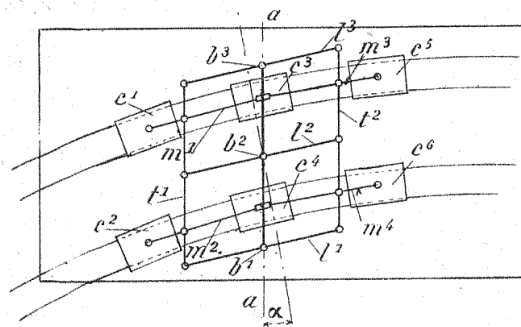


Fig. 64.

Wagons circulant sur deux voies parallèles.

Schéma de répartition des charges sur un groupe de 6 boggies.

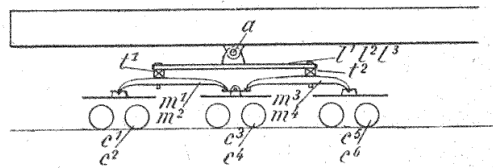


Fig. 65.

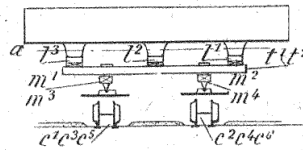


Fig. 66.

les charges des deux lignes d'appui secondaires sont réparties sur trois files de

WAGON A TRÈS GRANDE CAPACITÉ CIRCULANT SUR PLUSIEURS VOIES.

DISPOSITION D'ENSEMBLE D'UN GROUPE DE 4 BOGGIES POUR WAGON CIRCULANT SUR 2 VOIES.

Elevation. — Vue de l'articulation de la caisse sur l'axe transversal

Coupe suivant M.N.O.P. — Fig. 69

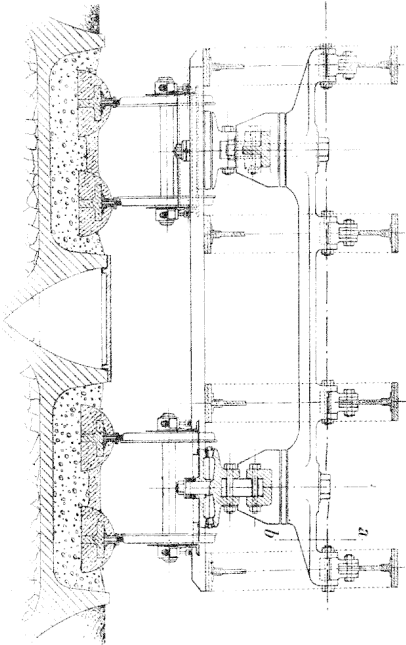
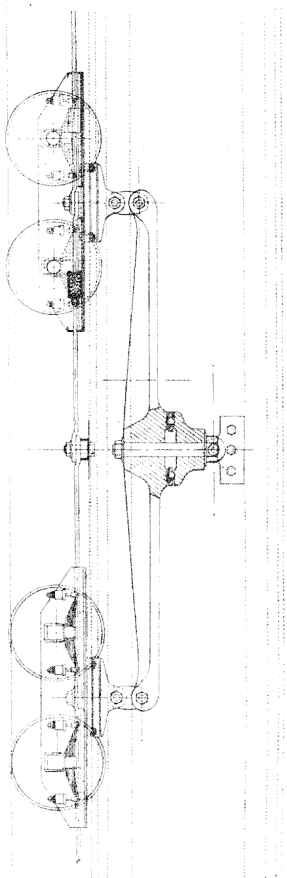


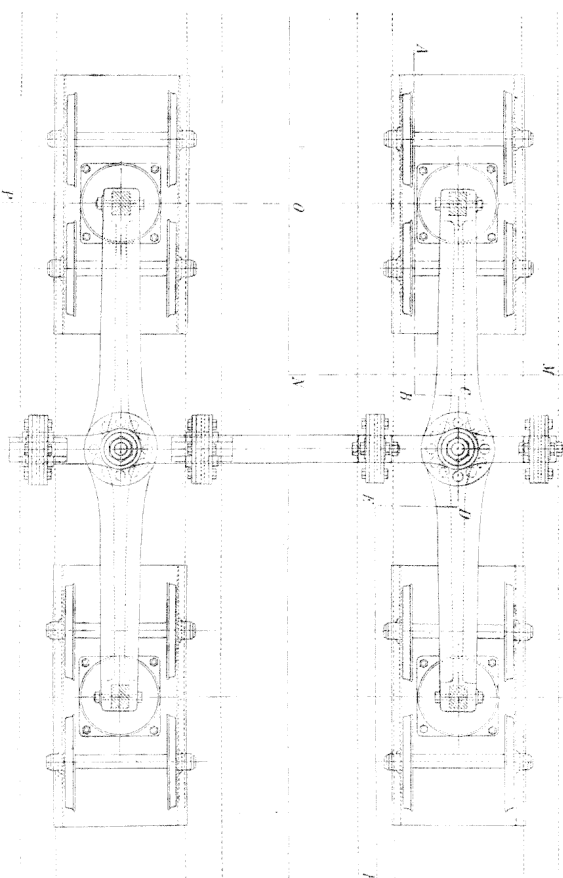
Fig. 70
Coupe suivant a.b.



Elevation. — Coupe suivant A.B.C.D.E.F. — Fig. 67



Plan. — Sur ce plan les attaches de la caisse s'appuient à l'articulation sur axe transversal pour la voie supérieure et à l'articulation sur axe longitudinal pour la voie inférieure. — Fig. 68



Elevation partielle. — Vue de l'articulation de la caisse sur l'axe longitudinal

(chassant sur un axe de corde.) — Fig. 71

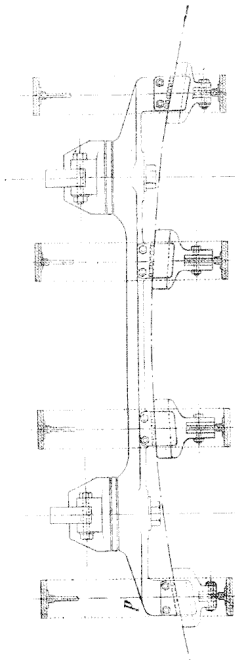


Fig. 72
Coupe suivant c.d.



Echelle
0 1 2 3 4

boggies, soit sur trois lignes d'appui tertiaires. Pour réaliser ce dispositif les boggies milieu C² et C³ du groupement reçoivent la charge des leviers de répartition m¹ et m³ par l'intermédiaire d'un balancier comme représenté schématiquement *fig. 73* et *fig. 80*.

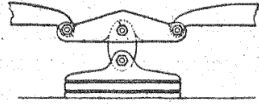


Fig. 73.

Circulation en courbes. — On conçoit que dans un tel système pendant la circulation en courbe, les chariots guidés par les voies de roulement et maintenus à distance par les leviers se braqueront un peu à la manière des roues directrices d'une voiture automobile.

Pour permettre ce braçage, sans avoir recours à des jeux excessifs dans les

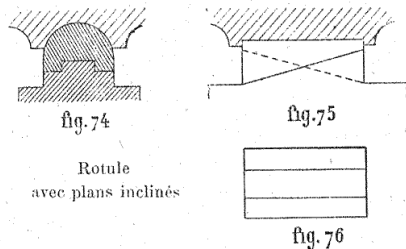


fig. 74
Rotule
avec plans inclinés

diverses articulations, les voies de circulation des chariots situées à une distance d'axe en axe e , seront rapprochées d'une quantité telle que, e' étant leur nouvelle distance, et α l'angle de la ligne d'axe, a avec le rayon de la courbe passant par le milieu de cette ligne d'axe, on ait : $e' = e \cos \alpha$ (Voir *fig. 64*).

Pour faciliter le passage en courbes et contrebalancer l'action de la force centrifuge sur le tablier, celui-ci transmettra sa charge aux points situés sur la ligne d'axe.

a) par l'intermédiaire de plans inclinés, *fig. 74, 75* et *76*, à la manière de ce qui se fait sur certaines locomotives.

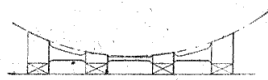


Fig. 77.

Lorsque l'appui se fera sur un cercle, les plans inclinés seront situés entre le cercle de rotation du tablier et les points de transmission des charges sur les leviers *fig. 77*.

(b) ou bien un devers général sera donné au plan de l'ensemble des voies (1). Les deux procédés peuvent être combinés.

Répartition égale des charges sur chaque chariot. — Pour assurer une égale répartition des charges sur chaque chariot, il pourra être fait usage de balanciers de compensation supplémentaires :

(1) Dans le modèle au 1/50 du wagon prenant appui sur deux voies, qui a été construit, un devers général a été donné à la plate-forme d'ensemble des 2 voies.

Par exemple : *fig. 78*, le tablier à quatre poutres peut pivoter autour de l'axe *a* au moyen de rotules appropriées *r* et glisser sur les doubles plans inclinés *p*, dont les parties inférieures sont reliées par une solide entretoise *e* qui transmet la charge aux balanciers longitudinaux l_1, l_2, l_3 par l'intermédiaire des balanciers transversaux t_1, t_2, t_3 lesquels comportent une articulation à chacune de leurs extrémités, et peuvent être constitués par de puissants ressorts.

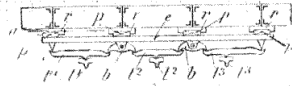


Fig. 78.

Les conditions de répartition de charge, par exemple, l'égalité de charge sur les balanciers l_1, l_2, l_3 étant réalisée grâce aux petits balanciers d'équilibre *b* oscillant autour d'un axe faisant corps avec l'entretoise *e*; les bras de ces balanciers étant égaux ou inégaux selon le résultat à obtenir.

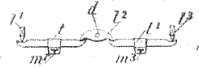


Fig. 79.

La *figure 79* représente un second mode d'équilibre transversal.

Le balancier transversal *t* de la *fig. 64* est divisé en deux balanciers *t* et *t'* qui peuvent être constitués par des ressorts et dont les extrémités comportent des articulations.

La répartition des charges reçues par l_1, l_2, l_3 , par exemple l'égalité sur m_1, m_2 , est assurée par l'intermédiaire de *t, t'* grâce au petit balancier d'équilibre *d* dont l'axe de rotation est à l'extrémité de l_2 . Selon les besoins, les bras de ce balancier d'équilibre seront égaux ou inégaux.

La *fig. 80* représente un mode d'équilibre longitudinal donnant l'égalité de charge sur chacun des chariots d'une même file. Les balanciers transversaux t_1, t_2 transmettent la charge aux balanciers longitudinaux m_1, m_2 dans les conditions déjà fixées, par surface d'appui et axe de rotation vertical.

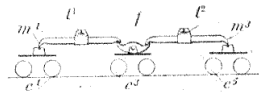


Fig. 80.

Les balanciers m_1, m_2 comportent des articulations à chacune de leurs extrémités et peuvent être constitués par des ressorts. L'égale répartition des charges

sur les chariots est assurée :

1° Grâce au balancier d'équilibre *f* à bras égaux ou inégaux, selon les besoins, et dont l'axe d'oscillation fait corps avec le chariot intermédiaire c_2 .

2° Par le choix judicieux des points d'application sur les balanciers m_1, m_2 des charges venant de t_1, t_2 .

Indépendance du système d'attelage des chariots et des parallélogrammes de répartition des charges. — Le système de liaison du tablier

ou caisse de wagon aux boggies, tels que nous venons de le décrire et qui assure une judicieuse répartition des charges, tout en permettant le passage en courbe,

suffit. Mais, en cas de démarrage ou d'arrêt brusque, pour éviter des ruptures de pièces du système de répartition, il faudrait que celle-ci soient excessivement robustes, leur mode de constitution ne permettant l'interposition de ressorts que sur la caisse ou sur les boggies.

La transmission des efforts de traction par les balanciers de répartition déterminerait, d'ailleurs, aux axes, transmettant également les charges, la formation de composantes obliques dont l'effet sur les articulations entraînerait une détérioration rapide de celles-ci.

Pour que le système de wagon que nous préconisons soit viable, il est nécessaire que les efforts de choc et traction soient transmis aux boggies par un appareillage spécial.

Cet appareillage s'établit sur les bases suivantes :

Les boggies d'une même voie de chacun des deux groupes supportant le wagon sont reliés les uns aux autres par des attelages organisés sensiblement comme à la manière ordinaire des trains actuels, les efforts de choc et traction se transmettant au tablier ou caisse des wagons par une liaison à axe vertical situé à l'aplomb des lignes d'appui primaires définies précédemment.

L'effort des attelages doit s'appliquer de préférence, sur des traverses spéciales S (voir *fig. 81, 82, 84 et 85*) solidement fixées au tablier principal.

Du fait même de la liaison des chariots au tablier par un système de leviers formant parallélogramme, la distance du centre des chariots au point d'attelage de la barre de choc et traction sur la traverse S serait constante si cette barre ne comportait pas de ressorts.

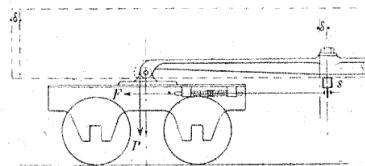


Fig. 81.

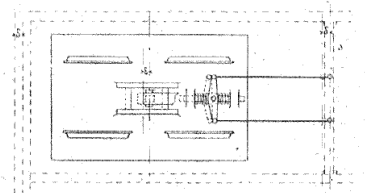


Fig. 82.

Dans le cas de la *fig. 81*, les attelages du groupe considéré relient ce groupe à la caisse soit par des axes situés respectivement à l'aplomb des axes 1 et 2 du système de répartition, soit dans le cas où on utilise des attelages à balancier, comme représenté *fig. 82*, à des axes également distants en plan des axes 1 et 2, ainsi qu'il est indiqué *fig. 62*.

Les dessins de détail, *fig. 67 et 69*, montrent un mode de réalisation de ces attelages dans le cas d'un wagon circulant sur deux voies et prenant appui sur deux groupes de quatre boggies chacun. Sur ces figures il est représenté des attelages inutilisés, évidemment non reliés au châssis. Ceux tournés vers l'extrémité du wagon peuvent

être utilisés pour l'attelage de wagons ordinaires trainés en remorque par le grand wagon, ou pour l'attelage des grands wagons entre eux comme indiqué plus loin.

Compensation des variations de longueur des attelages à ressorts par rapport à celles des leviers de répartition des charges. — Les boggies étant reliés entre eux d'une part par les balanciers de répartition des charges dont la longueur est invariable, d'autre part par les attelages dont la longueur varie du fait de l'interposition des ressorts, il est nécessaire de rendre possible la variation des longueurs respectives de ces 2 systèmes parallèles.

Par exemple dans les *fig. 81* et *82* le système qui reçoit la charge P à l'aplomb du centre d'oscillation du chariot de manière à assurer une bonne répartition des charges sur chaque essieu du chariot, peut glisser d'une quantité égale à la variation de longueurs des barres d'attelage.

Ce système à l'inconvénient de déplacer la charge P de telle manière que son moment par rapport au centre d'oscillation de la partie suspendue est de même sens que celui de l'effort de traction F , il ne peut donc être adopté qu'autant que le mode de construction des chariots peut faire espérer que le déchargement de l'un des essieux résultant de l'action simultanée des forces P et F ne sera pas dangereux.

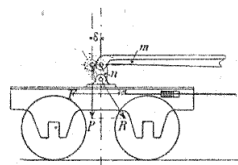


Fig. 83.

Le système représenté schématiquement *fig. 83*, et en détail *fig. 67* et *69* permet le déplacement du point d'application du levier ou balancier de répartition de charge m , grâce au petit balancier oscillant n à axes horizontaux, en

donnant naissance à une force oblique R dont le moment par rapport au centre d'oscillation de la partie suspendue est de sens contraire à celui résultant des

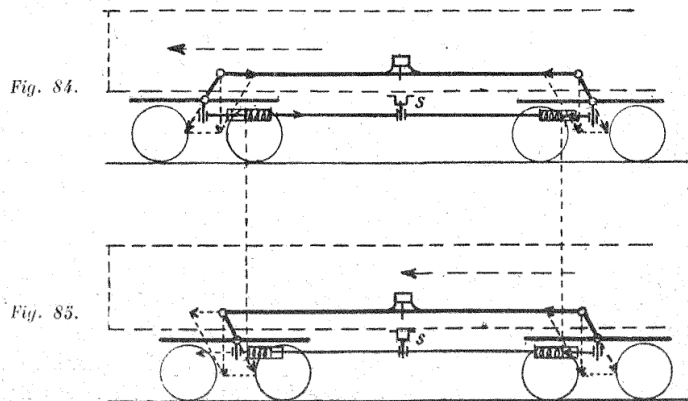


Fig. 84.

Fig. 85.

efforts de choc et traction. C'est ce que montrent les *fig. 84* et *85*. Dans la *figure 84*, le boggie de gauche est moteur, le second est remorqué.

Dans la *fig. 85* les deux boggies sont porteurs et les efforts de traction leur sont transmis par la caisse et par l'intermédiaire de la traverse spéciale S sur laquelle les attelages sont liés à cette caisse.

Pour assurer une stabilité parfaite, la flexibilité des ressorts de choc et traction, peut être calculée de telle manière que les moments de R et de F par rapport au centre d'oscillation de la partie suspendue du chariot s'annulent.

Par l'emploi de l'ensemble des dispositifs décrits ci-dessus, il résulte que des wagons circulant sur deux voies ou plus, équidistantes, ces wagons reposant sur un groupe de boggies à chacune de leurs extrémités :

1° Une bonne répartition des charges est assurée tout en permettant le passage en courbe, même de faible rayon, cela grâce à notre dispositif de leviers et traverses formant parallélogramme articulé.

2° Une excellente stabilité des boggies est assurée grâce à l'emploi combiné d'un appareillage de choc et traction spécial et des balanciers oscillants, verticaux, intercalés entre les extrémités des balanciers de répartition des charges et les boggies.

Attelage des wagons-chalandes entre eux. — Les wagons-chalandes pourront s'atteler entre eux :

Soit à la manière des wagons ordinaires, par exemple avec attelage central unique pour le choc et la traction, le point d'application des attelages sur les

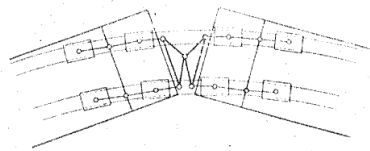


Fig. 86.

tabliers se trouvant, autant que possible, près de l'axe vertical de pivotement dudit tablier sur chacun des groupes de chariots ; soit par un attelage complémentaire spécial, reliant les chariots extrêmes d'un wagon aux chariots voisins du wagon suivant, par exemple comme représenté *fig. 86*, au moyen de systèmes triangulaires articulés aux extrémités d'une base sur les attelages courants des chariots et reliés à l'aide d'une articulation par les sommets opposés aux bases.

Dispositions diverses. — En principe, les wagons-chalandes seront auto-moteurs et mus par l'énergie électrique agissant sur tout ou partie des chariots porteurs du wagon. La commande s'en fera à la manière des tramways ou des trains électriques, d'une cabine de manœuvre. Pour faciliter le service il y aura une de ces cabines de manœuvres à chaque extrémité avec tous les organes de commande des moteurs, des freins, etc..

L'emploi des moteurs de traction électriques permettra plus particulièrement de donner facilement aux chariots des diverses files une vitesse légèrement différente pour corriger les inconvénients résultant de la différence de développement des voies, des chariots lors des passages en courbe.

Il est en effet à remarquer que l'angle fait par les balanciers transversaux du système de répartition de la charge et du tablier, est fonction du rayon de la courbe sur laquelle le wagon circule. Il est facile de concevoir un appareillage qui, utilisant cette variation d'angle, permette de donner aux moteurs des chariots des diverses files, les légères différences de vitesse nécessaires pour obtenir le résultat cherché.

L'énergie électrique sera fournie soit par une canalisation extérieure, comme dans les tramways ou les chemins de fer électriques, soit par un groupe électrogène, à pétrole, huile lourde, vapeur ou tout autre système, installé dans le wagon-chaland lui-même. La facile manutention des colis sur ces wagons étant extrêmement importante, ceux-ci recevront des engins de levage, de préférence à commande électrique.

La *fig. 87* montre un type spécial de grue roulante s'appliquant tout particulièrement à ces wagons.

Cette grue roule sur deux chemins en fers profilés superposés, non obligatoirement dans le même plan vertical, et solidement reliés aux parois extérieures du wagon.

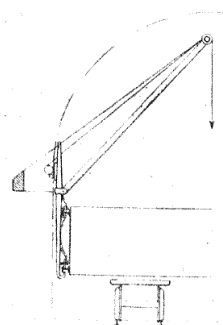


Fig. 87.

L'effort de renversement du tablier qui résulte de ce dispositif est contrebalancé par le poids du tablier et de sa charge.

Un wagon-chaland peut recevoir autant de ces grues qu'il est nécessaire, pendant la marche ces grues étant soit rabattues, soit amenées sur les bouts des wagons.

Toujours dans le but de simplifier les opérations de manutention, la partie centrale des wagons pouvant être surbaissée, l'entrée dans ceux-ci en partant du sol, pourrait s'effectuer par des rampes d'accès de faible développement portées en permanence par les wagons.

En particulier, pour les grands chalands, les portes latérales du milieu pourraient, par rabattement, servir de rampes aux véhicules, ordinaires, voitures et camions, pour leur accès dans l'intérieur des wagons-chalands.

Enfin pour les transports outre mer, les chariots étant en principe automoteurs, cette propriété peut être utilisée pour que, sans manœuvre trop compliquée, après avoir amené les wagons-chalands sur les ferry-boats, on puisse ne laisser

dans ceux-ci que la caisse des wagons, le transport étant ainsi allégé de tout le poids du système de roulement, d'où diminution du poids mort par rapport à ce qui se pratique actuellement.

Cette façon de concevoir les transports par ferry-boats peut être également appliquée avec intérêt aux wagons à boggies de 40 à 50 tonnes actuels, les boggies étant rendus automoteurs ou tirés de l'extérieur.

II. — PRIX DE REVIENT DE LA TONNE DE CAPACITÉ

Dans l'étude du rapport du poids mort des wagons au poids utile transporté, nous avons vu que, dans le matériel actuellement en usage il faut compter que le poids mort représente 50 0/0 du poids utile maximum alors que cette proportion descend à 30 0/0 dans les wagons à très grande capacité, circulant sur plusieurs voies, le gabarit étant du type que nous avons appelé normal. Il résulte de cette constatation que le prix de revient du kilog de wagon étant admis le même quelle que soit la capacité des wagons, avec le matériel à très grande capacité le prix de revient de la tonne utile de capacité serait de 40 0/0 inférieur à celui obtenu dans le matériel actuel.

Pour que la comparaison soit plus précise il est nécessaire de considérer un train complet en y comprenant le prix du matériel moteur.

Lignes actuelles avec traction à vapeur. — Par exemple, considérons un train remorqué par une locomotive « Consolidation » série 4.200 de la Compagnie des Chemins de fer du Nord (1), type étudié pour remorquer des trains de 950 tonnes environ sur les rampes de 8 m/m de la ligne de Cambrai-Chaulne-Montdidier.

Le poids total du train se répartit comme suit :

Charge utile maximum	640 Tonnes
Poids mort des wagons	320 »
Poids en ordre de marche { Locomotive	82 »
{ Tender	38 »
Poids total du train	<u>1.080 Tonnes</u>

(1) Les poids caractéristiques de ces locomotives et de leurs tenders sont les suivants :

Poids en ordre de marche : Locomotive 82 t. 330 Tender 38 t. 575
Poids à vide. » 74 t. 635 » 17 t. 000

La puissance en chevaux est de 1.620.

En comptant sur base d'avant-guerre le kilog de wagon à 0 fr. 50 celui du tender à 0 fr. 70 et celui de la locomotive à 1 fr. 60 le prix de revient du train est de :

Wagons	320.000 k. à 0.50 =	160.000 fr.
Locomotive	74.000 k. à 1.60 =	118.400 fr.
Tender	17.000 k. à 0.70 =	11.900 fr.
Total		<u>290.300 fr.</u>

Disons 290 à 300.000 fr. pour 640 tonnes utiles, en admettant que la présence du fourgon ne fasse pas perdre une dizaine de tonnes utiles, ce qui ramène, en nombre rond, le prix de revient du matériel roulant par tonne utile à 465 francs

Lignes actuelles électrifiées. — Pour remorquer un même train que ci-dessus par une locomotive électrique, cette dernière devrait avoir sensiblement 60 tonnes d'adhérence comprenant au maximum 40 tonnes de matériel électrique proprement dit (moteur, contrôleurs, câbles, etc.), Avant guerre, une telle locomotive eût coûté environ 200.000 francs, ce qui avec les 160.000 fr. de valeur des wagons, donne 360.000 fr. pour 640 tonnes utiles soit en nombre rond 565 fr. par tonne utile de train.

Lignes futures avec wagons automoteurs. — Dans le cas des wagons automoteurs à très grande capacité, d'après nos calculs précédents, un wagon du poids brut de 1.000 tonnes, aura une tare de 230 tonnes, non compris le matériel moteur.

Comme dans le cas de la locomotive électrique examiné ci-dessus, le poids total du train étant sensiblement le même, le matériel électrique pèsera environ 40 tonnes, et si l'énergie est fournie par un groupe électrogène placé dans le wagon celui-ci pèsera environ 20 tonnes.

En admettant sur base d'avant-guerre 3 francs le kilog pour le matériel électrique et le groupe électrogène, et à 0 fr. 50 le kilog, pour le reste du wagon on aura :

1° CAS DU WAGON AVEC GROUPE ELECTROGENE, c'est-à-dire circulant sur lignes non équipées électriquement :

Valeur du matériel moteur . . . (40 t. + 20 t.) à 3 fr. le kilog. =	180.000 fr.
Valeur de la caisse et des boggies . . . 230 t. à 0,50 . . . » =	115.000 fr.
Total	<u>295.000 fr.</u>

Le poids utile maximum étant de 1.000 — (230 + 40 + 20) = 710 tonnes ce qui donne moins de 420 francs comme prix de revient de la tonne utile.

2° CAS DU WAGON CIRCULANT SUR LIGNE ÉLECTRIFIÉE :

Valeur du matériel moteur.	40 t. à 3 fr. le kilog. =	120.000 fr.
Valeur de la caisse et des boggies.	230 t. à 0,50 » =	<u>115.000 fr.</u>
TOTAL.		<u>235.000 fr.</u>

Le poids utile maximum étant de $1.000 - (230+40) = 730$ tonnes, le prix de revient de la tonne utile de train, descend alors à moins de 325 francs.

Des calculs ci-dessus, il résulte que sur lignes non équipées électriquement, le prix de revient de la tonne utile est, pour le matériel à très grande capacité, de 9 à 10 0/0 inférieur à celui obtenu avec le matériel actuel.

Pour les lignes équipées électriquement cette différence atteint 40 à 45 0/0.

Si, tenant compte des complications apportées dans la construction des wagons à très grande capacité par l'installation du système de répartition des charges, on admet que le kilog de ce matériel coûte plus cher que celui des wagons actuels, on peut dire que : pour les lignes non équipées électriquement le prix de revient de la tonne utile est sensiblement le même, mais il y a lieu de remarquer, que, par tonne utile, le poids brut de train, matériel moteur compris, est de 1 t. 68 dans le matériel actuel, alors qu'il ne serait que de 1 t. 42 dans le matériel à très grande capacité.

Pour les lignes équipées électriquement, le prix de revient par tonne utile de capacité, du matériel futur resterait encore sûrement inférieur de 35 0/0 au moins à celui obtenu dans le matériel du type actuel, le poids brut de train par tonne utile étant de 1 t. 59 avec le système en usage, et seulement de 1 t. 37 dans le matériel à très grande capacité.

Conclusion. — Ces derniers chiffres font nettement ressortir combien il y aurait intérêt, tant pour diminuer le prix d'achat du matériel roulant, que pour diminuer les frais de traction, à installer les futures lignes électriques des grandes artères avec voies extra-renforcées, et à les équiper en matériel à très grande capacité.

CHAPITRE III

DÉBIT DES LIGNES A GRANDE PUISSANCE

COMPARAISON AVEC LES CHEMINS DE FER ACTUELS

ET AVEC LES CANAUX

PRIX DE REVIENT DE LA TONNE DE DÉBIT JOURNALIER

I. — RAPPORT DU DÉBIT DES LIGNES A GRANDE PUISSANCE A CELUI DES LIGNES DU TYPE ACTUEL

Bases du calcul des débits. — Pour les lignes modernes, le mode d'exploitation par intervalle de sécurité de t minutes n'est pas à envisager, il limite trop vite le nombre de trains possibles à l'heure : $n = \frac{60}{t}$, et cela, quelle que soit la vitesse de marche adoptée. C'est l'exploitation par sectionnement ou intervalle de distance ou *bloc système* qu'il y a seul à examiner.

Quels sont les intervalles à prévoir? Avec les moyens actuels, on peut arrêter un train lourd à voyageurs, ou très lourd, à marchandises, avec bon frein en 600 mètres. Or, la longueur d'un train de marchandises de 800 à 1000 tonnes brutes soit 500 et au maximum 700 tonnes utiles, est d'environ 400 mètres. Un intervalle de sécurité de $600 + 400 = 1000$ mètres serait à l'extrême rigueur suffisant. En pratique il est prudent d'admettre en moyenne 1 km. 500 d'un sémaphore à l'autre.

Dans les chemins de fer à grande puissance où les charges de 1.000 à 1.500 tonnes et plus peut-être n'occuperont que 50 mètres environ, en admettant que le freinage ne soit pas assuré dans de meilleures conditions que maintenant (arrêt normal en 600 mètres environ) une distance de sectionnement de 1 km. donnera la même marge de sécurité. Il en résulte qu'à vitesse de circulation

égale, il sera possible de faire passer 1 fois 1/2 plus de trains sur les voies puissantes que sur les lignes actuelles.

Or, sur les lignes à grande puissance, tout en restant dans des conditions de sécurité aussi complètes que celles actuelles, le freinage étant mieux assuré grâce au peu de longueur des trains, il sera possible de mettre en circulation des trains de 2 à 3000 T, constitués par 1, 2 ou 3 wagons, dont au besoin, un seul pourrait être automoteur. Ces trains transporteront 5 à 6 fois plus de charge utile que ceux de nos lignes, dites à voie normale, et, étant donné la possibilité d'augmenter leur fréquence, comme indiqué ci-dessus, le débit des lignes sera de 7,5 à 9 fois plus grand que celui des lignes actuelles, disons 8 fois.

On peut objecter que, pour une même largeur de terrain occupé, il est possible de placer plus de voies du type actuel que de voies à grande puissance, aussi, tenant compte de cette objection, nous comparerons ci-dessous, les débits possibles des lignes à plusieurs files de roulement, avec celui des lignes à voie normale recevant soit des wagons dits 3 fois la voie, soit des wagons du type actuel et occupant le même emplacement.

Pour les lignes utilisant le matériel 3 fois la voie, sur voies normales renforcées, le sectionnement par intervalles de 1.000 mètres peut encore être admis ainsi que la circulation de trains de 2.000 tonnes. Le débit de ces lignes ne saurait toutefois égaler celui des voies extra-puissantes et nous pensons rester dans une bonne proportion en admettant que ce débit peut être de 5 fois celui des lignes actuelles contre 8 fois pour les lignes extra-puissantes.

Pour tenir compte des pertes de temps nécessitées par les croisements et suggestions de toute nature résultant de l'exploitation en voie unique nous admettons que ce débit maximum des lignes ainsi exploitées n'est que de 1/3 de celui possible sur ces mêmes voies lorsque la circulation s'y fait dans un seul sens.

En prenant 1 comme débit d'une ligne à voie normale au gabarit actuel, compte tenu des observations ci-dessus, et en supposant que les lignes à grande puissance soient installées comme représenté fig. 53 à 55, les tableaux ci-dessous donnent le nombre des voies de chaque type occupant le même emplacement que les lignes à grande puissance considérées, ainsi que la proportion des débits possibles pour chaque système de lignes.

Lignes à grande puissance à une voie.

Nombre de files de roulement	1	2	3
Gabarit de libre passage	9 à 10 m.	12	14 à 15 m.
Débit (1).	2,66	2,66	2,66

Lignes à voies normales occupant le même emplacement.

Matériel 3 fois la voie.	{	Nombre de voies	2	2	2
		Débit (2)	10	10	11,66
Matériel actuel.	{	Nombre de voies	2	3	4
		Débit (3)	2	2,33	4
Rapport des débits.	{	Grande puissance = (1)			
		Ligne actuelle = (3)	1,33	1,04	0,66
		3 fois la voie = (2)			
		Ligne actuelle = (3)	3	4,29	2,79

Lignes à grande puissance à deux voies.

Nombre de files de roulement.	1	2	3
Largeur totale avec gabarit de libre passage comme ci-dessus et 2 m. d'espace libre entre gabaris.	20 m.	25 m.	30 m.
Débit (4)	16	16	16

Lignes à voies normales occupant le même emplacement.

Matériel 3 fois la voie.	{	Nombre de voies	3	4	5
		Débit (5)	11,66	20	21,66
Matériel actuel.	{	Nombre de voies	5	6	8
		Débit (6)	4,33	6	8
Rapport des débits.	{	Grande puissance = (4)			
		Ligne actuelle = (6)	3,69	2,66	2
		3 fois la voie = (5)			
		Ligne actuelle = (6)	2,69	3,33	2,70

L'examen de ces tableaux montre que l'emploi des lignes à grande puissance à une seule voie et plusieurs files d'appui ne permettrait qu'un débit comparable à celui réalisable sur un faisceau de voies actuelles, occupant la même surface, mais que l'adoption de voies consolidées pour supporter le matériel trois fois la voie, permettrait dans tous les cas, une augmentation sérieuse du débit utile maximum possible, environ 3 fois, et que même, dans le cas de doubles voies à plusieurs files de roulement, les voies à grande puissance ne donneraient guère un meilleur résultat, quand au débit possible, que les lignes à matériel trois fois la voie.

Il faut toutefois remarquer que les lignes à plusieurs files de roulement, grâce à la grande largeur possible des wagons, permettraient une réduction de plus de moitié des longueurs de quais nécessaires dans les gares et procureraient des facilités de chargement et de bonne utilisation des wagons, non négligeable, par rapport au matériel 3 fois la voie.

De plus, si dans les calculs précédents, nous avons obtenu un débit analogue pour le matériel 3 fois la voie, que pour le matériel à plusieurs files de roulement,

c'est que nous avons admis une même longueur de sectionnement pour des trains sensiblement de même poids. Or, il est certain qu'avec les trains sur plusieurs files, plus de moitié moins longs que les trains en matériel 3 fois la voie, de même tonnage brut, en raison des plus grandes rapidité et sécurité de fonctionnement des freins, pourront être obtenus plus rapidement, ce qui permettra d'admettre des sectionnements plus réduits, d'où une augmentation notable du débit par rapport à ce que nous avons admis précédemment.

Débit horaire possible. — Avec un sectionnement assurant un espace minimum de 1 km. 500 entre chaque tête de train et une vitesse de marche de 30 km. à l'heure il serait possible de faire passer théoriquement 20 trains à l'heure sur une voie du type actuel soit à 500 T utiles par train un débit de 10.000 T utiles à l'heure. Nous serons larges en admettant que pratiquement le débit puisse atteindre 50 % du débit théorique, soit 5.000 T utiles pour les voies actuelles équipées électriquement, les lignes à vapeur ne débitant alors que 2.000 à 2.500 T utiles (1), c'est ce dernier chiffre que nous adopterons.

Sur ces bases, le débit horaire des lignes avec matériel 3 fois la voie serait de $2.500 \times 5 = 12.500$ T utiles, et celui des lignes extra-puissantes de $2.500 \times 8 = 20.000$ T utiles.

Dépense de premier établissement nécessaire par tonne de débit journalier possible des divers types de lignes. — En prenant pour base une distance moyenne de transport d'environ 200 km. (2) ce qui permet d'ad-

(1) Monsieur Parodi a montré (*Bulletin de la Société internationale des électriciens*, juin 1913) que dans les conditions d'exploitation américaines (attelages d'une résistance limite de 150.000 kg.) la capacité d'une ligne à vapeur en rampe de 30 ‰ limitée à 8.000 et 9.000 T brutes à l'heure, pouvait être élevée de 20 à 25.000 T brutes avec traction électrique. Proportionnellement les chiffres que nous adoptons, sont donc plutôt faibles et nous favorisons les lignes de traction à vapeur en admettant un débit de moitié de celui des lignes électriques. D'après certains auteurs, l'électrification des lignes permet de tripler leur trafic. C'est ainsi que dans le rapport d' M. Sabouret, présenté au ministère des Travaux Publics par le Comité chargé d'examiner les propositions des Compagnies Midi-Orléans et Paris-Lyon-Méditerranée on lit : « L'électrification des chemins de fer présente de gros avantages, elle permet d'augmenter la vitesse et la charge des trains. La Compagnie d'Orléans a, en effet, calculé qu'avec l'électricité entre Montauban et Limoges, section qui présente de longues rampes de 10 ‰ et de nombreux rayons de 500 mètres, la vitesse des express de 400 T passerait de 50 à 70 km. à l'heure. Entre Tulle et Clermont-Ferrand, la section qui présente de longues rampes de 25 ‰ et de nombreux rayons de 250 mètres la composition des trains de marchandises passerait de 20 à 30 wagons, leur poids de 220 à 750 tonnes.

(2) Le parcours moyen d'une tonne de marchandise sur l'ensemble des réseaux français est inférieur à 200 km. d'après le livre vert ce parcours était de : 134 k, 9 en 1908 ; 133 k, 7 en 1909 ; 131 k, 2 en 1910 ; 130 k, 2 en 1911 et 129 k, en 1912.

Depuis la guerre le parcours moyen a considérablement augmenté, et c'est une des causes qui contribuent à la crise actuelle des transports.

PRIX DE REVIENT DE LA TONNE DE CAPACITÉ JOURNALIÈRE DES CHEMINS DE FER A DEUX FILES DE ROULEMENT
 Comparaison avec celui des lignes à une file de roulement occupant le même emplacement

TYPES DE LIGNES	NOMBRE de VOIES (1)	DÉBIT HORAIRE dans chaque sens par voie (2)	CAPACITÉ UTILE du matériel nécessaire (1) = 60 x (3) (4)	PRIX DE :		PRIX DE REVIENT POUR 200 KILOM. DE LIGNE			DÉPENSE de 1 ^{er} ÉTABLISSEMENT par tonne de débit journalier maximum possible (10) = (3) x (4) x (3)
				1 kilom. de voie (5)	IT de capacité (6)	Voies et bâtiments (7) = 200 x (5)	Matériel roulant (8) = (6) x (4)	TOTAL (9) = (7) + (8)	
LIGNES A DEUX FILES DE ROULEMENT A VOIE UNIQUE									
Lignes actuelles	3	2.500	198.000	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
				à vapeur.....	380.000	465	76.000.000	92.000.000	168.000.000
Lignes à grande puissance électrifiées	3	5.000	396.000	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
				électrifiée.....	750.000	565	150.000.000	224.000.000	374.000.000
Lignes à grande puissance électrifiées	2	12.500	750.000	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
				{ 3 fois la voie	1.800.000	325	360.000.000	244.000.000	604.000.000
	1	20.000	396.000	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
LIGNES A DEUX FILES DE ROULEMENT A DOUBLE VOIE									
Lignes actuelles	6	2.500	150.000	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
				à vapeur.....	720.000	65	144.000.000	210.000.000	354.000.000
Lignes à grande puissance électrifiée	6	5.000	300.000	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
				électrifiée.....	1.140.000	565	288.000.000	510.000.000	798.000.000
Lignes à grande puissance électrifiée	4	12.500	1.300.000	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
				{ 3 fois la voie	3.500.000	325	700.000.000	438.000.000	1.138.000.000
	2	20.000	1.700.000	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.

NOTA. — Le prix de 4 kilomètre de deux lignes 3 fois la voie est compté plus fort que celui de 1 kilomètre de ligne à deux files de roulement, car il nécessite une canalisation électrique de plus.

mettre que la rotation des wagons peut se faire en 5 ou 6 jours, en supposant le trafic maximum dans chaque sens, nous resterons dans de bonnes proportions en adoptant dans nos calculs que le matériel doit avoir une capacité totale égale à 6 fois celle du débit journalier maximum possible dans un sens. Nous pouvons admettre que le transport moyen à 200 km. est effectué en une seule journée (1) et que les débits horaires maximum indiqués ci-dessus, ne s'effectuent que 10 heures par jour, ce qui exigera une capacité de wagon égale à $6 \times 10 = 60$ fois celle correspondant au débit horaire maximum. Ce matériel sera capable de transporter chaque jour le trafic envisagé à 200 km. Pour l'établissement du prix de revient de la tonne de capacité, c'est donc la valeur du matériel roulant nécessaire, comme déterminé ci-dessus, plus la valeur de 200 km. de ligne qu'il nous faut prendre.

Partant du prix de revient de la tonne de capacité indiqué à la fin du chapitre précédent pour le matériel roulant, et du prix de revient des voies, déjà donné, on peut dresser le tableau page 155, établi avec les prix d'avant-guerre.

Ce tableau montre que pour des lignes à gros trafic, la dépense totale, voie et matériel, nécessaire pour assurer une tonne de trafic dans chaque sens, est sensiblement la même avec du matériel actuel à traction à vapeur, qu'avec du matériel dit 3 fois la voie à traction électrique.

Conclusion. — Il résulte de cette constatation que logiquement en raison des économies de frais d'exploitation et des facilités de service procurées par les lignes électrifiées, les lignes à grande puissance de l'avenir devraient être d'abord établies à deux voies renforcées pour la circulation du matériel dit 3 fois la voie, et c'est lorsqu'il y aurait lieu de doubler les voies que le matériel à deux lignes de roulement, pour wagons-chalands, pourrait être employé, concurremment avec le matériel trois fois la voie.

OBSERVATIONS. — L'examen du tableau précédent montre également que si on peut dire que pour les voies à grande puissance le débit est sensiblement le triple de celui d'un groupe de voies ordinaires occupant la même surface de plateforme, comme annoncé à la conclusion du chapitre « Type de voies pour très lourdes charges », le prix de revient par tonne de capacité semble être également le triple, au lieu du double comme dit au chapitre précité.

Cela tient à ce que dans nos derniers calculs il a été adopté un prix peut-être un peu fort comme coût de la tonne du matériel roulant, et, qu'il n'a pas été

(1) Actuellement en application de l'arrêté du 12 juin 1886, la durée du trajet est, en règle générale, calculée à raison de 125 km. par jour, mais il existe certaines lignes sur lesquelles cette durée est calculée à raison de 200 km.

tenu compte que sur les lignes à grande puissance, la rotation du matériel roulant serait mieux assurée que sur les lignes actuelles. En réalité les conclusions primitives peuvent être maintenues.

De plus, il est bon de remarquer que, pour ces lignes à grande puissance, les dépenses de premier établissement, voie et matériel roulant revenant en nombre rond, dans les cas les plus favorables, à 4.600 francs pour le transport journalier de 1 tonne à 200 km., soit à 300 jours de marche par an, 60.000 tonnes kilomètres de transport, en admettant l'amortissement en 20 ans au taux de 6% du capital d'établissement, les frais de construction et d'équipement ne constitueraient qu'une charge de 0 fr. 0066 par tonne kilomètre transportée. Il faudrait que le trafic descende à plus de moitié de ce qu'il est prévu ci-dessus pour que les charges financières de ces lignes à grande puissance se rapprochent de celles des réseaux actuels (1).

II. — COMPARAISON AVEC LES CANAUX

a) CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES CANAUX

Rappel de quelques discussions antérieures sur la comparaison des Chemins de fer et des Canaux. — Depuis la création des chemins de fer le débat reste ouvert sur la valeur relative des chemins de fer et des canaux au point de vue « prix de revient des transports », le temps mis à part.

Selon que les comparaisons sont faites entre des canaux mal installés et des chemins de fer du type actuel, bien équipés, ou entre des canaux bien construits pour recevoir des chalands de fort tonnage et des chemins de fer moyennement outillés, les conclusions donnent souvent le résultat désiré par l'auteur des comparaisons effectuées.

Il existe des études sincères de cette question complexe, et une des meilleures, à notre connaissance, est celle faite par M. Colson et son collaborateur M. Marlio, dans leur exposé sur la question des chemins de fer et voies navigables à la 8^e session du Congrès international des chemins de fer à Berne en 1910.

Bien que, dès le début de son exposé, M. Colson explique que : « En mettant à son ordre du jour l'étude de son influence des voies navigables sur le trafic des chemins de fer comme affluents et comme concurrents, nous ne pensons pas que le Congrès ait eu en vue de rouvrir, à un point de vue théorique et spéculatif la question si souvent débattue de la concurrence entre les voies ferrées et navi-

(1) Par exemple sur le réseau de l'Est pour l'année 1907 ses charges ont été de 0 fr. 014.57 par tonne kilomètre transportée.

gables », il ne peut s'abstenir d'examiner « la question si souvent débattue » en faisant dans la troisième partie de son exposé, la comparaison des prix de revient des transports par chemins de fer et par eau, et il pose cette question sous son véritable jour, en écrivant : « Toutes les fois qu'un service essentiel à la prospérité publique peut être assuré par deux moyens différents, au-dessus des intérêts particuliers qui peuvent être liés à l'emploi de l'un ou de l'autre, apparaît pour la société un intérêt général : il faut que le service soit organisé de manière à entraîner le moins de dépenses possible, pour une même satisfaction donnée aux besoins à desservir. Si la preuve était faite que, dans tel ou tel cas, pour telle ou telle catégorie de transports, l'un des deux instruments, chemins de fer ou voie navigable, exige des dépenses nettement moins fortes que l'autre, il serait démontré par cela même que toute organisation conduisant à employer le second, plutôt que le premier, entraîne une perte sèche. Une pareille constatation ne suffirait sans doute pas à trancher toutes les questions que soulève la politique à suivre en matière de voies de communication : elle serait, en tout cas, d'un poids considérable dans leur discussion. »

Dans le rapport plein d'intérêt de M. Ed. Imbeaux au Congrès général du Génie Civil (mars 1918) nous sommes obligés de remarquer que dans ses comparaisons des prix de transport entre canaux et chemins de fer, il ne semble voir que canaux futurs, ou plutôt rivières canalisées et chemins de fer actuels. C'est ainsi qu'après s'être référé au travail de MM. Colson et Marlio que nous venons de citer, M. Imbeaux écrit : « Nous devons ajouter que les chemins de fer seraient-ils plus avantageux que les voies navigables, il faudrait encore se demander s'ils pourraient faire face seuls aux très gros tonnages, tels que ceux envisagés entre la Lorraine et la Westphalie. Or, les allemands ont reconnu que pour le trafic à atteindre là, les voies ferrées actuelles seraient absolument insuffisantes et qu'il faudrait dépenser 200 millions de marks pour les mettre en état (il serait donc plus économique de canaliser la Moselle). C'est qu'en effet les chemins de fer ont aussi une limite de capacité, et que celle-ci reste en-dessous des voies navigables à grande section. »

Lorsque M. Imbeaux dit que la capacité des chemins de fer actuels reste au-dessous de celle des voies navigables à grande section, nous craignons qu'il ne s'avance beaucoup et son observation ne saurait tenir devant nos chemins de fer à grande puissance de l'avenir.

Les allemands auxquels il se réfère pour défendre son idée ont également pensé aux chemins de fer à grande puissance. C'est ainsi que dans l'étude du docteur Rathenau et du professeur Caver (1), pour « la valeur économique de la

(1) *Chemins de fer pour marchandises pondéreuses*, 1909, Berlin, Julius Springer, éditeur.

ligne spéciale étudiée comparée à celle du grand canal du Rhin à Hanovre, supposé prolongé jusque dans la région de Berlin, M. Caver conclut de son parallèle que le canal coûterait 50 % de plus au point de vue de la voie, 90 % de plus au point de vue matériel contenant, 130 % de plus au point de vue du matériel de traction et n'aurait qu'une capacité dix fois moindre. »

Débit possible des canaux. — La capacité des canaux peut-elle vraiment atteindre celle des chemins de fer ?

Le débit d'un canal est limité par celui de ses écluses ; en admettant qu'il soit possible de faire quatre opérations complètes à l'heure, entrée et sortie des bateaux, remplissage et vidage des écluses, c'est pour un canal muni d'écluses capables de recevoir des chalands de 600 tonnes, soit 500 tonnes utiles, un débit de 2.000 tonnes à l'heure dans chaque sens, si les écluses sont à deux sasses et d'un peu plus de 1.000 tonnes dans chaque sens s'il n'y a qu'un seul sasse, la traction étant assurée pour éviter toute perte de temps par des tracteurs électriques circulant sur des berges ou par des remorqueurs affectés à chaque bief.

Ces 2.000 T. à l'heure, en se plaçant dans le meilleur cas, sont sensiblement égales aux 2.000 à 2.500 T. que nous avons indiqué plus haut comme débit des lignes du type actuel, mais s'éloignent beaucoup des 12.500 T. pour les voies à grande puissance à une voie de roulement à large gabarit et des 20.000 T. indiquées comme débit horaire possible pour les lignes avec matériel circulant sur deux voies parallèles.

Observation. — On peut objecter que, et cela à supposer qu'on dispose d'une quantité d'eau suffisante pour les opérations d'éclusage, ce qui ne se trouve que sur une rivière déjà importante, canalisée, les écluses peuvent être installées pour recevoir des chalands plus grands ou éclusant en même temps plusieurs chalands, en sorte que le trafic, la question du capital d'installation étant mise à part, peut augmenter proportionnellement au volume des écluses (1). Cette objection semble devoir donner raison à M. Imbeaux lorsqu'il écrit que la limite de capacité de nos chemins de fer reste au-dessous de celle des voies navigables à grande section. Mais si nous voyons très bien la réalisation d'un canal avec écluses capables de recevoir d'un seul coup un train de bateaux, soit le remorqueur et 3 chalands, ou mieux 4 chalands, si le service est organisé de manière à éviter l'éclusage des moyens de traction, réalisation qui permettrait de donner aux canaux une capacité d'écoulement se rapprochant de celle de nos voies puissantes à large gabarit et matériel circulant sur une voie, nous devons faire

(1) La durée des opérations sur les écluses de très grande dimension semble pouvoir être maintenue égale à celle des écluses courantes.

observer que le capital d'installation se trouvera augmenté dans de fortes proportions.

Le problème posé pour la comparaison des prix de revient de transport par canaux ou chemins de fer est donc très complexe, puisque rien ne semble limiter la puissance du débit des canaux lorsque, à supposer comme déjà dit que l'on ait suffisamment d'eau, on peut dépenser autant d'argent qu'il sera nécessaire, il en est d'ailleurs de même pour les chemins de fer, avec cette différence que ce dernier a l'avantage de permettre d'engager une dépense moindre que le canal par tonne de débit utile dans chaque sens.

Si nous considérons en effet, le prix de revient d'un kilomètre de canal, nous constatons qu'il varie de 320.000 fr. pour le canal de la Marne à la Saône (1), à 750.000 fr. pour le canal du nord-est, d'après l'évaluation faite en 1910 par la commission instituée pour la construction de ce canal. Ces deux prix de revient du kilomètre montrent que, selon les difficultés, les prix de revient pour la construction d'un kilomètre de canal sont à peu près du même ordre de grandeur que ceux du kilomètre de chemins de fer du type actuel. Le débit possible des canaux envisagés ci-dessus (canaux pour chalands de 600 T. avec écluse simple pour un seul chaland n'est au maximum que la moitié de celui des chemins de fer ordinaires; ces derniers ont donc l'avantage sur les canaux puisque le péage à recevoir par tonne kilomètre de transport, pour amortir les frais de construction, peut être de moitié moins élevé sur un chemin de fer du type actuel que sur les canaux les plus récents.

Frêts réels des voies navigables. — Pour le canal du nord-est, le droit de péage était fixé à 0 fr. 006 millimes par tonne kilomètre (loi du 23 décembre 1903), mais il est bon de remarquer que le péage ainsi fixé n'avait pour but que l'amortissement des dépenses prises à la charge des intéressés, Chambres de commerce et Sociétés diverses, soit la moitié des sommes prévues, l'Etat donnait une prime correspondante aux usagers, le frêt réel s'établissant alors comme suit :

Frais de transport par halage électrique.....	0 fr. 008 (2)
Droits de péage prévus.....	0 fr. 006
Prime accordée par l'Etat.....	0 fr. 006
Total.....	<u>0 fr. 020</u>

(1) D'après M. Jacquinet, voir *Génie civil*, n° 24 de 1908.

(2) Dans les études de M. l'inspecteur général Renaud sur le canal du nord-est, les frais de transport par traction électrique sont évalués selon des cas de 3,83 à 6,66 millimes, frais qu'il propose de majorer de 20 % pour bénéfices et imprévu.

Au sujet des frêts réels des voies navigables, nous nous permettrons de signaler la belle série d'articles parus en 1908 dans le *Génie Civil* (1), dans laquelle, notamment après avoir indiqué le prix du frêt de cette époque, 0 fr. 0088 de la tonne kilométrique de Duisbourg à Mannheim, 0 fr. 008 par tonne kilométrique de Rouen à Gennevilliers, M. Ranchère écrit :

« Si l'on veut avoir des frêts réels il faut ajouter aux chiffres habituellement produits des sommes calculées, en tenant compte de l'amortissement du capital absorbé par la construction des frais d'entretien et des frais d'administration.

« Pour l'ensemble du réseau navigable, on avait dépensé, au 1^{er} janvier 1900 2.300 millions de francs, en y ajoutant les 200 millions qui correspondent aux années échelonnées de 1900 à 1907, on obtient un total de 2.500 millions de francs au 1^{er} janvier 1908.

« Une durée d'amortissement de 50 à 60 ans ne serait pas exagérément réduite étant données les transformations rapides que subit l'industrie des transports. Périodiquement, il faut élargir les canaux, allonger les écluses, surélever les ponts, doubler l'alimentation et dans le voisinage des rivières, il arrive qu'on abandonne un canal latéral pour revenir à l'utilisation du lit. C'est ainsi, par exemple, que, dans la Basse-Loire, le canal maritime va se trouver bientôt délaissé au profit du fleuve en cours d'aménagement.

« Même en ne faisant intervenir qu'une année d'intérêts de 3 %, la charge annuelle correspondant au capital absorbé au 1^{er} janvier 1908 est de 75 millions de francs; encore ne tenons-nous pas compte des intérêts intercalaires pendant la période de construction ni d'un certain nombre de dépenses disséminées dans les différents chapitres du budget et qu'il n'est pas facile de retrouver. Les frais d'entretien et d'administration s'élèvent par an, à 15 millions de francs. C'est donc, au total, un cadeau de 90 millions que les contribuables de France font pour 1908, aux privilégiés de quelques régions. Pour les 5.200 millions de tonnes kilométriques que représentera peut-être, le trafic de l'année 1908, cela donne 0 fr. 0173 par tonne kilométrique. Les frais apparents indiqués ci-dessus se trouvent ainsi triplés, au détriment de la collectivité. »

Les faits cités ci-dessus et se rapportant à des réalités, montrent que les frais de transport par voie d'eau, amortissement du capital engagé compris, sont tous comptes faits, plus élevés sur les canaux que sur les chemins de fer du type actuel, lesquels ainsi que nous l'avons montré précédemment, sont eux-mêmes plus coûteux que les chemins de fer à grande puissance que nous préconisons.

C'est ainsi que pour ces lignes à très grande puissance, nous avons trouvé que le péage nécessaire à amortir le capital d'établissement, valeur du matériel de

(1) Tome LIII, n° 6 à 9, 1908.

transport compris, ne serait que de 0 fr. 004 à 0 fr. 006 par tonne kilomètre, les estimations étant faites d'après les prix d'avant-guerre, et que les frais de transport en prenant le chiffre de 0 fr. 015 par tonne kilométrique pour les voies actuelles ne seront que de 0 fr. 010 pour les voies à grande puissance (1), de sorte que le prix de revient de la tonne kilomètre serait de 0 fr. 016 sur les chemins de fer de l'avenir au lieu de 0 fr. 020 à 0 fr. 025 sur les canaux, d'après ce que nous avons indiqué plus haut.

A cette économie il faut ajouter que les chemins de fer permettent d'effectuer les transports à 30 km. à l'heure au lieu de 3 à 5 et au maximum 6 km. à l'heure sur les canaux.

Le mieux qu'il soit possible d'obtenir sur les grands canaux à longs biefs, c'est 60 km. de parcours par jour, alors que les réglemens de nos chemins de fer obligent les compagnies à faire parcourir sur les grandes lignes, au moins 200 kilomètres par jour.

b) DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT NÉCESSAIRES

PAR TONNE DE DÉBIT JOURNALIER POSSIBLE D'UN CANAL

Comparaison avec les Chemins de fer. — Pour la voie d'eau le prix de revient de la tonne de capacité de débit journalier dépend essentiellement du parcours possible par jour, lequel est plus ou moins considérable, selon le nombre d'écluses rencontrées. Pour nous placer dans des conditions aussi favorables que possible aux canaux, nous prendrons pour base de nos comparaisons les parcours possibles sur la Seine canalisée entre Paris et le Havre, la meilleure voie d'eau de France.

Avant la journée de huit heures la montée de Rouen à Paris demandait, en été, de 5 à 6 jours.

En ce qui concerne les transports du Havre à Paris, d'après un de nos amis, affrêteur au Havre: « Le trajet normal est de 12 à 15 jours, quand il ne se présente aucun aléa en route.

« Mais, en moyenne, les péniches dont les propriétaires ne possèdent pas de remorqueurs, ne sont rendus à destination avant un bon mois. En hiver, il n'est pas rare que des péniches attendent un mois, voir un mois et demi à Rouen, en l'attente d'un remorqueur pour la continuation de leur voyage vers l'amont. »

Admettons le délai normal de 12 à 15 jours entre le Havre et Paris, comme

(1) Pour les lignes du type actuel, le prix de revient de la tonne kilomètre peut descendre à 0 fr. 0065 d'après M. Colson (voir son exposé au Congrès des chemins de fer 1910), nous sommes donc larges en adoptant 0 fr. 010 pour les chemins de fer futurs.

de plus, et d'après la même source de renseignements que ci-dessus : « 6 jours ouvrables sont accordés pour le chargement, 6 jours ouvrables sont accordés pour le déchargement. La planche commence à courir le lendemain du jour où le bateau est mis à la disposition du chargeur. Ces 6 jours ouvrables, pour chaque opération, s'appliquent aux chargements complets pour les péniches de 300 tonnes. Les délais fixés, tant pour le chargement que pour le déchargement ne sont pas réversibles de l'une sur l'autre des opérations. »

D'après ce qui précède, la durée d'une opération, chargement, voyage et déchargement, entre le Havre et Paris, dans les conditions normales est donc de $6 + 12 + 6 = 24$ jours ; d'où il résulte que, en supposant 20 jours seulement pour une opération complète à la descente, une péniche ne fait en moyenne dans l'année que 8 voyages, aller et retour, entre Paris et le Havre.

Admettons que par une bonne exploitation, et malgré les crues et les glaces, une péniche ou chaland puisse faire 10 voyages par an, soit en moyenne et en nombre rond, 36 jours pour la rotation du matériel entre le Havre et Paris, dans le cas d'une bonne exploitation fluviale, contre 6 jours pour le matériel de chemin de fer dans le cas d'une utilisation défectueuse du matériel.

Si on remarque que la distance, le Havre-Paris (342 km. par la Seine), (228 km. par le chemin de fer) s'éloigne peu de celle que nous avons prise précédemment comme distance moyenne des transports pour nos calculs, on voudra bien admettre avec nous que la rotation du matériel des chemins de fer, est de 6 fois plus rapide que celle des canaux.

Valeur du matériel. — Avec un remorqueur de 75/80 chevaux on peut tirer en temps ordinaire 3 à 5 péniches de 250 à 300 tonnes. Mettons en moyenne 4 péniches, ce qui donne comme prix de revient du convoi, avec prix d'avant-guerre :

1 remorqueur 75/80 chevaux.....	60.000 fr.
4 péniches de 250 à 300 T à 15.000 l'une (1)....	60.000 fr.
Soit pour un chargement total de 1.000 T. utiles	_____
au maximum, un prix de.....	120.000 fr.

ou 120 fr. par tonne utile de capacité maximum du matériel de transport, valeur des remorqueurs comprise. En considérant un train de chalands de 500/600 T. tiré par un remorqueur de 150/200 chevaux, on obtient sensiblement le même prix de revient (2). La Seine étant munie d'écluses capables

(1) Avant-guerre une péniche en bois de 250/300 T. coûtait 12.000 fr. et une péniche en fer 18.000 fr.

(2) Avant-guerre un remorqueur de 150/200 T. capable de remorquer un train de 5 à 7 chalands de 500/600 T. coûtait 120.000 fr. et chaque chaland en fer 60.000 fr.

de recevoir des chalands de plus de 600 T., peut d'après ce que nous avons dit précédemment, débit 2.000 T. à l'heure, ou par 10 heures de fonctionnement, 20.000 T. par jour, ce qui est large, étant donné que ces 20.000 T. représentent le débit qui pouvait être obtenu, avant-guerre, dans les meilleures périodes de trafic, en été.

Pour assurer le trafic journalier dans le sens le Havre-Paris, de 20.000 T. il faudrait d'après ce que nous avons indiqué plus haut, un matériel naval, d'une capacité égale à 36 fois ce débit, soit à 120 fr. la tonne de capacité, un matériel d'une valeur de: $20.000 \times 36 \times 120 = 86.400.000$ fr. (prix d'avant-guerre).

Si donc, nous admettons qu'un canal puisse être construit pour le prix de 750.000 fr. (devis du canal du nord-est avant-guerre), tout en étant capable d'assurer le même débit que la Seine, pour la distance moyenne de transport de 200 km., le prix de revient du canal et de son matériel serait de :

$$\begin{array}{r} 200 \times 750.000 = 150.000.000 \text{ fr.} \\ \text{Matériel naval comme ci-dessus} = \quad 86.400.000 \text{ fr.} \\ \hline \text{Total:} \quad 236.400.000 \text{ fr.} \end{array}$$

soit par tonne de capacité journalière dans chaque sens :

$$\frac{236.400.000}{20.000} = 11.820 \text{ fr.}$$

Si même, ce que nous ne croyons pas, le canal capable de débit 20.000 T. par jour dans chaque sens pouvait être construit pour le même prix que celui de la Marne à la Saône, soit 320.000 fr. par km., le coût total du canal, plus celui du matériel naval, reviendrait encore à 150.000 fr., soit au minimum 7.500 fr. par tonne de capacité journalière dans chaque sens.

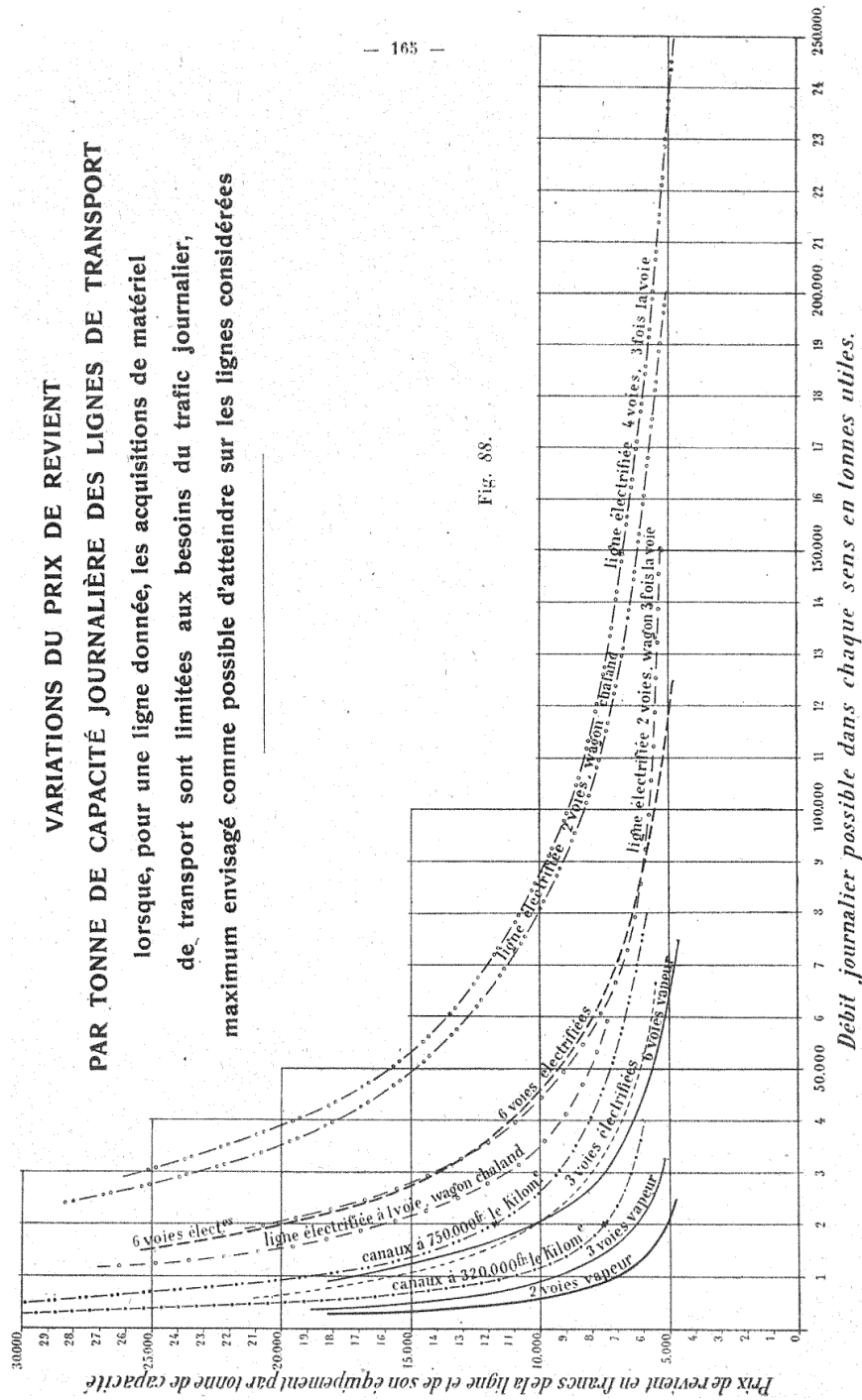
Nous avons trouvé précédemment, que le prix de revient d'une voie ferrée, par tonne de débit journalier possible dans chaque sens, pouvait varier selon le mode de construction et d'équipement de ces lignes, de 4.720 à 5.670 fr. par kilomètre, sauf dans le cas d'une ligne à voie unique à 2 files de roulement, où ce prix de revient peut atteindre 7.120 fr. En comparant ces prix à ceux que nous venons d'établir pour les canaux, on peut dire que :

Les frais de premier établissement par tonne de débit journalier possible, matériel transporteur et matériel de traction compris d'un canal, sont de 4 fois 1/2 à 2 fois plus élevés que sur un chemin de fer.

Ajoutons que les canaux ne peuvent être placés partout, et au sujet du privilège causé aux régions ainsi favorisées, M. Colson dit(1) : « Par une singu-

(1) Cours d'économie politique t. VI.

VARIATIONS DU PRIX DE REVIENT
PAR TONNE DE CAPACITÉ JOURNALIÈRE DES LIGNES DE TRANSPORT
 lorsque, pour une ligne donnée, les acquisitions de matériel
 de transport sont limitées aux besoins du trafic journalier,
 maximum envisagé comme possible d'atteindre sur les lignes considérées



lière application des faveurs budgétaires c'est au profit des parties riches du pays seules que sont créées les voies payées par tous les contribuables, on leur procure des privilèges nouveaux au moyen des ressources de tous. »

Variation des dépenses de premier établissement avec l'importance du trafic maximum envisagé. -- Pour une voie de transport déterminée, chemin de fer ou canal susceptible d'un débit maximum donné, le prix de revient par tonne de capacité journalière, matériel de transport compris, peut être plus ou moins avantageux selon l'importance du trafic maximum envisagé ; mais, si sur cette voie de transport, le trafic n'est pas susceptible d'atteindre de suite le maximum prévu, les dépenses de premier établissement peuvent être diminuées en n'achetant seulement au début que le matériel de transport nécessaire à permettre l'écoulement du tonnage offert, de manière à diminuer les dépenses de premier établissement. Tenant compte des prix d'installation des voies de transport et du prix d'acquisition du matériel de transport, nous avons établi les graphiques de la fig. 88 qui montrent que le prix de revient des canaux par tonne de capacité journalière est toujours supérieur à celui des chemins de fer. Ils montrent également que les lignes à grande puissance, telles que nous les avons définies dans nos études précédentes ne sont intéressantes qu'autant que le trafic journalier dans chaque sens peut atteindre de 12 à 15.000 tonnes.

Conclusion. — Les chemins de fer à grande capacité, capables d'assurer des transports énormément plus considérables que les canaux et à moins de frais, peuvent en outre, atteindre plus facilement les centres à desservir. Les délais de construction de ce chemin de fer seront toujours moindres que ceux des canaux, en sorte que pour satisfaire rapidement et économiquement à l'extension des moyens de transports, dont nous avons un si grand besoin, ce sont des chemins de fer à grande puissance conçus en vue de l'avenir qu'il faut construire et non dépenser des sommes considérables à améliorer les voies actuelles qui seront de par leur nature même, toujours insuffisantes, et surtout ne pas créer à grands frais des canaux qui ne peuvent être installés que dans des régions déjà favorisées et dont le commerce ne fera l'emploi qu'autant que l'Etat prendra à sa charge une partie du frêt réel.

CINQUIÈME PARTIE

COMMENT PRÉPARER L'INSTALLATION

DES

CHEMINS DE FER DE L'AVENIR

**Importance à donner aux installations annexes
pour permettre d'obtenir sur les lignes actuelles et futures
une exploitation rationnelle.**

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

AVANT-PROPOS

Dans les chapitres précédents nous avons montré que, pour les lignes à très gros débit, une exploitation économique des chemins de fer peut être réalisée par l'emploi de lignes à voies extra-robustes, permettant la circulation de wagons à très grande capacité ; ce n'est là, d'ailleurs, que le résultat toujours donné par la loi de concentration des masses à transporter ; c'est ainsi que, pour les canaux, on admet que le frêt peut être diminué lorsque ceux-ci peuvent recevoir des chalands de plus en plus lourds (1), et c'est la même loi qui fait que les compagnies de navigation utilisent des navires d'un tonnage de plus en plus considérable.

Mais, quelle que soit la puissance du débit des lignes de transport, de toute nature, elles ne peuvent donner leur plein effet, qu'autant qu'il ne se produit aucun à-coup, aucune obstruction dans la régularité de l'écoulement des masses de transport entraînant une augmentation démesurée du temps de rotation normal du matériel roulant ou flottant, pour les distances de transport moyennes prévues dans la détermination de l'effectif de ce matériel de transport.

Nous avons signalé dans notre première partie qu'en raison de l'importance du tonnage à envisager pour les lignes à très gros débit, il était indispensable que ces chemins de fer soient munis de très grands magasins, régulateurs du trafic.

A la fin du chapitre premier de la IV^e partie, nous avons également signalé l'intérêt présenté par l'utilisation des lignes extra-puissantes, à la jonction des lignes maritimes et des lignes terrestres à grand trafic.

Ce sont ces points particuliers de la question des chemins de fer à gros

(1) M. Imbeau dans son rapport au Congrès général du Génie Civil (session nationale, mars 1918), déjà cité, rappelle un tableau dressé par M. Renaud, qui montre que le coût total, sans péage, du transport d'une tonne kilométrique par eau avec des chalands de 600 T. n'est que de peu supérieur aux 2/3 de celui obtenu avec des péniches de 280 T. dans les divers cas d'utilisation envisagés.

débit, établis soit avec des lignes du type actuel, soit en vue de l'avenir, que nous allons examiner dans cette cinquième partie en les faisant suivre d'un exposé de notre manière de voir, dont il devrait être tenu compte dans le choix du tracé et l'implantation des chemins de fer coloniaux, et d'un résumé des avantages de la création d'un réseau unique pour les lignes à grande puissance.

Pour terminer, nous essayerons de tirer des conclusions de tout l'ensemble des idées exposées dans ce travail.

CHAPITRE PREMIER

MANUTENTION & MAGASINAGE DES MARCHANDISES

I. — BASES D'ORGANISATION

Nécessité d'avoir recours à la manutention mécanique. — Le minimum de manutention dans les gares est, en principe, réalisé si, comme admis d'une manière presque générale dans les installations d'avant-guerre, les voitures ou camions arrivant à ces gares pouvaient être amenés soit bord à bord avec les wagons correspondants, soit même en face de ces wagons avec interposition d'un quai de déchargement. Mais ce minimum de manutention ne peut être obtenu que si les opérations de transbordement peuvent s'effectuer sans immobilisation des wagons ou attente trop prolongée des voitures ou camions. Cette solution idéale est-elle réalisable même avec quai interposé?... Nous ne le croyons pas!... car il est plus rapide de charger ou décharger un wagon de 10 T. de marchandises, que d'enlever ou mettre cette même marchandise sur les 5 à 10 camions automobiles ou 10 à 15 voitures à chevaux nécessaires pour recevoir ce chargement. Les opérations de transbordement sur les véhicules de transport par route ne peuvent en effet, étant donné la capacité relativement faible de ceux-ci, avoir la même continuité que celle possible avec les wagons, en raison surtout des pertes de temps nécessitées par le remplacement des véhicules pleins, par des véhicules vides ou inversement.

Pour résumer les observations ci-dessus on peut dire que, pour les opérations de transbordement, le débit possible par mètre de longueur de voie avec ou sans quai, est plus considérable du côté des wagons que du côté des voitures ou camions, et que par suite, si on veut éviter une immobilisation des wagons, il est nécessaire de créer un « réservoir d'équilibre » entre les wagons et les véhicules routiers. La création de ce réservoir, en l'espèce un quai plus ou moins large, couvert ou non, entre wagons et voitures, entraîne

l'obligation de manutentionner au moins deux fois les objets. C'est dire que, même en se plaçant pratiquement dans le cas le plus favorable, les opérations de transbordement sont complexes, et doivent par suite, être étudiées, avec le plus grand soin.

Etant donné l'accroissement constant du trafic, la question d'aménagement de certaines gares avec moyens de manutention mécanique se posait déjà nettement bien avant la guerre.

Maintenant que les besoins en transports sont accrus, alors que la main-d'œuvre fait défaut et coûte excessivement cher, la nécessité d'avoir recours à la manutention mécanique se fait de plus en plus impérieuse, surtout si on veut bien remarquer que, dans le but de diminuer le nombre de ces manutentions et des opérations accessoires annexes, le groupage des expéditions est tout indiqué, ce qui a pour résultat d'augmenter le poids moyen des colis jusqu'à rendre leur manutention quasi impossible à bras d'homme.

Actuellement le recours à la manutention mécanique, partout où cela est possible, devient plus qu'une nécessité, c'est une obligation.

A notre avis, c'est même le devoir des dirigeants de ne pas hésiter, en vue de l'avenir, à faire les dépenses nécessaires pour substituer le plus possible la manutention mécanique totale ne nécessitant que peu de personnel, aux errements en usage, lesquels, surtout dans les opérations de gares pour les colis courants, exigent encore que la majeure partie des opérations de force soient exécutées à bras d'homme.

Cette obligation d'avoir recours à la manutention mécanique a d'ailleurs appelé l'attention de bien des spécialistes des chemins de fer, et M. Sabouret notamment, a fait sur ce sujet une très intéressante conférence à l'École des Ponts-et-Chaussées (1).

Magasins des gares et stations. — Nous venons de voir que, même pour les opérations de transbordement simples, il est nécessaire de créer dans chaque gare présentant un trafic appréciable, des aménagements spéciaux permettant d'assurer sans à-coup et sans immobilisation de wagons ou de voitures, les manutentions nécessaires.

Parmi les marchandises arrivant à une gare, une bonne partie est souvent réexpédiée de cette même gare par le commerçant de gros ou de demi-gros, à laquelle elle était adressée. Toutes les manutentions faites pour transporter ces marchandises de la gare au magasin du commerçant, et inversement, le sont donc sans utilité pratique, et dans l'intérêt général, il serait préférable que ces dites

(1) Voir *Revue Générale des Chemins de fer et Tramways* d'Octobre 1919.

marchandises aient pu être laissées en gare dans des magasins, à créer au besoin, quitte à faire payer à ces marchandises un droit de magasinage, ou mieux la location des emplacements occupés par elles dans ces magasins.

En outre, si on veut bien remarquer que les opérations de groupement qui permettent de si intéressantes économies sur les frais de transport ne peuvent pratiquement se faire qu'autant qu'au départ, tout au moins, les marchandises doivent pouvoir rester en gare assez longtemps pour attendre la constitution de groupements favorables, ce qui peut demander de 8 à 15 jours, même un mois, on comprendra la nécessité de créer dans toutes les gares et stations des magasins assez vastes pour recevoir au moins de 15 jours à un mois de trafic. Tous ces magasins étant munis pour les raisons indiquées plus haut, d'un nombre amplement suffisant d'engins de manutention mécanique.

II. — STATIONS, MAGASINS & ENTREPOTS

Nous venons de montrer l'intérêt qu'il y aurait à munir toutes les gares de magasins capables de recevoir 8 à 15 jours, même un mois de trafic. En plus des économies de manutention qu'ils permettraient de réaliser, sans compter les avantages commerciaux qu'ils procureraient, ainsi que nous le dirons plus loin, ces magasins envisagés au seul point de vue du trafic des lignes, assureraient à celles-ci une grande régularité dans le service des trains.

Situation. — Pour faire disparaître presque complètement les engorgements qui se produisent si souvent, actuellement, en certains points des réseaux, il est nécessaire à notre avis, que dans les très grands centres commerciaux, aux ports de mer et aux portes des grandes villes de l'intérieur, ou aux nœuds des lignes de transport, ces derniers se confondant presque toujours avec les points précédents, il soit créé des entrepôts capables d'emmagasiner de 3 à 6 mois de trafic et même plus. Ces magasins ou entrepôts, pour les raisons que nous venons de donner, devraient être pourvus abondamment d'engins de manutention mécanique permettant le chargement et le déchargement des wagons en un temps très réduit.

Ces organisations permettraient un grand progrès sur ce qui peut être réalisé avec des manœuvres à bras, car pour décharger un train de 500 T. utiles environ, il faudrait au moins 2 h. 1/2 à 3 heures, en admettant qu'on puisse disposer des 200 à 250 hommes nécessaires à raison de 4 à 5 par wagon, ce qui est le maximum de ce qu'on peut mettre par véhicule sans qu'il y ait gêne.

Organisation. — On conçoit facilement l'organisation de tels centres de manutention rapide, soit par l'emploi de batteries de 30 à 40 grues pivotantes,

capables de desservir tout un train pour le décharger et le recharger en une heure, avec, tout au plus, une centaine d'hommes, soit par l'emploi de portiques ou de ponts roulants à tourelle, ce qui demanderait encore moins de personnel que les batteries de grues, 20 à 30 hommes seulement, mais prendrait un peu plus de temps, environ deux heures.

Les chiffres ci-dessus qui montrent les importantes économies de main-d'œuvre réalisables, s'appliquent évidemment à un très grand centre, mais le résultat obtenu par la manutention mécanique ne serait guère amoindri dans des installations moins conséquentes.

On dira que tout cela coûte très cher, mais, de même que la construction des ouvrages d'art, ponts, viaducs, etc., se justifie par les économies d'exploitation résultant de la différence de longueur réelle ou virtuelle du parcours, par suite des détours évités ou des pentes et rampes supprimées; pour les stations, magasins conçus comme dit ci-dessus, du fait des économies de main-d'œuvre, de la meilleure utilisation du matériel roulant dont la rotation sera activée par les installations mécaniques, de la régularité du trafic que permettront lesdits magasins, et des facultés de groupage qu'ils rendront possibles, ces magasins ou entrepôts procureront des économies d'exploitation très importantes.

Cette organisation, dont le principe dominant est la libération immédiate du matériel roulant, n'aurait semble-t-il, aucune peine à être supérieure au système actuel qui consiste à multiplier les garages et les gares de triage, ce qui demande également beaucoup de place, coûte cher, et dont le résultat est souvent d'immobiliser des wagons qu'on ne peut sortir du fouillis créé par ces installations sans se livrer à une série de manœuvres considérables pour rectifier les erreurs de triage. Avec des magasins dont tous les points sont atteints par le crochet d'un engin de manutention mécanique, il est toujours facile de rectifier rapidement une erreur, les ponts roulants ou autres pouvant avoir de grandes vitesses de déplacement et se manœuvrant avec une facilité considérablement supérieure à celle des rames de trains.

L'importance des vols si fréquents dans les gares de triage, où ils sont facilités par la difficulté extrême de surveiller de telles installations, serait singulièrement diminuée dans les stations-magasins, où la presque totalité des marchandises en transit dans ses gares, serait emmagasinée dans des locaux faciles à surveiller, grâce aux dispositions des magasins, et en raison surtout de leur surface plus réduite que celle des gares de triage pour les mêmes quantités de marchandises.

Les magasins renfermant des matières de valeur pourraient être clos la nuit, et même, grâce à la surface relativement faible de ces installations, des murs de

clôture élevés pourraient être construits, sans dépenses exagérées pour le but à atteindre.

En résumé, les stations-magasins telles que nous les concevons, permettraient de réaliser des triages et regroupements aussi bien, sinon beaucoup mieux, et plus rapidement que les gares de triage encore à la mode, tout en y joignant les avantages procurés par les magasins, tant pour la sécurité des marchandises que pour les opérations commerciales qu'ils permettent.

Besoin de création immédiate de grands magasins. — Nous venons d'indiquer tout l'intérêt offert par la création des stations-magasins conçues en vue de permettre les triages et regroupements. Ces avantages sont immédiats, et il n'est pas besoin pour en profiter d'attendre la création de voies de l'avenir, qui font l'objet principal de cette étude. Nous dirons plus : *la création de ces stations-magasins conçues en vue des besoins et procédés de l'avenir, doit précéder la construction des lignes à très grande puissance.* Ces lignes, en effet, ne peuvent donner un rendement justifiant leur installation qu'autant que le trafic considérable pour lequel elles sont conçues, puisse être réalisé d'une manière rationnelle, ce qui ne peut avoir lieu qu'avec des stations-magasins distantes de 50 à 80 kilomètres. Or, si on veut bien examiner la situation des grands centres commerciaux et des points de croisements ou nœuds des courants de trafic, on constatera que toutes les stations-magasins à créer sur les réseaux actuels sont entre elles à une distance répondant à la condition ci-dessus et se trouvent sur le faisceau des lignes à grand trafic qu'il y a lieu d'envisager en vue de l'avenir. C'est ce faisceau de lignes qui, dans notre pensée, devra constituer ce que nous appelons le réseau syndical des grandes compagnies, réseau sur lequel toutes choses seront unifiées.

Pour résumer nous dirons : les stations-magasins d'abord, les lignes à grande puissance ensuite ; c'est-à-dire créer de puissants accumulateurs du trafic avant de songer à construire des lignes à très gros débit.

III. — FRAIS D'INSTALLATION DES STATIONS-MAGASINS ET MOYENS DE LES RÉCUPÉRER

Dépenses à engager. — Quelles dépenses faudrait-il engager pour installer ces stations-magasins, sortes de magasins-centraux ?

Avant la guerre, le prix de revient des halls à marchandises était évalué à 50 ou 70 francs par mètre carré de surface couverte, et de 50 à 120 francs par mètre carré de surface utile ; pour les engins de levage il faut compter, toujours sur prix d'avant-guerre, 40 à 60 francs par mètre carré de surface desservie par

ces engins, ce qui correspond à une grue roulante ou un pont roulant électrique de force moyenne de 3 à 5 T. agissant sur environ 10 mètres de largeur et 40 mètres de longueur ; pour les voies d'accès des wagons, à raison d'une voie par 10 mètres de largeur de magasin, ce qui est beaucoup, soit 1 mètre de voie par 10 mètres carrés utiles, et en admettant que les installations secondaires à faire en dehors des magasins pour raccordements divers de ces voies, porte le développement total au double des parties en contact avec le magasin ; à raison de 40.000 à 50.000 francs le kilomètre de voie simple ne comprenant guère que l'infrastructure, comme c'est le cas, la dépense correspondante ne serait que de 10 francs par mètre carré en plus de celles prévues ci-dessus, c'est donc au total une dépense de 140 à 180 francs par mètre carré utile de magasin, à laquelle il faut ajouter celle des acquisitions de terrains. Il est possible, avec des études soignées, d'obtenir deux mètres carrés utiles par trois mètres carrés de terrain aménagé. Nous nous contenterons d'admettre que l'utilisation n'est que de 50 0/0. Avant-guerre, le mètre de terrain, même au voisinage des grandes agglomérations, pouvait s'acquérir pour deux francs, nous serons donc larges en adoptant le chiffre de cinq francs. Le prix de revient du mètre carré utile de magasin pour lequel il faut acheter deux mètres carrés de terrain, s'élèvera donc au total de 120 à 200 francs.

Nous adopterons ce chiffre de 200 francs, correspondant aux installations les plus perfectionnées. En raison des engerbages possibles, grâce aux engins spéciaux de manutention, c'est rester au-dessous de la vérité que d'admettre la limite de 2 T. par mètre carré utile comme possibilité de mise en magasin. Si les magasins sont à étages, ce qui sera le cas général, le plancher pourra recevoir une charge limitée à 4 T. 500 par mètre carré, mais la moyenne de 2 T. pourra être atteinte, grâce aux poids lourds qui seront réservés pour les parties de magasin installées directement sur sol, celui-ci étant consolidé au besoin.

Les chiffres que nous venons de donner se vérifient d'ailleurs par ceux obtenus dans certaines installations existantes correspondant comme conception à ce que nous préconisons pour les stations-magasins.

Ainsi les magasins publics du port d'Austerlitz (1), construits en bordure de la Seine de 1907 à 1908, qui ont 40 mètres de profondeur sur 480 mètres de façade, ont été construits en ciment armé pour le prix de 3.500.000 francs. Ces magasins comportent 3 étages et sont munis d'engins de manutention électriques nombreux.

En admettant que la toiture, qui peut pourtant porter 1000 kg. par mètre carré, ne soit pas utilisée, la surface des deux étages intermédiaires capables de supporter 1500 kg. par mètre carré, et celle du rez-de-chaussée, présente encore

(1) D'après le *Génie Civil* du 26 juin 1909.

au total une surface utile de 50 à 52.000 mètres carrés environ (déduction faite de leur surface totale brute de celle des chemins d'accès des voitures et camions, et des passages à laisser aux grues, vélocipèdes, etc., etc.). C'est donc au maximum à 70 francs le mètre carré utile qu'est revenue la construction de ces magasins, non compris les installations mécaniques.

Les magasins à grains de Tempelhof sur le canal de Teltow près de Berlin, qui mesurent 25 mètres de largeur et 120 mètres de façade, sont en ciment armé, ils ont un sous-sol, un rez-de-chaussée capable de supporter 2000 kg. par mètre carré, et 5 étages supportant 1500 kg. par mètre carré ; ils ont coûté 1.100.000 fr. compris la machinerie (1).

Ces magasins présentent 20.000 mètres carrés disponibles. La dépense dans ce cas est très faible, puisqu'elle descend à 55 francs par mètre carré de surface utile.

Nous indiquerons encore d'après la conférence de M. Sabouret, déjà citée, sur la manutention mécanique dans les gares et dépôts, la halle du Pennsylvania à Chicago, construite pendant la guerre. C'est une halle en ciment armé de 210 mètres sur 125, qui couvre 18 voies pouvant contenir 300 wagons, placées à la partie inférieure. L'étage au-dessus contient les cours et les quais utilisés au chargement et au déchargement des camions. Ces 2 parties inférieures de l'installation sont donc utilisées uniquement aux installations de transbordement ; au-dessus se trouvent un grand nombre d'étages-magasins destinés à servir d'entrepôt. En admettant que chacun de ces étages qui couvre une surface de 26 250 mètres carrés, ne présente que 20 000 m² carrés de surface utilisable, et qu'il n'y ait que 5 étages de magasins (2), ce qui est bien peu pour une construction américaine, le prix de cette installation ne reviendrait qu'à 250 francs le mètre carré (prix pendant la guerre).

Nous pensons qu'étant donné les exemples ci-dessus, en adoptant le chiffre précédemment déterminé de 200 francs, comme prix de revient total des stations-magasins, par mètre carré de surface utilisable, cette dépense serait facilement gagée par une faible taxe comprenant la manutention plus, ainsi que nous le préconisons, le droit de rester 15 jours à un mois en magasin.

Taxes à appliquer.— Avant-guerre, la taxe de manutention était de 0 fr. 60 pour les marchandises expédiées sans condition de tonnage et de 0 fr. 45 pour les expéditions au-dessus de 4.000 kg. au départ et autant à l'arrivée, soit au total 1 fr. 20 ou 0 fr. 90 par tonne expédiée, selon le cas. Au-delà de 48 heures, les frais de magasinage étaient de 1 franc par jour et par tonne.

(1) D'après le *Génie Civil* du 12 décembre 1908.

(2) Dans sa conférence, M. Sabouret ne donne pas le nombre d'étages.

Sur ces bases, une tonne de marchandises stationnant au total un mois en magasin, aurait à payer au départ :

Manutention au départ	=	0 fr. 60
1 jour de magasinage à 0 fr. 20	=	0 fr. 20
1 — — à 0 fr. 40	=	0 fr. 40
13 — — à 1 fr.	=	13 fr.
Total	=	14 fr. 20

et autant à l'arrivée soit : 28 fr. 40 par tonne.

Il est vrai que les tarifs actuels de magasinage sont prohibitifs (1).

Pour permettre de couvrir les frais d'exploitation et d'amortir les capitaux engagés dans la création des stations-magasins, et sans tenir compte des très importantes économies d'exploitation et avantages de toute nature qui permettraient de réaliser ces installations, quel tarif faudrait-il appliquer ?

L'amortissement en 20 ans à 8 % par exemple de la somme de 200 francs, prix de revient admis par mètre carré utile de magasin, exige une recette minimum de 20 francs par an, soit en nombres ronds, 1 fr. 60 par mois, 0 fr. 80 pour 15 jours. En adoptant une utilisation de 50 % seulement de ces surfaces disponibles, c'est-à-dire que celles-ci ne reçoivent que une tonne de marchandises en moyenne, au lieu de deux possibles, la taxe par tonne devra comprendre d'abord les sommes déterminées ci-dessus comme nécessaires à assurer l'amortissement du capital engagé, en y ajoutant environ 10 % pour couvrir les frais d'entretien des installations, et pour frais de manutention de chaque tonne, une somme de 0 fr. 25 tant au départ qu'à l'arrivée, ce qui est beaucoup pour des installations mécaniques (2), on obtiendrait au total une taxe de 1 fr. 13 pour 15 jours, soit en majorant un peu pour imprévu, en nombres ronds des taxes par tonne, ou par mètre cube dans le cas de marchandises encombrantes, de 1 fr. 20 pour 15 jours de magasinage et manutention comprise au départ; 1 fr. 45 à 1 fr. 50 pour 15 jours de magasinage, manutention au départ et à l'arrivée comprise, et 2 fr. 50 pour une opération complète comprenant au total un mois de magasinage réparti entre le départ et l'arrivée, ainsi que les opérations de manutention correspondantes.

(1) En établissant des frais de magasinage prohibitifs, le législateur a voulu, avant tout, empêcher le public d'user des gares comme d'un entrepôt, et garantir les compagnies contre l'encombrement de leurs locaux (voir *Manuel de transports commerciaux et de douanes* de M. Emile Hennequin). C'est à notre avis une erreur: les compagnies abritées par un tarif n'ont pas donné à leurs magasins les extensions nécessaires, et la crise actuelle tient pour beaucoup à cette imprévoyance.

(2) Avant-guerre, les opérations de transbordement à bras d'hommes, de voie étroite à voie normale, ou inversement, pouvaient facilement être assurées à moins de 0 fr. 30 la tonne.

Ces chiffres établis sur base d'avant-guerre se trouvent être de plus de 10 fois inférieurs à ceux résultant de l'application des tarifs en usage en 1914, ils sont tels que certainement le commerce trouverait son avantage à utiliser les magasins.

Mode d'application des taxes. — En vue d'obtenir le meilleur rendement des installations nouvelles, étant donné que par le groupage on peut obtenir de sérieuses économies d'exploitation, nous estimons que c'est au départ seulement que devraient être appliquées les taxes très faibles de 1 fr. 20 ou 1 fr. 50 donnant droit à 15 jours de magasinage gratuit, au besoin même, ces taxes pourraient être diminuées et ramenées aux seuls frais de manutention pour ne pas dire qu'il serait donné la gratuité complète pour 15 jours de stationnement au départ, manutention comprise, ce qui dans notre pensée serait une excellente chose ; même pour les marchandises en attente en vue d'expéditions par wagons complets, la période de gratuité pourrait atteindre un mois.

Par contre, à l'arrivée, toute marchandise non enlevée dans le délai de 24 heures, paierait des droits de quai, absolument prohibitifs, 2 ou 3 francs par jour et par tonne, plus, si nécessaire.

Pour corriger ces taux excessifs, qui ont pour but d'assurer le désencombrement des quais à l'arrivée, le moyen serait donné aux destinataires ainsi qu'aux groupeurs et transitaires, de dégager les quais en leur louant à un prix raisonnable, des emplacements dans les magasins.

Pour concrétiser nos idées, nous dirons que, par exemple, les marchandises seront reçues en magasins jusqu'à 15 jours et manutentionnées gratuitement au départ ; à l'arrivée elles n'auraient à payer en plus des frais de transport évalués à la tonne kilomètre, en tenant compte de la valeur, que 1 franc à 1 fr. 50 par tonne pour frais de manutention, droits de gare et divers, si elles sont enlevées immédiatement ou déposées dans les magasins, lesquels pourraient être loués à raison de 2 francs à 2 fr. 50 par mètre carré et par mois, prendrait-on même 3 francs par mois, cela ne ferait que dix centimes par jour et par tonne, les locaux loués n'étant utilisés, en moyenne, que pour 50 % de leur capacité.

IV. — AVANTAGES COMMERCIAUX PROCURÉS PAR LA MULTIPLICATION DES MAGASINS & ENTREPOTS

Depuis de nombreuses années, nous sommes convaincus de la nécessité de construire, partout où cela est possible, des magasins et entrepôts.

C'est ainsi qu'en 1905 nous avons publié une note sur l'intérêt que présenterait la création de « Magasins à blés », dans les stations agricoles de l'Espagne.

En 1911, dans un « Essai sur une méthode de comptabilité des chemins de fer », nous écrivions : « En vue de faciliter la concentration des marchandises, notamment pour la grande vitesse, nous avons songé à la création possible d'entrepôts, au voisinage des gares principales. Il s'agit moins de compliquer les rouages des principales stations que de simplifier le travail qui s'y exécute. En effet, les entrepôts peuvent être indépendants des Compagnies, laissés uniquement à l'initiative de telle ou telle Société. Mais l'avantage que l'exploitation des chemins de fer en retire nous paraît des plus importants ».

Maintenant, nous avons l'impression que sous la poussée des faits, surtout depuis la situation critique créée par la guerre, notre manière de voir au sujet des magasins de gares commence à être mieux saisie par les intéressés (1).

Dans cet examen de la situation générale des Chemins de fer envisagés surtout en prévision de l'avenir, nous ne rappellerons que les parties principales de nos études antérieures sur les avantages procurés par la multiplication des magasins, en essayant de faire ressortir combien il est nécessaire et urgent au point de vue commercial, d'activer la création de magasins de toute nature le long de nos voies ferrées, ainsi d'ailleurs, que de toute autre voie de transport.

Groupage. — Au chapitre premier de la première partie de ce volume, nous avons déjà appelé l'attention du lecteur sur les avantages du groupage, avantages que faisaient nettement ressortir nos études sur la comptabilité des Chemins de fer rappelées ci-dessus, et dans lesquelles, après avoir montré qu'avec les errements en usage, les recettes dans les accessoires de grande vitesse étaient inférieures aux dépenses correspondantes, nous étions amenés à dire : « Il ne suffit pas de bien utiliser les fourgons. Il est de toute importance que la tonne comprenne moins d'expéditions afin de réduire les frais de manutention, etc., qu'il n'y ait pas trop de petits colis séparés, nécessitant des manipulations particulières, et cela sans être à l'abri des vols, avaries, retards, car en définitive, pour un chargement déterminé, on accroit, en multipliant les expéditions, et les chances de pertes et le travail intérieur des gares. » Et nous ajoutions : « Le groupage est précisément cette opération commerciale qui a pour but de présenter, en une seule expédition, un chargement important. Au regard de la Compagnie, il doit assurer des expéditions puissantes, régulariser le transport, réduire les frais de manutention, chargement, déchargement, délivrance des bulletins, etc.

(1) C'est ainsi qu'en reconstruisant la gare de marchandises de Saint-Sauveur à Lille, la Compagnie du Nord a songé à installer onze halls, immenses bâtiments construits selon les données les plus modernes, offrant aux commerçants et industriels des abris précieux (*Information* du 26 Octobre 1919). — Par la conférence déjà citée de M. Sabouret sur la manutention dans les gares, nous savons que la Compagnie d'Orléans se préoccupe également de cette question des magasins bien outillés.

Au regard de l'expéditeur, il doit correspondre à un avantage économique sensible, à un abaissement des tarifs pour les expéditions de fortes masses, et n'exigeant qu'une manutention des plus faciles ».

Dans l'étude de 1911, par application de la formule à 4 termes qui en constitue la base, les résultats obtenus, en supposant la généralisation du groupage, donnaient des économies possibles un peu fortes. Je m'en suis rendu compte, et j'ai poursuivi et complété ce premier travail avec la collaboration de M^{lle} Thérèse Leroy, jeune mathématicienne aussi modeste que capable et consciencieuse. Le résultat en a été une formule à 12 termes (1).

Cette nouvelle formule appliquée aux résultats d'exploitation du réseau de l'Est en 1913 a amené M^{lle} Leroy aux conclusions suivantes : « L'organisation du groupage, sur le trafic des accessoires de grande vitesse du réseau de l'Est en 1913 aurait pu permettre en réduisant à une par tonne le nombre des expéditions, de réaliser une réduction des dépenses s'élevant à 4.649.000 francs. Le prix de revient moyen de la tonne kilométrique d'accessoires de grande vitesse aurait été de ce fait réduit de 0 fr. 335 à 0 fr. 331. Il eut été possible d'attribuer aux groupeurs-agents ou non de la Compagnie, une prime d'encouragement s'élevant à 4 francs par tonne groupée au départ. »

Ceci montre bien l'erreur que commettaient les Compagnies en considérant les groupeurs comme des sortes de concurrents, en gênant leur action par tous les moyens en leur pouvoir, aidées qu'elles étaient en cela, par les lois, notamment la loi du 30 mars 1872 instituée en principe pour que le fisc ne soit frustré de droits de timbre considérables. — Au sujet de ces droits de timbres, nous avons déjà signalé combien il eut été simple de décider que les marchandises groupées paieraient au profit de l'Etat, une surtaxe de 0 fr. 020 environ, ce qui eut donné la même recette à l'Etat.

Les compagnies semblent maintenant se rendre mieux compte de l'intérêt du groupage, lequel avait été compris dans certains pays étrangers, et, c'est avec satisfaction, que nous avons lu dans le *Manuel des transports commerciaux et de douane* de M. Emile Hennequin, chef de bureau au Service commercial de la Compagnie P.-L.-M. : « Le groupage, qui est appliqué presque partout (notamment en Allemagne (2), en Autriche, en Angleterre, etc.), et qui tend à se généraliser en France, rend, quoi qu'on en dise, de réels services aux commerçants et aux

(1) Cette intéressante étude a fait l'objet d'un mémoire important présenté avec succès par M^{lle} Thérèse Leroy à la Faculté des Sciences de Lyon pour l'obtention d'un diplôme d'Etudes supérieures de Mathématiques.

(2) En Allemagne presque toutes les expéditions se font par l'intermédiaire de groupeurs. L'écart entre les prix de transport par petites quantités et celui par wagon complet de marchandises groupées dépasse 50 0/0.

industriels. En effet, il désencombre les gares et assure une plus grande célérité en même temps qu'une bonne utilisation de matériel ; par suite de l'emploi de wagons directs, il supprime les transbordements et évite la détérioration des marchandises fragiles, de plus, il épargne au chemin de fer des frais résultant de l'acceptation isolée des colis.

« Par l'opération du groupage, la besogne des gares de départ et d'arrivée est simplifiée : taxation pour l'ensemble des poids remis sur un prix par tonne de X dûment homologué, au lieu d'appliquer des taxes suivant la valeur et le poids des colis isolés : chargement presque toujours direct de voiture à wagon par l'expéditeur ; déchargement par le destinataire dans les mêmes conditions, etc. Longtemps les Compagnies de chemins de fer ont vu dans le commissionnaire-groupeur un concurrent exploitant les chemins de fer ; maintenant on les considère plutôt comme un bon client, comme un auxiliaire. Les taxes perçues pour le transport groupé sont évidemment moins élevées que celle des colis isolés, mais le chemin de fer trouve cependant un avantage à les concéder ; les envois sont, en effet, remis au transport en bloc, et le rôle du chemin de fer se borne à tractionner de gare à gare un véhicule chargé et arrimé, et l'administration réalise de la sorte une économie sur le personnel préposé à l'acceptation, à l'enregistrement, à la taxation et au camionnage des transports.

« C'est, en un mot, le désir d'utiliser autant que possible le matériel de transport, et, dans certains cas aussi, les conditions de la concurrence étrangère qui ont amené les Compagnies de chemins de fer à favoriser le groupage des marchandises, soit directement par ses intermédiaires, soit par des dispositions de tarifs. » (1).

Les avantages du groupage commencent donc maintenant à être connus et appréciés, ils donneront encore de meilleurs résultats si on supprime le droit de timbre sur les expéditions en le remplaçant par une surtaxe, comme nous l'avons demandé, mais, surtout, c'est par la création des magasins de plus en plus nombreux, en assurant le magasinage gratuit au départ, dans les conditions exposées plus haut, qu'on pourra tirer du groupage tout le bénéfice possible.

Extension des opérations de crédit sur warrants. — Les vastes magasins construits sur l'ensemble du pays, dans des conditions que nous venons d'indiquer, peuvent devenir la base essentielle de nouvelles opérations de crédit sur warrants.

Les parties louées de ces magasins, ou des portions déterminées de ces parties, peuvent être assimilées aux Magasins Généraux établis par le décret du

(1) Actuellement, de tous les réseaux français, seuls l'Est et le Nord, prévoient un tarif de groupage pour transport des marchandises de toute nature expédiées par wagons d'au moins 5 à 10 tonnes.

21 Mars 1848 pour recevoir les matières premières, les marchandises et les objets fabriqués que les négociants et les industriels veulent y déposer.

« Tout négociant déposant des marchandises dans les Magasins Généraux peut toujours exiger de l'Administration la délivrance du récépissé à ordre et du warrant y annexé, même sans avoir l'intention de les négocier ; il a ainsi en portefeuille un titre établissant qu'il existe des marchandises à son nom dans le magasin général, et si, pour une cause quelconque, il désire emprunter sur ces marchandises, il n'a qu'à présenter ce titre à un banquier et s'entendre avec ce dernier. Ces conditions déterminées, le banquier désigne, le plus souvent, un expert chargé de déterminer la valeur de la marchandise qui sert de base pour l'avance à consentir.

« Sur le vu du procès-verbal d'estimation remis par l'expert, le banquier fixe la somme qu'il peut avancer sur la marchandise. En principe, pour les avances sur marchandises, les banquiers suivent le quantum fixé par la Banque de France, pour le réescompte des warrants. »

Or les conditions d'admission des warrants à la Banque de France sont très strictes et n'envisagent guère que le warrantage des matières premières ou assimilables, de matériaux à œuvrer ou demi-finis, et relativement faciles à conserver comme les minerais, le blé, le riz, le café, les alcools, les vins, les métaux en lingots ou en barres, les tissus de coton, les laines brutes et lavées, les laines peignées, les cuirs, le sucre etc., etc... ; par contre, les dentelles de soie, les laines filées et tissées, le thé, la viande salée d'Amérique, ne sont pas considérées comme warrantables par la Banque de France.

Pour les produits finis de l'industrie, comme par exemple, les ustensiles de ménage, l'outillage agricole, les machines, il n'en est pas question.

Nous reconnaissons que pour des marchandises de cette nature, on peut à bon droit, se méfier de la qualité des matériaux et de la bonne fabrication des divers organes dont ils peuvent se composer, ainsi que du prix qui serait exigé pour les pièces de rechange, si parfois un des organes venait à manquer. Mais si nous considérons que pour les alcools, pourtant admis en warrant du fait même de leur provenance (betteraves, riz, blés, maïs) et de l'usine qui les a rectifiés, leur valeur peut correspondre à une prime de 100 % sur le cours des alcools non rectifiés (1). On voudra bien admettre avec nous que dans le même ordre d'idées, tenant compte de la valeur d'une machine, par exemple d'après expertise (2) et de

(1) Nous avons fait en 1918 une étude sur le monopole de l'alcool.

(2) A notre avis il serait excellent que toute marchandise mise en entrepôt soit immédiatement expertisée, par expert assermenté. Au récépissé serait annexé une police d'assurance constatant la valeur expertisée. Dans le paiement de la prime d'assurance devrait être comprise une prime comme paiement des experts après la délivrance du récépissé à son dernier détenteur. Par contre, les experts devraient déposer une caution et se faire assurer contre toute erreur qu'ils pourraient commettre.

la certitude de plus ou moins bonne exécution assurée, soit par le renom du constructeur, soit par une caution déposée par lui en banque pour garantir la bonne fabrication, il est possible d'étendre d'une manière considérable les opérations de crédit sur warrants.

Actuellement, ces opérations ne sont possibles qu'en peu d'endroits, les Magasins généraux étant rares, alors que par la création de magasins à tous les points de quelque importance des voies de transport, il sera possible aux agriculteurs, dès leur récolte faite, aux industriels dès leurs produits de vente courante, fabriqués en séries, terminés, de les mettre en magasins et d'obtenir des avances. Celles-ci ne seraient-elles que de 25 % de la valeur des produits, qu'il en résulterait pour les intéressés, une diminution notable de leur fond de roulement.

Les capitaux ainsi rendus disponibles seraient utilement employés à améliorer les moyens de culture chez les agriculteurs, et ceux de production économique chez les industriels. Résultat : diminution des prix de revient dont tout le monde profiterait d'une façon plus ou moins directe.

En résumé l'extension des magasins permettrait, en y organisant le warrantage des objets déposés, une diminution importante des capitaux immobilisés comme fonds de roulement, ce qui entraînerait, pour le bien commun, une augmentation des moyens agricoles et industriels.

Contrôle fiscal. — Pour assurer une bonne perception des impôts indirects, et même directs, de toute nature, il est indispensable que l'État possède les moyens de suivre les grands courants des opérations commerciales.

Il est certain que l'institution des magasins dans presque tous les centres, en raison des facilités offertes pour leur utilisation, et des commodités qu'ils présenteraient pour la réception et l'expédition des marchandises, attirerait les commerçants qui auraient tendance à en faire un usage presque exclusif par rapport à toute autre sorte de magasin.

Étant donnés les moyens de contrôle, faciles, que donnerait l'examen des écritures d'entrée et de sortie, il serait possible d'obtenir des indications précieuses sur le mouvement commercial ainsi que sur les quantités de produits de toute nature réellement consommés dans les divers endroits, les prévisions budgétaires établies sur le rendement des impôts s'appliquant à tel ou tel objet de consommation courante, s'appuieraient alors sur des bases sérieuses.

D'ailleurs, pour la perception des impôts, il nous semble même qu'il serait rationnel de considérer chacun des magasins par rapport aux taxes intérieures, comme sont considérés les entrepôts en douane pour les droits de douane, les taxes

ne seraient perçues qu'à la livraison pour la consommation, les marchandises pouvant être expédiées d'un magasin dans un autre, le paiement des droits de consommation ne s'effectuant qu'à la dernière station-magasin.

Conclusion. — Ainsi donc l'aménagement des gares et des stations-magasins avec spécialisation si besoin de certaines de leurs parties pour recevoir les marchandises warrantées, entraînerait tout naturellement à les mettre sous le triple contrôle :

1° Du Chemin de fer pour les opérations de transport, et aux besoins de magasinage, au cas, où comme cela aura lieu semble-t-il, le plus souvent, ces dernières opérations ne seraient pas régies par un organisme spécial (1) en liaison étroite avec les groupeurs et les banques.

2° Des banques, en principe de la Banque de France, pour toutes les opérations de crédit sur warrants.

3° Du fisc, pour la perception des impôts de consommation, les impôts ou droits de circulation n'ayant guère de raison d'être avec cette nouvelle organisation. Nous sommes convaincus que la concentration de ces trois organismes, aux magasins appropriés en conséquence, comme nous le désirons, permettrait à chacun d'eux une grande simplification de leurs tâches respectives, d'où possibilité de simplifier les rouages administratifs correspondants, ce qui nous paraît une qualité précieuse à ajouter à toutes celles que nous avons déjà signalées en développant nos idées sur les grands magasins des gares et stations.

(1) Les grandes Compagnies de Chemins de fer ont actuellement, tant de préoccupations multiples, que le moment n'est pas encore venu où il leur serait loisible de suivre de près la question des magasins dans le sens que nous envisageons, aussi pour obtenir une solution rapide du problème, il faudra presque toujours avoir recours à des sociétés privées, encouragées d'ailleurs par les Compagnies. Ces sociétés installeraient les magasins, et leurs raccordements spéciaux qui seraient régis un peu à la manière des embranchements industriels, en tenant compte de ce qu'ils seraient établis en vue de satisfaire à l'intérêt général.

CHAPITRE II

POINTS DE CONTACT

ENTRE LES

LIGNES MARITIMES ET LES LIGNES TERRESTRES

Le système des aménagements, formant épissure aux points de contact entre les lignes maritimes et les lignes terrestres, ne saurait être trop bien étudié pour que nulle déperdition dans l'intensité des courants des trafics ne s'y reproduise, et à ce sujet M. Georges Hersent écrit (1) : « De vastes travaux de maçonnerie, de dragage, de creusement resteraient parfaitement stériles si on ne les dotait d'un outillage de manutention et d'évacuation adéquat ; » et lorsqu'il traite des nécessités de mise au point de notre outillage national, il ne manque pas d'indiquer que : « Il faut à un grand port moderne, des dizaines de kilomètres de quais, des centaines d'hectares de bassins, *des centaines d'hectares de terrains pour dépôts, magasins, docks, voies ferrées, routes et installations diverses*. Le port d'aujourd'hui est devenu tout un monde, il n'a plus rien de commun avec ses devanciers. »

Le point le plus délicat de la liaison entre les lignes maritimes et les lignes terrestres est celui de transbordement. Si les engins de manutention utilisés au chargement et au déchargement des navires sont puissants, leur valeur ne servirait à rien si les moyens d'évacuation des marchandises sur quai ne sont pas d'une importance correspondante, car alors on verra rapidement se reproduire les encombrements formidables que nous avons dû constater sur les quais de nos ports pendant ces dernières années de guerre, encombrements qu'il eut d'ailleurs été possible de diminuer dans une grande proportion si nos ports avaient été munis de magasins d'une capacité suffisant à leur fort trafic normal d'avant-guerre, ce qui n'était malheureusement pas le cas.

Liaisons des quais et des magasins ou entrepôts par lignes à grande puissance. — Nous avons vu au chapitre III de la 4^e partie, que l'uti-

(1) Voir sa magnifique étude sur une *Politique de la construction après la guerre*.

lisation d'un matériel à grande puissance circulant sur voies renforcées, était capable d'assurer un débit 4 ou 5 fois supérieur à celui admissible avec les lignes du type actuel, pour cette seule raison, l'emploi de lignes de ce type devrait donc être préféré à celui de nos lignes modernes pour assurer l'évacuation ou l'amenée des marchandises à quai. Nous avons également montré au tableau de la page 135 que, tandis qu'il faut 7 mètres de longueur de quai par 10 tonnes de marchandises à transborder avec les wagons ordinaires, 3^m,16 avec les wagons actuels de 40 tonnes, il ne suffit plus, avec le matériel de l'avenir, que de 0^m,75 en employant des wagons de 200 tonnes au gabarit dit 3 fois la voie, et de 0^m,25 avec des wagons de 1.000 tonnes circulant sur 2 voies.

Rapidité d'évacuation des marchandises. — L'intérêt présenté par ces derniers wagons saute immédiatement aux yeux, puisque pour assurer le transbordement des marchandises de bateaux à wagons, ou inversement, il ne faudra qu'un nombre très restreint de changement des rames de wagons, ou, ce qui se fait moins, de déplacement du bateau pour assurer l'opération du transbordement, d'où une grande rapidité des opérations de transbordement et d'évacuation des marchandises transbordées. Ces opérations peuvent encore être accélérées par l'emploi de sortes de caisses dont la capacité correspondrait à la puissance des engins de manutention employés; ces caisses seraient remplies dans les cales des navires et, d'un seul coup, on transborderait, selon l'appareil de levage, et la nature des matériaux, 1, 2 ou 3 tonnes, dans certains cas particuliers 10 tonnes et plus peut-être.

A l'arrivée dans les entrepôts, ces sortes de caisses seraient enlevées rapidement des wagons, et remplacées par d'autres, vides ou pleines, selon les cas. On obtiendrait ainsi une très grande rapidité dans les questions de transports et manutention de bateaux à quai, et de là aux docks et entrepôts.

Ces sortes de caisses pourraient d'ailleurs être utilisées sur les bateaux mêmes, pour grouper les marchandises en colis de 2, 3, même 10 tonnes, ce qui permettrait d'activer en tous lieux les opérations de chargement et de déchargement, et faciliterait les opérations d'arrivage dans les cales. Le poids des caisses constituerait une charge supplémentaire, mais comme nous disait un de nos amis, ingénieur des constructions navales, cela ne saurait être une objection sérieuse car en matière de transport maritime, « ce n'est pas le poids, c'est l'encombrement qui limite la capacité des bateaux ».

On peut objecter que pour assurer la même rapidité de transbordement entre bateau et wagon dans le cas où on se contenterait du matériel actuel, il suffit d'intercaler entre les grues pivotantes de déchargement des bateaux, des portiques roulants couvrant 4, 6, 8 voies ou plus, du type actuel, de manière à obtenir

une même densité de capacité de transbordement par mètre courant de quai avec les voies actuelles qu'avec les voies que nous préconisons.

Nous nous permettrons de faire remarquer que l'emploi du portique roulant complémentaire sera toujours une suggestion non négligeable, et que la présence sur les quais des ports d'une multitude de petits wagons de 10, 20 ou 40 tonnes, ne pourra que créer une foule d'incidents qui auraient une répercussion fâcheuse sur le rendement de ces installations. Nous ajouterons que, dans nos ports, très souvent en vue d'activer le déchargement des navires, on a recours à des pontons de 200 à 400 tonnes de capacité, ce qui indique bien que la pratique exige pour la commodité des opérations de débarquement des navires, l'emploi d'engins capables de recevoir de gros tonnages. Nous croyons être dans le vrai en soutenant que l'amenée à quai, le long des navires, de wagons circulant sur deux voies, d'une capacité considérable, 500 ou 1000 tonnes, et plus, faciliterait beaucoup les opérations de transbordement.

Il est évident que, au début tout au moins, de l'utilisation de ces wagons spéciaux, et, étant donné le prix considérable des voies qui peuvent les supporter, ces dernières ne seraient construites qu'entre les quais et les magasins ou docks des ports.

Possibilité de placer les vastes entrepôts maritimes à prévoir sur des emplacements favorables. — Grâce à l'utilisation des lignes extra-puissantes entre les quais des ports et les magasins ou entrepôts, lignes permettant l'évacuation ou l'amenée rapide des marchandises à transborder, en raison même du débit considérable permis par ces lignes, on conçoit qu'il est possible d'imaginer que les entrepôts des ports maritimes puissent être placés à 3, 4, 5, même 10 kilomètres, et plus, du port, de manière à ce qu'on puisse les installer dans un endroit favorable où les terrains sont moins chers, et où la jonction avec le réseau des voies ferrées ordinaires, pourrait être parfaitement établie, ce qui ne saurait avoir lieu sur les quais mêmes des ports. Cette solution donnerait une très grande souplesse pour les diverses opérations, et permettrait des combinaisons et fusions heureuses entre ports voisins concurrents, tels que Rouen et le Havre par exemple, qui, spécialisés chacun pour des opérations données, n'auraient quand même qu'un seul groupe de magasins généraux et docks.

Avantages économiques de l'emploi des lignes à grande puissance dans les ports. — Des chiffres que nous avons donnés précédemment, il résulte que la longueur de quai nécessaire par tonne de capacité de matériel, est, avec les lignes extra-puissantes, à matériel roulant circulant sur deux voies, 15 à 20 fois plus faible que celle exigée par le matériel actuel, et, en tenant compte des temps de manœuvre pour remplacement des wagons, l'emploi du

matériel à très grande capacité permettrait encore de transborder 10 fois plus de marchandises sur une même longueur de quai qu'avec les wagons actuels.

Pour nos calculs, étant donné que, ce qui limite surtout la rapidité d'évacuation ou d'amenée des marchandises à un port, c'est la capacité de la ligne de chemin de fer qui dessert ce port, c'est cette capacité que nous prendrons comme base. Or nous avons montré que le débit des lignes extra-puissantes peut s'évaluer sensiblement au triple de celui d'un faisceau de voies du type actuel, occupant le même emplacement, nous admettrons que l'utilisation des voies extra-puissantes sur les quais des ports, au lieu de décupler le tonnage qu'il est possible de transborder sur une longueur donnée de quai, permettra simplement de le tripler.

Ces nouvelles installations, tout au moins au début, ne seraient pas possibles sur l'ensemble des quais de nos ports maritimes, soit que ceux-ci ne sont pas toujours utilisables pour les opérations de transbordement direct de bateau à wagon, soit que les modifications nécessaires aux dispositions existantes ne puissent se faire qu'à très grands frais.

Pour nos principaux ports, d'après M. G. Hersent, avant la guerre, la longueur de quai se répartissait comme suit : En tête Marseille avec 21.485 mètres de quais verticaux, dont 15.000 utiles, puis le Havre avec 20.041 mètres dont 17.746 utiles, Bordeaux 6.572 mètres, Rouen 6.043 mètres, Saint-Nazaire 4.400 mètres, Nantes 2.600 mètres.

Supposons, pour fixer les idées, que le système de transbordement sur wagon à très grande capacité circulant sur deux voies, soit appliqué sur 5 kilomètres de quai, au Havre par exemple. Le débit sur ces 5 km. sera au minimum triplé. Pour obtenir le même résultat, il eut fallu construire 10 km. de quai supplémentaires, à 20.000 francs le mètre pour les murs de quai fondés à l'air comprimé, c'est une dépense de 200 millions qu'il eut fallu engager pour obtenir le même résultat.

Avec le système que nous préconisons, admettons que pour obtenir le résultat cherché, il soit nécessaire de construire 20 km. de chemin de fer à grande puissance à deux doubles voies, dont 10 km. pour relier les quais aux magasins et entrepôts à créer, si des terrains convenables ou peu coûteux ne peuvent être trouvés à proximité du port, et 10 km. de voies secondaires sur les quais et dans les entrepôts. A raison de 3 millions 1/2, chiffre des plus forts trouvé dans nos calculs par kilomètre de ligne, c'est une dépense de premier établissement de 70 millions à laquelle il faudrait ajouter, pour achat d'un matériel roulant capable de satisfaire au débit maximum de cette ligne de faible longueur, environ 30 à 40 millions, et 5 à 10 millions pour achat d'engins de manutention puissants à installer sur les 5 km. de quai, soit au total $70+40+10 = 120$ millions.

Par rapport aux prix de revient des quais qui auraient permis d'obtenir le même résultat, c'est une différence de 80 millions qui peut être utilisée à la construction de magasins et entrepôts puissamment outillés.

Nous avons vu précédemment qu'avant-guerre, on pouvait construire des magasins, abondamment munis d'engins de levage, au prix de 200 francs le mètre carré utile, au maximum ; c'est donc 40 hectares au moins de surface utile de magasins et entrepôts que le système que nous préconisons, aurait permis de construire, en plus des installations de port même, sans engager plus de dépenses, pour un même résultat atteint. A raison de 2 T. stockées par mètre carré, c'est 800.000 tonnes que pourraient recevoir ces magasins. Ceux-ci seraient donc à même de former des volants régulateurs de trafic, capables de contenir près de 5 mois du trafic moyen de la gare du Havre, près de 3 mois le trafic moyen du port du Havre. La capacité de ces nouveaux magasins serait également sensiblement triple de celle des marchandises habituellement en stocks dans les docks-entrepôts et magasins publics du Havre (1).

C'est dire qu'en attendant que la ligne à grande puissance reliant le port aux magasins, soit amenée à donner son débit maximum d'environ 200.000 tonnes par jour dans chaque sens, les magasins ainsi créés, constitueraient un magnifique accumulateur du trafic.

On peut nous objecter que, tout en conservant les anciennes méthodes de transbordement, ainsi que le préconise M. G. Hersent, on peut augmenter le débit des ports par la construction d'estacades, dont le prix, toujours sur bases d'avant-guerre, n'est que de 6.000 francs le mètre au lieu de 20.000 francs pour les quais.

Dans l'exemple que nous avons pris, 10 km. d'estacades, donnant la même possibilité de débit que 10 km. de quai nouveau, ou l'aménageant avec lignes spéciales de 5 km. de quais existants, ne coûteraient que 60 millions, prix voisin de celui des lignes extra-puissantes à créer. Mais pour permettre l'acheminement des marchandises des quais aux magasins ou aux gares, des voies ordinaires devraient être installées, du matériel roulant devrait être acheté. Ces 10 km. d'estacades nécessiteraient la création d'un réseau de 25 à 30 km. de voies formant un faisceau compliqué sur lequel, pour satisfaire aux nécessi-

(1) La revue statistique publiée chaque année par la Chambre de Commerce du Havre indique que :

1° Le mouvement du port a été en 1913 de 3 658.992 tonnes dont 997.743 seulement pour l'exportation.

2° Pour cette même année 1913, le mouvement de la gare du Havre a été de 2.008.644 tonnes dont 662.538 seulement pour les arrivages.

3° Les stocks dans les docks-entrepôts et magasins publics étaient du 1^{er} janvier de 239 095 tonnes en 1912, 296.105 T. en 1913 et 273.595 T. en 1914.

tés du trafic, devrait circuler une multitude de petits wagons de 10, 20 ou 40 tonnes.

Les magasins correspondants devraient avoir un développement de quais considérable. Tout compte fait, pour donner à l'ensemble ainsi constitué les moyens théoriques de satisfaire aux mêmes besoins que le système que nous venons d'exposer, ou dépenserait autant d'argent, sinon plus et le bon fonctionnement en serait moins certain.

Nous croyons être dans la bonne voie, en appelant l'attention des intéressés, sur l'utilisation dans les ports, des lignes à grande capacité, permettant la circulation de véritables wagons-chalands. Il est d'ailleurs possible de presque doubler le débit de nos ports de l'Océan dans leurs parties à bassins et de ceux de la Méditerranée, lesquels sont sans marée appréciable, par l'emploi de ce que nous pourrions appeler les ferry-boats locaux, consistant en chalands spéciaux recevant chacun un de nos wagons-chalands, ce qui permettrait d'amener ceux-ci sur le flanc des navires, opposé au quai ; un ou deux points de jonction au réseau de lignes à grande puissance, suffirait dans chaque bassin pour permettre ce quasi dédoublement des longueurs de quai utiles. En cas de besoin, ce système permettrait la formation de points de débarquement en plein bassin.

Or, que coûteraient ces quais provisoires ? d'abord le prix des chalands à raison de 100 francs la tonne avant-guerre, soit pour un chaland de 1.000 tonnes à 1.500 tonnes de 50 mètres de longueur environ, 150.000 francs, ou 3.000 francs le mètre, contre 6.000 francs pour les estacades. Il faudrait ajouter à cela les frais de construction et des installations de halage des wagons-chalands, mais comme elles ne coûteraient, pensons-nous, pas plus que celles des installations accessoires des estacades, il en résulte que, ce que nous pourrions appeler nos quais flottants, sont plus économiques que les estacades.

Mais en ces matières il ne faut pas être trop absolu et savoir rendre hommage aux idées des autres, ainsi le fonctionnement du système des quais flottants serait évidemment assez délicat, et une bonne solution du problème du développement rapide de la capacité des ports, consisterait sans aucun doute dans l'emploi des estacades préconisées avec tant de raison par M. Georges Hersent, ces dernières étant aménagées pour recevoir nos wagons à très grande capacité.

CHAPITRE III

LIGNES COLONIALES

Remarques au sujet du choix du tracé. — L'installation des lignes coloniales demande presque toujours une grande rapidité d'exécution ; alors que très souvent on a hésité longtemps à se décider à les construire et, ainsi qu'il est naturel, elles ne sont traitées, au début, que comme simples voies de pénétration. Le résultat est, qu'il arrive que ces voies sont exécutées de telle manière que la situation géographique qui leur a été donnée, correspond assez mal aux besoins qui se manifestent 10 à 15 ans après leur création, et que, en raison même des droits que les premiers usagers de cette voie considèrent comme acquis, au lieu de se décider franchement à créer une ligne de chemin de fer nouvelle répondant aux besoins, on essaie d'améliorer tant mal que bien, la ligne de transport, en suivant, ou s'écartant peu du tracé initial.

Or, dans les colonies, peut-on véritablement prévoir quelle sera l'importance future d'une ligne de transports ? Il est évident que les premières lignes étudiées sont presque toujours celles qui, d'après les premières études correspondent aux besoins connus et prévus du trafic du pays, c'est-à-dire celles suivant les grandes voies naturelles de transport.

A notre avis, il faut que les premières lignes installées dans un pays neuf, soient prévues de telle manière qu'elles puissent être transformées par stades en lignes de plus en plus puissantes, jusqu'à pouvoir suffire au trafic le plus considérable que notre imagination puisse entrevoir.

Les tracés étudiés dans ce but peuvent s'écarter beaucoup de ceux répondant simplement à une exécution rapide et pour lesquels les études sur le terrain sont réduites au strict minimum.

Si on envisage des tracés permettant l'installation de lignes extra-puissantes, comme celles qui font l'objet de cette étude, tracés sur lesquels doivent être effectuées de nombreuses opérations de terrassement, et bien qu'il soit adopté des implantations à des niveaux différents, si besoin, pour chaque groupe de voies, ou même qu'on utilise des tracés présentant de légères variantes pour chacun de ces groupes, il n'en résulte pas moins que l'ensemble des terrassements doit

porter sur une bande de terrain de quelques centaines de mètres au plus, en moyenne, d'où, nécessité d'adopter des tracés permettant, sans trop de frais, l'exécution future de tous les terrassements voulus (1). Cette considération peut souvent rejeter ce tracé très loin de celui qui permettrait de répondre à un besoin immédiat. Ces dernières lignes ne demandant pour passer en certains points que des bandes de terrain réduites à une dizaine de mètres, alors, que si, dans l'avenir, on voulait porter la largeur de ces bandes à 50 ou 100 mètres pour permettre de répondre à un trafic formidable, on se heurterait à des difficultés d'exécution quasi insurmontables, par exemple par la présence de falaises ou de ravins, exigeant des travaux énormes pour permettre l'élargissement,

C'est pourquoi nous préconisons une étude minutieuse des tracés primitifs des futures lignes coloniales, empruntant de préférence tel point haut, ou tel point bas à un autre parce que les extensions futures y seront toujours possibles.

Pour ces lignes coloniales nous ne disons pas qu'il faille exécuter de suite nos voies extra-robustes, bien que l'exemple donné par les chaussées sur blocage des anciennes voies romaines, vienne à l'appui de notre manière de voir sur la nécessité de construire des voies de pénétration extra-robustes.

Actuellement, pour des raisons financières, l'exécution de chemins de fer à puissante infrastructure ne peut être envisagée, mais si le tracé étudié a été établi en tenant compte des désirs que nous venons d'exprimer, on peut de suite construire rapidement sur ce tracé, soit des routes, soit des lignes de chemins de fer à voie de 0 m. 60, qui pourront devenir successivement à voie de 1 mètre ou à voie normale, voies qui seront de la plus grande utilité pour permettre d'installer dans la zone des terrains desservis, des lignes de plus en plus puissantes sensiblement parallèles aux premières voies de communication établies.

Importance particulière de certaines lignes africaines projetées. —

Les remarques que nous venons de faire au sujet des précautions à prendre, en vue de l'avenir, dans l'établissement du tracé à adopter pour les grandes artères de transport, s'appliquent tout particulièrement aux lignes à créer dans nos colonies africaines.

Ainsi pour le Transsaharien, qui doit relier plus ou moins directement Alger à Dakar, est-il prudent, pour l'avenir, d'adopter le tracé par l'Ouest, utilisant la ligne actuelle à voie de 1 m. 05 du réseau Oranais jusqu'à Colomb-Béchar, son point le plus au sud, pour, de là, aller rejoindre la boucle du Niger, un peu à l'est de Tombouctou, point d'où la ligne bifurquerait à l'Est vers le lac Tchad, à

(1) Ainsi que cela a été admis dès le début pour les lignes traversant le continent américain, de part et d'autre du tracé ainsi déterminé, il devrait être accordé au chemin de fer la concession de larges bandes de terrain.

l'Ouest vers l'Atlantique la côte étant atteinte, soit en suivant la vallée du Niger, soit en passant par Ouagadougou, pour aller se raccorder dans les deux cas à Bamako, au terminus de la ligne Kayes-Niger, de manière à permettre au trafic d'atteindre Dakar, port d'attache naturel de la ligne maritime Dakar-Pernambouc, la plus courte de celles reliant l'ancien continent à l'Amérique du Sud.

Au contraire vaut-il mieux pour le Transsaharien choisir le tracé Est, utilisant les voies normales du réseau Est-Algérien jusqu'à Biskra et se dirigeant de là, vers la boucle du Niger par Touggourt-Amguid-Meniet; ce tracé se raccordant d'ailleurs à la partie Sud du tracé Ouest, vers Sillet, à environ 800 kilomètres avant d'atteindre le point de bifurcation voisin du Niger.

M. Souleyre qui défend ce dernier projet, semble avoir tout particulièrement pensé à l'avenir lorsqu'il écrit :

« Le Transsaharien doit donc être à voie large, sous peine d'être un Transsaharien raté » (1).

Il est d'ailleurs à remarquer que la bifurcation du Transsaharien dont il vient d'être question ci-dessus, forme un élément du Transcontinental africain Est-Ouest.

A ce sujet, dans une note pleine d'intérêt, présentée à l'Académie des Sciences le 25 septembre 1919, M. Tilho (2) appelle l'attention sur les matières premières de toute nature que nous pourrions nous procurer dans l'Afrique tropicale et qu'il classe sous les rubriques suivantes :

- a) Bois, caoutchouc et produits spontanés de la brousse ;
- b) Oléagineux, textiles et fibres ;
- c) Produits alimentaires (végétaux, élevage, basse-cour, chasse et pêche) ;
- d) Gisements, minéraux.

Il fait remarquer que certains de ces produits, tels que les bois, les corps gras, les céréales, le bétail, existent déjà en quantités considérables, et que la production de certains autres, comme le coton, les tubercules, le café, le cacao, les fruits tropicaux, etc., actuellement à peu près bornée aux besoins locaux, pourrait être développée rapidement sans autre limitation que celle des disponibilités en capitaux, main-d'œuvre et moyens de transports.

M. Tilho montre ensuite que, afin surtout d'obtenir la main-d'œuvre en quantité suffisante pour permettre l'exécution des travaux projetés, en Afrique, notamment pour le Transsaharien dont nous venons de parler, il est indispensable

(1) Voir lettre de M. Souleyre au sujet des projets algériens du Transsaharien, *Génie Civil* n° 5 du 29 novembre 1913.

(2) Voir comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, n° 9 septembre 1919.

de créer la ligne Est-Ouest, qu'il appelle le « Transsoudanais », dont le tracé (approximativement marqué par la nature africaine elle-même le long du 13^e parallèle) doit avoir pour jalonnement général : Dakar et Konakry, points de départ sur l'Atlantique ; Ouagadougou, Sokoto, Fort-Lamy, Goz-Beïda, El Obeïd et Kartoum à travers le Soudan ; Port-Soudan et Djibouti, points d'arrivée sur la mer Rouge.

Enfin M. Tilho précise d'une manière très claire le programme d'ensemble des voies ferrées de l'Afrique tropicale au nord de l'équateur :

« Une grande voie ferrée d'intérêt général africain : le Transsoudanais ;

« Une grande voie ferrée d'intérêt général français : le Transsaharien ;

« Des voies d'intérêt local : les chemins de fer de pénétration vers l'intérieur, construits ou projetés par les colonies côtières, échelonnées le long de la côte de l'Océan Atlantique, de l'embouchure du Sénégal à celle du Congo. »

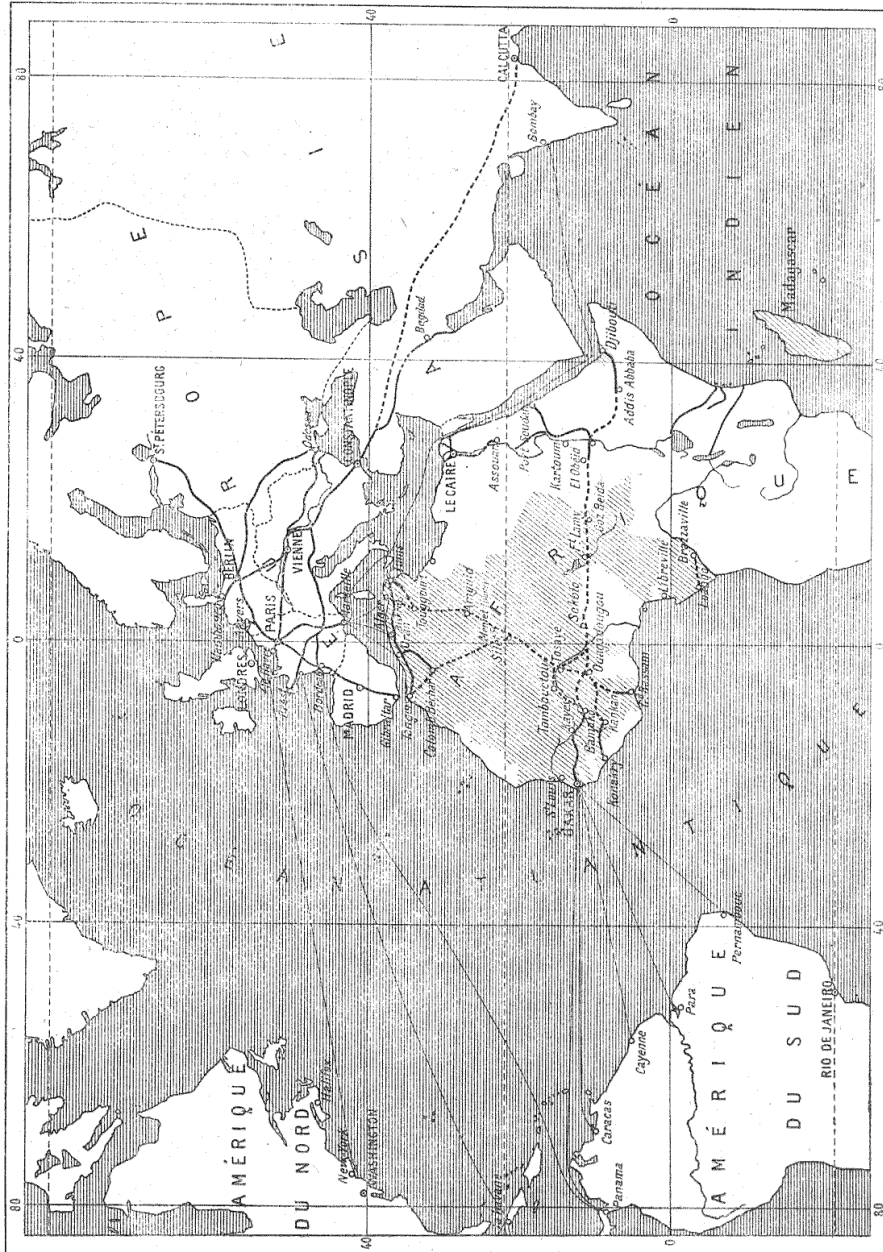
Le Transsoudanais et le Transsaharien sont à notre avis, plus que des voies d'intérêt général français, car elles sont appelées à faire partie du faisceau des grandes voies du commerce mondial.

L'attention a été appelée depuis longtemps sur l'importante économie de temps que procurera le Transsaharien dans les relations de l'Europe centrale avec l'Amérique du Sud. M. Caufournier, ingénieur des Ponts-et-Chaussées, pour justifier le tracé Ouest, indique (1) que par mer de Bordeaux à Pernambouc, avec escale à Dakar, le trajet dure 14 jours, alors que le Transsaharien permettrait d'aller de Paris à Pernambouc en 9 jours, via Marseille-Oran-Dakar.

Cette importance de la durée du trajet, est si appréciée par certains, que le Congrès général du Génie Civil, session nationale de mars 1918, a fait insérer dans le rapport de la Section des Travaux Publics et Constructions civiles, une note de M. H. Bressler en faveur de la construction d'un tunnel sous le détroit de Gibraltar. La création de ce tunnel qui relierait les divers réseaux européens aux grandes artères du réseau africain, permettrait d'après l'auteur de la note, d'aller sans changer de train, de Paris au Sénégal en 3 jours, de Bruxelles au Congo en 5 jours et de Londres au Cap en 8 jours. Le tunnel permettrait le voyage de Paris à Pernambouc en 8 jours, en passant par l'Espagne sans avoir à changer de train jusqu'à Dakar, gagnant ainsi un jour sur le trajet via Marseille-Oran.

Cette considération de vitesse ne saurait, à notre avis, avoir aucune influence sur le choix des tracés permettant l'établissement des voies extra-robustes que nous préconisons, lesquelles doivent être aux chemins de fer actuels ce que les voies romaines étaient aux pistes des Gaulois.

(1) Voir *Génie Civil*, n° du 6 septembre 1913.



Les suggestions de M. Bressler sont toutefois de nature à entrer en ligne de compte pour le choix entre les tracés Ouest ou Est du Transsaharien.

Personnellement nous sommes d'avis que dans le choix du tracé d'une ligne appelée à servir de voie de communication mondiale, il faut surtout faire état de la quantité maximum de marchandises qu'il sera possible de transporter lorsque la ligne sera installée sur de solides assises, comme nous le préconisons.

Importance des stations-magasins et centres agricoles sur les lignes coloniales. — Dans un chapitre précédent, nous avons exposé l'intérêt capital que présentait l'installation de magasins à toute gare de quelque peu d'importance de nos réseaux européens. Cette importance est au moins aussi grande, sinon plus, pour les chemins de fer coloniaux. Dès le début, ces magasins n'auront pas besoin d'être munis d'un outillage mécanique des plus perfectionnés, étant donné le bas prix de la main-d'œuvre, mais il faudra tout de suite leur donner une extension considérable et prévoir des agrandissements.

Dans ces pays neufs, traversant des régions capables de produire en abondance, on aura beau prévoir grand, dans 10 ou 15 ans, ce qui aura été fait deviendra trop petit. C'est pourquoi, comme, nous l'avons déjà dit, il est indispensable que les lignes coloniales disposent de larges bandes de terrain de part et d'autre de la voie.

Dans les pays de culture, les gares devront être de véritables centres agricoles où les habitants de la région pourront trouver à acheter ou à louer du matériel agricole, et aussi à faire réparer ce matériel. Il faudrait, notamment disposer dans ces centres, de puissantes charrues défonceuses avec tracteurs, lesquelles en raison de la profondeur du défoncement obtenu, permettent de créer des réservoirs d'humidité, surtout lorsque l'opération est faite dans des terrains d'alluvions. On obtiendrait par l'emploi étendu de ces engins, tout le long des lignes coloniales, des résultats aussi intéressants que ceux obtenus en Tunisie. Les abondantes récoltes seraient reçues dans les vastes magasins aménagés soigneusement dans ces centres agricoles de manière à permettre leur chargement rapide dans les wagons. Nous voyons très bien des voies de 1 mètre et même mieux peut-être, de petites voies de 0 m. 60 reliant les terrains cultivés aux magasins des gares de la grande ligne.

CHAPITRE IV

DES AVANTAGES DE LA CRÉATION D'UN RÉSEAU UNIQUE POUR LES LIGNES A GRAND TRAFIC

“ LE GRAND RÉSEAU DU SYNDICAT DES GRANDES COMPAGNIES ”

A la fin du chapitre premier de la première partie de ce travail, nous avons sommairement indiqué les lignes qui, à notre avis, devraient constituer les premiers éléments de ce que nous avons appelé le réseau syndical. Cet ensemble de lignes pourrait être augmenté petit à petit, de manière à comprendre non seulement toutes les lignes destinées à assurer le trafic international, mais aussi, si besoin, toutes celles correspondant aux plus importants courants du trafic intérieur.

Nous disons, si besoin, car étant donnée la situation géographique de la France, toutes les grandes lignes nécessaires au commerce intérieur français, se trouveront incluses dans les lignes de trafic international. Il suffit, en effet, de jeter les yeux sur la carte du monde pour constater que les voies les plus courtes, ou les plus commodes pour le commerce mondial, se croisent sur la France ; mais pour profiter de cette situation géographique il faut que notre pays soit couvert par un réseau de voies puissantes assurant une circulation rapide des produits, tant du Sud au Nord que de l'Est à l'Ouest ; ce réseau pour satisfaire à toutes les nécessités du trafic international sera assez serré, et desservira tout naturellement nos régions de plus grande activité industrielle, commerciale ou agricole.

L'organisation du grand réseau puissant que nous envisageons, créerait chez nous une industrie nouvelle, celle des transports internationaux dont les recettes constitueraient une importation de capitaux particulièrement intéressante.

En dehors même de cette considération, la création d'un tel grand réseau, permettrait de suite la réalisation des améliorations indispensables réclamées à nos chemins de fer, et préparerait notre pays à sa fonction future de plaque tournante de l'Europe. Nous allons examiner succinctement ces diverses améliorations :

Unification du matériel. — Les conférences de Berne de 1882, 1886 et 1907 pour l'unité technique des chemins de fer, ont bien fixé des règles communes à adopter pour l'exploitation des voies ferrées et la construction du matériel. Ces règles ont été rendues applicables sur les réseaux français par arrêtés ministériels du 15 juin 1908 : l'un par le Ministère des Travaux publics, se rapportant à la largeur de la voie (article 1), à la construction du matériel roulant (article 2), et aux conditions d'entretien du matériel roulant (article 3) ; l'autre par le Ministère des Finances, et relatif aux dispositions adoptées pour la fermeture des wagons devant passer en douane.

A la suite d'un vœu émis à la troisième conférence de Berne, une commission internationale, qui s'est réunie à Berne en 1911 et 1912, devait arrêter les résolutions à soumettre aux gouvernements au sujet de l'établissement d'un gabarit passe-partout et des réductions à faire subir aux véhicules et chargements de grande longueur.

Toutes ces règles, dites de la Conférence de Berne, n'ont d'autre but que de faciliter les échanges internationaux et d'éviter les transbordements aux frontières, elles nous paraissent insuffisantes, étant donné l'accroissement constant des échanges à longue distance ; c'est vers la « standardisation » c'est-à-dire la fabrication uniforme, des pièces les plus facilement mises hors d'usage qu'il faut tendre. Cette façon de voir est d'ailleurs parfaitement reconnue, et actuellement, le comité des ingénieurs en chef de nos principaux réseaux s'efforce de préciser les règles à adopter pour la fabrication des principales pièces du matériel roulant. Il a précisé à nouveau les conditions de réception des matières et de fabrication de certaines pièces, il a même déjà établi un type de boggies et un type de wagon 20 T, comportant toute une série de pièces nettement définies en vue de permettre les rechanges sur n'importe quel réseau, en cas d'avarie.

Étant donné le matériel déjà considérable en service, et qui subsistera encore longtemps, l'unification ne sera pratiquement réalisée que dans un très long délai, si elle l'est, car chaque réseau ayant tendance à maintenir les types étudiés par lui, ne mettra pas pratiquement à cette unification toute la bonne volonté officiellement proclamée.

La création d'un réseau de lignes à très grand trafic, couvrant l'Europe, avec un seul réseau par État, permettrait de simplifier la question. Dans chaque État, ce réseau de lignes pour grand trafic, constitué par un syndicat des grandes compagnies, mettrait en circulation sur ses lignes du matériel neuf unifié, les voies anciennes se réservant l'emploi de l'ancien matériel. Mais pour nous, de toute façon, le matériel employé sur ce réseau devra être un matériel nouveau, car en admettant même que la transformation du réseau des lignes à très grand trafic en un réseau avec voies à très grande puissance ne soit pas immédiatement entre-

prise, chose qui bien que désirable, ne pourra sans doute se faire avant longtemps — étant donné les prix de revient excessifs atteints actuellement par les produits de toute nature, surtout les fers et aciers, il faudra de toute façon remédier temporairement à l'insuffisance de débit des lignes en augmentant la charge des trains (1) circulant sur les lignes du type actuel.

1° Par la construction de locomotives très lourdes, qui présenteraient en outre, l'avantage de mieux utiliser le combustible (2), charbon ou mazout.

2° Par l'emploi du freinage automatique. En conséquence, il faudra donc :

a) Renforcer et uniformiser les attelages.

Cette question est actuellement réglée en France par la Spécification Technique n° 31 en date du 21 novembre 1918 du Cahier des Charges unifié des chemins de fer français, mais il est à noter que cette réglementation éloigne la réalisation en Europe de l'attelage automatique en usage en Amérique et fixe une limite minimum de rupture des attelages, un peu faible pour permettre de constituer les trains très lourds devant circuler sur le réseau des lignes à grand trafic (3).

b) Mettre le frein automatique à tout le matériel et déterminer le type de ce frein.

Pour mettre ces questions au point pour toute l'Europe, il faudrait une nouvelle conférence de Berne. Ces questions sont d'ailleurs si importantes au point de vue des relations internationales que le traité de Versailles en a fait état (4).

Sans la création d'un faisceau spécial de lignes à très grand trafic, comportant un matériel spécial nouveau, il serait difficile d'aboutir, en raison des

(1) Ceci en plus des résultats que donnerait la création des grands magasins, dont l'existence permettrait d'obtenir une augmentation sérieuse du débit des lignes en raison de la régularité de circulation des trains qu'ils rendraient possibles.

(2) Voir article de M. Drosne, ingénieur en chef de la maison Schneider (*Technique moderne*, n° 3, mars 1918). Nous ferons remarquer que ces locomotives très lourdes ne pourront être pratiquement réalisées qu'en adoptant des voies plus robustes que celles actuellement existantes.

(3) Cette spécification fixe à 75 tonnes la charge minima de rupture des attelages, alors qu'en Amérique cette charge atteint 150 tonnes.

(4) L'article 370 du traité de Versailles stipule que :

« L'Allemagne s'engage à ce que les wagons allemands soient munis de dispositifs permettant :

« 1° De les introduire dans les trains de marchandises circulant sur les lignes des Puissances alliées et associées qui sont parties à la Convention de Berne du 13 mai 1886, modifiée le 18 mai 1907, sans entraver le fonctionnement au frein continu qui pourrait, dans les dix ans qui suivront la mise en vigueur du présent traité, être adopté dans ces pays.

« 2° D'introduire les wagons de ces puissances dans tous les trains de marchandises sur les lignes allemandes. »

dépenses de transformation à engager pour que la majeure partie du matériel existant puisse entrer dans la composition des trains très lourds des lignes à grand trafic, et aussi du particularisme de chaque compagnie d'abord, de chaque État intéressé ensuite, pour ces diverses raisons, la solution des problèmes posés serait retardée d'abord, puis finalement une série de compromis remplacerait les solutions logiques.

Notre conception de lignes à grand débit, futures lignes extra-robustes, à très grande puissance, munies de stations-magasins permettant les transbordements rapides atteindrait beaucoup plus facilement le but cherché par la réalisation de l'unité technique du matériel des chemins de fer, y compris l'interchangeabilité de toutes les pièces de détail, le matériel nouveau pouvant être étudié alors sans avoir à se préoccuper de sa circulation sur toutes les voies des réseaux actuels, dont la plus grande partie par rapport au réseau nouveau, formerait des réseaux secondaires. Les ingénieurs chargés d'étudier le nouveau matériel auraient alors toute latitude pour établir un matériel rationnel et étudié en prévision de l'emploi dans un avenir plus ou moins éloigné, du matériel extra-puissant, dont nous pensons avoir montré la possibilité dans cette étude, mais dont la réalisation n'est guère à envisager pour le moment, étant donné le prix de toutes choses.

Unification des modes d'exploitation. — La création d'un réseau de lignes à grande puissance amènerait automatiquement un mode uniforme d'exploitation sur ces lignes, et comme ce réseau couvrirait toute la France, là où le trafic est le plus intense, il en résulterait que l'unification se trouverait réalisée justement là où il est nécessaire que les règles d'exploitation soient bien définies jusque dans les moindres détails.

Parmi ces détails, nous croyons devoir indiquer ceux de la signalisation, car si un « arrêté ministériel du 15 novembre 1885 a bien institué un code des signaux qui rend uniforme, en France, les apparences ou les sons que les signaux sont destinés à produire, ainsi que la signification à y attacher », il a laissé aux Compagnies toute latitude, non seulement pour la structure et la manœuvre mécanique de ces signaux, mais aussi pour leur emplacement et répartition sur la ligne. Il est résulté de cette latitude, que, pour les signaux secondaires ou d'avertissement, l'ordre, et par suite, la signification précise diffère un peu d'une Compagnie de l'autre. Nous signalerons aussi l'intercommunication encore réalisée en certains pays par le système à corde, lequel n'est plus usité en France ; c'est le système pneumatique qui est en usage sur la plupart de nos grands réseaux, mais le Nord et le P. O. ont adopté l'intercommunication électrique. En ce moment, au sujet de la répétition des signaux sur les locomotives, les divergences continuent. Le réseau de l'Etat met au point le système Augereau, utilisant les ondes hertziennes,

alors que les autres Compagnies étudient des types plus ou moins dérivés de systèmes dits du crocodile, usités depuis longtemps sur la Compagnie du chemin de fer du Nord.

Il est urgent que ces divergences de détail disparaissent pour permettre, sans aléa, la circulation des trains traversant la France, et même assurant un trafic international, ce qui, actuellement, ne se réalise que par des voitures spéciales comportant tous les équipements usités sur les lignes qu'elles doivent employer, mais nécessite toujours pour chaque réseau traversé le changement des locomotives et du personnel responsable de la marche du train.

Là encore, la création des réseaux de lignes à grand trafic permettra une solution rapide.

Unification des tarifs. — Actuellement la diversité des tarifs est telle, que, même le personnel spécialisé des Compagnies ne s'y retrouve plus, les erreurs de taxe sont si fréquentes qu'il a pu se créer des agences de détaxes très prospères.

D'une manière générale, les expéditeurs et destinataires sont dans l'impossibilité de prévoir les frais d'expédition se rapportant à chacune de leurs opérations, aussi de toute part le public demande à ce qu'il soit procédé à l'unification et à la simplification des tarifs.

Etant donné la complexité des intérêts en jeu, l'application brutale à toute la France, d'une tarification uniforme pourrait léser certains trafics et nuire à des industries entraînant des courants importants de trafic, par exemple à des usines qui n'ont pu se créer, puis s'agrandir, qu'en raison de l'application de tarifs spéciaux concernant le transport des matières premières nécessaires à leur fonctionnement.

Pour tenir compte dans la mesure du possible des intérêts contradictoires en jeu, la mise au point de ces tarifs uniformes demande de longues études.

Un premier pas vers l'unification, vient d'être fait par les Compagnies en proposant à l'homologation ministérielle la création de nouveaux tarifs P. V. du type dégressif avec la distance et favorisant les expéditions par wagons complets.

M. Emile Hennequin dans son Manuel de Transports commerciaux et de douane, que nous avons déjà cité, propose une « tarification idéale » basée un peu sur le tarif à la valeur, tarif sur lequel il serait accordé une réduction de x 0/0 aux marchandises exportées ou en transit, les expéditions de matières pondéreuses par wagons complets bénéficiant de certains avantages. Il précise son idée en écrivant :

« La taxe totale d'un point à un autre ne serait fonction que de la distance à parcourir ; ce système de tarification qui serait en harmonie avec les conditions de clarté, de simplification et de contrôle que le commerce réclame dans la question des prix de transport, donnerait l'égalité à tous, il ne favoriserait aucune fraction

du territoire au détriment de telle autre ; il serait, point important, d'une compréhension facile pour le public, il rendrait impossible la concurrence que peuvent être amenées à se faire certaines Compagnies, et aurait pour conséquence une diminution sensible de personnel taxateur et détaxeur, d'où fléchissement sensible dans les dépenses d'exploitation. »

Nous sommes d'accord pour reconnaître tout ce que cette tarification idéale a de séduisant, mais nous estimons que la taxe ne doit pas être fonction que de la distance à parcourir. En raison des frais de gare occasionnés par toute expédition, il n'y a que peu d'intérêt à favoriser les transports à petite distance, aussi, à notre avis, aux taxes établies à la tonne kilométrique, doivent s'ajouter des frais de gare assez élevés.

La tarification idéale pour nous, serait obtenue par l'addition des trois types de taxes suivantes :

1° Frais de gare ;

2° Taxe à la tonne kilométrique (1) :

3° Taxe à la valeur, cette dernière comportant l'assurance de la marchandise, et étant fonction du nombre de kilomètres parcourus.

Nous nous réservons de revenir sur cette question. Quel que soit le système adopté par l'unification des tarifs, et, étant donné que la complexité du problème est telle qu'on se heurterait à des quasi-impossibilités si on voulait que cette unification s'applique en tous les points du réseau français, nous croyons que par la création du réseau de lignes à grand trafic couvrant toute la France, que nous préconisons, réseau pourvu d'un mode uniforme de tarification, il serait possible de donner très rapidement entière satisfaction au désir du grand commerce sur cette question de simplification des tarifs.

Primes au personnel. — Pour terminer les conclusions de notre Essai sur une Méthode de Comptabilité des Chemins de fer, nous écrivions en 1911 : « Il existe dans l'organisation même du groupage une ressource infiniment précieuse pour stimuler le zèle du personnel en lui payant une guele proportionnelle à la réduction des dépenses ». Nous sommes de ceux qui disent : « Ne croyons pas qu'une prime au travail soit une perte pour le capital ». Au début de ce volume, au sujet des chemins de fer internationaux, nous avons eu bien soin de signaler que pour obtenir le meilleur rendement de ce puissant outil, le personnel devrait être intéressé à l'aide de primes pouvant atteindre la valeur du salaire de base lorsqu'un bon rendement est obtenu, l'importance de ces primes étant telle

(1) Pour les matières légères, de densité inférieure à 0,500 par exemple, un encombrement donné, disons 2 mètres cubes, serait assimilé à une tonne.

qu'elles soient aussi efficaces à la base qu'au sommet de la hiérarchie du personnel.

A notre avis, il faut intéresser grandement tout le personnel des chemins de fer jusqu'aux chefs de réseaux, non seulement aux économies réalisées par eux dans telle ou telle branche dépendant le plus directement de leurs attributions, mais aussi à la bonne arrivée des marchandises, en les rendant responsables des mauvaises arrivées, l'intérêt seul pouvant développer l'intelligence commerciale de tous.

Des primes d'économies sont attribuées depuis longtemps au personnel de traction.

Pour le personnel des gares nous voyons la possibilité de lui allouer des primes sur la bonne utilisation du matériel, c'est-à-dire pour le groupage qu'il réaliserait soit directement, soit en l'organisant dans une certaine mesure comme agents de groupeurs ; de ce fait, il pourrait leur être attribué des primes intéressantes, puisque, ainsi, qu'il résulte des calculs de M^{lle} Thérèse Leroy, déjà cités, le groupage des accessoires de grande vitesse aurait réalisé sur la Compagnie de l'Est en 1913, une réduction de dépenses de plus de 4 millions 1/2 permettant d'allouer une prime pouvant atteindre 4 francs par tonne groupée au départ.

Pour intéresser tout le personnel à la bonne arrivée de la marchandise, un excellent parti pourrait être tiré de l'assurance obligatoire, assurance comprise pour un tant pour cent de la taxe à la valeur, dont nous avons fait mention ci-dessus, au sujet de l'unification des tarifs.

Les recettes d'assurance comporteraient une prime spéciale pour le personnel le plus directement responsable du bon transport, prime qui lui serait enlevée en cas de mauvaise arrivée des colis dont il aurait eu à s'occuper, les bénéfices de l'assurance étant répartis suivant une proportion à déterminer pour chaque catégorie d'agents ou simplement en fonction des salaires de base.

Ce ne sont là que des idées que nous soumettons au lecteur, nous reviendrons d'ailleurs sur ce sujet en traitant de l'exploitation rationnelle des chemins de fer, travail en préparation, mais nous ne voulions pas terminer ce volume sans dire un mot des moyens que nous préconisons depuis si longtemps en vue d'améliorer la situation du personnel des chemins de fer, en l'encourageant par des récompenses pécuniaires à faire du bon travail.

Conclusion — Il nous paraît chimérique de vouloir tout unifier, surtout dans des organismes aussi complexes que les chemins de fer, dont les moyens d'action et les procédés d'exploitation devraient pouvoir varier de telle manière que, pour chaque ligne, compte tenu de l'appoint qu'elle apporte aux autres,

et de son action bienfaisante sur les régions traversées, les recettes de la ligne compensent les charges de premier établissement et les dépenses d'exploitation.

Les lignes, selon nous, doivent être divisées par catégories d'importance, à chacune de ces catégories correspondant des méthodes uniformes.

Il serait raisonnable d'admettre, pensons-nous, au moins trois catégories de réseaux :

1^o Un réseau de ligne intéressant toutes les régions (réseau du syndicat des grandes Compagnies ou réseau national).

2^o Des réseaux régionaux correspondant à divers groupements d'intérêts ne justifiant pas l'installation de lignes à très grande puissance, mais qui nécessiteraient encore des lignes équipées et exploitées comme nos meilleures lignes actuelles. Ces réseaux ne sauraient avoir l'importance du réseau P.-L.-M. ou P.-O. par exemple, qui devraient être divisés, chaque région jouissant d'une unité administrative propre, tout en restant contrôlée par le Conseil d'administration de leur réseau d'origine.

3^o Des réseaux locaux constitués par certaines lignes des grands réseaux à faible trafic, et les réseaux départementaux. A ce dernier groupe pourraient peut-être s'ajouter les réseaux assurant les services de banlieue des grandes villes, bien qu'à notre avis ces derniers devraient plutôt être traités comme tramways.

Ainsi donc, c'est au moins trois catégories de chemins de fer qu'il faut envisager, dont chacune pourra être laissée à même de bien répondre aux besoins auxquels elle doit faire face, grâce à une réglementation particulière.

Pour résumer notre pensée nous dirons que la constitution du grand réseau syndical dont nous avons parlé à plusieurs reprises dans ce travail, permettrait seule de donner rapidement satisfaction aux besoins d'homogénéité nécessaire surtout aux lignes à grand trafic ; les réseaux régionaux n'étant unifiés dans leurs méthodes que petit à petit, tout en laissant à chaque région certaines manières d'être, propres à chaque zone desservie. Cette façon d'améliorer le mode d'organisation de nos réseaux nous paraît être la seule qui puisse s'exécuter sans heurts.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Dans tous nos travaux sur les chemins de fer, nos idées ont toujours été principalement inspirées par ce qui a été fait par nos parents, Emile et Isaac Pereire, lesquels lorsqu'ils ont conçu les chemins de fer de Saint-Germain et de Versailles de 1835 à 1840 avaient su prévoir l'avenir.

Administrer c'est prévoir dit-on couramment, nous restons donc dans nos attributions d'administrateur de chemins de fer, fonction que nous remplissons depuis plus de 40 ans, chaque fois que nous essayons, comme nous venons de le faire dans ce travail, de nous rendre compte de ce que seront les chemins de fer dans l'avenir.

Quels résultats immédiats est-il possible de tirer des idées que nous venons d'exposer, particulièrement en ce qui concerne la construction des lignes extra-puissantes équipées avec du matériel à très grande capacité ?

Nous savons que « en matière de travaux publics, le colossal, même techniquement réalisable est parfois ennemi du mieux », mais ce que nous prévoyons pour réaliser les puissantes lignes des chemins de fer de l'avenir n'exige pas de travaux plus particulièrement difficiles que ceux envisagés dans les divers projets d'aménagement du Rhône, et l'exécution de ces chemins de fer de l'avenir ne serait rien à côté des travaux considérables que demanderait la réalisation du grand canal d'Anvers à Marseille par le Rhin, la Saône et le Rhône ; canal propre à recevoir des cargos de mer de 6.000 tonnes et dont M. Bertin a présenté l'idée le 6 janvier 1919 à l'Académie des sciences.

M. G. Hersent est d'avis qu'en matière de travaux publics, où il est passé maître, il faut faire vite, sans entraves financières, et en vue de l'avenir, c'est-à-dire que les études doivent être faites en prévoyant l'évolution des besoins, les travaux exécutés devant pouvoir être postérieurement remaniés s'il est nécessaire.

Nous espérons avoir montré dans ce travail que pour répondre aux besoins de l'avenir il est possible de concevoir tout un ensemble de lignes de chemins de fer organisées de manière à pouvoir être transformées par stades, en voies de plus en plus puissantes, jusqu'à pouvoir recevoir des wagons-chalands de 2.000 tonnes, lesquels peuvent être groupés, en trains présentant une capacité bien supérieure à celle des cargos de 6.000 tonnes qui emprunteraient le canal d'Anvers à Marseille.

Pour un réseau de chemins de fer à grande capacité tel que nous l'avons

esquissé tout en faisant dès le début les acquisitions de terrains indispensables en prévision de l'avenir, c'est-à-dire achat de vastes emplacements pour les stations-magasins, et de bandes de terrains de 100 à 200 mètres de largeur reliant ces emplacements ; les dépenses de premier établissement pour une même capacité de transport seraient moindres que celles nécessitées pour les canaux, tout en permettant et une construction plus rapide et une augmentation considérable du débit possible avec relativement peu de frais, ce qui n'est pas le cas pour les canaux, lesquels se prêtent très mal aux transformations.

Pour montrer les résultats qui peuvent être obtenus par la suite de stades d'amélioration et de construction des chemins de fer établis en vue de l'avenir, nous avons dressé le tableau ci-contre qui indique la capacité et la tare probables des wagons circulant sur deux voies, qu'il est possible de mettre en circulation sur des voies de plus en plus robustes. Ce tableau comporte en outre les indications correspondantes pour le matériel roulant actuel, avec des réductions photographiques à la même échelle des wagons 10 tonnes et 50 tonnes de nos jours et du wagon de 2.000 tonnes de l'avenir.

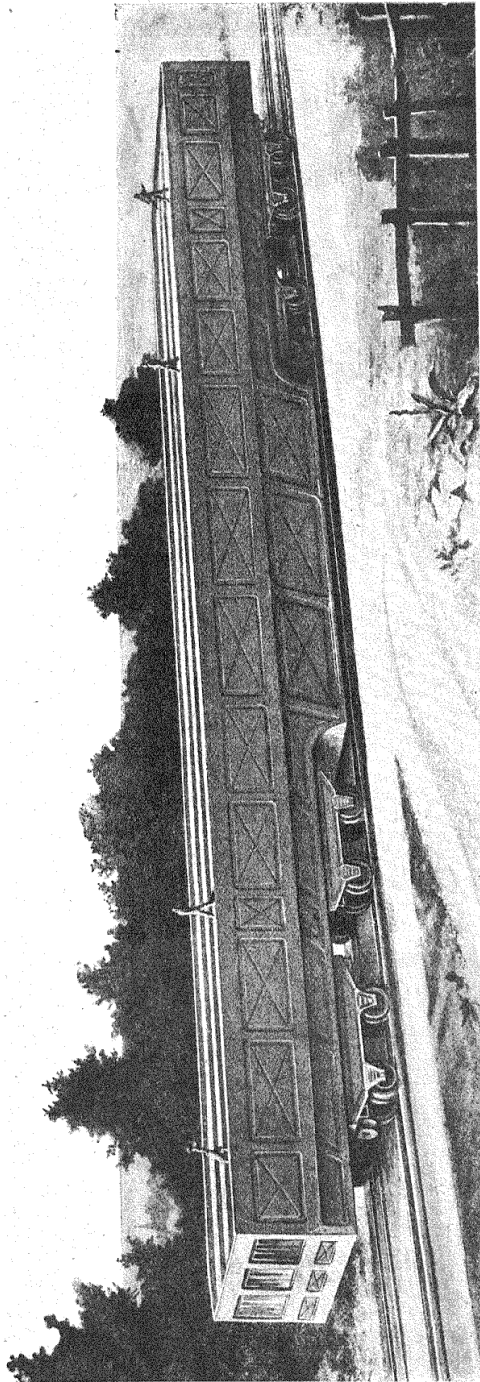
Le matériel à grande capacité que nous avons dénommé trois fois la voie, et sur lequel nous nous sommes étendu dans ce travail, constitue un stade intermédiaire entre l'équipement des lignes établies pour le matériel du type actuel, et celles établies pour permettre l'usage du matériel de l'avenir circulant sur deux voies.

Nous espérons avoir suffisamment montré dans notre travail que la création des lignes extra-puissantes doit être précédée d'un groupement nouveau des lignes à grand trafic d'abord, puis de la création en tous les points importants de ces lignes, de vastes magasins munis d'un système complet de manutention mécanique.

Pour que la création de ces lignes soit pleinement justifiée, il est indispensable de procéder à l'organisation de nos colonies qui devront être munies de voies de transport étudiées dans l'esprit que nous avons indiqué, de manière à tirer de nos possessions plus ou moins lointaines, avec notre simple argent, sans avoir à payer de change, tout ce qui est nécessaire à nos besoins : cafés, cacao, graines oléagineuses diverses, coton, bétail, etc., etc.

L'organisation des ports, doit également précéder un peu la mise au point des réseaux des lignes à grand trafic, cette organisation portant surtout sur leur liaison avec les voies de transport terrestres, ce qui nécessitera la construction de vastes magasins, lesquels pourraient être établis et reliés aux quais avec des tronçons de lignes extra-puissantes, ainsi que nous l'avons dit.

Il faut en effet, que nos ports soient en état de recevoir les produits coloniaux et les marchandises étrangères, Nord et Sud-Américaines surtout, lesquelles profi-

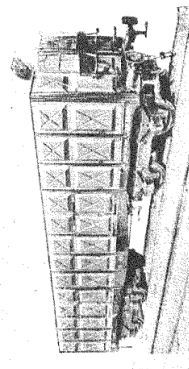


LE MATÉRIEL ROULANT DE L'AVENIR — Circulant sur plusieurs voies

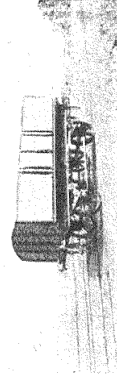
	VOIE RENFORCÉE pour essieux de 20 à 30 tonnes		VOIES SPÉCIALES pour essieux de 40 à 60 tonnes		VOIES EXTRA-ROBUSTES pour essieux de 80 à 100 tonnes		LIMITE ENVISAGEABLE
	m.	t.	m.	t.	m.	t.	
Nombre d'essieux	16	24	16	24	16	24	32
Longueur des caisses des wagons	20 m.	25 m.	25 m.	30 m.	30 m.	46 m.	50 m.
Charge utile	250 t.	400 t.	500 t.	1.000 t.	1.000 t.	1.500 t.	2.000 t.
Tare probable	100 t.	200 t.	400 t.	400 t.	300 t.	535 t.	666 t.
Rapport charge utile	0,40	0,50	0,35	0,40	0,30	0,5	0,3

LE MATÉRIEL ROULANT ACTUEL

TYPE RÉCENT : WAGON 50 TONNES
à houille et minerais de la C^e du Midi



TYPE COURANT : WAGON 10 TONNES
pour minerais
de la C^e des Mines de Lens



	50 tonnes MIDI		10 tonnes A MISERAI	
	m.	t.	m.	t.
Nombre d'essieux	4	10 ^m 69	2	3 ^m 50
Longueur des caisses des wagons	50 t.	18 t.	10 t.	6 t. 5
Charge utile	0,35	0,35	0,65	0,65
Tare				
Rapport charge utile				

tant de la création d'un magnifique réseau de voies puissantes en France transiteraient par notre pays pour atteindre l'Europe centrale et l'Orient.

Pour compléter ce programme une flotte commerciale puissante est indispensable à notre pays et nous sommes d'avis que les Compagnies de chemins de fer françaises auraient le plus grand intérêt à contribuer à la création de cette flotte.

Nous savons très bien que nous n'aurons pas la satisfaction de voir la réalisation même partielle des lignes de chemins de fer à très grande puissance permettant la circulation de nos wagons-chalands, cela en raison d'abord des capitaux énormes qu'exigerait actuellement la construction des voies et du matériel nécessaires, étant donné la brusque élévation du prix des matières et de la main-d'œuvre. Il faudra attendre pour entreprendre des travaux d'une telle importance que l'équilibre social soit assuré avec un espoir de quelque durée.

Mais en dehors de cette question même de dépenses, nous ne nous faisons pas d'illusion sur le scepticisme qui accueillera, en France surtout, les idées nouvelles que nous venons de développer et dont le grand tort est de poser un problème que les responsables s'efforceront de ne pas examiner sérieusement, de peur d'avoir à en chercher la solution.

Nous avons semé l'idée des chemins de fer de l'avenir, organisés sur des bases puissantes, capables d'assurer pendant plusieurs siècles peut-être, les échanges indispensables au bien-être général. Quoi qu'il arrive, cette idée germera, et nous osons espérer que nos petits-fils verront sans doute se réaliser une partie de nos prévisions, et c'est à eux que nous dédions cette étude établie en mémoire de nos parents Emile et Isaac Pereire.

POST - SCRIPTUM

J'ai 74 ans, et mon âge ne me permettra pas de voir se réaliser certaines de mes idées. Cependant lorsque je songe que, pour satisfaire aux besoins nouveaux, une organisation logique de nos ports nécessitera certainement la création de banlieues industrielles avec magasins-entrepôts et usines reliés aux quais par un réseau de voies ferrées de tout premier ordre comme exposé Cinquième partie, Chapitre II de ce volume, j'aurai peut être la satisfaction de constater que les ingénieurs et Assemblées compétentes examineront l'éventualité d'équiper les réseaux particuliers de nos principaux ports, suivant le système puissant et durable dont j'ai essayé de montrer la nécessité dans ce travail.

Il ne faut pas oublier qu'un des facteurs les plus importants de notre relèvement national se trouve dans l'utilisation de nos richesses coloniales, ce qui entraînera une importation considérable de matières premières à traiter et usiner sur notre sol, et l'exportation de machines-outils et de produits manufacturés de toute nature, nécessaires aux besoins des colonies.

Pour beaucoup des produits manufacturés d'exportation il entre d'ailleurs une grande part de matières importées (cotonnades par exemple). Presque toujours on aura avantage à traiter dans la banlieue industrielle des ports importateurs les matières reçues, ce qui permettra de gagner beaucoup sur les frais de transport vers l'intérieur (les laines lavées par exemple ne représentent plus que la moitié du poids des laines brutes qui ont servi à les obtenir).

Une organisation rationnelle des ports doit donc comprendre la possibilité d'installations d'usines de transformation, lesquelles doivent logiquement être groupées autour de vastes magasins, capables de contenir jusqu'à six mois de trafic du port.

Comme l'emploi du système de wagons à très grande capacité circulant sur voies extra-robustes permet d'éviter les embarras des quais, en le combinant avec l'installation de vastes magasins qui peuvent être placés loin de ces quais, on conçoit que, pour la majorité de nos ports, il est facile de trouver des combinaisons qui permettraient, au moyen d'un réseau du système puissant défini dans cette étude, de relier les quais des ports aux docks, magasins et usines, de manière à constituer un ensemble harmonieux des quatre éléments de la vie industrielle et commerciale : port, usine, entrepôt et banque, cette dernière se livrant aux opérations de warrantage, tant sur les produits bruts que sur les produits fabriqués.

Les vastes terrains nécessaires aux installations nouvelles, et situés à 10 ou 20 kilomètres des ports au besoin, pourraient être achetés et organisés après entente entre l'Etat et les villes maritimes représentées par leurs Chambres de Commerce.

Je suis convaincu que ce serait une excellente occasion de constituer d'heureuses fusions d'intérêt entre certains groupes de ports voisins, ou situés sur un même fleuve, tels que Le Havre et Rouen ; Saint-Nazaire et Nantes : La Palisse, La Rochelle et Rochefort ; Bordeaux et Pauillac.

L'application d'un tel système aux ports de Bayonne et de Cette serait pleine d'intérêt, et l'organisation de l'étang de Berre complètement indispensable au port de Marseille, devenu insuffisant, permettrait, grâce à l'installation d'un réseau commun pour wagons à très grande capacité, de créer le centre maritime et industriel puissant qu'il faut à la France sur la Méditerranée.

GUSTAVE PEREIRE.

Août 1920.

