

Titre : Essai mathématique sur les prix de revient des transports par chemins de fer

Auteur : Leroy, Thérèse

Mots-clés : Chemins de fer*Tarifs

Description : 1 vol. ([14]-246 p.-[5 pl. depl. en coul.]) ; 28 cm

Adresse : Paris : Gauthier-Villars : Champion : Imprimerie Ch. Bernard, 1919

Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 4 Le 295

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?4LE295>

4° Le 295
ESSAI MATHÉMATIQUE

SUR LES

PRIX DE REVIENT

DES

TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER

PAR M^{LLE} THÉRÈSE LEROY

PRÉFACE DE M. GUSTAVE PEREIRE

GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR

Quai des Grands-Augustins, 55
PARIS

CHAMPION, ÉDITEUR

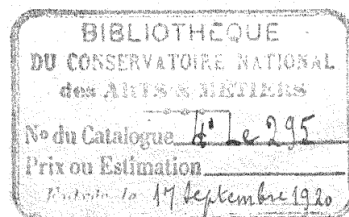
Quai Malaquais, 5
PARIS

IMPRIMERIE CH. BERNARD

Rue des Cloys, 27

PARIS

1919



ESSAI MATHÉMATIQUE
SUR LES
PRIX DE REVIENT
DES
TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LYON

PAR M^{LLE} THÉRÈSE LEROY

Pour l'obtention du Diplôme d'études supérieures de Mathématiques

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ :
LES APPROXIMATIONS NUMÉRIQUES

Présenté devant la Commission d'Examen

Le 30 Juin 1919.

PRÉFACE

DE

M. GUSTAVE PEREIRE

ET

DIAGRAMMES DES RÉSULTATS OBTENUS

PAR L'APPLICATION

DE LA NOUVELLE FORMULE DE CALCUL

DES PRIX DE REVIENT

DES TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER

2^e partie (pages 99-237)

PRÉFACE

Fils et petit-fils des créateurs des chemins de fer en France, les frères Émile et Isaac Pereire, j'ai voulu consacrer mes loisirs et mon superflu à les suivre, de bien trop loin. Comme un modeste hommage à leur mémoire, j'ai entrepris diverses études sur les chemins de fer, en particulier celle de l'importante question des prix de revient réel des transports.

J'ai eu le souci de m'entourer, depuis de longues années, pour effectuer tous ces travaux, de collaborateurs, de comptables, de calculateurs de premier ordre.

Un premier travail : « Essai sur une méthode de comptabilité des chemins de fer », publié en 1911, inspiré déjà des travaux fondamentaux de M. l'Ingénieur Charles Baume, m'a indiqué certaines grandes directives. Mais j'avais été trop simple, ma formule de prix de revient comprenant quatre termes, exagérait certaines pertes, certains bénéfices, comme je l'ai reconnu depuis, quand je me suis mis à contrôler tous mes premiers raisonnements.

En 1915, mes yeux ne me permettant plus de compiler mes nombreux documents, j'ai dû prendre un nouveau collaborateur qui se rendit bientôt compte avec moi, qu'il était absolument nécessaire d'augmenter le nombre des termes de ma première formule des prix de revient, afin d'approcher, si possible, plus près de la vérité.

M^{lle} Thérèse Leroy, jeune mathématicienne aussi modeste que capable et consciencieuse, entreprit alors les recherches longues et minutieuses, nécessaires pour aboutir dans cette voie. Elle débuta par une étude approfondie des travaux admirables et essentiels de M. Ch. Baume, et critiqua avec mon assentiment mon premier « Essai ». Mes idées comptables ont dominé ce travail, mais toute la partie scientifique appartient en propre à M^{lle} Leroy. Le résultat est l'établissement d'une formule de

calcul des prix de revient comprenant 12 termes ; chacun de ces termes correspond à un groupe particulier de dépenses de la classification méthodique et raisonnée que ces études ont permis d'établir.

Certains termes pourront peut-être se subdiviser pour faire ressortir la part importante des dépenses que constituent : d'une part, celles de personnel, d'autre part, celles de matières premières, en particulier celles de combustibles.

J'ai autorisé M^{lle} Leroy à se servir des recherches que je lui avais demandé d'effectuer pour moi, comme objet du mémoire suivant qu'elle vient de présenter, avec succès, à la Faculté des Sciences de Lyon, pour l'obtention d'un Diplôme d'études supérieures de mathématiques.

En possession d'une formule mathématique de calcul des prix de revient, plus complète, j'espère pouvoir établir plus solidement mon projet d'une méthode de comptabilité toute de statistique.

Dans un opuscule actuellement en préparation, nous montrerons par des représentations graphiques appropriées, les résultats détaillés et intéressants que l'application de la nouvelle formule à 12 termes permet de calculer. Nous indiquerons les travaux que nous projetons d'effectuer pour mettre en lumière certains procédés nouveaux d'exploitation dont l'application contribuerait, nous le croyons, à faire régner la concorde et la prospérité dans l'exploitation de nos grands réseaux français.

Gustave PEREIRE.

Paris, Juillet 1919.

ACCESSOIRES - GRANDE VITESSE

DIAGRAMME DES RÉSULTATS OBTENUS PAR L'APPLICATION
DE LA
FORMULE A12 TERMES

Est. 1900

LÉGENDE

			Part des D ^{tes} totales
Intérêts et amortissement	D _I	7097000 ^F	= 30,7
Exploitation et voie (en partie)	D _L	5928000	= 25,7
Traction, matériel et voie (en partie)	D _G	5717000	= 24,7
Trains (en partie)	D _N	983000	= 4,2
Indemnités pour pertes, retards et avaries	D _{N_p}	712000	= 3,1
Gares (en partie)	D _E	663000	= 2,9
Entretien des locomotives (minimum obligatoire)	D _{R_p}	607000	= 2,6
Exploitation (minimum oblig.)	D _R	596000	= 2,6
Manœuvres dans les gares	D _S	428000	= 1,9
Entretien des véhicules (no)	D _{R_t}	167000	= 0,7
Matériel (en partie)	D _T	157000	= 0,7
Trains (en partie)	D _{L_α}	47000	= 0,2
D^{tes} totales		23102000	= 100,0
Pertes		5494000	
Recettes		17608000	

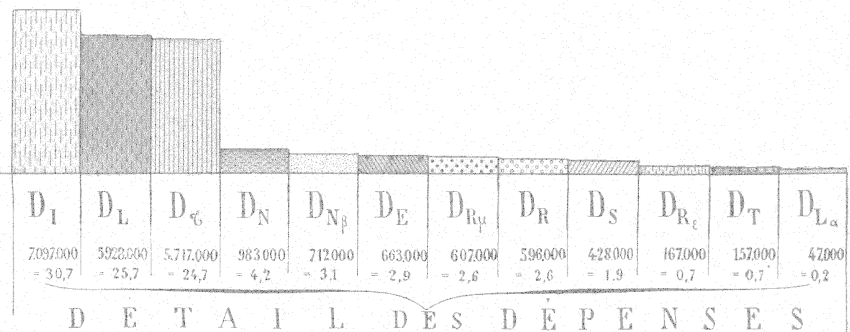
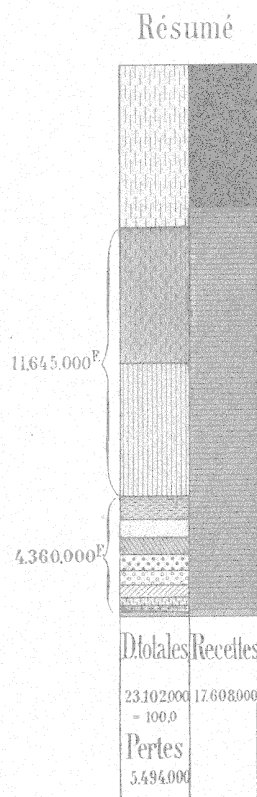


DIAGRAMME REPRÉSENTATIF DU TABLEAU XXVII.— ACCESSOIRES DE GRANDE
VITESSE. — *Colonne 1900.* — *Page 199.*

VOYAGEURS - GRANDE VITESSE

DIAGRAMME DES RÉSULTATS OBTENUS PAR L'APPLICATION
DE LA

FORMULE A 12 TERMES

Est 1900

LÉGENDE

Intérêts et amortissement		D_I	27554000 ^F	- 39,7
Exploitation et voie (en partie)		D_L	16274000	- 23,4
Traction, matériel et voie (en partie)		D_{ζ}	15694000	- 22,6
Exploitation minimum obligé		D_R	2315000	- 3,3
Gares (en partie)		D_E	2266000	- 3,3
Entretien des locomotives (minimum obligé)		$D_{R_{\mu}}$	1666000	- 2,4
Mancœuvres dans les gares		D_S	1239000	- 1,8
Entretien des véhicules		$D_{R_{\epsilon}}$	992000	- 1,4
Trains (en partie)		$D_{L_{\alpha}}$	639000	- 0,9
Trains (en partie)		D_N	462000	- 0,7
Matériel (en partie)		D_T	340000	- 0,5
Indemnités pour pertes retards et avaries		D_{N_p}	0	- 0
		D.Totales	69461000	- 100,0
		Pertes	1096000	
		Recettes	68365000^F	

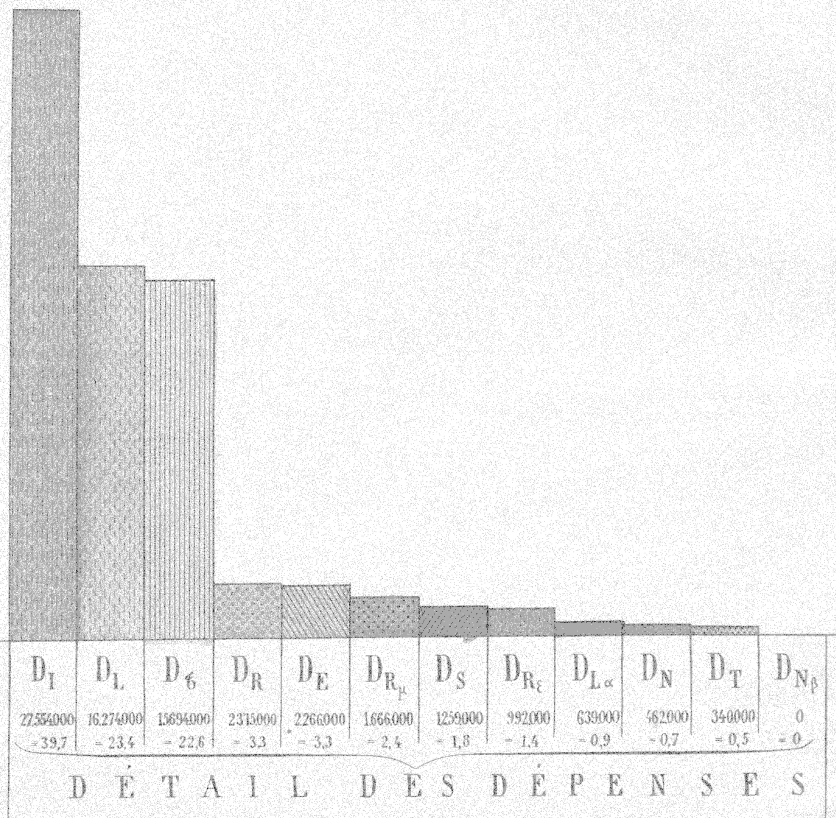
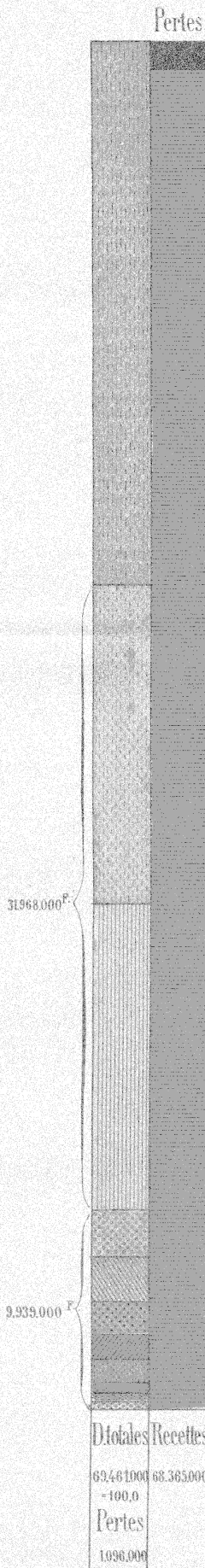


DIAGRAMME REPRÉSENTATIF DU TABLEAU XXVII. — VOYAGEURS. —
Colonne 1900. — Page 198.

Bénéfice

MARCHANDISES ET ACCESSOIRES PETITE VITESSE

DIAGRAMME DES RÉSULTATS OBTENUS PAR L'APPLICATION

FORMULE A 12 TERMES

Est 1900

LÉGENDE

Intérêts et amortissement		D _I	42840000 ^F	-	48,7
Traction, matériel et voie (en partie)		D _G	17232000	-	19,6
Exploitation et voie (en partie)		D _L	12908000	-	14,7
Matériel (en partie)		D _T	5760000	-	6,5
Exploitation (minimum oblig)		D _R	3399000	-	4,1
Manœuvres dans les gares		D _S	1990000	-	2,3
Entretien des véhicules		D _{R_v}	1653000	-	1,9
Entretien des locomotives		D _{R_μ}	1321000	-	1,5
Gares (en partie)		D _E	237000	-	0,3
Trains (en partie)		D _N	207000	-	0,2
Indemnités pour pertes, retards et avaries		D _{N_p}	130000	-	0,2
Trains (en partie)		D _{L_v}	10000	-	0,01
		D _{Totales}	87907000	-	100,0
		Bénéfice	18385000		
		Recettes	106292000 ^F		

30.140.000^F

14.927.000^F

D _{Totales}	Recettes
87907000	106292000
- 100,0	
Bénéfices	
18385000	

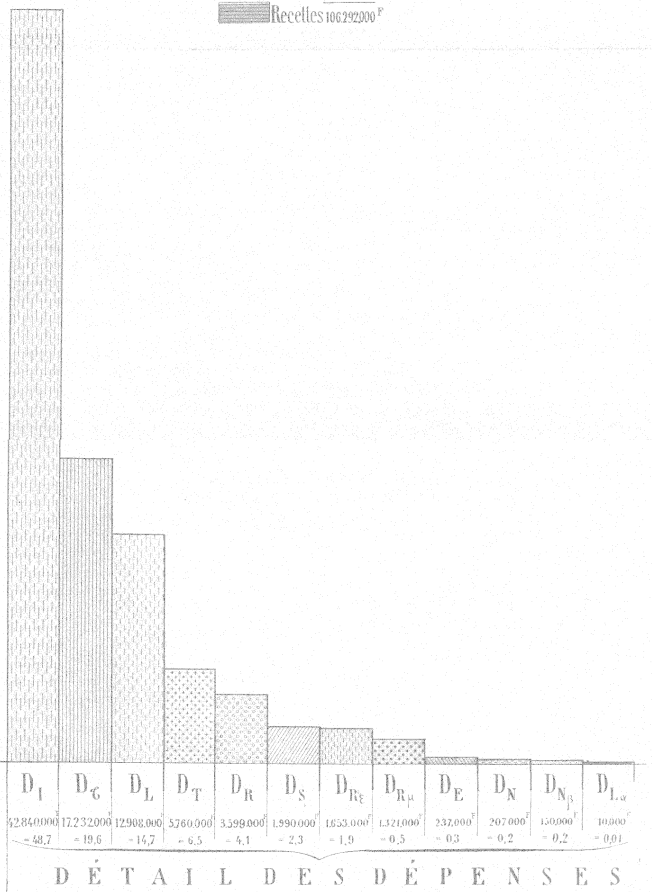


DIAGRAMME REPRÉSENTATIF DU TABLEAU XXVII. — PETITE VITESSE. —
Colonne 1900. — Page 199.

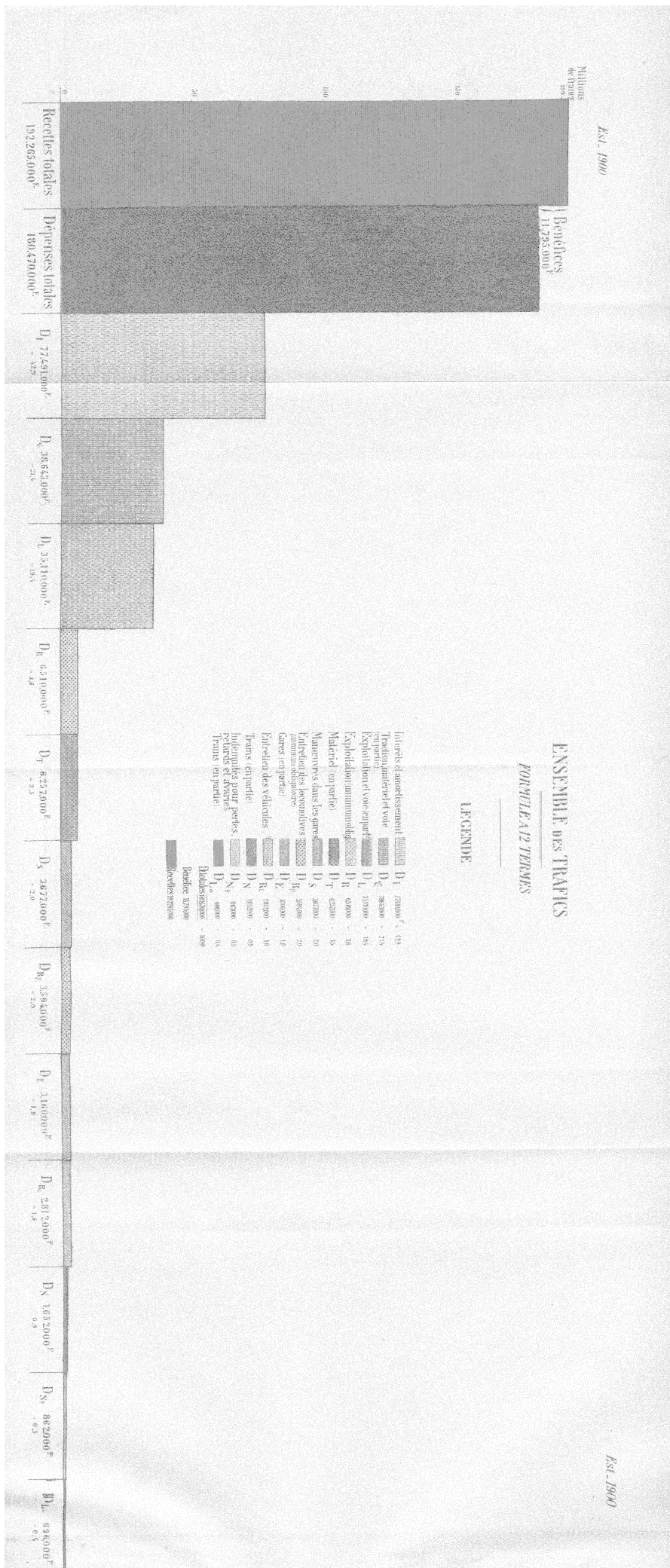


DIAGRAMME REPRÉSENTATIF DU TABLEAU XXVI. — *Colonne 1900.* —
Pages 196 et 197.

DEPENSES - Est 1900 à 1913

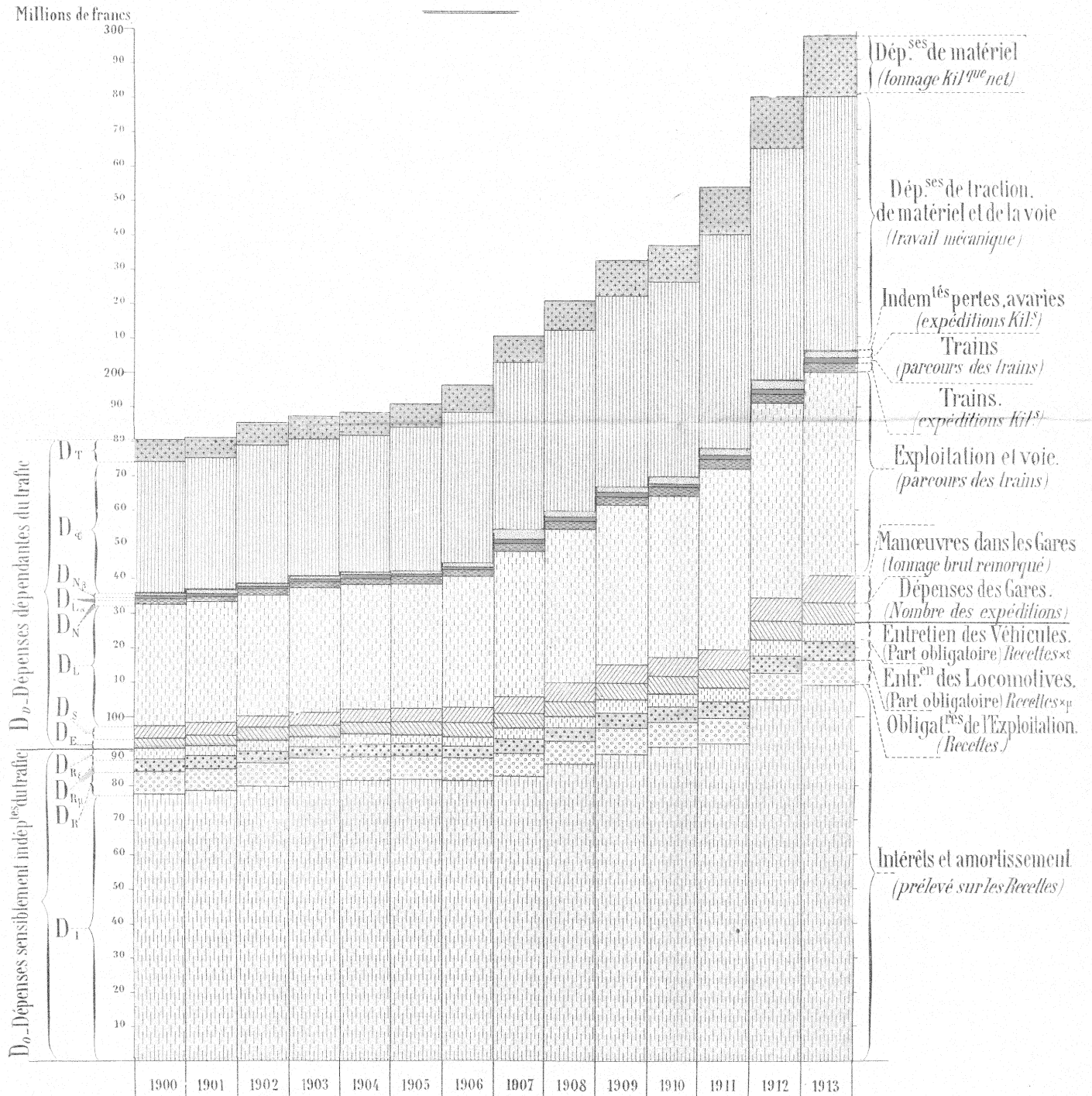


DIAGRAMME REPRÉSENTATIF DU TABLEAU XXVI. — *Pages 196 et 197.*

A LA MÉMOIRE DE
MM. ÉMILE ET ISAAC PEREIRE
Fondateurs des Chemins de fer français
A
M. GUSTAVE PEREIRE
Respectueux hommage de profonde reconnaissance

A

M. LE PROFESSEUR JEAN MASCART

Directeur de l'Observatoire de Lyon

Hommage respectueux et reconnaissant

A

M. EUGÈNE PRÉVOT

Ingénieur des Ponts et Chaussées du Service du Nivellement Général de la France

Hommage respectueux et reconnaissant

A
MON GRAND PÈRE

A
MES PARENTS

Hommage d'affection filiale

ERRATA

Page 58 : formule 69 ; *au lieu de* : $P z = \frac{612}{F} + 21',50$, *lire* :

$$P z = \frac{6125'}{F} + 21',50$$

Page 60 : ligne 26 ; *au lieu de* : voir page 50, *lire* : voir page 53.

Page 61 : ligne 24 ; *au lieu de* : voir page 62, *lire* : voir page 54.

Page 63 : ligne 5 ; *au lieu de* : voir page 62, *lire* : voir page 55.

Page 147 : ligne 18 ; *au lieu de* : voir pages 69 et 72, *lire* : pages 63 et 66.

Page 170 : ligne 9 ; *au lieu de* : $R_1 =$, *lire* : $R_2 =$

Page 177 : ligne 4 ; *au lieu de* : dénominateur constant, *lire* : croissant.

Page 151 : Tableau des Recettes, col. 8, 3^e ligne :

au lieu de : 20.997.536,42 *lire* : 18.997.536,42

Page 161 : 4^e ligne à partir du bas de la page :

au lieu de : $x = \frac{\sum ak}{\sum a^2}$, *lire* : $\frac{\sum ak}{\sum a^2}$

Page 198 : Tableau XXVII, Voyageurs, 1913

Valeurs de : D_{-1} *au lieu de* : 15.694, *lire* : 25.867

D_{+1} *au lieu de* : 340, *lire* : 572

Page 201 : 3^e ligne, *au lieu de* : $z_2 = 5$, *lire* : $z_2 = 10$

Page 205 : Tableau XXIX — P. V. 1900

Valeur de $\frac{D_3}{L_3}$ *au lieu de* : 4 fr.09 *lire* : 4 fr.95

INTRODUCTION

Les chemins de fer ont pris depuis leur mise en exploitation en France en 1828 un développement considérable, la longueur des lignes d'intérêt général mises en service jusqu'en 1883, époque à laquelle furent élaborées les conventions qui règlent encore à l'heure actuelle les rapports des compagnies exploitantes avec l'Etat, a atteint 26.692 kilomètres ⁽¹⁾. Le trafic assuré par ces chemins était alors de 7.040.000.000 de voyageurs kilométriques et de 11.065.000.000 de tonnes kilométriques de marchandises. De 1883 à 1913 la longueur des lignes d'intérêt général s'est augmentée jusqu'au chiffre de 40.933 kilomètres ⁽¹⁾, assurant en 1913 un trafic de 19.410.000.000 de voyageurs kilométriques et 25.886.000.000 de tonnes kilométriques de marchandises ⁽²⁾.

Le service de la comptabilité dans toutes les compagnies de chemins de fer est devenu un organisme très complexe, imposant un travail considérable.

Malgré les renseignements si nombreux qu'elle fournit, cette comptabilité présente encore certaines lacunes et manque, peut-on dire, de souplesse. Elle ne permet pas aux Compagnies de se faire une idée exacte des prix de revient du transport ni du voyageur ni de la marchandise. Elle ne relève pas le côté onéreux de la dépense dans telle ou telle circonstance de ce transport, ni sur telle ligne du réseau où l'on soupçonne de mauvais rendements. L'exploitation se contente dans le plus grand nombre de cas de

(1) Moyenne exploitée pendant l'année.

(2) Ministère des travaux publics et des transports. — Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1913, tableau N° 16, p. 372 (Paris, 1916).

leurs moyennes, pour confronter les résultats d'un exercice avec ceux d'un autre. Elle n'entre pas dans les détails des dépenses et, par suite, les réductions dont celles-ci demeurent toujours susceptibles lui échappent.

On peut alors se demander si la statistique et l'application de toutes les ressources du calcul ne peuvent apporter de précieux enseignements pour la modification du régime comptable en vue de l'adapter au calcul exact et analytique des dépenses réelles de l'exploitation.

C'est ce qu'avait tenté, dès 1875, M. l'Ingénieur Ch. Baume, dans un mémoire remarquable paru dans les *Annales des Ponts et Chaussées*.

Depuis lors, M. Gustave Pereire, fidèle à des traditions de famille, aux doctrines enseignées et appliquées par les frères Emile et Isaac Pereire, qui furent parmi les promoteurs des chemins de fer français, a tenté, après de patientes études, d'indiquer sur quelles bases une méthode de comptabilité nouvelle toute de statistique pourrait être établie dans le but de simplifier le travail et de lui donner une plus grande précision.

M. Gustave Pereire a publié en 1912, avec la collaboration de M. Jules Amar, docteur ès-sciences, la première partie d'un ouvrage « *Essai sur une méthode de comptabilité des chemins de fer* » contenant l'exposé d'une formule nouvelle de calcul du prix de revient des transports par chemins de fer « inspirée essentiellement des travaux de M. Ch. Baume »⁽¹⁾, et l'application de cette formule aux résultats de l'exploitation du Réseau de la Compagnie française des Chemins de fer de l'Est pendant les années 1900 à 1907.

Les résultats de cette étude, quoique intéressants, étaient peut-être insuffisants et cela faute de données assez complètes, dans les documents statistiques officiels, pour permettre à M. Pereire d'atteindre le but qu'il s'était assigné. Voulant toujours poursuivre et perfectionner son travail, il résolut d'entreprendre l'application de la nouvelle formule aux résultats d'un grand nombre d'années d'exploitation des réseaux français d'intérêt général. Malheureusement, il fut bientôt privé de son collaborateur, appelé à des fonctions absorbantes pendant la guerre européenne. M. Pereire péniblement affligé de la vue ne pouvait assurer personnellement l'exécution de ce long travail, c'est alors que sur la recommandation de M. l'Ingénieur E. Prévot, du Service du Nivellement général de la France, il voulut bien faire appel à mon concours.

Sous sa direction bienveillante, j'ai pu reprendre la question à son origine, étudier et comparer tous les travaux antérieurement publiés sur le même sujet et j'ai été conduite à admettre qu'il était possible, et même nécessaire, d'apporter à la méthode proposée

(1) Selon l'expression de M. Gustave Pereire.

diverses modifications et améliorations, tant au point de vue théorique pur qu'à celui des procédés de calcul employés pour son application.

En possession d'une documentation plus complète, j'ai pu tenter d'établir une nouvelle formule de calcul des prix de revient des transports par chemins de fer, s'inspirant à la fois de celles de MM. Ch. Baume et Pereire, et qui plus souple que ses devancières, en ce qu'elle ne se base pas uniquement sur des discussions théoriques, mais sur l'étude raisonnée de documents statistiques qui sont la représentation mathématique des résultats de l'exploitation, pourra conduire à des conclusions plus voisines de la réalité.

Avec la plus grande bienveillance, M. Gustave Pereire veut bien m'autoriser à publier aujourd'hui le résultat de ces recherches qu'il m'avait demandé d'exécuter pour lui-même ; qu'il me soit permis de lui adresser ici l'hommage de mes très respectueux remerciements.

Ce mémoire comprendra deux parties :

I. — Historique.

II. — Nouvelle formule de calcul des prix de revient des transports par chemins de fer.

L'application de cette nouvelle formule sera limitée à l'examen des résultats de l'Exploitation de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est pendant la période 1900-1913, au point de vue mathématique. L'étude des résultats de l'exploitation des autres réseaux d'intérêt général accompagnée de développements économiques, devant former la deuxième partie de l'ouvrage de M. Pereire dont le présent travail constitue la première recherche préparatoire.

PREMIÈRE PARTIE

HISTORIQUE

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

La détermination des prix de revient des transports par chemins de fer, peut être envisagée pour satisfaire à deux buts principaux :

1^o Étudier les variations dans le temps des prix de revient des transports effectués sur une même ligne ou un même groupe de lignes.

2^o Comparer les prix de revient des transports de même nature, effectués sur des lignes ou des réseaux différents.

Les transports en chemins de fer sont de nature variable, ils sont effectués à des vitesses différentes. La difficulté du calcul de leur prix de revient réside essentiellement dans la répartition équitable des dépenses diverses d'une ligne ou d'un réseau, entre les différentes sortes de transports effectués sur cette ligne ou sur ce réseau. Les statistiques des Compagnies de chemins de fer, fournissent en effet ces dépenses groupées par services de l'exploitation et non par catégories de transports. Pour faire une répartition logique des dépenses, il faudra d'abord étudier quels sont les éléments des transports qui font varier chaque sorte de dépenses ; et c'est là l'étude la plus délicate que comporte la question, vu la multiplicité des facteurs en présence.

Les facteurs qui sont susceptibles de faire varier les dépenses de transport sont de deux sortes : 1^o ceux inhérents aux transports eux-mêmes (poids, volume, vitesse, distance, etc.) ; 2^o les conditions extérieures aux transports : conditions de tracé, d'exploitation et économiques (prix des matières premières, nature et sens du trafic, puissance de l'outillage, nature du matériel, etc.). Nous reviendrons en détail sur ces points dans notre deuxième partie. On se trouvera donc en présence de l'un des problèmes suivants :

1^o Traiter la question dans toute sa généralité, en tenant compte de toutes les sortes d'éléments qui peuvent faire varier les prix de revient ; créer une formule tout à fait générale, faisant intervenir tous les facteurs suivant l'importance de leur influence propre, susceptible d'application à un réseau quelconque. On reconnaît vite qu'une telle formule serait d'une complication extrême et d'une utilité pratique nulle, et en fait si on voulait préciser aussi rigoureusement la notion du prix de revient, on serait en présence d'un problème complexe aboutissant à une indétermination. Aucun auteur n'a tenté d'établir une telle formule.

2^o Considérer une ligne ou un réseau ayant des conditions bien définies de tracé et d'exploitation, ayant peu ou pas varié pendant la période étudiée (il faut donc que cette période ne soit pas trop longue), pour éliminer à peu près complètement l'influence des conditions extérieures aux transports, et établir une formule logique de répartition des dépenses entre les diverses grandes catégories de transport, en considérant l'influence des éléments essentiels des expéditions sur les dépenses.

Une fois une telle formule établie elle peut servir pour le calcul des prix de revient des divers transports sur une ligne ou un réseau quelconque ; on sera en droit de comparer entre eux, les prix de revient ainsi calculés des transports effectués en diverses années de l'exploitation d'un même réseau dont les conditions de tracé et d'exploitation n'auront pas varié ; mais on ne sera pas toujours en droit de comparer directement les prix de revient des transports effectués sur des réseaux de conditions de tracé et d'exploitation différentes.

Si l'on veut tenter une telle comparaison, il faudra souvent multiplier tout ou partie des prix de revient calculés par la formule établie, par des coefficients empiriques déterminés justement par les conditions spéciales à chaque ligne ou réseau. Nous verrons d'ailleurs les essais des divers auteurs sur l'influence des facteurs extérieurs sur les prix de revient.

Deux auteurs seulement, à notre connaissance, ont établi une formule de calcul des prix de revient en considérant l'ensemble des éléments inhérents aux transports eux-mêmes : M. Baume, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, et M. Gustave Pereire ;

nous étudierons en détail leurs mémoires dans deux chapitres spéciaux, leurs travaux fondamentaux seront le point de départ de notre nouvelle étude.

En dehors de ces deux ouvrages, il existe un nombre assez considérable de mémoires sur la question qui nous occupe ; chacun de leurs auteurs s'est placé, au point de vue spécial de l'influence d'un facteur déterminé, sur le prix de revient des transports : éléments des transports eux-mêmes : vitesse, poids mort ; conditions de tracé : rampes, courbes ; conditions d'exploitation : fréquentation. Nous consacrerons un autre chapitre à l'examen de ces études qui nous fourniront les éléments nécessaires à un essai de rapprochement des résultats des calculs des prix de revient des transports sur des lignes ou réseaux de conditions diverses.

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE SUR LE MÉMOIRE DE M. CH. BAUME

« DES PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS

PAR CHEMINS DE FER » ⁽¹⁾

Nous nous proposons dans le présent chapitre d'exposer en détail, les points essentiels du travail de M. Ch. Baume, de mettre en lumière les idées qui lui appartiennent en propre, en y joignant une étude critique relative à certaines d'entre elles. Cette minutieuse étude de M. Baume faite en 1875 d'après les attachements et les pièces de la comptabilité des chemins de fer de la Société autrichienne, comptabilité relativement riche pour l'époque, fut la première recherche expérimentale sur le sujet qui nous occupe ; elle est longtemps restée, si ce n'est encore jusqu'à l'heure actuelle, la contribution la plus importante à l'étude scientifique de la comptabilité des chemins de fer.

(1) *Annales des Ponts et Chaussées* — 5^e Série — t. X, 1875. Mémoires et Documents, 2^e semestre, pp. 422 - 481.

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET ÉTABLISSEMENT DES FORMULES

1^o *Définitions et éléments du prix de revient des transports par chemins de fer.*

M. Baume considère seulement « le prix de revient du transport d'un voyageur », c'est la dépense que le transport d'un voyageur, sur un parcours égal à 1 kilomètre, entraîne pour une compagnie de chemins de fer et « le prix de revient du transport d'une tonne de marchandises » ou dépense du transport d'une tonne de marchandises sur une longueur d'un kilomètre. C'est à dire, une unité de trafic pour la grande vitesse : le voyageur kilométrique; une unité pour la petite vitesse : la tonne kilométrique de marchandises. Il ne s'occupe pas des marchandises qui peuvent être transportées dans les trains de voyageurs, ou en grande vitesse (messageries), non plus que des transports que nous appellerons : accessoires de petite vitesse, en général, taxés à la pièce et non au poids; il les fait tous figurer dans les marchandises de petite vitesse.

Nous ne pouvons que reproduire textuellement, les considérations générales qu'il place en tête de son étude, c'est le tableau à la fois le plus complet et le plus net que l'on puisse faire des difficultés que peut rencontrer l'étude scientifique de la comptabilité des chemins de fer, et, ces idées générales qui datent de plus de quarante ans sont aussi réelles à l'heure actuelle qu'à l'époque où elles ont été exposées. M. Baume s'exprimait ainsi :

« Il serait aussi inexact de ne tenir compte dans ces dépenses que des frais qui sont, pour une administration de chemins de fer, la conséquence immédiate du transport d'un voyageur ou d'une tonne de marchandises, qu'il serait peu logique de la part d'un négociant quelconque de ne faire figurer comme dépenses de son commerce que celles de son personnel, celles d'éclairage et de chauffage des localités qu'il occupe, etc., et de négliger les dépenses de loyers et d'intérêts des capitaux engagés dans son commerce. Aux frais d'exploitation proprement dits, comprenant les dépenses du mouvement et du trafic, de l'entretien de la voie et du matériel roulant, de la traction, vient s'ajouter, pour toute compagnie de chemins de fer, une série d'autres dépenses qui augmentent le prix de revient des transports; on peut citer parmi elles, les frais d'administration générale, les sommes employées au paiement de l'intérêt et de l'amortissement du capital de construction, les impôts payés au fisc, les dotations du fonds de pension, etc. Tous ces éléments doivent entrer en ligne de compte dans la détermination du prix de revient du transport d'un voyageur ou d'une tonne de marchandises. »

Une première idée très précise ressort nettement de ces lignes : Dans le calcul de tout prix de revient d'un transport en chemin de fer, toutes les dépenses sans exception, doivent entrer en ligne de compte y compris les dépenses d'intérêt et d'amortissement des capitaux engagés dans la construction. Nous verrons que sur ce point les compagnies de chemins de fer se contentent encore à l'heure actuelle de la comparaison de leurs recettes nettes à leurs seules dépenses d'exploitation proprement dites pour le calcul de leur coefficient d'exploitation, et ne tiennent pas compte des dépenses d'intérêt et d'amortissement.

Mais, revenons au texte de M. Baume qui continue ainsi : « Il existe, en outre « un lien très étroit entre les dépenses de transport sur un réseau de chemins de fer et la « roideur des courbes, la plus ou moins grande déclivité des pentes et des rampes, en un « mot les conditions du tracé de ce réseau. Aussi les prix de revient des transports sur « deux ou plusieurs chemins ne sauraient-ils être l'objet d'une comparaison judicieuse « que si les pentes, les rampes et les courbes du profil en long de la voie sont à peu près « les mêmes sur ces chemins. Il y a plus : il ne suffit pas que les conditions du tracé de « plusieurs chemins soient analogues, pour permettre une étude comparative du prix « de revient des transports sur ces chemins ; le prix de la houille, celui des rails, des « traverses, et en général, des matières consommées dans l'exploitation d'un chemin de « fer ; les prix de la main-d'œuvre et des salaires varient d'un pays à l'autre, et exercent « une influence capitale sur les dépenses de transport. »

« Les différences signalées jusqu'à présent dans l'exploitation des chemins de « fer n'ont trait qu'aux tracés et aux prix des matières. Si l'on passe à l'étude comparée « de la nature et du sens du trafic de ces mêmes chemins, les différences que l'on trouve « ne sont pas moins grandes. Chez quelques compagnies, le mouvement des marchandises, « et par suite, celui des wagons chargés, n'a lieu que dans un sens, les wagons reviennent « vides en sens inverse : c'est le cas de presque tous les chemins à transport de houille « et de ceux de tous les pays d'importation ou d'exportation de produits encombrants « (céréales, etc.). Pour d'autres chemins, le trafic est, à peu de chose près, constant « dans les deux sens, et il n'est pas douteux que, suivant qu'une ligne est à classer dans « l'une ou dans l'autre de ces catégories, sa situation sera différente, tant au point de vue « de l'utilisation du matériel roulant qu'à celui des dépenses de transport.

« On peut ajouter que la nature même et le mode de construction du matériel « roulant ont également une influence sur les frais de transport. L'outillage des gares, « la répartition plus ou moins rationnelle des plaques tournantes, des grues de chargement « et de déchargement, sont autant de facteurs variables d'un chemin à l'autre, et qui « entrent en ligne de compte dans les dépenses d'exploitation. Il en est de même de « la puissance des machines locomotives et de la diminution du poids mort traîné par

« l'emploi de wagons découverts, au lieu de wagons couverts, toutes les fois que la
« marchandise peut supporter ce mode de transport sans avarie. »

« Cette rapide esquisse des principaux éléments influant sur le prix de revient
« des transports, laisse entrevoir toutes les difficultés et les longueurs d'une étude compa-
« rative des dépenses de transport des divers chemins de fer. Elle est pour ainsi dire
« impossible, si l'on n'élimine pas toutes ces causes de différences et de variations en
« prenant des chemins exploités dans des conditions à peu près identiques. »

Aussi dans son mémoire, M. Baume s'est proposé seulement de déterminer les prix
de revient des transports d'une seule compagnie, la Société autrichienne I. R. pr. des
chemins de fer de l'État. Les chiffres qu'il publie ne sont applicables qu'à ce seul chemin,
dont les pentes et les rampes, les rayons des courbes étaient bien déterminés, dont le trafic,
la nature et l'état de la voie et du matériel roulant lui étaient bien définis ; ses résultats
ne pourraient être, par analogie et avec une certaine probabilité, appliqués à d'autres
chemins, que sous la condition expresse d'une situation analogue, à tous égards de ces
chemins, à celle du réseau de la Société autrichienne.

L'étude des prix de revient des transports a été faite pour une période de neuf
années, de 1865 à 1873. Pendant cet intervalle, la longueur des réseaux de la Société a
varié, pour l'ancien réseau, de 1324 à 1392 kilomètres ; pour le nouveau réseau, elle est
restée de 1871 à 1873 de 205 kilomètres.

2^o *Utilité de la détermination du prix de revient.*

M. Baume l'explique par les raisons suivantes qui sont encore aujourd'hui, et
l'on dirait même, plus que jamais, d'une brûlante actualité.

« Les exigences toujours croissantes du commerce et de l'industrie demandant,
« à tout propos, la diminution des tarifs de chemins de fer pour le transport des mar-
« chandises ; d'autre part, les dépenses de l'exploitation augmentant sans cesse avec le
« prix de la main-d'œuvre, des matières et des salaires, imposent aux compagnies de
« chemins de fer l'obligation d'une étude de plus en plus approfondie, d'un calcul
« de plus en plus exact du prix de revient des transports. Les taxes perçues pour
« effectuer des transports doivent être au moins égales à ce prix de revient, à cette dépense
« effective faite par la compagnie, et ce prix de revient devient une taxe minima. Tout
« tarif ayant pour base une taxe inférieure à ce minimum, ferait travailler à perte la société
« qui l'applique. La détermination du prix de revient des transports est donc d'une grande
« importance pour l'exploitation d'une ligne, par le seul fait que ce prix fixe une limite
« au-dessous de laquelle aucune des taxes à percevoir par la compagnie, ne devra
« descendre. »

« Des considérations d'une autre nature donnent encore à la connaissance du
« prix de revient des transports par chemins de fer un intérêt particulier. Les lignes de
« concurrence en construction ou déjà exploitées, obligent les chemins en exploitation
« depuis de longues années, à faire, dans une certaine mesure, des concessions de tarifs.
« Ces derniers peuvent ainsi garder la plus grande partie de leur ancien trafic que les
« lignes concurrentes leur enlèvent ou leur enlèveront au moins en partie. La concurrence
« qui existe déjà ou qui se prépare exige que les compagnies, qui ont à en subir les effets,
« se rendent un compte exact du prix de revient des transports sur leurs réseaux. Cette
« concurrence, en faisant fléchir les taxes, les rapproche du prix de revient. Il est donc
« nécessaire qu'une administration de chemins de fer connaisse les limites entre lesquelles
« les tarifs doivent se mouvoir pour être rémunérateurs; en d'autres termes, qu'elle déter-
« mine la taxe minima à percevoir, ou le prix de revient. Et, quelque ardente que soit la
« lutte des tarifs, quelque réduction de taxe qu'une compagnie accorde pour des raisons
« de concurrence, ces réductions ne devront pas conduire à l'application d'une taxe infé-
« rieure à ce minimum ⁽¹⁾ si elle ne veut pas se mettre en déficit pour tous les transports
« effectués avec un tarif inférieur au prix de revient.

« De plus, il est certains produits, tels que les engrais, les pierres, les minerais,
« les houilles et quelques autres matières encombrantes, qui ne sont susceptibles d'être
« menés à de grandes distances qu'à la condition de n'être soumis qu'à des taxes très
« faibles. Pour les transports de ces produits, il existe, en général, des tarifs différentiels,
« c'est à dire des tarifs ayant pour base un prix d'application par kilomètre d'autant
« plus bas que le parcours est plus long. Dans ce cas encore, il est très utile pour les
« compagnies de chemins de fer de déterminer le prix de revient des transports, afin
« d'obtenir une limite des diminutions de taxe qu'elles peuvent faire sans porter atteinte
« à leurs intérêts. La recherche de ce prix de revient permet de fixer l'élément constant des
« dépenses de transport, élément qui doit également servir au calcul des tarifs différentiels.

« Mais, s'il est nécessaire qu'une compagnie de chemins de fer en exploitation
« étudie avec soin les prix de transports sur son réseau afin d'avoir constamment une base
« certaine pour l'établissement de ses tarifs, cette étude devient indispensable pour toute
« nouvelle société de chemins de fer qui veut se constituer. Elle devra éviter avant tout
« de se laisser imposer, par son acte de concession, des taxes inférieures au prix de revient.
« Elle s'exposerait d'être obligée de transporter à perte toutes les marchandises soumises
« à ces taxes, et cela pendant toute la durée de la concession. Sans doute, dans ce cas spé-

(1) « Nous ne considérons pas ce minimum comme une limite mathématique au-dessous de laquelle aucune
« des taxes perçues par tonne kilométrique ne devra descendre, mais comme la limite inférieure de la moyenne
« générale des taxes à percevoir par un chemin de fer. En d'autres termes, si t_1 désigne le prix de revient, le
« minimum, il faudra qu'au transport d'une tonne de marchandises à la taxe $t_1 - a$, corresponde toujours celui
« d'une autre tonne effectué à la taxe $t_1 + a$, et que la taxe moyenne perçue soit au moins égale à t_1 . »

« cial, le prix de revient ne peut être calculé qu'avec approximation, et par comparaison
 « avec d'autres lignes déjà exploitées se trouvant à peu près dans les mêmes conditions
 « de tracé et ayant un trafic de même nature que celui prévu sur la nouvelle ligne. Il n'est
 « point de facteur qui exerce sur le développement d'une ligne de chemins de fer
 « d'influence plus décisive que les tarifs fixés par les actes de concession ou les cahiers
 « des charges pour le transport des voyageurs et des marchandises. Les tarifs doivent
 « être rémunérateurs, c'est là une question de vie ou de mort pour les chemins de fer. »

3^o Classification des dépenses en groupes

Nous nous étendrons longuement sur ce point pour permettre ultérieurement la comparaison avec le classement des dépenses utilisé dans le travail de M. Gustave Pereire et dans celui que nous présentons aujourd'hui. Nous exposerons ce classement dans le tableau suivant :

1 ^o Dépenses d'exploitation proprement dites.	Entretien et surveillance de la voie.	<ul style="list-style-type: none"> Service central. Dépenses communes à la surveillance et à l'entretien de la voie. Surveillance de la voie. Entretien de l'infrastructure. Entretien de la superstructure. Entretien des bâtiments. Dépenses extraordinaires.
	Service du mouvement et du trafic.	<ul style="list-style-type: none"> Service central. Service des gares. Service des trains.
	Dépenses de la traction, des ateliers, du matériel roulant.	<ul style="list-style-type: none"> Service central. Traction. Entretien des locomotives, voitures et wagons.
2 ^o Frais d'administration générale.	<ul style="list-style-type: none"> Conseil d'administration. Direction générale. Secrétariat général. Comptabilité générale. Contentieux. Service médical. Assurance contre l'incendie. Frais de procès et de publicité. 	

Si on déduit de la recette brute ou recette totale faite pendant l'année les dépenses d'exploitation proprement dites et d'administration générale, on obtient la recette nette sur laquelle on prélèvera les dépenses suivantes :

3° Charges publiques et dotations.	{	Dotation du fonds de pensions et de provisions.
		Secours extraordinaires aux agents pour cause de cherté.
		Impôt foncier.
		Impôt sur les loyers.
		Frais de timbres pour les coupons, actions, obligations et contrats.

4° Impôt sur le revenu. — Calculé sur la recette nette (n'est pas levé en certains pays) la part qui lui est afférente dans le prix de revient des transports devra être supprimée dans les chiffres s'appliquant à la Société autrichienne, toutes les fois qu'on voudra comparer les dépenses de transport de cette compagnie à celles d'une autre compagnie de chemins de fer non soumise à l'impôt sur le revenu.

5° Intérêt et amortissement du capital de construction (actions et obligations émises par la Société).

4° Distinction des dépenses en :

- 1° Dépenses dépendantes de la distance parcourue ;
- 2° Dépenses indépendantes de la distance parcourue. — Formules.

C'est cette distinction fondamentale des dépenses en dépenses dépendantes de la distance parcourue et dépenses indépendantes de la distance parcourue qui est à la base de tous les calculs de M. Baume ; elle est en quelque sorte le point caractéristique de sa méthode.

Voici d'ailleurs l'exposé des raisons qui justifient à son sens cette distinction :

« Un voyageur arrive dans une gare pour se rendre d'une ville à une autre ; il
« prend son billet, fait peser et enregistrer ses bagages. Il gagne ensuite une salle d'at-
« tente éclairée et chauffée au besoin, et attend l'heure du départ du train ; ses bagages
« sont de leur côté transportés du bureau de bagages jusqu'au fourgon, et chargés ensuite
« dans ce fourgon. Il y a là une série d'actes entraînant chacun pour la compagnie
« une certaine dépense. Toutes ces dépenses sont faites avant que le voyageur ne soit
« monté en voiture, avant qu'il n'ait parcouru un seul kilomètre. Elles sont les mêmes
« pour tout voyageur ; qu'il ait 10, 100 ou 500 kilomètres à parcourir : elles sont cons-

« tantes. Ce qui vient d'être dit pour la gare de départ se répète dans la gare d'arrivée :
« là, également, le voyageur une fois parvenu à destination, il y a de nouvelles dépenses
« indépendantes de la distance qu'il a parcourue, telles que reprise du billet, délivrance
« des bagages.

« De même, une tonne de marchandises est amenée dans une gare pour être
« expédiée. Cette marchandise est reçue, vérifiée, pesée, enregistrée et emmagasinée par
« les agents de la compagnie ; elle reçoit les documents de route qui doivent l'accompa-
« gner, et elle est chargée dans un wagon. Rendue en gare de destination cette même
« marchandise est déchargée et emmagasinée ; avis de l'arrivée est donné au destinataire
« auquel elle est remise. Chacune des parties de cette manutention de la marchandise,
« dans les gares expéditrices et destinataires, est pour la compagnie une cause de dépenses.
« Ces dépenses restent les mêmes pour toute tonne de marchandises, quelle que soit la
« distance à laquelle le transport ait eu lieu ; elles sont constantes et indépendantes du
« parcours. »

Au sujet de la tonne de marchandises il nous faut ajouter à ces considérations une observation qui, à notre sens est fondamentale. Ce n'est pas par tonne que la plupart des dépenses indépendantes du parcours sont constantes, mais par envoi ou expédition. Il y aura pour un petit colis de 10 kilos comme pour celui de 1 tonne, les mêmes formalités de réception, vérification, pesée, enregistrement, écriture des feuilles de route, déchargement, livraison ; seules les manutentions seront plus pénibles pour l'envoi de 1 tonne que pour le colis de 10 kilos, nécessiteront plus de force et par suite seront plus onéreuses. Il y a là une notion importante dont M. Baume n'a pas tenu compte dans l'établissement de sa formule, bien qu'il en ait eu le pressentiment, comme nous le verrons plus loin. D'ailleurs si on veut se borner au calcul du prix de revient moyen de la tonne de marchandises au cours d'un exercice donné, cette précision n'est pas nécessaire pratiquement, mais si l'on veut, comme M. Baume le fait d'ailleurs lui-même, sur un autre point, tirer des formules certaines déductions théoriques et pouvant même être susceptibles d'applications pratiques, il est de toute nécessité de préciser toutes les notions. Nous verrons que celle d'expédition est une des innovations intéressantes du travail de M. Gustave Pereire, que nous examinerons plus loin.

M. Baume écrit : « On peut, par conséquent partager les dépenses d'une
« compagnie de chemins de fer en 2 classes :

« 1^o *Dépenses indépendantes* de la distance parcourue par les voyageurs ou les
« marchandises et qui restent constantes, par unité, quels que soient les parcours. » On
les désignera par *i*.

« 2^o *Dépenses dépendantes* de la distance parcourue et augmentant proportion-
« nellement avec elle. Ce sont celles qui sont faites depuis l'instant où le train qui emmène

« le voyageur ou la marchandise, quitte la gare de départ, jusqu'au moment où il s'arrête
« dans la gare de destination. » On les distinguera par d .

Si on appelle :

T : le prix du transport d'un voyageur à une distance de L kilomètres ;

F : toutes les dépenses i faites par voyageur avant et après le transport ;

F' : toutes les dépenses d faites pendant le transport par voyageur et par kilomètre de parcours ; on aura le prix du transport du voyageur à la distance L par la relation

$$(1) \quad T = F + F' L$$

De même, si on appelle t le prix du transport d'une tonne de marchandises à une distance l exprimée en kilomètres ;

f : les dépenses i faites avant et après le transport par tonne de marchandises ;

f' : les dépenses d faites pendant le transport par tonne de poids brut remorquée (véhicule et marchandises) et par kilomètre ;

p : le poids mort moyen traîné, en tonnes, qu'a exigé le transport de chaque tonne nette de marchandises on arrive à l'expression

$$(2) \quad t = f + f' (1 + p) l$$

La détermination des quantités F , F' , f , f' et p qui sont les inconnues des équations (1) et (2) ne peut avoir lieu qu'à l'aide des chiffres de la comptabilité générale et des attachements tenus par les divers services de l'exploitation. Mais ceux-ci ne donnent pour un grand nombre de dépenses, que des sommes cumulées renfermant et les dépenses du transport des voyageurs et celles du transport des marchandises, sans spécifier les parts respectives i et d dans ces dépenses. Le premier travail de M. Baume a donc dû consister dans la séparation, aussi exacte que possible, des dépenses i et des dépenses d . Dans beaucoup de cas cette séparation peut être faite rigoureusement à l'aide des inscriptions de la comptabilité et des attachements des services ; dans les autres, on a été obligé de recourir à différentes hypothèses variant avec l'espèce des dépenses, mais qu'on s'est attaché à choisir parmi les plus en accord avec les faits.

Il nous paraît nécessaire de reproduire ici sous forme de tableau, le détail des procédés employés par M. Baume pour la répartition entre les catégories i et d , des dépenses dont nous avons donné ci-dessus, la nomenclature complète ; détail que l'auteur avait rejeté en appendice à la fin de son mémoire ⁽¹⁾. Nous y trouverons plus d'un conseil précieux pour la répartition que nous établirons à notre tour au cours de ce travail.

(1) Nous avons pu heureusement compléter et parfois corriger les renseignements contenus dans cet appendice à l'aide de la collection des tableaux originaux de M. Baume, déposés à la Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées. Nous exprimons à cette occasion nos vifs remerciements à M. Pradelle, bibliothécaire.

DÉPENSES D'EXPLOITATION PROPREMENT DITES

	<u>i</u>	<u>d</u>
ENTRETIEN ET SURVEILLANCE DE LA VOIE	<p>ENTRETIEN DE L'INFRASTRUCTURE</p> <p>Les autres dépenses, haies, clôtures, barrières, routes sont réparties sur <i>i</i> et <i>d</i> dans le rapport de la longueur des gares (une gare se trouve ainsi portée en compte pour le double de sa longueur entre les aiguilles extrêmes)</p> <p>ENTRETIEN DE LA SUPERSTRUCTURE</p> <p>Celles incombant aux stations. Celles incombant à la voie courante.</p> <p>(1) ENTRETIEN DES BATIMENTS</p> <p>dépenses d'entretien des bâtiments servant aux voyageurs et aux marchandises. Entretien des autres bâtiments, tels que ateliers, dépôts de machines, dépôts de charbon, prise d'eau, maison de garde, etc., etc.</p> <p>(1) Les attachements du service de l'entretien ont permis de déterminer ainsi directement ses parts <i>i</i> et <i>d</i> pour les exercices 1872 et 1873, on a admis le même rapport pour les autres exercices.</p> <p>DÉPENSES EXTRAORDINAIRES</p> <p>Celles faites dans les gares, décoration et illuminations de bâtiments. Les autres dépenses du chapitre, encombrement de neige, inondations, accidents.</p> <p>DÉPENSES COMMUNES A L'ENTRETIEN ET A LA SURVEILLANCE DE LA VOIE</p> <p>réparties entre <i>i</i> et <i>d</i> dans le rapport des sommes des parts <i>i</i> et <i>d</i> des 6 chapitres ci-dessus répartis.</p> <p>DÉPENSES DU SERVICE CENTRAL</p> <p>réparties entre <i>i</i> et <i>d</i> dans le rapport des sommes des parts <i>i</i> et <i>d</i> des 5 chapitres ci-dessus répartis</p>	
MOUVEMENT ET TRAFIC	<p>SERVICE DES GARES</p> <p>Eclairage et chauffage. Nettoyage des gares. Entretien du mobilier et autres objets d'inventaire. Fabrication des billets et imprimés. Manœuvres de gare à la machine. 5/6 des autres dépenses (personnel des gares et magasins : employés, agents, ouvriers).</p> <p>SERVICE CENTRAL</p> <p>réparties entre <i>i</i> et <i>d</i> dans le rapport des sommes des parts <i>i</i> et <i>d</i> de toutes les autres dépenses du mouvement et trafic.</p>	
TRACTION ET ENTRETIEN du matériel roulant	<p>SERVICE CENTRAL</p> <p>réparties entre <i>i</i> et <i>d</i> proportionnellement aux</p> <p>Dépenses des manœuvres de gare à la machine (figurant dans les dépenses <i>i</i> du mouvement, service des gares.)</p> <p>SERVICE CENTRAL</p> <p>Dépenses totales de traction et d'ateliers (ci-dessus traction et réparation du matériel roulant).</p> <p><i>Traction</i> : en totalité (traitement du personnel des dépôts, traitements et primes de parcours des mécaniciens et chauffeurs, primes d'économie, uniformes, combustibles, graissage, nettoyage et éclairage des machines, eau d'alimentation.</p> <p><i>Réparation du matériel roulant</i> en totalité (machines et tenders, voitures à voyageurs, fourgons, wagons à marchandises, bâches, chasse-neige). Ce sont les dépenses du service des ateliers.</p>	
<p>Les dépenses du compte de <i>Profits et Pertes</i>, sont à répartir entre <i>i</i> et <i>d</i> proportionnellement aux parts <i>i</i> et <i>d</i> des dépenses totales d'exploitation.</p>		

	<u><i>i</i></u>	<u><i>d</i></u>
ADMINISTRATION GÉNÉRALE	DIRECTION GÉNÉRALE CONSEIL D'ADMINISTRATION SECRÉTARIAT GÉNÉRAL COMPTABILITÉ GÉNÉRALE CONTENTIEUX PRIMES D'ASSURANCES FRAIS DE PUBLICITÉ, DE JUSTICE SERVICE MÉDICAL réparties entre <i>i</i> et <i>d</i> dans le rapport des parts totales <i>i</i> et <i>d</i> des dépenses de l'exploitation proprement dites.	
IMPOT SUR LE REVENU	Cet impôt a été réparti sur <i>i</i> et <i>d</i> dans le rapport des dépenses totales <i>i</i> et <i>d</i> de l'exploitation.	
INTÉRÊT et AMORTISSEMENT DU CAPITAL	Détermination de la quote part du matériel roulant et de celle de la voie et des immeubles dans le rapport des dépenses de premier établissement correspondantes à chacune d'elles. Quote part de la voie et des immeubles répartie entre <i>i</i> et <i>d</i> proportionnellement aux dépenses <i>i</i> et <i>d</i> du chapitre : Entretien et surveillance de la voie.	
CHARGES PUBLIQUES ET DOTATIONS	IMPÔT FONCIER IMPÔT SUR LES LOYERS FRAIS DE TIMBRE DES COUPONS (ACTIONS ET OBLIGATIONS) étant conséquence et charge du capital social, devront être répartis entre <i>i</i> et <i>d</i> de la même manière que l'intérêt et l'amortissement du capital social. DOTATION DU FONDS DE PENSIONS ET DE PROVISIONS SECOURS ET ALLOCATIONS EXTRAORDINAIRES AUX AGENTS divisés en parts <i>i</i> et <i>d</i> proportionnelles aux dépenses totales <i>i</i> et <i>d</i> du personnel de toute la compagnie (voir tableau ci-dessous).	

PARTS *i* ET *d* DES DÉPENSES DU PERSONNEL

1. Administration générale : Parts *i* et *d* des dépenses du personnel de tous les services.
2. Service central de l'entretien et de la surveillance de la voie : proportionnelles aux parts *i* et *d* des dépenses du personnel de la surveillance (3 et 6)
3. Dépenses communes à la surveillance et à l'entretien : proportionnelles aux parts *i* et *d* des dépenses totales pour l'entretien et la surveillance de la voie.
4. Service central du mouvement : proportionnelles aux parts *i* et *d* des dépenses du personnel des gares et des trains.
5. Personnel des gares 5/6 sur *i* | 1/6 sur *d*
6. | Surveillance de la voie. } entièrement
7. | Personnel des trains. } sur *d*
8. | Personnel de la traction. }
9. | Service central de la traction. }

La répartition des dépenses en deux groupes *i* et *d* faite par M. Baume d'après les règles ci-dessus, pour les exercices 1865-1873 de l'ancien réseau, de 1871-1873 du nouveau réseau de la Société autrichienne, l'a conduit à des résultats dans les détails desquels nous n'entrerons pas, mais qu'il résume ainsi :

« Les dépenses indépendantes du parcours constituent les 20 p. 100 de la dépense totale ; la valeur relative de ces dépenses suit une progression ascendante.

« Les dépenses dépendantes du parcours forment les 4/5 de la dépense totale.

M. Baume effectue ensuite une seconde opération qui consiste en la séparation de chacun des groupes *d* et *i*, en deux subdivisions, l'une pour la grande vitesse, l'autre pour la petite vitesse. M. Baume comprend :

1^o Sous le nom de service de la *grande vitesse*, le service des voyageurs et des bagages.

2^o Sous le nom de service de la *petite vitesse*, celui des marchandises.

« Les articles de messageries transportés par la Société autrichienne sont relativement en faible quantité, et on les a fait figurer dans la petite vitesse. Ces articles sont, du reste, transportés en majeure partie par des trains de marchandises rapides, dont la charge ne se compose presque exclusivement que de marchandises de petite vitesse. De plus, les transports d'objets de messageries sont effectués, pour plus de la moitié de ces objets, à une taxe réduite, à peu près égale à la taxe la plus élevée perçue pour la petite vitesse. »

Cette répartition de chacune des dépenses *i* et *d* en deux groupes : voyageurs et marchandises, a eu lieu d'après les données fournies par les attachements des divers services de l'exploitation. Partout où ces données se trouvaient insuffisantes, on a recouru à des hypothèses se rapprochant de l'expression de la réalité.

Le tableau de la page suivante expose cette nouvelle répartition.

Grande vitesse

Petite vitesse

ADMINISTRATION GÉNÉRALE
SERVICE CENTRAL DE L'ENTRETIEN ET DE LA SURVEILLANCE DE LA VOIE
DÉPENSES COMMUNES A L'ENTRETIEN ET A LA SURVEILLANCE
SURVEILLANCE DE LA VOIE
ENTRETIEN DES BATIMENTS
DÉPENSES EXTRAORDINAIRES DE L'ENTRETIEN
SERVICE CENTRAL DU MOUVEMENT ET DU TRAFIC
SERVICE DES GARES
SERVICE DES TRAINS
CHARGES PUBLIQUES ET DOTATIONS

sont réparties dans le rapport du *nombre de kilomètres parcourus*

1° par les trains de voyageurs. | 2° par les trains de marchandises.

ENTRETIEN DE L'INFRASTRUCTURE
ENTRETIEN DE LA SUPERSTRUCTURE
SERVICE CENTRAL DE LA TRACTION
TRACTION

réparties suivant les *quantités de charbon consommées* par les trains (Voir tableau ci-joint)

1° de grande vitesse. | 2° de petite vitesse.

SERVICE DES ATELIERS

Entretien des voitures. | Entretien des wagons.

ENTRETIEN DES LOCOMOTIVES, TENDERS, CHASSE-NEIGE
réparties en proportion du *parcours des trains*

1° de grande vitesse. | 2° de petite vitesse.

INTÉRÊTS ET AMORTISSEMENT
AFFÉRENTS AU CHEMIN DE FER (VOIE ET IMMEUBLE)
partagés dans le rapport des *recettes totales*

de grande vitesse. | de petite vitesse.

AFFÉRENTS AU MATÉRIEL ROULANT
divisés proportionnellement au *parcours des trains*

de grande vitesse. | de petite vitesse.

IMPÔT SUR LE REVENU (PERÇU SUR LA RECETTE NETTE)
partagé dans le rapport de la *recette nette*

de la grande vitesse. | de la petite vitesse.

Cette nouvelle répartition effectuée sur les mêmes années que la première donne les résultats suivants :

« Les dépenses du service des voyageurs forment les 27 p. 100 des dépenses totales ;
« les frais du service de la petite vitesse composent les 73 autres centièmes de ces dépenses. »

En résumé nous grouperons les résultats des deux répartitions ci-dessus de M. Baume, dans le petit tableau à double entrée qui suit. Les dépenses totales d'un exercice moyen étant 100.

TRAFIC	DEPENSES		
	<i>i</i>	<i>d</i>	Totales
Voyageurs G. V. . . .	6	21	27
Marchandises P.V. . . .	14	59	73
Total.	20	80	100

II. — VOYAGEURS

1^o *Prix de revient du transport des voyageurs.*

La formule

$$(1) \quad T = F + F' L$$

ci-dessus posée, donne l'expression des dépenses du transport d'un voyageur sur un parcours de L kilomètres. Il est facile de calculer les coefficients F et F' quand on a déterminé la part des dépenses i et d qui se rapportent au service des voyageurs et qu'on appellera i_v et d_v .

On aura :

$$F = \frac{i_v}{N} \quad N : \text{Nombre des voyageurs de l'année.}$$

$$F' = \frac{d_v}{N'} \quad N' : \text{Nombre total des kilomètres parcourus par tous les voyageurs de l'année.}$$

$$\frac{N'}{N} = M \quad \text{sera le parcours moyen de tous les voyageurs de l'année.}$$

La dépense moyenne ou prix de revient du transport par voyageur, correspondant à ce parcours moyen M sera alors :

$$(3) \quad T' = F + F' M$$

et le prix de revient du transport d'un voyageur à 1 km :

$$(4) \quad T_1 = \frac{T'}{M} = \frac{F}{M} + F'$$

Telles sont les deux formules dont M. Baume fait l'application aux exercices 1865 à 1873 de l'exploitation de la Compagnie autrichienne.

Nous ajouterons que si l'on veut se borner, comme ci-dessus, au calcul du prix de revient et de la dépense par voyageur transporté à une distance égale au parcours moyen annuel ou à 1 kilomètre, on peut se dispenser, mais dans ces cas seulement, de passer par les calculs des coefficients F et F' et du parcours moyen M .

En effet, reprenons successivement les formules (3) et (4) et remplaçons les quantités F , F' et M par leurs valeurs $\frac{i_v}{N}$, $\frac{d_v}{N}$ et $\frac{N'}{N}$ nous aurons

$$(3^{bis}) \quad T' = F + F'M = \frac{i_v}{N} + \frac{d_v}{N} \frac{N'}{N} = \frac{i_v + d_v}{N}$$

Ce qui revient tout simplement, comme il était d'ailleurs naturel de le penser, à dire que : le prix de revient moyen du transport d'un voyageur est le quotient des dépenses totales du service des voyageurs par le nombre de ces derniers.

Et de même :

$$(4^{bis}) \quad T_1 = \frac{T'}{M} = \frac{i_v + d_v}{NM} = \frac{i_v + d_v}{N'}$$

Le prix de revient moyen du transport du voyageur à 1 kilomètre est le quotient des dépenses totales du service des voyageurs, par le nombre total des kilomètres parcourus par tous les voyageurs de l'année.

En résumé, la formule, et toute autre d'ailleurs, n'aura d'utilité réelle que si l'on veut étudier le prix de revient moyen du transport d'un voyageur à une distance autre que le parcours moyen ou le kilomètre car, dans ces cas, on peut calculer beaucoup plus rapidement et simplement ces prix par une opération de division de la dépense totale ou de ses deux termes.

Néanmoins, parmi les résultats des calculs de M. Baume retenons les valeurs moyennes suivantes des coefficients F , F' et du parcours moyen M pour l'ancien réseau, exercices 1865 à 1873

$$F = 0',79 \quad F' = 0',038 \quad M = 70^{km},046$$

à l'aide desquelles M. Baume a calculé les valeurs correspondantes au parcours M de T et de T_1

$$T = 3',486 \\ T_1 = 0',0498$$

cet exemple de calcul fait ressortir toute l'importance de l'influence du terme F par rapport à celle de F' .

Enfin M. Baume définit le parcours rémunérateur : le parcours minimum que doit effectuer un voyageur pour que son transport n'entraîne ni bénéfice, ni perte pour la compagnie. Nous reviendrons sur ce point dans notre travail.

2° Comparaison du prix de revient de transport d'un voyageur avec la recette moyenne par voyageur et par kilomètre.

Le prix de revient moyen du transport d'un voyageur à un kilomètre étant connu pour la série des années étudiées, M. Baume met en regard de ce prix la recette correspondante. Il obtient cette recette moyenne par voyageur et par kilomètre en divisant la recette totale du service de la grande vitesse R pendant une année, par le nombre de kilomètres parcourus N' par tous les voyageurs de cette même année.

$$(7) \quad \frac{R}{N'}$$

Nous ne nous étendrons pas sur les résultats de cette comparaison particulière à l'exploitation qu'il étudie. Disons seulement qu'il les traduit par des courbes graphiques, dont « les ordonnées sont proportionnelles aux recettes pour l'une d'elles et aux dépenses pour l'autre. La différence entre les ordonnées des deux courbes représente, « suivant que la courbe des recettes est supérieure ou inférieure à la courbe des dépenses, « le bénéfice net, ou le découvert que le transport de chaque voyageur à un kilomètre « entraîne pour la compagnie. Cette différence constitue donc la part contributive de « chaque voyageur kilométrique, soit dans le *dividende*, si la recette est supérieure à la « dépense soit dans la *garantie* à payer par l'État, si la recette est inférieure à la dépense. »

Pour terminer, signalons les résultats moyens suivants par voyageur et par kilomètre, des calculs concernant l'exploitation de la Compagnie autrichienne :

Ancien réseau. — Exercices 1867 à 1873. — Moyennes.

Recette : 0 fr. 0560. Dépenses : 0 fr. 0498. Bénéfice : 0 fr. 0062.

Nouveau réseau. — Exercices 1871 à 1873. — Moyennes.

Recette : 0 fr. 0650. Dépenses : 0 fr. 0881. Perte : 0 fr. 0231

Remarque : La formule générale

$$(1) \quad T = F + F'L$$

rapportée au kilomètre devient :

$$(8) \quad T_1 = \frac{F}{L} + F'$$

dans laquelle F' est constant et $\frac{F}{L}$ diminue proportionnellement à la distance à

parcourir. Elle peut donc servir à l'établissement des tarifs différentiels, T_1' étant le prix d'application par kilomètre.

3° Poids mort traîné par voyageur.

Dans la formule (1), l'unité adoptée est le voyageur. Il est facile de transformer cette équation en prenant pour unité de transport, non plus le voyageur, mais le poids moyen d'un voyageur. Soient :

$F_1' = \frac{d_v}{N_1}$ les dépenses d faites pour le transport d'une tonne brute kilométrique d'un train de grande vitesse ;

P : le poids moyen d'un voyageur exprimé en tonnes ;

P' : le poids mort moyen, en tonnes, transporté par voyageur ;

N_1 : le nombre des tonnes brutes kilométriques de trains de voyageurs de l'année ;

N_1' : le nombre des tonnes nettes kilométriques des voyageurs de l'année ;

on aura l'équation :

$$(9) \quad P' = \frac{N_1 - N_1'}{N_1} P$$

et la dépense totale par voyageur sera donnée par la formule

$$(10) \quad T = F + PF_1' \left(1 + \frac{N_1 - N_1'}{N_1} \right) L$$

Le calcul du prix de revient du transport du voyageur à une distance L pouvait donc être fait soit à l'aide de la formule (1) soit à l'aide de l'équation (10). M. Baume a préféré se servir de l'équation (1) pour la recherche de T ; car il existe des incertitudes sur la valeur de P . D'ailleurs il montre aisément que l'équation (10) n'est qu'une autre forme de (1) $T = F + F'L$ et que l'on peut passer de l'une à l'autre par quelques transformations de calcul.

On a en effet :

$$T = F + PF_1' \left(1 + \frac{N_1 - N_1'}{N_1} \right) L = F + \frac{PF_1'}{N_1} N_1 L \quad (11)$$

$$\text{de plus} \quad F_1' = \frac{d_v}{N_1} \quad F' = \frac{d_v}{N'}$$

N' étant le parcours de tous les voyageurs, il en résulte :

$$F_1 = \frac{F'N'}{N_1}$$

d'où
$$T = F + PF_1 \frac{N_1}{N_1'} L = F + PF' \frac{N'}{N_1'} L \quad (12)$$

mais $PN' = N_1'$; on a donc finalement $T = F + F'L$ ce qui est l'équation (1).

L'étude des variations du poids mort moyen traîné par voyageur est faite par l'auteur, à l'aide de l'équation (10)

$$T = F + PF_1' \left(1 + \frac{N_1 - N_1'}{N_1'} \right) L$$

dans laquelle, le poids mort transporté par voyageur est représenté par

$$P \frac{N_1 - N_1'}{N_1'}$$

Le poids moyen P d'un voyageur et des bagages qui l'accompagnent est supposé être de 0^t,1, chiffre résultant des données de l'expérience ⁽¹⁾.

Et M. Baume constate que sur l'ancien réseau de la Compagnie autrichienne, le poids mort moyen traîné par voyageur de 1865 à 1873 est de 0^t,555 c'est à dire 5,55 fois le poids du voyageur.

Il continue :

« On peut se proposer de chercher quel serait le poids mort à transporter par voyageur en supposant le parc des voitures entièrement utilisé, c'est à dire le nombre des voyageurs égal à celui des places offertes. Dans ce cas, le poids mort moyen par voyageur sera le quotient de la division du poids total du parc des voitures par le nombre total des places. » Ce poids mort sera un minimum et il calcule que pendant la période considérée :

« Dans le cas d'une utilisation complète des voitures, le poids mort minimum traîné par voyageur serait de 0^t,202 soit 2,74 fois inférieur à celui traîné effectivement.

« Si une telle utilisation pouvait être atteinte, elle exercerait une notable influence sur le prix de revient du transport d'un voyageur. Il suffit pour avoir la mesure de cette influence de remplacer dans l'équation (10), le poids mort $P \frac{N_1 - N_1'}{N_1'}$ par cette valeur minima. »

(1) Ce n'est d'ailleurs là qu'une valeur moyenne, quelques administrations de chemins de fer ont donné à P la valeur 0^t,075.

M. Baume en déduit, que le prix de revient du transport d'un voyageur, en admettant une utilisation complète du matériel, serait de 71 p. 100 inférieur au prix de revient effectif, c'est à dire réduit aux 3/5 environ de sa valeur.

Le premier terme du second membre de l'équation (10) ne subit dans ce cas aucune modification.

Quant au coefficient d'utilisation qu'il définit : le rapport entre le nombre des places occupées et celui des places offertes, il le détermine à l'aide des chiffres qu'il vient de calculer : « La valeur du poids mort effectif traîné par voyageur, divisée par le poids mort minimum de l'année correspondante, indique de combien de fois les places offertes ont été trop peu utilisées. Si l'on rapporte ce quotient à cent places offertes, on a le coefficient d'utilisation. »

Le coefficient moyen ainsi calculé est voisin de 36 %.

4° Précision sur cette étude du poids mort transporté par voyageur.

Pour mieux préciser ces notions de poids mort minimum traîné par voyageur, et de coefficient d'utilisation, il nous semble utile de traduire en quelques formules les définitions ci-dessus en conservant les notations adoptées. Savoir :

N_1 : nombre de tonnes kilométriques brutes des trains de voyageurs de l'année,

N'_1 : nombre de tonnes nettes kilométriques des voyageurs de l'année.

P : poids moyen d'un voyageur, exprimé en tonnes (valeur admise 0^t 1).

Nous appellerons en outre :

p_1 : poids total du parc des voitures en tonne ;

s : nombre total des places qu'elles offrent.

En supposant le parc des voitures entièrement utilisé, c'est à dire le nombre des voyageurs égal à celui des places offertes, nous préciserons : *constamment égal*, c'est à dire pendant tout le parcours qu'effectueront les voitures, le poids mort moyen par voyageur serait $\frac{p_1}{s}$

Le poids mort effectif traîné par voyageur est, nous l'avons vu

$$P' = P \frac{N_1 - N'_1}{N'_1}$$

ou en remplaçant P par sa valeur 0^t,1

$$\frac{N_1 - N'_1}{10N'_1} \text{ tonnes} \quad (9^{bis})$$

Le coefficient d'utilisation s'obtiendra en rapportant à 100 places offertes le quotient du poids mort effectif par le poids mort minimum correspondant, ce qui donne :

$$100 \cdot \frac{\frac{N_1 - N_1'}{10 N_1'}}{\frac{p_1}{s}} = \frac{100 p_1 (10 N_1')}{s (N_1 - N_1')} \quad (13)$$

Il nous paraît plus clair d'interpréter comme suit cette formule :

Le quotient du tonnage kilométrique des voitures $N_1 - N_1'$ par leur poids p_1 , donne le parcours kilométrique moyen d'une voiture $\frac{N_1 - N_1'}{p_1}$; le produit de ce parcours par le nombre total de places offertes s , donnera le nombre de places kilométriques offertes ⁽¹⁾.

$$\frac{s(N_1 - N_1')}{p_1} \quad (14)$$

Le coefficient d'utilisation des voitures à voyageurs pendant l'année sera le rapport du nombre des voyageurs kilométriques au nombre des places kilométriques offertes.

Le nombre des voyageurs kilométriques N' pouvant s'écrire avec la notation ci-dessus $10 N_1'$ car on a

$$N_1' = 0,1 N'$$

et en exprimant en centièmes le coefficient d'utilisation, il devient

$$\frac{100 \times 10 N_1'}{s (N_1 - N_1')} = \frac{100 p_1 \times 10 N_1'}{s (N_1 - N_1')} \quad (13)$$

c'est bien la formule établie ci-dessus d'après les raisonnements de M. Baume.

Pour abrégé posons :

K : coefficient d'utilisation, exprimé non plus en centièmes, mais en unités, donc pouvant prendre toutes les valeurs de 0 à 1 ; $P' = \frac{N_1 - N_1'}{10 N_1'}$: poids mort moyen trainé par

(1) Dans la pratique, on calculera directement le nombre des places kilométriques offertes sans passer par le tonnage kilométrique et le parcours moyen des voitures. Les statistiques donnent en général le nombre moyen des places offertes par chaque catégorie de voitures et le parcours de ces voitures.

On calculera alors les produits : du nombre moyen des places par voiture de chaque catégorie par le parcours correspondant total de la catégorie de véhicules, la somme de ces produits partiels sera le nombre de places kilométriques offertes.

voyageur dont la valeur minimum $\frac{p_1}{s}$ est une constante déterminée pour un matériel donné, qu'on pourra par conséquent écrire $\frac{p_1}{s} = c$

On aura ainsi

$$K = \frac{c}{P'} \quad (15) \quad \text{d'où} \quad P' = \frac{c}{K} \quad (15^{bis}) \quad \text{et} \quad KP' = c \quad (15^{ter})$$

En résumé : le produit du coefficient d'utilisation par le poids mort moyen transporté par voyageur est constant et égal au poids mort minimum transportable par voyageur dans l'année, de sorte que les variations auxquelles est soumis le poids mort traîné par voyageur sont inverses de celles des coefficients d'utilisation du parc des voitures.

Nous pourrions maintenant transformer la formule (10) donnant le prix de revient du transport du voyageur à L kilomètres et écrire :

$$T = F + F_1' (P + P') L \quad (16)$$

ou en fonction du coefficient d'utilisation K et de la constante c

$$T = F + F_1' \left(P + \frac{c}{K} \right) L \quad (17)$$

où $P = 0,1$ valeur adoptée par M. Baume.

5° *Discordance en ce qui concerne : L'influence de la variation du poids mort sur le prix de revient du transport par voyageur.*

Nous avons vu plus haut, que M. Baume envisageait une importante réduction des dépenses dépendantes du parcours par la réduction du poids mort traîné par voyageur, c'est à dire par l'augmentation du coefficient d'utilisation des voitures à voyageurs.

Il est avéré qu'il serait de tout intérêt de réduire le plus possible le transport de poids inutiles : mais la valeur effective des réductions de dépenses ne nous paraît pas aussi élevée que l'auteur l'envisage.

Tout d'abord, faisons une remarque essentielle : il résulte de l'étude du mode de calcul employé à ce sujet par M. Baume, qu'il paraît avoir admis implicitement les conventions suivantes :

1° Les dépenses i indépendantes du parcours sont également indépendantes du poids brut, c'est à dire du poids des voyageurs et de celui des wagons qui les transportent réunis.

2° Les dépenses d dépendantes du parcours sont proportionnelles au tonnage kilométrique brut des transports effectués.

La première se justifie pour la plupart des dépenses i , elles sont bien relatives en général au nombre de voyageurs (billets, imprimés, salles d'attente, etc.).

Cependant, les « manœuvres de gare à la machine » doivent bien plutôt dépendre du nombre des trains surtout, et de leur tonnage brut général par conséquent, que du nombre des voyageurs qu'ils contiennent. Mais pourquoi, a-t-on partagé certaines dépenses i de l'exploitation entre la grande et la petite vitesse, dans le rapport des quantités de charbon consommé par les trains des deux services ? La consommation du charbon dépend : et de la vitesse et du tonnage kilométrique brut transporté.

Si les dépenses i ne varient pas avec le tonnage brut, il est certain néanmoins qu'une grande partie d'entre elles se modifient et augmentent sans aucun doute avec le trafic, il manque ici un facteur de répartition, nous chercherons à le préciser ultérieurement. De plus en ce qui concerne les dépenses i , le nombre des kilomètres parcourus par les trains de grande vitesse et ceux de petite vitesse, nous paraît être un facteur de leur répartition entre ces deux trafics, assez discutable. Il a cependant été largement employé si nous nous en référons au tableau de la page 17. Mais nous savons qu'il a fallu parer aux insuffisances de la comptabilité par des hypothèses dont les conséquences soient les plus approchées possibles de la vérité. Néanmoins un parcours à la base d'une répartition de dépenses indépendantes du parcours ; ceci paraît à première vue assez contradictoire ⁽¹⁾.

Mais, en ce qui concerne la seconde convention relative aux dépenses dépendantes du parcours, il y a à notre sens d'importantes restrictions à faire, quant à la proportionnalité de certaines dépenses. Reportons-nous en effet à la classification des dépenses faite par M. Baume, et reproduite ci-dessus (pp. 14 et 15).

Pour ce qui est des dépenses d'exploitation proprement dites, nul doute que le tonnage kilométrique brut des trains ne joue là un rôle prépondérant, sinon absolu et unique ; en particulier et essentiellement dans le service de la traction.

Mais alors, pourquoi dans le partage des dépenses d entre la grande et la petite vitesse, a-t-on pris pour base le rapport du nombre de kilomètres parcourus par les trains de voyageurs et ceux de marchandises, et non pas celui des tonnages kilométriques bruts de ces trains.

Cependant certaines d'entre elles ont été partagées dans le rapport des consommations de charbon (entretien de l'infra et de la superstructure, service de la traction)

(1) Sans préjudice des critiques que l'on peut faire quant à la nature de l'unité de répartition elle-même : le kilomètre de train ; étant donnée sa grande variabilité comme le constate M. Baume lui-même (voir plus loin p. 43).

et nous avons vu que la consommation du charbon variait avec le tonnage kilométrique brut, du moins dans une certaine mesure.

Pour les autres dépenses, hors l'exploitation proprement dite, la proportionnalité en question est tout à fait illusoire. Ce n'est pas la réduction du poids mort transporté une certaine année qui diminuera les intérêts et amortissements des capitaux engagés dans la construction et l'exploitation du réseau étudié, non plus que les impôts à payer cette même année. Cependant, une fraction importante de ces dépenses a été portée par M. Baume dans les dépenses d . De même, les dépenses d'administration générale varient peu et lentement. M. Baume écrit lui-même en un point de son mémoire qu'il y a des « dépenses constantes de l'exploitation, indépendantes de l'intensité du trafic », phrase qui vient à l'appui des idées que nous venons de développer.

En résumé, il ressort de ce qui précède :

- I. Que les dépenses indépendantes du parcours doivent varier avec le trafic suivant des facteurs que nous chercherons à préciser plus tard, mais qui doivent être réellement indépendants du parcours.
- II. Que les dépenses dépendantes du parcours sont loin d'être toutes proportionnelles au tonnage kilométrique brut du trafic, et qu'en conséquence, il n'est pas légitime d'envisager sur toutes une réduction en proportion de celle réalisable sur le poids mort transporté, par l'augmentation du coefficient d'utilisation des voitures.
- III. L'examen ci-dessus a permis de relever certaines contradictions existant entre les deux répartitions des dépenses :
 - entre les catégories i et d d'une part;
 - entre la grande et la petite vitesse d'autre part.
- IV. Ces contradictions entraînent d'autres de même nature, entre les répartitions de dépenses, et les conclusions que M. Baume est amené à déduire de sa formule relativement à l'influence de la réduction du poids mort sur le prix de revient des transports.

6° Modification possible à la formule de M. Baume.

Nous avons vu ci-dessus, qu'une fraction notable des dépenses dépendantes du parcours, de M. Baume, devait être considérées comme non proportionnelles au tonnage kilométrique brut des trains de voyageurs. Elles devraient donc constituer un terme à part, il faudrait alors poser

$$d_p = d'_p + d''_p$$

d'_v étant les dépenses non proportionnelles au tonnage brut ;

d''_v les dépenses proportionnelles.

On pourra alors répartir les dépenses d'_v également entre les voyageurs kilométriques, par exemple, et l'unité des dépenses d'_v serait dans ce cas

$$\frac{d'_v}{N'} = F'_2 \quad N' \text{ étant le nombre de voyageurs kilométriques total.}$$

Pour un parcours L, le voyageur coûtera $F'_2 L$ pour cette catégorie de dépenses, que le poids mort varie ou non.

Pour ce qui est des dépenses d''_v , elles varieront avec le poids mort, et seront représentées par un terme semblable à celui employé par M. Baume pour les dépenses d_v :

$$PF''_2 \left(1 + \frac{N_1 - N'_1}{N'_1} \right) L \quad \text{en posant } \frac{d''_v}{N_1} = F''_2$$

La formule à substituer à la formule (10) serait :

$$T = F + F'_2 L + PF''_2 \left(1 + \frac{N_1 - N'_1}{N'_1} \right) L \quad (18)$$

$$\frac{d'_v}{N'} + \frac{d''_v}{N'} = \frac{d_v}{N'} = F'_1 \text{ coefficient de M. Baume et } \frac{d''_v}{N_1} = \frac{d''_v}{N'} \times \frac{N'}{N_1}$$

par conséquent
$$F'_2 + F''_2 \times \frac{N_1}{N'} = F'_1$$

Notre nouvelle formule (18) transformée comme la formule (10) deviendra (voir page 26)

$$T = F + F'_2 L + F''_2 (P + P') L \quad (19)$$

et en fonction du coefficient d'utilisation

$$T = F + F'_2 L + F''_2 \left(P + \frac{C}{K} \right) L \quad (20)$$

Ainsi l'invariabilité du terme $F'_2 L$ avec le poids mort est assurée en distinguant les dépenses d'_v des dépenses d''_v et en n'admettant pas que les premières sont proportionnelles au tonnage kilométrique brut.

En résumé les économies réalisables par une meilleure utilisation des véhicules, le sont seulement sur une partie des dépenses d_v , et il est possible d'isoler dans un terme indépendant du poids mort, la partie de ces dépenses qui sont essentiellement invariables avec ce facteur.

7° *Dépenses et recettes par kilomètre de train de voyageurs. — Nombre de voyageurs par train.*

M. Baume calcule les dépenses et les recettes par kilomètre de parcours des trains de voyageurs, en divisant les dépenses d_v et i_v d'une année et les recettes totales par le nombre de kilomètres de trains de grande vitesse de l'année correspondante, et ajoute :

« Connaissant, d'une part, la recette et la dépense moyennes par kilomètre de train de grande vitesse, et d'autre part, la recette et la dépense moyennes par voyageur kilométrique, on obtient, par division le nombre moyen de voyageurs transportés par les trains de grande vitesse. »

Nous pouvons traduire ce raisonnement par la formule :

$$\frac{D}{L_v} : \frac{D}{N'} = \frac{R}{L_v} \frac{R}{N'} = n^1 \quad (21)$$

en appelant :

- D et R : les dépenses et recettes totales ;
- L_v : le parcours des trains de grande vitesse ;
- N' : le nombre des voyageurs kilométriques ;
- n^1 : le nombre moyen de voyageurs par train ;

on a en effectuant : $\frac{D}{L_v} \frac{N'}{D} = \frac{R}{L_v} \frac{N'}{R} = n^1$ ou simplement $\frac{N'}{L_v} = n^1$ (22)

ce qui est évident *a priori*.

Et nous donnerons la règle plus simple :

« Le nombre moyen de voyageurs par train s'obtient en divisant le nombre des voyageurs kilométriques total par le parcours total des trains. »

Mais, revenons au raisonnement de M. Baume pour répondre à la question qu'il se pose : Quel doit être dans chacune des années étudiées, le nombre minimum de voyageurs transportés par train de grande vitesse pour que le train fut rémunérateur ou

plutôt que la compagnie couvrit ses frais ? Il faut que la recette moyenne par kilomètre de train, soit au moins égale à la dépense.

Dans ce cas, en divisant la dépense moyenne par kilomètre de train par la recette moyenne d'un voyageur transporté à un kilomètre, on obtient le nombre minimum (m) des voyageurs, que devrait en moyenne contenir un train.

Si nous traduisons encore ces raisonnements en formules, nous aurons la condition

$$\frac{R}{L_v} = \frac{D}{L} \text{ ou naturellement } R = D$$

$$\text{et } \frac{D}{L_v} : \frac{R}{N'} = m \quad \text{ou} \quad \frac{D N'}{R L_v} = m$$

C'est le produit du nombre effectif de voyageurs $\frac{N'}{L} = n^1$ par train par le rapport des dépenses aux recettes.

Enfin, l'auteur envisage un cas, où le minimum ci-dessus peut subir encore une certaine réduction, et, peut être remplacé par un deuxième minimum spécial inférieur au premier. Si l'on suppose qu'outre les trains circulant régulièrement la compagnie croit avantageux pour elle de faire circuler un nouveau train de grande vitesse, et qu'elle ait tracé à ce train supplémentaire un itinéraire ne nécessitant aucune augmentation de dépense, ni dans le service de distribution des billets, ni dans l'expédition des bagages, ni enfin dans le service du mouvement ; on peut dans cette hypothèse spéciale et sans grande erreur considérer le coefficient i_v (dépenses indépendantes du parcours) comme nul, il ne reste que le facteur d_v .

En divisant cette dépense moyenne d_v par la recette par voyageur kilométrique, on aura le nombre minimum moyen : m' que devra contenir ce train.

Nous aurons en exprimant en formules comme nous l'avons fait pour les précédents raisonnements

la condition : $\frac{R}{L_v} = \frac{d}{L} \quad \text{ou} \quad R = d$

$$\text{et } \frac{d}{L_v} : \frac{R}{N'} = m' \quad \text{ou} \quad \frac{d N'}{R L_v} = m'$$

produit du nombre effectif moyen de voyageurs par train, par le rapport des dépenses dépendantes aux recettes, mais : « Il serait dangereux pourtant, pour les intérêts de la

« compagnie, de généraliser, dans la pratique, l'application de ce cas particulier, car, ce
« qui au point de vue des dépenses de personnel peut être vrai pour un train supplémen-
« taire régulier circulant dans des conditions d'itinéraire très favorables, cesse de l'être
« avec deux ou un plus grand nombre de ces trains. Le personnel du mouvement et des
« caisses doit, en effet, avoir un repos nécessaire dont la durée est fixée dans quelques
« pays par des règlements ministériels. Il en résulte qu'une augmentation du nombre
« des trains réguliers entraînant avec elle, celle du personnel des gares, le facteur i_v ne
« saurait être annulé. Sans entrer ici dans l'étude des divers cas particuliers qui peuvent
« se présenter dans lesquels, par suite de la concurrence ou de tout autre motif, la compa-
« gnie peut avoir un intérêt à effectuer les transports de voyageurs à une taxe inférieure
« au prix de revient fixé plus haut, on peut dire que dans la plupart de ces cas la
« compagnie, dans la fixation de la taxe perçue, néglige, en totalité ou en partie, la part
« afférente aux intérêts et amortissements du capital, ou encore celle afférente aux
« dépenses constantes de l'exploitation indépendantes de l'intensité du trafic. »

M. Baume envisage donc bien comme nous l'avons signalé plus haut, l'irréductibilité de certaines dépenses de l'exploitation. Mais il ne fait pas un terme spécial de ces dépenses dans sa formule, incomplète en ce sens.

8° *Observations relatives à la notion de train rémunérateur.*

Les calculs effectués ci-dessus ne sont pas rigoureux, il n'est pas possible de calculer la charge rémunératrice exacte d'un train à l'aide de la formule de M. Baume, les valeurs qu'il a déterminées sont encore supérieures aux charges minima rémunératrices.

Le train moyen normal de voyageurs procurait une recette supérieure à sa dépense; dans ces conditions, il était certain qu'en réduisant le nombre de voyageurs on pouvait encore avoir un train rémunérateur. Mais la charge du train diminuant, son prix de revient devait aussi s'abaisser; la formule de M. Baume ne tient pas compte de cette réduction.

Cependant un train chargé a certainement une dépense kilométrique supérieure à celle d'un train vide. Pour calculer la charge exacte rémunératrice du train, il faudrait connaître dans le prix de revient du train, la part des dépenses indépendantes du trafic et celles qui ne varient qu'avec le parcours du train indépendamment de son contenu (transport du poids mort).

Dans la dépense du train kilométrique on fera ainsi deux parts, l'une qui sera fixe quelle que soit la charge du train, l'autre qui sera proportionnelle au nombre de voyageurs contenus dans le train.

Soient : d_f : la dépense fixe par train kilométrique ;
 n^2 : la charge rémunératrice en voyageurs.
 d_v^2 : la part de la dépense variable avec le trafic par voyageur kilométrique.
 r' : la recette par voyageur kilométrique.⁽¹⁾

La différence

$r' - d_v^2$ représente la part des dépenses d_f , que peut couvrir chaque voyageur kilométrique prenant place dans le train et la charge rémunératrice réelle minimum sera le quotient.

$$n^2 = \frac{d_f}{r' - d_v^2} \quad (23)$$

En résumé, pour pouvoir déterminer exactement la valeur rémunératrice d'un élément quelconque (charge, parcours, etc.), il faut connaître séparément les dépenses qui ne varient pas avec cet élément.

M. Baume ayant considéré des dépenses indépendantes du parcours, aurait pu calculer avec sa formule un parcours rémunérateur.

Mais n'ayant pas fait place à un terme indépendant du trafic, la même formule ne peut servir à calculer directement une charge rémunératrice.

(1) A la condition d'admettre que cette recette kilométrique r' est bien réellement constante, ce qui dépend du genre de tarif qui la procure. Si dans la recette donnée par un voyageur parcourant un certain nombre de kilomètres il y a une part fixe indépendante du parcours, la recette moyenne r' variera du fait de la réduction du nombre n de voyageurs contenus dans le train.

III. — MARCHANDISES

1^o *Prix de revient du transport d'une tonne de marchandises.*

La méthode suivie pour la détermination du prix de revient du transport d'une tonne de marchandises est la même que celle employée pour le calcul du prix de revient du transport d'un voyageur.

L'équation générale (2) :

$$t = f + f' (1 + p) l$$

donne l'expression des frais de transport d'une tonne nette à l kilomètres. Dans le cas de $l = m$, parcours moyen d'une tonne de marchandises, la valeur correspondante

$$t' = f + f' (1 + p) m \quad (24)$$

est la dépense moyenne par tonne de marchandises, et

$$t_1 = \frac{t'}{m} = \frac{f}{m} + f' (1 + p) \quad (25)$$

sera le prix de revient moyen par tonne nette kilométrique.

Les coefficients f , f' et p seront déterminés comme suit :

$f = \frac{i_m}{n}$ quotient des dépenses i afférentes aux marchandises par n : nombre de tonnes de marchandises expédiées pendant l'année.

$f' = \frac{d_m}{n'}$ quotient des dépenses d afférentes aux marchandises par n' : nombre de tonnes kilométriques de poids brut remorqué.

$p = \frac{n' - n''}{n''}$ Le poids mort traîné par tonne de marchandises est le quotient du poids mort total $n' - n''$ par le nombre n'' de tonnes kilométriques de poids net.

Enfin le parcours moyen m d'une tonne kilométrique de marchandises sera

$$m = \frac{n''}{n}$$

Nous pourrions introduire des simplifications analogues à celles établies en vue du calcul du prix de revient moyen du voyageur.

En remplaçant dans (24) et (25) les quantités f, f', m et p par leurs valeurs

$$\frac{i_m}{n}, \frac{d_m}{n'}, \frac{n''}{n}, \frac{n' - n''}{n''}$$

on aura

$$t' = \frac{i_m}{n} + \frac{d_m}{n'} \left(1 + \frac{n' - n''}{n''} \right) \frac{n''}{n} = \frac{i_m + d_m}{n} \quad (26)$$

ou comme il était évident *a priori* : Le prix de revient moyen du transport d'une tonne de marchandises est le quotient des dépenses totales du service des marchandises par le nombre de tonnes nettes transportées, et

$$t_1 = \frac{i_m n}{n n''} + \frac{d_m}{n'} \left(1 + \frac{n' - n''}{n''} \right) = \frac{i_m + d_m}{n''} \quad (27)$$

Le prix de revient moyen du transport d'une tonne nette de marchandises à 1 kilomètre est le quotient des dépenses totales du service des marchandises par le nombre de tonnes nettes de marchandises transportées à 1 kilomètre.

Ces règles devant s'appliquer seulement dans les cas où l'on veut se borner à la recherche des prix de revient moyens de la tonne kilométrique ou de la tonne transportée à une distance égale au parcours moyen.

L'équation fondamentale (2) pourrait s'écrire encore

$$t = f + f' \left(1 + \frac{n' - n''}{n''} \right) \quad l = f + f' \frac{n'}{n''} l \quad (28)$$

et même

$$t = f + f'' l \quad (29)$$

par analogie avec la formule (1) des voyageurs en posant

$$f'' = f' \frac{n'}{n''} \text{ qui n'est autre que } \frac{d_m}{n''}$$

ou la part des dépenses d_m par tonne kilométrique nette.

M. Baume indique encore que le prix de revient de la tonne de poids brut (véhicule et marchandise) à un kilomètre est

$$\frac{t_1}{1+p} \quad (30)$$

ce qui équivaut à
$$\frac{f}{m(1+p)} + f' \quad (31)$$

ou plus simplement encore comme il est évident d'ailleurs, en remplaçant f , f' , p et m par leurs valeurs

$$\frac{t_1}{1+p} = \frac{i_m}{n \frac{n''}{n} \left(1 + \frac{n' - n''}{n''}\right)} + \frac{d_m}{n'} = \frac{i_m + d_m}{n'} \quad (32)$$

Les tableaux qui accompagnent le mémoire donnent pour les mêmes exercices que précédemment, les chiffres correspondants à ces diverses quantités et les résultats des calculs effectués.

Les valeurs moyennes suivantes relatives à l'ancien réseau, exercices 1865 à 1873

$$f = 1^t,48382 \quad f' = 0^t,01618 \quad m = 137^{\text{km}},3069$$

$$p = 1^t,52382 \quad \text{soit } 1+p = 2^t,52382$$

qui ont servi à calculer les prix de revient correspondants de la tonne kilométrique et de la tonne.

$$t' = 7',05434$$

$$\frac{t}{m} = t_1 = 0',05173$$

L'influence du terme f relatif aux dépenses i est moins grande dans le prix de revient de la tonne de marchandises, que dans celui du voyageur ce qui était à prévoir d'ailleurs, car la part des dépenses i attribuée à la petite vitesse est par rapport aux dépenses d moins élevée, que celle attribuée aux voyageurs.

Comme dans le cas des voyageurs, M. Baume a établi la notion de parcours rémunérateur.

2° Comparaison du prix de revient du transport d'une tonne de marchandises à un kilomètre avec la recette par tonne kilométrique nette.

« La recette moyenne par tonne kilométrique nette s'obtient en divisant les « recettes totales du service des marchandises d'une année par le nombre des tonnes « kilométriques de marchandises de cette année, ou encore en cherchant le quotient de « la recette moyenne par tonne de marchandises par le parcours moyen d'une tonne « de marchandises. »

Soit
$$r = \frac{R}{n''} \text{ ou } \frac{R}{n} \cdot \frac{n''}{n} = \frac{Rn}{nn''} = \frac{R}{n''} \quad (35)$$

On peut résumer ci-dessous les résultats des calculs de M. Baume.

MOYENNES	Recette moyenne par tonne kilométrique de marchandises.	Prix de revient	Bénéfice
Ancien réseau exercices 1865 à 1873.	0 ^f ,07513	0 ^f ,05173	0 ^f ,02340
Nouveau réseau 1871 à 1873.	0,07869	0,07753	0,00116

Ces bénéfices représentent la part contributive de chaque tonne kilométrique dans le *dividende*.

Les prix de revient du transport à un kilomètre d'une tonne de marchandises ci-dessus calculés fixent pour chacun des réseaux une limite inférieure au-dessous de laquelle la taxe à percevoir ne doit pas descendre si la manutention de la marchandise, au départ et à l'arrivée, a été faite par la compagnie.

« Mais si l'expéditeur charge lui-même ses produits sur wagon (houille, « matériaux de construction, etc.) et si le destinataire fait le déchargement à l'arrivée, le « coefficient *f*, sans devenir nul, puisque la confection des documents de route et autres, la « surveillance, les manœuvres de gare, etc., incombent toujours à la compagnie, perd « de sa valeur ; *f* diminue environ de deux tiers et se réduit à un tiers de *f*. » Le prix de revient du transport d'une tonne nette de marchandises à 1 kilomètre devient :

$$t_1 = \frac{\frac{1}{3}f + f'(1+p)m}{m} \quad (36)$$

ce que nous pouvons d'ailleurs encore écrire :

$$t_1 = \frac{\frac{1}{3}i_m + d_m}{n''} \quad (37)$$

On calcule à l'aide de cette nouvelle formule, la taxe minimum à percevoir si la compagnie ne s'occupe pas de la manutention.

« Il reste à examiner le cas spécial où le trafic et les courants commerciaux ne se produisant que dans un sens, les wagons reviennent forcément vides en sens inverse (houille, matériaux de construction, céréales, etc.). Si ces wagons reçoivent une charge en retour la compagnie peut, pour de pareils transports accorder une taxe réduite. Elle est obligée, en effet, de transporter le poids du wagon qu'il soit chargé ou vide. » Dans cette hypothèse p est nul dans l'équation (2) et l'on a dans le cas $l = m$.

$$t_1 = \frac{f + f' m}{m} = \frac{f}{m} + f' \quad (38)$$

ou encore
$$t_1 = \frac{i_m}{n''} + \frac{d_m}{n'} \quad (39)$$

En admettant, en outre que les chargements et déchargements de ces transports en retour, soient effectués par l'expéditeur et le destinataire, la formule précédente devient

$$t_1 = \frac{f}{3m} + f' \quad \text{ou} \quad t_1 = \frac{i_m}{3n''} + \frac{d_m}{n'} \quad (40)$$

M. Baume limite à ceux ci-dessus étudiés, l'examen des cas particuliers, dans lesquels la marchandise peut être transportée à une taxe réduite, mais les nécessités du trafic peuvent encore exiger l'établissement de taxes dans lesquelles l'intérêt et l'amortissement du capital social, et même les dépenses constantes de l'exploitation ne doivent plus figurer qu'en partie, ou encore être complètement éliminées.

Il remarque encore : la formule générale (2)

$$t_1 = \frac{f + f' (1 + p) l}{l} = \frac{f}{l} + f' (1 + p)$$

sert également pour l'établissement des tarifs différentiels : t_1 représente le prix d'application par kilomètre. On voit que ce prix se compose d'un facteur constant : $f' (1 + p)$ et d'un facteur variable avec la distance de transport $\frac{f}{l}$, et diminuant proportionnellement à cette distance. La valeur de t_1 décroît par suite avec la longueur du parcours.

3° *Remarque au sujet de la réduction des dépenses indépendantes du parcours, ou dépenses i .*

Nous venons de voir que M. Baume envisage une réduction des dépenses i en libérant la compagnie exploitante des opérations de chargement et déchargement des

marchandises dans les wagons, opérations qui pourraient alors être effectuées par les expéditeurs et destinataires, autrement dit c'est une simplification des manutentions incombant à la compagnie, mais le nombre des documents de route et autres à confectionner par elle, restant aussi important. Ce nombre de documents est proportionnel au nombre des envois, que nous appellerons plus tard expéditions, et par le groupage de ces envois souvent de petite importance individuelle, le nombre des documents à confectionner par la compagnie pourrait être réduit ; c'est une économie à réaliser parallèlement à celle envisagée par M. Baume. Nous étudierons en détail cette question dans l'exposé de l'ouvrage de M. Gustave Pereire. Mais nous voulions appeler ici l'attention sur ce point que, M. Baume a eu en quelque sorte, comme un pressentiment de la notion de l'expédition, et tout au moins certitude du fait qu'il pouvait y avoir à envisager certaines réductions des dépenses indépendantes du parcours.

4^o Poids mort traîné par tonne de marchandises.

La valeur minima du poids mort p correspond au cas où la puissance de chargement de chaque wagon est entièrement utilisée. Ce minimum de p s'obtient en divisant le poids de tout le parc des wagons par la somme des puissances de charge de ces wagons. Mais il est bon de remarquer ici que : eu égard au conditionnement de certaines marchandises (tonneaux vides, laines, bestiaux, etc.) qui ne permettent pas d'utiliser la puissance de charge entière du wagon, ce minimum de p est une limite théorique de laquelle la valeur du poids mort effectif doit se rapprocher.

Les chiffres obtenus par M. Baume indiquent que sur l'ancien réseau :

L'utilisation du parc des wagons n'est que de 43 % de ce qu'elle pourrait être théoriquement.

La valeur du poids mort minimum à traîner par tonne de marchandises dans le cas d'une utilisation complète des wagons est égale au $1/3$ du poids mort effectif traîné.

Le prix de revient du transport d'une tonne kilométrique nette serait réduit dans ce cas aux $2/3$ de sa valeur effective.

5^o Quelques précisions et observations relatives au poids mort traîné par tonne de marchandises.

Nous préciserons encore ces résultats par quelques formules, comme nous l'avons fait dans le cas du transport des voyageurs.

Soit comme précédemment :

n'' : le nombre de tonnes kilométriques de poids net transportées ;
 n' : le nombre de tonnes kilométriques de poids brut remorquées ;

$p = \frac{n' - n''}{n''}$: poids mort traîné par tonnes de marchandises.

Nous appellerons en outre :

S : le poids total de tout le parc des wagons ;

C : la somme des puissances de charge de ces wagons.

La valeur minima de p serait $\frac{S}{C}$ dans le cas d'une utilisation complète de la puissance de chargement.

Évalué en centièmes le coefficient d'utilisation serait d'après M. Baume

$$100 \frac{S}{C} \times \frac{1}{p} = 100 \frac{S n''}{C(n' - n'')}$$

que nous interpréterons comme suit :

Le quotient du tonnage kilométrique des wagons $n' - n''$ par leur poids S donne le parcours kilométrique moyen d'un wagon $\frac{n' - n''}{S}$

le produit de ce parcours par la puissance totale de charge de ces wagons : C sera la puissance totale de charge offerte en tonnes kilométriques (1)

$$\frac{C(n' - n'')}{S} \quad (42)$$

Le coefficient d'utilisation des wagons : K' , pendant la période considérée sera le rapport du tonnage kilométrique des marchandises transportées à la puissance totale de charge offerte, évaluée en tonnes kilométriques.

Soit évalué en centièmes

$$K' = \frac{100 n'' S}{C(n' - n'')} \quad \text{qui est bien la formule établie ci-dessus d'après l'exposé de}$$

M. Baume,

$\frac{S}{C}$ sera une constante c' pour un matériel donné et on aura comme dans le cas

(1) On peut aussi calculer plus directement cette quantité en faisant le produit de la puissance moyenne de charge d'un wagon par le parcours total des wagons. On opère suivant les données fournies à ce sujet par la statistique.

des voyageurs, le coefficient d'utilisation étant exprimé non plus en centièmes mais en unités (voir page 26)

$$K'' = \frac{c'}{p} \quad (44) \quad p = \frac{c'}{K''} \quad (44^{\text{bis}}) \quad K'' p = c' \quad (44^{\text{ter}})$$

Le produit du coefficient d'utilisation par le poids mort moyen transporté par tonne de marchandises est constant et égal au poids mort minimum transportable par tonne dans l'année ; de sorte que les variations auxquelles est soumis le poids mort par tonne sont inverses de celles du coefficient d'utilisation du parc des wagons.

En fonction du coefficient d'utilisation la formule donnant le prix de revient du transport de la tonne à l kilomètres s'écrirait

$$t = f + f' \left(1 + \frac{c'}{K''} \right) l \quad (45)$$

6° *Discordance en ce qui concerne l'influence de la variation du poids mort sur le prix de revient du transport par tonne de marchandises. Modification possible à la formule relative à ce prix.*

Nous ne répèterons pas ici la discussion que nous avons faite sur le même sujet, concernant le prix de revient du transport du voyageur ⁽¹⁾. Il est clair qu'une étude toute semblable de la réalité des économies à envisager par la diminution du poids mort, peut être faite sur la formule donnant le prix de revient du transport de la tonne de marchandises et nous concluerons de même que :

L'augmentation du coefficient d'utilisation des wagons et la diminution du poids mort, n'entraîne une économie que sur la partie des dépenses dépendantes d_m qui sont réellement proportionnelles au tonnage kilométrique brut.

On pourrait alors modifier la formule de M. Baume

$$t = f + f' (1 + p) l \quad (2)$$

en subdivisant en deux parties le terme relatif aux dépenses d ; on posera :

$$d_m = d'_m + d''_m$$

d'_m : dépenses non proportionnelles.

d''_m : dépenses proportionnelles au tonnage kilométrique.

(1) Voir ci-dessus pp. 26 et suivantes.

On répartirait les dépenses d'_m , également entre les tonnes kilométriques nettes, l'unité de dépenses d'_m serait alors $\frac{d'_m}{n''}$ (n'' : nombre de tonnes kilométriques nettes transportées).

Pour un parcours l la tonne nette coûterait :

$\frac{d'_m l}{n''}$ pour cette catégorie de dépenses, que le poids mort varie ou reste fixe.

Pour ce qui est des dépenses d''_m , elles varieront avec le poids mort, on aura un terme semblable à celui employé par M. Baume pour les dépenses d_m

$$\frac{d''_m}{n'} (1+p) l$$

La formule à substituer à la formule (2) sera

$$t = f + \frac{d'_m}{n''} l + \frac{d''_m}{n'} (1+p) l$$

ou en posant $f'_1 = \frac{d'_m}{n''}$ et $f''_1 = \frac{d''_m}{n'}$

$$t = f + f'_1 l + f''_1 (1+p) l \quad (46)$$

on a $\frac{d'_m}{n'} + \frac{d''_m}{n'} = \frac{d_m}{n'} = f'$ coefficient de M. Baume

$$\frac{d'_m}{n'} = \frac{d'_m}{n''} \left(\frac{1}{1+p} \right) = \frac{d'_m}{n''} \times \frac{n''}{n'} \quad \text{car } p = \frac{n' - n''}{n''}$$

par conséquent $f'_1 \times \frac{n''}{n'} + f''_1 = f'$

Notre nouvelle formule s'écrira en fonction du coefficient d'utilisation :

$$t = f + f'_1 l + f''_1 \left(1 + \frac{c'}{K'} \right) l \quad (47)$$

Ainsi l'invariabilité du terme correspondant aux dépenses d'_m est assurée, malgré les variations du poids mort, puisque la répartition de ces dépenses est entièrement indépendante de la valeur de ce poids mort.

7^o Recette et dépense par kilomètre de train de marchandises. — Charge nette des trains.

En prenant pour base le kilomètre de parcours des trains de marchandises, M. Baume arrive à quelques conclusions relatives à cette nouvelle unité, mais avant de les analyser nous reproduirons les remarques essentielles suivantes :

« Les différences résultant du tracé et du profil en long de la voie, du prix des matières et de la main-d'œuvre, etc., et signalées plus haut entre les réseaux des diverses administrations de chemins de fer, se manifestent également, mais à un degré moindre en général du moins, d'une section à l'autre du réseau d'une même compagnie. Tous ces facteurs variables subsistent et font peser leur influence, que l'on prenne pour unité la tonne kilométrique ou le kilomètre de train. Il n'y a donc pas, à ce point de vue, de supériorité de l'une des unités sur l'autre. L'infériorité du kilomètre de train commence dès que l'on veut introduire, dans l'unité adoptée, la notion de poids, et exprimer cette unité en kilogrammes.

« La charge d'un train de marchandises est une quantité essentiellement variable et oscillant souvent du simple au double et même au triple. On peut affirmer qu'il n'y a pas deux trains dans l'année ayant exactement la même charge. L'unité est donc variable, et par suite le travail mécanique correspondant, ou encore la dépense, le sont également.

« La tonne kilométrique, au contraire, représente un nombre constant et correspond toujours au même travail, à la même dépense, sous les réserves pourtant faites au commencement de cette note. »

Le kilomètre de parcours de train est en effet, une unité très variable, nous aurions d'ailleurs pu déjà le signaler au sujet du prix de revient moyen du train de voyageurs. Néanmoins voici l'exposé des calculs qui peuvent encore être faits en ce qui concerne les trains de marchandises.

Le prix de revient du kilomètre de train de marchandises s'obtient en divisant la somme des dépenses d_m et i_m d'une année par le parcours total des trains de marchandises.

La recette totale divisée par le même parcours donnera la recette moyenne correspondante.

M. Baume ajoute: « Connaissant d'une part les recettes et les dépenses moyennes par kilomètre de parcours d'un train de marchandises, d'autre part les recettes et les dépenses moyennes par tonne de marchandises transportées à un kilomètre, il est aisé de déterminer le nombre moyen de tonnes de marchandises composant la charge nette moyenne d'un train de petite vitesse. »

En appelant :

R_m : la recette totale de la petite vitesse ;

$i_m + d_m$: comme ci-dessus, les dépenses correspondantes des marchandises ;

n'' : le nombre de tonnes kilométriques nettes transportées.

Nous avons vu que le prix de revient moyen du transport d'une tonne à 1 kilomètre pouvait s'écrire :

$$\frac{i_m + d_m}{n''} \quad \text{et la recette moyenne correspondante serait : } \frac{R_m}{n''}$$

Si on appelle L_m le parcours total des trains de marchandises, la recette moyenne par kilomètre de train de marchandises sera $\frac{R_m}{L_m}$ et la dépense correspondante $\frac{i_m + d_m}{L_m}$

D'après M. Baume la charge nette moyenne du train serait

$$\frac{i_m + d_m}{L_m} : \frac{i_m + d_m}{n''} \quad \text{ou} \quad \frac{R_m}{L_m} : \frac{R_m}{n''} \quad (48)$$

Ces deux formules se réduiront à

$$\frac{n''}{L_m} \quad (49), \quad \text{et nous écrivons simplement :}$$

La charge nette moyenne du train de petite vitesse sera le quotient du tonnage kilométrique total des marchandises transportées par le parcours total des trains qui ont transporté ces marchandises.

M. Baume cherche ensuite la limite inférieure jusqu'à laquelle la charge nette peut descendre sans porter préjudice à la compagnie : « La charge nette minima doit être telle « que la recette correspondante soit au moins égale à la dépense. Une charge nette « inférieure à ce minimum ne couvrirait pas les dépenses. En divisant la dépense « moyenne par kilomètre de train de marchandises par la recette par tonne nette « kilométrique, le quotient donnera cette charge nette minima. »

Ce que nous pourrions traduire avec les notations employées ci-dessus :

$$\text{Charge nette minimum} = \frac{i_m + d_m}{L_m} : \frac{R_m}{n''} \quad \text{ou} \quad \frac{n''}{L_m} \times \frac{i_m + d_m}{R_m}$$

donc : La charge nette minimum du train de marchandises est égale au produit de la charge effective $\frac{n''}{L_m}$ par le rapport des dépenses aux recettes du trafic des marchandises.

Si l'on se place dans l'hypothèse spéciale émise plus haut (voir p. 37) dans laquelle la manutention de la marchandise au départ et à l'arrivée ne serait pas faite par la compagnie, cette dernière ne fournissant dans ce cas que le matériel roulant, la voie et la force motrice, on a calculé la taxe minimum à percevoir dans ce cas par tonne kilométrique. La compagnie doit être rendue indemne de toutes ses dépenses ; par suite, le quotient de la dépense moyenne par kilomètre de train de marchandises, par la taxe minimum dont il vient d'être parlé, donnera la limite inférieure de la charge nette du train.

La taxe minimum s'exprimant par la formule

$$t_1 = \frac{1/3 i_m + d_m}{n''}$$

La dépense moyenne par kilomètre de train de marchandises

par
$$\frac{i_m + d_m}{L_m}$$

La limite inférieure de la charge nette serait d'après ce raisonnement

$$\frac{n'' (i_m + d_m)}{L_m (1/3 i_m + d_m)}$$

Ce résultat est inexact, puisque la compagnie est déchargée des frais de manutention, ces frais sont à déduire, aussi bien du prix de revient du kilomètre de train que du prix de la tonne kilométrique ; les deux dépenses diminuent dans la même proportion.

La dépense par kilomètre d'un train chargé et déchargé par l'expéditeur et le destinataire doit être

$$\frac{1/3 i_m + d_m}{L_m}$$

Si on fait bénéficier l'expéditeur du tarif minimum, égal au prix de revient de la tonne, il n'y a plus de question de charge rémunératrice, ce problème est indéterminé, tout tonnage est rémunérateur si l'on perçoit un tarif par tonne correspondant juste à la dépense. Le train moyen rémunérateur sera le train moyen ordinaire de charge nette $\frac{n''}{L_m}$

M. Baume cherche encore à calculer la charge nette rémunératrice d'un train de marchandises, dont la puissance de chargement des véhicules est complètement utilisée. Nous ne reproduirons pas ces résultats forcément imprécis comme les précédents et cela pour les mêmes raisons que ceux relatifs aux trains de voyageurs ⁽¹⁾, et de plus à cause des observations que nous avons faites sur l'importance des économies d'utilisation ⁽²⁾.

(1) Voir ci-dessus p. 32.

(2) Voir ci-dessus p. 26 et p. 41.

8° *Remarques sur la charge rémunératrice des trains de marchandises.*

Nous devons faire aux raisonnements ci-dessus exposés les mêmes observations que celles faites aux calculs des nombres de voyageurs rémunérateurs par train de grande vitesse, à savoir que la détermination de la charge rémunératrice d'un train ne peut se faire qu'à la condition de connaître dans le prix de revient de ce train, la part de la dépense, indépendante du trafic transporté, ce que ne permet pas de déterminer la formule de M. Baume.

En ce qui concerne l'association du problème de l'utilisation et de celui de la charge rémunératrice d'un train, nous verrons plus tard : qu'étudier le problème du train rémunérateur, revient à étudier celui de l'utilisation, mais en réalisant les variations de celle-ci, non pas en supprimant dans un train moyen déterminé une partie du poids mort et des wagons vides, mais au contraire en laissant ce poids mort et la capacité offerte invariables, et en augmentant ou diminuant le trafic net y contenu.

On pourra alors associer ces deux problèmes :

Diminuer la charge rémunératrice du train ;

Augmenter le coefficient d'utilisation.

Soient :

Df : la dépense fixe par train kilométrique, indépendante du trafic ;

d_{mv} : la dépense variable, par tonne kilométrique ;

r'_m : la recette par tonne kilométrique.⁽¹⁾

La différence $r'_m - d_{mv}$ représente la part des dépenses Df que peut couvrir chaque tonne kilométrique mise dans le train et la charge rémunératrice réelle n_m sera le quotient

$$n_m = \frac{Df}{r'_m - d_{mv}} \quad (50)$$

L'augmentation du coefficient d'utilisation diminue le poids mort du train et par suite ses dépenses Df d'une quantité x fonction de l'augmentation du coefficient d'utilisation.

La charge rémunératrice n' deviendra

$$\frac{Df - x}{r' - d_v} < n$$

Donc, pour une même recette par tonne, l'augmentation du coefficient d'utilisation des wagons permettra la réduction de la charge minimum rémunératrice du train.

(1) Il faut admettre essentiellement la constance de r'_m comme dans le cas des voyageurs (voir ci-dessus p. 33).

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Parmi ces conclusions qui sont toutes relatives à l'exploitation particulière du réseau autrichien, nous retiendrons les deux suivantes, qui sont d'un ordre plus général, et qui peuvent faire l'objet de comparaisons intéressantes.

1^o Sur l'ancien réseau, *le prix de revient du transport d'un voyageur est à peu près égal à celui d'une tonne de marchandises*, c'est à dire qu'à égalité de poids, les voyageurs coûtent environ dix fois plus que la marchandise.

2^o Les dépenses d'intérêt et d'amortissement sont en moyenne supérieures à celles de l'exploitation et de l'administration générale. Elles doublent largement les prix de revient des transports.

La formule de M. Baume fut la tentative initiale de détermination des prix de revient des transports par chemins de fer, elle a ouvert la route à ces intéressantes recherches, mais pour résoudre tous les problèmes que son auteur a envisagés, cette formule a besoin d'être complétée et précisée sur de nombreux points; elle ne peut servir dans sa forme initiale à leur donner une solution entièrement satisfaisante.

CHAPITRE II

AUTRES ÉTUDES DE M. BAUME

ET DE DIVERS AUTEURS

RELATIVES AUX PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS

PAR CHEMINS DE FER

Avant d'étudier en détails, l'important ouvrage de M. Pereire, comme nous l'avons fait ci-dessus pour le mémoire fondamental de M. Baume, nous passerons rapidement en revue, dans le présent chapitre, les travaux publiés à diverses époques et par divers auteurs, sur le sujet qui nous occupe.

Chacun d'eux s'est en général placé au point de vue spécial de l'influence d'un facteur déterminé sur le prix de revient des transports. Nous ne retrouverons pas avant la publication du travail de M. Pereire, de mémoires qui envisagent la question dans toute sa généralité, au point de vue des éléments inhérents aux transports, comme l'avait fait M. Baume.

Néanmoins nous relèverons les points essentiels de ces études, susceptibles de nous servir de guide ou de nous donner d'utiles renseignements sur certains points particuliers, en vue de l'étude nouvelle que nous tenterons de la question.

1° *La formule de M. Baume appliquée aux résultats de l'exploitation des chemins de fer français.*

M Baume a publié diverses autres études sur le prix de revient des transports en chemins de fer ⁽¹⁾, parmi celles-ci : son *Etude économique sur les résultats de l'Exploitation*

(1) *Le relèvement des tarifs des chemins de fer*, Paris, Guillaumin 1877, brochure in-8°.
Le prix de revient des transports par chemins de fer, Paris, Journal de la Société de Statistique, mai, 1885.

des chemins de fer français (1877) ⁽¹⁾ et sa *Note sur le prix de revient des transports sur les chemins de fer en France* (1883) ⁽²⁾ retiendront plus particulièrement notre attention.

Ces deux études ont une large part commune, il les justifie toutes deux par les judicieuses considérations suivantes : « Malgré les objections, toutes d'ordre technique ou comptable, élevées par quelques rares ingénieurs d'exploitation des chemins de fer contre toute méthode de détermination du prix de revient des transports par chemin de fer, il paraît certain qu'à mesure que le tarif moyen perçu par tonne et par voyageur transportés à 1 kilomètre tend à baisser, l'élément le plus sérieux, le guide le plus sûr dans la tarification devient le prix de revient d'un transport, c'est à dire ce que l'administration d'un chemin de fer dépense pour effectuer ce transport. »

M. Baume recherche le coût des transports en grande et en petite vitesse sur les chemins de fer français pendant la période 1872 à 1874 dans la première étude, et les deux périodes 1872 à 1874 et 1879 à 1881 dans la deuxième, son but économique étant de fixer la limite au-dessous de laquelle les tarifs moyens perçus par les administrations de chemins de fer ne doivent pas descendre, si elles veulent couvrir leurs dépenses avec les recettes de l'exploitation.

Les chiffres établis par les soins du ministère et des compagnies, ne lui permettant pas l'application directe de ses formules du prix de revient du voyageur et de la tonne de marchandises de petite vitesse, indiquées dans son travail fondamental de 1875 ; il s'appuie sur quelques-unes des conséquences auxquelles l'a conduit l'application de ces formules aux résultats de l'exploitation de la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'État, conséquences qui selon M. Baume peuvent être appliquées, sans erreur sensible, aux chemins de fer français et qui peuvent se résumer dans le principe suivant :

« Le transport d'un voyageur à 1 kilomètre coûte autant que celui d'une tonne de marchandises de petite vitesse à la même distance. »

Il transforme ainsi tous les transports effectués par une administration de chemins de fer dans le courant d'un exercice, en transports équivalents de tonnes kilométriques de petite vitesse.

Voici les principales conclusions auxquelles ses calculs l'ont conduit :

« La période de 1872 à 1874 indique pour le prix de revient d'une tonne à 1 kilomètre un accroissement continu, d'année en année (5^e,58 ; 5^e,67 et 5^e,81) ; ce prix de revient se rapproche rapidement pendant cette période du tarif moyen perçu par tonne kilométrique (5^e,79 ; 5^e,78 et 5^e,83). »

(1) *Étude économique sur les résultats de l'exploitation des chemins de fer français*, Paris 1877, brochure in-8^o.

(2) *Note sur le prix de revient des transports sur les chemins de fer en France* (*Annales des Ponts et Chaussées* 1883, p. 543.)

« Dans la période de 1879 à 1881, on constate l'inverse ; la diminution de prix de revient est continue (5^e,72 ; 5^e,37 et 5^e,27), et comme le tarif moyen perçu par tonne kilométrique est à peu près resté constant (5^e,92 ; 5^e,93 et 5^e,82), la différence positive entre le tarif moyen perçu et le prix de revient s'accroît d'année en année. »

« Les résultats de l'exploitation sont donc plus favorables dans la période de 1879 à 1881 que dans celle de 1872 à 1874 ; la loi de décroissance, de diminution constatée de 1872 à 1874 dans les résultats économiques de l'exploitation des réseaux des grandes compagnies est remplacée de 1879 à 1881 par une loi d'augmentation, de progrès et d'amélioration très sensible. »

« La cause de ce progrès réside, d'une part, dans la remarquable augmentation du trafic des dernières années, et d'autre part, dans les économies plus grandes dans l'exploitation, faites par les compagnies, économies qui ont notablement augmenté les produits nets des derniers exercices. »

M. Baume fait en outre une étude complète du parcours rémunérateur des voyageurs et des marchandises, en admettant que les parts respectives des dépenses dépendantes et indépendantes du parcours pour le service des voyageurs et celui des marchandises des compagnies françaises, sont dans les mêmes rapports que les parts respectives des services des voyageurs et des marchandises des chemins de fer autrichiens.

Son étude économique de 1877 se complète en outre par différents calculs concernant :

1^o Le rapport du produit net pendant une année sur un chemin, au capital de construction de ce chemin. Ce rapport donne le taux de l'intérêt que le produit net permettrait de payer à ce capital, et M. Baume trouvait à cette époque que, en règle générale, sur presque chaque ligne de l'ancien et du nouveau réseau français, le taux de cet intérêt diminuait d'année en année.

2^o Le rapport de la recette totale d'exploitation réalisée sur l'ensemble des réseaux des six grandes compagnies françaises au capital qu'a exigé la construction de ces réseaux ; il est trouvé à peu près constant de 1872 à 1874, et atteignant la valeur moyenne de 9,69 % soit en nombre rond, un dixième. Cette valeur est de 12,8 % pour une section de l'ancien réseau et 5 % pour une section du nouveau réseau.

3^o Le rapport des parcours moyens des voyageurs et des marchandises à la longueur du réseau, et le rapport du premier de ces parcours au deuxième, quantité que l'auteur trouve constante pour un réseau, mais variant d'un réseau à un autre.

4^o L'intensité diurne du mouvement des trains qui est égale au quotient du parcours kilométrique des trains par le produit de la longueur du réseau et du nombre de jours de l'année.

2° Influence des conditions de tracé des lignes sur le prix de revient des transports.

Divers auteurs ont étudié ce point de vue, leurs réponses ne sont malheureusement pas très précises.

Dans son mémoire fondamental étudié ci-dessus, M. Baume n'avait pas tenu compte de l'influence des rampes et déclivités, ni des courbes des lignes, pour l'établissement de ses formules de prix de revient, mais nous avons vu que pour cette raison il s'était d'abord borné à comparer entre eux, les résultats annuels de l'exploitation d'un même réseau dont les conditions de tracé étaient bien définies. Mais il a cru pouvoir ensuite, encore négliger cette influence dans la comparaison de l'exploitation de lignes de conditions comparables de tracé, dans son étude des lignes françaises.

Il serait possible de comparer les résultats de lignes différentes au point de vue du tracé, en ramenant chacune d'elles à leur longueur virtuelle.

On entend par *longueur virtuelle* la longueur qu'aurait une ligne horizontale et rectiligne qui serait équivalente à la ligne considérée : cette longueur virtuelle varie naturellement suivant le point de vue auquel on se place pour rechercher l'équivalence (résistance, dépenses d'exploitation, dépenses de transport, frais de traction, prix des tarifs, vitesse).

Généralement on considère la longueur virtuelle relative à la résistance, c'est à dire au travail mécanique ; c'est le point de vue le plus logique. La longueur virtuelle d'une ligne de chemin de fer, en rampe et en courbe, sera la longueur d'une ligne idéale horizontale et rectiligne, sur laquelle le travail à développer (ou la résistance à vaincre) à égalité de vitesse, est la même que sur la ligne elle-même pour le transport d'une tonne de poids brut.

Il existe pour la détermination des longueurs virtuelles relatives aux différents points de vue, un assez grand nombre de méthodes. Dans un mémoire très important publié en 1880 : « *Des longueurs virtuelles d'un tracé de chemin de fer* » ⁽¹⁾. M. Baume a examiné en détails les travaux sur ce sujet parus jusqu'à cette époque parmi lesquels ceux de MM. de Freycinet ⁽²⁾, Amiot ⁽³⁾, Menche de Loisne ⁽⁴⁾. Bien peu de ces méthodes donnent des résultats comparables, car elles correspondent chacune à des points de vue nouveaux, à des hypothèses différentes, les unes s'appuyant sur des résultats d'expérience

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*, 1880, t. XIX, pp. 455-578.

(2) Ch. de FREYCINET, *Des pentes économiques en chemins de fer. — Recherches sur les dépenses des rampes* (Paris 1861).

(3) AMIOT, *Influence des pentes sur le prix de revient kilométrique d'une tonne de marchandises de petite vitesse.* (*Annales des Mines*, 1879, t. I, pp. 289-320.)

(4) MENCHE de LOISNE, *Influence des pentes sur le prix de revient des transports en transit.* (*Annales des Ponts et Chaussées*, t. I p. 283.)

ou des faits d'observations, d'autres presque en entier déduites de la théorie mathématique.

Pour les remplacer toutes, M. Baume a proposé une méthode approximative, pratique et simple, qui lui permet, connaissant les rampes, pentes, rayons de courbure d'une ligne donnée, de calculer sa longueur virtuelle relative à la résistance et son coefficient virtuel c'est à dire le rapport de sa longueur virtuelle à sa longueur réelle.

Le calcul de la résistance qu'éprouve un train sur une section en rampe et en courbe est un des problèmes les plus compliqués de la science appliquée. En théorie pure, il s'agirait de déterminer le travail à développer pour transporter des trains pesants d'un point à un autre. Dans la pratique, un grand nombre d'éléments les plus divers viennent influencer sur la valeur de ce travail, il serait difficile d'arriver à une formule tenant compte de tous ces éléments. Pour établir sa méthode M. Baume se place dans des conditions nettement définies : il ne considère que des trains de marchandises ; la machine qui remorquera les trains est à trois essieux couplés avec tender séparé, du type de la machine du Bourbonnais ; cette machine est en effet, en temps normal, la véritable machine des trains de marchandises.

Il considère une section en rampe et en courbe, et désigne par :

L : la longueur réelle de cette section ;

αL : l'accroissement de longueur virtuelle dû à la rampe ;

βL : l'augmentation de longueur virtuelle provenant de la résistance de la courbe ;

L_v : la longueur virtuelle totale de la section ;

$$\text{On obtient} \quad L_v = L + \alpha L + \beta L \quad (51)$$

$$\text{ou} \quad L_v = L(1 + \alpha + \beta) \quad (52)$$

On détermine les coefficients α et β , en tenant compte de l'influence de la rampe de la résistance du train de véhicules, du tender et de la machine ; M. Baume démontre que :

$$\alpha = \frac{139,31 + 0,0468 I^2 - 0,00037 I^3}{436,5 - 8,55 I + 0,06931 I^2 - 0,00031 I^3} \quad (53)$$

I étant l'inclinaison d'une section en rampe et en alignement droit.

De même en calculant l'influence due aux courbes, M. Baume démontre que

$$\beta = \frac{32,787 + 116,594 r}{48,549 - 7156 r + 436,5 r^2} \quad (54)$$

r représentant le rayon de courbure en mètres.

Si l'on remplace maintenant α et β par leurs valeurs tirées de ces équations, on a l'expression de la longueur virtuelle totale de la section

$$L_v = L \left(1 + \frac{139,31 + 0,0468 I^2 - 0,00037 I^3}{436,5 - 8,55 I + 0,0693 I^2 - 0,00031 I^3} + \frac{32,787 + 116,594 r^2}{48,549 - 7156 r + 436,5 r^2} \right) \quad (55)$$

L étant la longueur réelle de la section en rampe I et en courbe de rayon r , I exprimé en millimètres par mètres, et r représentant des mètres.

Afin de faciliter la recherche de la longueur virtuelle, M. Baume a calculé en deux tableaux les valeurs de α pour des rampes de 0 à 30 millimètres, de dixièmes en dixièmes de millimètres, et les valeurs de β pour des courbes de rayons variant de 100 à 7.000 mètres.

Ajoutons que pour l'établissement de ces équations M. Baume a adopté comme formule donnant la résistance d'un train en palier et en alignement droit, celle reposant sur le grand nombre d'expériences de MM. Vuillemin, Dieudonné et Guébard de la Compagnie des chemins de fer de l'Est. Cette formule est la suivante pour les trains de marchandises de vitesse comprise entre 12 et 32 kilomètres à l'heure.

$$R = 1,65 + 0,05 V \text{ dans le cas du graissage à l'huile} \quad (56)$$

$$R = 2,30 + 0,05 V \text{ dans le cas du graissage à la graisse.} \quad (57)$$

R = résistance en kilogrammes par tonne.

V : vitesse en kilomètres à l'heure.

Les prix de revient des transports subiront le sort du coefficient virtuel en variant avec lui ; toutefois M. Baume a tiré de ses calculs, la conclusion que le rapport entre la dépense d'exploitation par tonne et kilomètre de longueur réelle et le coefficient virtuel constant à peu près pour une même ligne, varie beaucoup quand on passe d'une ligne ayant un profil en long déterminé à une autre ligne à profil en long plus difficile.

Au sujet du rapport de la dépense d'exploitation au coefficient virtuel relatif à la résistance, nous ajouterons, que toutes les dépenses d'exploitation ne doivent pas dépendre de ce coefficient. Les seules dépenses qui devront varier avec ce coefficient sont celles qui dépendent de la résistance ou du travail mécanique total, c'est à dire en l'espèce celles qui sont classées dans le chapitre : Matériel et Traction.

C'est bien ce qu'a considéré M. Ricour, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, dans son mémoire paru en 1885 : « *Notice sur le prix de revient de la traction et sur les économies réalisées par l'application de diverses modifications aux machines locomotives* ⁽¹⁾ ».

Il examine séparément les prix de revient des trains de voyageurs et des trains de marchandises, et recherche la dépense de traction pour produire le même travail, c'est

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*, septembre 1885, pp. 510 à 568 ; et *Annales des Mines*, janvier-février 1886.

à dire pour transporter les mêmes nombres de tonnes kilométriques, en tenant compte que la vitesse moyenne du train de voyageurs est à peu près double de celle du train de marchandises. Pour éliminer l'influence de la composition des trains, il compare le prix de transport d'un wagon à 1.000 kilomètres au lieu du transport du train à 1.000 kilomètres.

Ce qu'il importe le plus de réduire, écrit-il, ce n'est pas le prix du kilomètre de train, mais celui du kilomètre de wagon et « aussi longtemps que ce dernier prix « n'augmente pas, il y a intérêt à faire croître la charge des trains, et par suite, le prix du « kilomètre de train. En effet, en agissant ainsi, pour un même trafic on aura un nombre « de trains moindre et, par suite une économie pour le service des gares et la surveillance « de la voie.

« En un mot, l'objectif d'un service de traction doit être d'effectuer les mêmes « transports au même prix total avec le plus petit nombre de trains. Il en résulte, qu'en « général, les résultats seront d'autant meilleurs au point de vue économique, que la « dépense de traction par kilomètre de train sera plus élevée ; ce qui limite cette dépense « par kilomètre de train, c'est la puissance des machines et l'influence des rampes. »

Mais le nombre de véhicules ne donne pas lui-même la vraie mesure de la valeur du train car tous les véhicules n'ont pas le même poids.⁽¹⁾ La véritable mesure, au sens pratique du mot sera le poids brut remorqué. Pour la comparaison des prix de revient de la traction, pour chaque espèce de train, l'unité qui doit être prise pour base est la tonne brute remorquée et non le nombre de voyageurs ou de tonnes de marchandises et moins encore la recette des uns et des autres. Enfin, une comparaison rationnelle des prix de revient de la traction de divers réseaux ou de divers exercices d'un même réseau, doit porter séparément sur les trains de marchandises et sur les trains de voyageurs.

M. Ricour partage un réseau en groupes de lignes sur lesquelles les charges qui doivent être remorquées par les machines à marchandises sont à peu près les mêmes pour chaque groupe ; à chacun il attribue des rampes continues, dites : *Rampes caractéristiques*. Il évalue à 1 fr. 25 la dépense de traction, en palier pour 1.000 tonnes kilométriques brutes, (le prix du combustible étant de 22 fr. 50 par tonne chargée sur tender) d'un train de marchandises marchant à la vitesse de 25 kilomètres à l'heure.

La dépense pour une rampe caractéristique ρ évaluée en millimètres serait :

$$D = 1,25 + 0,35 \rho \quad (58)$$

valeur maximum sensiblement indépendante du poids de la machine remorquant le train, au moins dans les limites entre lesquelles ce poids varie habituellement sur les grands réseaux français.

(1) Cependant il y a certaines dépenses sensiblement constantes par wagons qui ne dépendent pas de leur charge.

L'influence des déclivités est beaucoup moins accentuée sur les trains de voyageurs, parce que, aux grandes vitesses, la résistance principale n'est pas due au profil, mais à la résistance de l'air.

3° Influence de l'importance du trafic ou de la fréquentation.

En 1886 M. W. Nordling ⁽¹⁾, ancien Directeur général des chemins de fer au ministère du commerce à Vienne, a publié une intéressante «*Note sur le prix de revient des transports par chemins de fer.*»

Voici comment il envisage la question :

« Quelques-uns comprennent dans ce prix de revient l'intérêt du capital de premier établissement. Cela se justifie quand on veut se rendre compte de l'effort total fait par un pays pour ses différents modes de transport, et cela est nécessaire quand il s'agit de capitaux *non encore dépensés* ; dans l'étude d'un projet de construction de lignes nouvelles par exemple.

« Mais sur les chemins de fer en exploitation, le problème se pose généralement dans d'autres termes. Dans les questions de concurrence surtout, où le prix de revient forme la limite inférieure des tarifs fructueux, ce qu'il importe de connaître, c'est le supplément de dépense nécessaire pour transporter une tonne kilométrique *en plus* ou, ce qui vient au même, l'économie qu'on réaliserait en transportant une tonne kilométrique *en moins*. Dans le prix de revient ainsi compris les intérêts du capital n'entrent pour rien, car ces intérêts sont une charge permanente, invariable, indépendante des variations du tonnage. Il n'y a d'exception qu'autant que le tarif à l'étude s'appliquerait à des transports exigeants l'exécution préalable de nouveaux travaux, tels que l'établissement de la seconde voie, l'agrandissement des gares, l'augmentation du matériel roulant. »

Le but de l'étude de M. Nordling est surtout de déterminer le prix de revient du transport des marchandises. Pour répartir la dépense totale d'exploitation proprement dite entre le service des voyageurs et celui des marchandises, l'auteur se sert de la formule qui consiste à considérer un voyageur kilométrique comme équivalent à une tonne kilométrique de marchandises. C'est, comme nous l'avons vu ci-dessus, la règle adoptée par M. Baume dans son étude sur le prix de revient des transports sur les chemins de fer français.

En examinant les comptes d'exploitation des lignes autrichiennes il trouve que pour un trafic moyen (trafic ramené à la distance entière) de 1.000.000 d'unités (voya-

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*, 1886, 2^e livraison, pp. 292-303.

geurs et marchandises), le prix de l'unité kilométrique ou simplement de la tonne kilométrique de marchandises, ressort en moyenne à 2 centimes. Mais si le trafic moyen s'élevait, les tonnes en plus ne coûteraient pas 2 centimes. « A la vérité, la consommation de charbon, par exemple, doit croître proportionnellement au trafic, il est d'autres articles de dépenses, tels que l'entretien des terrassements et des ouvrages d'art, l'administration centrale, etc., dont le montant restera stationnaire ou variera très peu. »

« En examinant attentivement les comptes d'exploitation d'un seul exercice et en faisant, un peu au sentiment, la ventilation des dépenses plus ou moins constantes et des dépenses variables et proportionnelles, j'avais trouvé que le prix de revient d'une tonne kilométrique supplémentaire ne formait que 55 p. 100 du prix moyen des transports effectués. »

Dans les questions de tarifs de concurrence, c'est ce prix de revient de la tonne kilométrique en plus ou en moins, qui importe, et non le prix de revient moyen général.

Ces résultats théoriques ayant été contestés, M. Nordling a rassemblé des preuves empiriques. Il a examiné les comptes des lignes de chemins de fer de la monarchie austro-hongroise qui, tout en conservant à peu près la même longueur ont subi de notables augmentations de trafic; les résultats qu'il a obtenus ont confirmé singulièrement ses conclusions théoriques.

Mais de plus : ayant rapporté les données statistiques de différents exercices de la plupart des réseaux indépendants de l'Autriche, en prenant pour abscisses x le trafic kilométrique moyen de chaque ligne et de chaque exercice, et pour ordonnée y les dépenses kilométriques afférentes, il a pu tracer une courbe régulière qui représente, avec une étonnante approximation, la moyenne des dépenses d'exploitation :

$$\text{Le prix moyen de la tonne effectivement transportée } \frac{y}{x} \quad (59)$$

est toujours supérieur au prix d'une tonne kilométrique en plus ou en moins $\frac{dy}{dx}$ (60)

$$\text{Le rapport de ces deux prix } \frac{x \frac{dy}{dx}}{y} \quad (61)$$

ou ce qui revient au même, la part des dépenses variables dans les dépenses totales, subit de très grandes variations.

$$\text{Les dépenses dites constantes sont exprimées par la formule : } y - x \frac{dy}{dx} \quad (62)$$

Nulle à l'origine, la part des dépenses variables atteint le maximum de 72,3 p.100 pour un trafic de 750.000 unités et redescend à 50 % pour un trafic de 1.750.000 unités.

L'auteur croit que au delà, le rapport après avoir atteint un minimum tendrait nécessairement à remonter vers 100 p. 100 : le prix moyen se rapprocherait indéfiniment du prix d'une tonne en plus ou en moins, lequel de son côté, deviendrait de plus en plus constant.

M. Nordling remarque encore que si le trafic s'élève successivement dans le rapport de 1 : 2 : 3, les dépenses d'exploitation correspondantes n'augmentent que dans le rapport de 1 : 1,60 : 2,06.

Enfin l'un des enseignements les plus curieux qui résulteraient du tracé de la courbe de M. Nordling concerne l'influence de la composition des réseaux sur les frais d'exploitation. Un réseau homogène est plus onéreux à exploiter qu'un réseau ayant le même trafic moyen, mais composé de lignes à fort trafic et de lignes à faible trafic. Cette supériorité d'un réseau, composé de lignes diverses sur un réseau homogène, se perdrait naturellement plus ou moins, si dans sa composition il entraînait une certaine longueur de lignes à très faible trafic, ne couvrant pas leurs frais d'exploitation et exigeant le minimum de dépenses d'exploitation envisagé par l'auteur.

M. Ricour a publié en 1887 une « *Notice sur la répartition du trafic des chemins de fer français et sur le prix de revient des transports* »⁽¹⁾. En condensant sous forme graphique les données statistiques, il a cherché à dégager la *loi des variations* des dépenses des transports avec l'importance du trafic. Il utilise les documents publiés par le Ministère des Travaux Publics pour l'exercice 1883, concernant les différentes lignes des grands réseaux français. Il classe les lignes par recettes kilométriques croissantes sans distinction de réseau, de manière à former des groupes peu influencés par les conditions locales, et trace la courbe des coefficients d'exploitation mis en regard des recettes kilométriques croissantes ; le coefficient d'exploitation d'un groupe de lignes étant le rapport p. 100 des dépenses totales d'exploitation aux recettes de toute nature (impôt déduit)

$$\frac{100 D}{R} \quad (63)$$

Cette même courbe démontre qu'il existe, pour l'exercice qu'elle représente, une relation générale, une loi de continuité entre le prix de revient de l'unité de trafic (représentée par le transport à 1 kilomètre de distance soit de 1 voyageur, soit de 1 tonne de marchandises) et la *fréquentation* (nombre de milliers d'unités de trafic par kilomètre de ligne et par an).

M. Ricour calcule la fréquentation moyenne en milliers d'unités de trafic par kilomètre de ligne en divisant la recette kilométrique d'une ligne ou d'un groupe de lignes par la recette moyenne (nombre constant) par millier d'unités de trafic pour l'ensemble des six grandes compagnies en 1883.

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*, août 1887 ; et *Annales des Mines*, 1887, pp. 267-318.

D'autre part, le produit du coefficient d'exploitation par la recette moyenne par millier d'unités de trafic, divisé par 100, donne le prix de revient pour 1.000 unités de trafic en fonction de la fréquentation.

Ainsi par un simple changement d'échelle la même courbe donne les coefficients d'exploitation y en fonction des recettes kilométriques x , et les prix de revient du millier d'unités de trafic y en fonction de la fréquentation x .

En effet, on a dans le premier cas :

$$y = \frac{D \times 100}{R} \quad (63) \quad x = \frac{R}{L} \quad (64) \quad \text{d'où } y = 100 \frac{D}{xL} \quad (65)$$

en appelant L , la longueur kilométrique de la ligne.

Dans le deuxième cas :

$$y = \frac{D}{N} \quad (66) \quad x = \frac{N}{L} \quad (67) \quad \text{d'où } y = \frac{D}{xL} \quad (68)$$

en appelant N le nombre de milliers d'unités de trafic;

c'est la même équation qui donne y en fonction de x au facteur constant 100 près.

Mais il nous semble nécessaire de faire remarquer ici que ce mode de calcul de la fréquentation est illusoire. Pour tirer des conclusions formelles relatives à la relation entre le prix de revient et la fréquentation, il ne faudrait pas faire intervenir la recette dans ce calcul, mais tirer de la statistique même, le nombre de milliers d'unités de trafic parcourant chaque ligne.

Quoi qu'il en soit, l'auteur trouve que le prix de revient du millier d'unités de trafic P_x en fonction de la fréquentation F , en milliers d'unités de trafic, est représenté avec une grande approximation par la formule algébrique :

$$P_x = \frac{612^f}{F} + 21^f,50 \quad (69) \quad \text{et le prix de revient d'une unité}$$

$$\text{par } p = 2^{\circ},15 + \frac{612^{\circ},50}{F} \quad (70)$$

Cette formule met nettement en relief l'abaissement du prix de revient quand la fréquentation augmente. Mais, comme elle se base sur la détermination de la valeur moyenne de la recette par millier d'unités de trafic, elle est inapplicable à tel ou tel cas particulier.

M. Ricour déduit de sa formule la constatation suivante : « De quelque façon que le trafic se partage entre les divers groupes de lignes d'un réseau, pourvu que la

« fréquentation moyenne générale soit là même, le prix de revient du millier d'unités de « trafic reste invariable ». Il serait donc indifférent qu'un réseau se compose de lignes à trafic très inégal ou simplement de lignes à trafic moyen uniforme. Cette loi très simple non vérifiée pour tous les pays, ni pour tous les exercices était, d'après l'auteur, l'expression d'un état d'équilibre très remarquable de l'ensemble du trafic en France, à l'époque étudiée.

4° Influences combinées des conditions de tracé et de la fréquentation.

Dans un mémoire écrit comme réponse et rectification au précédent, M. Noblemaire, Ingénieur en chef des Mines, Directeur de la Compagnie des chemins de fer de P.L.M. : *Le prix de revient sur les Chemins de fer et la répartition du trafic* ⁽¹⁾ exprime l'opinion que la formule précédente ou celle presque semblable

$$p = 2^{\circ}, 2 + \frac{600^{\circ}}{F} \quad (71)$$

qu'il a déduite lui-même d'un travail sommaire du même genre que celui de M. Ricour, ne peuvent servir que pour se faire une idée approchée du prix de revient de l'unité kilométrique sur une ligne analogue à celles qui composaient le réseau français à l'époque, et exploitée dans les mêmes conditions, dont le profil est indéterminé encore et dont le produit est connu ou supposé.

Mais il est indispensable de faire entrer en ligne de compte les *déclivités* dans la formule du prix de revient si l'on veut :

Savoir ce que doit être le prix de revient sur une ligne ou un réseau de profil connu ;

Apprécier les résultats d'une ligne ou d'un réseau donné ;

Comparer entre eux les résultats de deux lignes ou de deux réseaux de profil et de trafic connus.

D'après M. Noblemaire il faut se servir de la formule :

$$p = \left(1^{\circ}, 5 + \frac{300.000}{F} \right) (1 + 0,05 i) \quad (72)$$

ici, il calcule la fréquentation F par la formule $F = \frac{T}{L}$ (73)

où T est le nombre d'unités kilométriques total (voyageurs et tonnes) et L la longueur du réseau en kilomètres.

i : est la déclivité moyenne exprimée en millimètres par mètre.

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*, 1887, pp. 682-697 ; et *Annales des Mines*, 1887, pp. 319-334.

Cette formule a été établie d'après les résultats comptables de l'exploitation des 55 lignes formant en 1879 le réseau P.L.M., à la suite des études de M. Amiot ⁽¹⁾ sur l'« *Influence des pentes sur le prix de revient kilométrique d'une tonne de marchandises de petite vitesse* ». Sur ce réseau la valeur de i était en moyenne de $8^m/m$.

M. Noblemaire fait aussi observer que le coefficient d'exploitation $\frac{D}{R}$ n'a aucune valeur absolue, et que c'est s'exposer à de graves erreurs que de le considérer seul pour apprécier les résultats généraux d'une exploitation.

Il étudie aussi le prix de revient de l'unité kilométrique, en assimilant un voyageur à une tonne de marchandises, le seul élément qui permette à son sens d'apprécier exactement l'exploitation d'une ligne déterminée.

En ce qui concerne spécialement l'étude des dépenses de la traction, M. Noblemaire repousse également, comme unité de comparaison : le kilomètre de train, considéré seul, trop souvent à tort, et rapporte l'ensemble de la dépense à l'ensemble du tonnage kilométrique brut effectif pour en déduire le prix de traction de la tonne brute kilométrique.

M. Ricour reprend la question dans un nouveau mémoire ⁽²⁾ paru en 1888, et cherche à mettre en accord ses précédentes études et celle de M. Noblemaire, dont le désaccord n'est à son sens que la conséquence des points de vue différents auxquels ils se sont placés. L'un a considéré des moyennes générales, l'autre a examiné les éléments qui constituent ces moyennes. Une formule spéciale correspond à chacun de ces deux cas ; toutes deux sont empiriques, et n'ont de valeur que si elles représentent la réalité des faits.

La formule de M. Ricour est selon son auteur la représentation aussi exacte que possible d'un ensemble de données statistiques. La déclivité n'y figure pas explicitement, c'est un fait et non une hypothèse, et on peut dire que pour un ensemble de lignes de même fréquentation, les difficultés moyennes résultant des déclivités et de toutes les autres circonstances tendent aussi vers une limite fixe. Dans un premier mémoire paru en 1885 (*voir* ci-dessus p. 50) l'auteur a fait connaître qu'à chaque groupe de lignes de même fréquentation moyenne, desservies par un même dépôt, correspond ce qu'il a appelé la *rampe caractéristique*, et dans un tel groupe la valeur de F est étroitement liée à la rampe caractéristique moyenne i_m , elle en est en réalité une fonction, et on a :

$$F = (i_m) \quad (74) \quad \text{ou inversement} \quad i_m = \psi(F) \quad (75)$$

Les grandes fréquentations, à part de rares exceptions (qui influent peu sur la moyenne), coïncident avec les faibles rampes caractéristiques. En conséquence, il tente de

(1) *Annales des Mines*, t. XVI, 1879, pp. 289-320.

(2) *Les prix de revient sur les chemins de fer. (Annales des Ponts et Chaussées, 1888, pp. 534-564.)*

déduire de la formule de M. Noblemaire, la relation qui lie F à i_m , il obtient des valeurs de i_m qui sont en désaccord avec les faits. L'expression empirique due à M. Noblemaire ne serait donc qu'un jalon provisoire. « La formule donnant pour des lignes de même « fréquentation F , l'influence de la rampe caractéristique sur les prix de revient de « l'unité de trafic reste à établir ». Une formule algébrique simple, ou du type de celle de M. Noblemaire ne pourrait donner une solution approchée de la question, par contre l'emploi de tableaux graphiques analogues à ceux dont M. Lalanne a fourni de nombreux et instructifs exemples, est à conseiller.

M. Ricour conclut :

1° Les prix de revient de l'unité de trafic, pas plus que les coefficients d'exploitation de divers réseaux, ne peuvent pas être comparés entre eux directement. Il faut pour chaque réseau déterminer la fréquentation F_R , chercher le prix de revient normal P_i correspondant à F_R (d'après sa formule) et comparer le prix de revient réel au prix de revient normal obtenu pour chaque réseau. Le rapport de ces deux prix qu'il appelle rapport typique, donne la mesure de l'économie plus ou moins grande apportée dans l'ensemble des services d'exploitation.

2° Si on veut limiter la comparaison au service du matériel et de la traction, elle doit porter soit sur le prix de revient de la tonne kilométrique brute des trains de marchandises, soit sur le prix de revient de la tonne kilométrique brute de trains de voyageurs. Ces prix de revient établis avec soin, en tenant compte des variations de prix des matières de consommation au *moment de l'emploi* ne peuvent être comparés directement entre eux. Il faut pour chaque réseau déterminer la rampe caractéristique ρ_m et chercher le prix de revient normal de la tonne kilométrique brute, correspondant à ρ_m (voir page 62 ci-dessus). C'est au prix de revient normal ainsi obtenu pour chaque réseau qu'on doit comparer le prix de revient réel. Le rapport de ces deux prix ou « rapport typique », donne la mesure de l'économie plus ou moins grande, en ce qui concerne le service spécial du matériel et de la traction.

5° *Quelques considérations de divers auteurs.*

Relevons encore quelques considérations d'ordre général dans une *Note sur l'exploitation locale des grandes Compagnies et la nécessité de réformes décentralisatrices* ⁽¹⁾ due à M. René Tavernier, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur y critique assez vivement les mémoires de M. Baume que nous avons

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*, 1888, pp. 637-685.

étudiés ci-dessus, en particulier celui relatif au prix de revient des transports sur les chemins de fer français publié en 1883.

L'exploitation des grandes Compagnies manque selon lui d'esprit commercial, et « pour l'exploitation des lignes à faible trafic dépendant des grands réseaux, des *mesures décentralisatrices radicales* s'imposent. »

Les améliorations que comporte l'exploitation locale des grands réseaux ont trait à peu près exclusivement au service des voyageurs, car le trafic local, c'est à dire les transports à courte distance, se compose bien plus de voyageurs que de marchandises. Les idées en cours à l'époque, qui prétendaient qu'en général le service des voyageurs est peu rémunérateur si on le compare à celui des marchandises, et qu'en particulier, celui des voyageurs à petit parcours doit souvent être onéreux, si elles étaient vraies, conduiraient à renoncer à tout espoir de voir s'accomplir des réformes avantageuses dans l'exploitation locale des grands réseaux, et M. Tavernier trouvait la manifestation la plus nette et la plus précise de telles idées dans le mémoire de M. Baume.

L'hypothèse de ce dernier : « Le kilomètre de train est la base qui a été adoptée en général dans la répartition des dépenses, en dépenses du service des voyageurs et en dépenses du service des marchandises » lui fait rejeter toutes les conclusions auxquelles elle peut conduire.

Il est certain, et nous l'avons déjà fait remarquer nous-même, que cette unité de répartition, qu'est le kilomètre de train, se prête à de nombreuses critiques, cependant certaines dépenses comme celles de surveillance de la voie varient certainement avec le nombre des trains et le parcours qu'ils effectuent sur la voie.

M. Tavernier ajoute : « Le service des voyageurs et celui des marchandises ont leur système d'exploitation propre : celui-ci s'accommode de trains à pleine charge, tandis que l'autre exige dans la plupart des cas des trains multipliés et légers. Le second système d'exploitation à égalité de poids remorqué est évidemment plus onéreux. C'est pour cela qu'on ne peut songer à assimiler le transport d'un voyageur augmenté de son poids mort à celui du même poids de marchandises... C'est là d'une manière générale, le côté fâcheux de ces hypothèses générales qui ne tendent à rien moins qu'à enrayer le progrès qu'on peut réaliser en variant les procédés d'exploitation et les adaptant à chaque nature de trafic. »

Ces critiques sont encore en partie justifiables, cependant l'assimilation en poids des voyageurs et des marchandises est rigoureuse pour la répartition de la plupart des dépenses de traction, pourvu que l'on tienne compte de la différence de vitesse des deux services.

En ce qui concerne les dépenses d'intérêt et d'amortissement des frais de premier

établissement, M. Tavernier considère qu'il est nécessaire d'en tenir compte pour apprécier la valeur financière d'une entreprise, mais qu'il est dangereux de les confondre avec les frais d'exploitation pour établir un prix de revient qui doit être considéré comme un minimum de taxes à percevoir par un chemin de fer ; et ceci est en accord avec l'opinion de M. Nordling, à ce sujet, que nous avons rapportée ci-dessus (voir p. 62).

« Toutefois pour les cas où l'on désirerait, à un point de vue purement spéculatif « se rendre compte si les voyageurs concourent plus ou moins que les marchandises à « faire vivre l'entreprise et assurer le remboursement des frais de construction, on ne « pourrait arriver à un résultat exact qu'en faisant intervenir l'utilité pour chaque nature « de trafic des conditions techniques d'établissement et des dépenses correspondantes ».

Par exemple : le train de voyageurs n'a pas besoin des faibles pentes qui rendent seules possible la circulation d'un train de marchandises lourdement chargé. Il ne serait donc pas exact de les grever tous deux de la même part d'amortissement. Cette idée est à retenir pour notre essai de répartition des dépenses d'intérêt et d'amortissement entre les trafics de grande et de petite vitesse.

M. Tavernier exprime l'opinion qu'il n'est pas légitime de généraliser aux réseaux français, le résultat spécial au réseau autrichien, de l'égalité du prix de revient du transport du voyageur et de la tonne de marchandises.

« Il y a lieu de se mettre en garde contre toute assimilation rigoureuse et « théorique des deux unités de trafic et surtout d'éviter de conclure de cette assimilation, « soit que les tarifs moyens doivent être égaux pour la tonne et le voyageur, soit que le « service des voyageurs est moins avantageux que celui des marchandises parce qu'il « comporte un tarif moyen inférieur... L'intérêt de l'exploitant est de développer les trafics « de toute nature, voyageurs ou marchandises, par tous les moyens et même quand il « s'agit d'un trafic qui lui échappe, par des abaissements de tarifs poussés jusqu'à la limite « inférieure des seuls frais d'exploitation.

Nous avons vu dans l'étude détaillée du mémoire de M. Baume qu'il introduisait la notion de parcours minima rémunérateur : 1^o du voyageur ; 2^o de la tonne de marchandises de petite vitesse. On ne peut introduire cette notion qu'en admettant qu'il y a une série de dépenses indépendantes du parcours. M. Tavernier trouve que les considérations par lesquelles M. Baume justifie l'existence de telles dépenses ne sont pas entièrement justes ; de plus ces dépenses ne sont pas les mêmes pour le voyageur de banlieue et le voyageur à longue distance, par conséquent le parcours rémunérateur ne le sera pas non plus. Ce raisonnement est exact, mais il est difficile, sinon impossible, de calculer séparément les chiffres relatifs aux diverses catégories de voyageurs, en tout cas le calcul de M. Baume est théoriquement exact, et on écarterait la critique en appelant le parcours

minimum rémunérateur : parcours minimum *moyen* rémunérateur, ce qui implique bien nettement l'idée qu'il y a des catégories de voyageurs ayant un tel parcours plus long ou plus court. Entre autre : « Il y a bien certainement une source d'erreurs considérables « à grever de la même part fixe des frais d'exploitation indépendants du parcours, le « voyageur de banlieue et le voyageur à longue distance. D'une manière stricte, les frais « qu'entraînent le service des bagages, le luxe et le confort des gares ne profitent guère « au premier qui s'accommoderait d'installations plus modestes et moins coûteuses ; que si « même il en profite par la force des choses et par le seul fait qu'il serait plus coûteux « d'avoir pour lui une installation spéciale, il n'y a point encore là une raison de lui en « faire supporter la part. Le parcours rémunérateur est une notion anticommerciale qu'il « faut rejeter. L'essentiel est d'utiliser le plus complètement possible les installations si « coûteuses, si grandioses et le plus souvent si vides de nos grandes voies ferrées. »

En résumé : il faut, d'après l'auteur, se contenter de tirer de la statistique, des indications pour comparer et apprécier certains faits généraux, et ne pas prétendre en déduire certaines conséquences absolues et les ériger en règles pratiques. Il faut se garder de considérer les moyennes comme des types dont on doit s'efforcer de rapprocher les faits, car les faits oscillent autour des moyennes avec des écarts considérables, et le but de la pratique doit précisément tendre à les saisir dans leurs variations et à s'y adapter.

En ce qui concerne la véritable mesure de la valeur commerciale d'une exploitation, M. Tavernier pense qu'il n'est pas absolument exact de se servir pour l'apprécier du coefficient d'exploitation ou du prix de revient, le but commercial d'une exploitation étant avant tout d'obtenir le revenu net le plus considérable, et non précisément de diminuer le coefficient d'exploitation ou le prix de revient. L'étude de M. Ricour que nous avons examinée nous-même plus haut, ne laisse guère entrevoir l'importance de réformes économiques et commerciales qui, selon M. Tavernier, sont d'importance supérieure à celle des réformes techniques. Il ne faut pas que le seul but d'une exploitation soit de diminuer autant que possible les prix de revient normaux donnés par la formule de M. Ricour et d'obtenir l'écart le plus grand entre ce prix de revient et le prix de vente (tarif moyen) supposé fixe ainsi que le trafic. Or les procédés d'exploitation et les tarifs ont la plus grande influence sur le développement du trafic. Parmi les économies réalisables, celles, par exemple qui touchent à la production de la force motrice sont tout bénéfice, mais d'autres portent atteinte au trafic, et le tarissent : la diminution du nombre des trains, du nombre des haltes ou stations.

« C'est en conformant le mieux possible aux exigences même du trafic, et ses « procédés d'exploitation et ses tarifs que l'exploitant parviendra, dans chaque cas, au « maximum du trafic et aussi au maximum des bénéfices nets ; il faut se garder de croire

« qu'il puisse l'atteindre dans tous les cas, en abaissant ses prix de revient ou son coefficient d'exploitation.

« Il peut arriver que l'exploitant ait intérêt, pour augmenter son produit net, à gêner son coefficient d'exploitation, c'est à dire à l'augmenter soit par rapport au coefficient normal, soit même en valeur absolue.

« Réciproquement, l'exploitant peut diminuer son produit net en améliorant son coefficient d'exploitation, c'est à dire en le diminuant d'une manière relative ou absolue.

« Il y a d'autant plus de raison de supposer qu'on peut augmenter le *produit net* en sacrifiant quelque chose du *coefficient d'exploitation* que ce coefficient est lui-même plus faible. En d'autres termes, un coefficient d'exploitation trop avantageux peut faire supposer qu'on ne tire pas d'une exploitation tout ce qu'elle peut donner.

« Le simple bon sens, peut d'ailleurs conduire à la même conclusion. Un trop grand écart entre le prix de revient et le prix de vente ne laisse-t-il pas supposer que la consommation du public et même que le produit net du commerçant sont susceptibles de gagner tous les deux à une diminution de cet écart.

« L'exploitant sera ainsi conduit, même sans subir la pression de la concurrence, à suivre, la tendance démocratique de presque toutes les grandes industries qui se contentent d'un bénéfice modéré pour augmenter leur clientèle et leur chiffre d'affaires. »

Nous signalerons à l'occasion du travail ci-dessus deux ouvrages particulièrement importants, relatifs au sujet qui a provoqué l'étude de M. Tavernier :

A la même époque (1887), M. A. Sampité, Ingénieur des Ponts et Chaussées, sous-chef de l'exploitation des chemins de fer de l'Etat a fait paraître une étude détaillée et complète sous le titre : *Les chemins de fer à faible trafic en France ; lignes secondaires des grands réseaux ; chemins de fer d'intérêt local et tramways à vapeur ; établissement et exploitation*, et arrive à des conclusions nettement favorables aux tendances décentralisatrices préconisées ci-dessus pour l'amélioration de l'exploitation des lignes à faible trafic.

Tout récemment ⁽¹⁾, M. Claise, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées a repris la même question en se plaçant spécialement au point de vue de la réduction du nombre des employés pour l'après guerre, et préconise encore d'adopter pour les lignes à faible trafic des grands réseaux, des méthodes d'exploitation inspirées de celles en vigueur sur les réseaux d'intérêt local.

Enfin, relevons encore pour terminer, dans une longue et importante étude ⁽²⁾

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*, 1917, septembre-octobre, pp. 127-199.

(2) *Annales des Ponts et Chaussées*, Mémoires, 1892, pp. 217-484.

de M. Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, sur l'*Utilité des chemins de fer d'intérêt local. — Nature et valeur des divers types de convention*, l'expression précise de quelques idées que nous avons déjà rencontrées dans divers mémoires étudiés ci-dessus et dont nous trouvons ainsi confirmation :

Les dépenses d'exploitation sont de deux sortes : les unes indépendantes du trafic, les autres qui sont, à peu près proportionnelles aux transports.

Au sujet des inconvénients d'une mauvaise répartition des dépenses de premier établissement entre les personnalités qui doivent bénéficier de la création d'un chemin de fer (individus, communes, départements, Etat, société exploitante, etc) : « Il est « toujours fâcheux de ne pas respecter les exigences de la justice distributive et de ne pas « répartir les charges d'une entreprise au prorata des parts de bénéfice, que chaque « intéressé doit en retirer. »

Le prix de revient partiel ou prix de revient de l'unité de transport en sus, ne comprend pas les dépenses générales que l'on aurait faites, alors même que ce transport supplémentaire n'aurait pas eu lieu, notamment les intérêts et les amortissements du capital de premier établissement, les frais généraux et celles des dépenses de personnel qui sont indépendantes.

CHAPITRE III

ÉTUDE SUR L'OUVRAGE DE M. GUSTAVE PEREIRE

ESSAI SUR UNE MÉTHODE DE COMPTABILITÉ

DES CHEMINS DE FER (1^{re} PARTIE)

Nous examinerons dans tous ses détails comme nous l'avons fait pour le mémoire de M. Baume, l'important travail ⁽¹⁾ qu'a fait paraître en 1912, M. Gustave Pereire, avec la collaboration de M. Jules Amar, Docteur ès sciences.

L'auteur s'est proposé d'établir une méthode de comptabilité fondée sur la répartition logique des dépenses d'après l'influence que les éléments essentiels d'une expédition doivent exercer sur le prix de revient ⁽²⁾, il a pris naturellement pour point de départ les travaux de M. Baume publiés successivement dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, et que nous avons examinés ci-dessus.

M. Pereire a été amené à considérer quatre éléments comptables parfaitement distincts, dans le trafic général :

1^o Les *voyageurs*, auxquels il suppose un poids moyen de 70 kilogs, ils occupent des wagons mal utilisés par besoin de confort, ils demandent un accroissement toujours plus grand de la vitesse des trains ; d'où résultent un *poids mort* de véhicules stérile pour la recette, et une dépense croissante pour frais de combustible.

(1) *Essai sur une méthode de comptabilité des chemins de fer*, 1^{re} partie. Gauthier-Villars, Paris 1912.

(2) Analyse de l'ouvrage de M. Pereire, par M. A. Goupil, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, *Annales des Ponts et Chaussées*, Mémoires, 1911, V, pp. 417-422.

2° Les *accessoires de la Grande Vitesse*, messageries, denrées, etc., en colis de masses très variables, le plus souvent très faibles, et chargés médiocrement dans les fourgons.

3° Les *merchandises de Petite Vitesse*, en masses plus importantes, par 3 ou 4 tonnes à la fois, et transportées avec un coefficient d'utilisation assez élevé, dans des trains à marche moins rapide.

4° Les *accessoires de Petite Vitesse* qui, à raison de leur quantité relativement petite, ont moins retenu l'attention.

Cette distinction en quatre catégories comptables est donc essentiellement fondée sur l'*inégalité de la dépense* relative que chacune d'elles occasionne aux Compagnies de chemins de fer.

« Mais est-il possible de connaître les quatre dépenses de la même manière que nous « connaissons les quatre recettes correspondantes ». C'est ce qu'a essayé de réaliser M. Pereire, et nous allons exposer la méthode qu'il a employée.

I. — FORMULES NOUVELLES ET PRATIQUES POUR LA COMPTABILITÉ DES CHEMINS DE FER

1° Répartition des dépenses.

La recherche d'un diviseur commun des dépenses générales de l'exploitation se heurte, à de grandes difficultés. En discutant les idées de M. Baume, M. Gustave Pereire fut amené à reconnaître que la notion de poids seule admise, est insuffisante pour servir de facteur de répartition. La tonne kilométrique ne peut être la seule unité vraie, logique du trafic, les deux services ayant des vitesses et des utilisations différentes. Il faudra juxtaposer à la notion de poids, une notion de nombre, celle de l'expédition.

M. Pereire classe comme suit les dépenses en deux groupes :

1° *Les dépenses d'intérêt et d'amortissement* de tous les capitaux engagés (premier établissement des lignes et du matériel fixe, achat du matériel roulant, fonds de roulement). C'est « en quelque sorte, la dépense permanente et inévitable. Aucune raison ne justifie « son élimination du compte total de l'exploitation, ainsi que l'usage s'en est établi », et c'est bien ce qu'avait pensé M. Baume.

2° Les dépenses de tous les services de l'exploitation qui comprendront trois subdivisions :

Soit donc, en tout, quatre séries de frais à répartir entre les divers trafics :

1° Une série de frais : D_T à faire supporter au trafic total T , évalué en tonnes kilométriques brutes (matériel, voyageurs, marchandises) et qui correspond à l'intérêt et à l'amortissement des capitaux engagés. L'unité de dépense propre à ce chapitre sera :

$$a = \frac{D_T}{T} \quad (76)$$

2° Une seconde série de frais : D_E ressortira aux *expéditions*, qu'il s'agisse d'un petit colis de quelques kilogrammes ou d'un wagon entièrement chargé ; elle paie le travail intérieur des gares (manutention, chargement, déchargement, délivrance des billets, bulletins, surveillance), ainsi que la manutention, et la surveillance dans les trains même. Le parcours des expéditions est variable, et l'attention du service se trouvera inégalement sollicitée, d'autant plus sollicitée que le trajet sera plus grand. En particulier, lorsqu'on arrive à une gare importante, il faudra déplacer les accessoires, et marchandises, pour disposer les wagons à en recevoir d'autres. De là une prodigalité de soins qui justifient la considération des expéditions kilométriques : N , somme des produits des expéditions par leurs parcours respectifs. « La dépense par *expédition* n'est nullement un terme fixe indépendant du parcours ; le contrôle, la surveillance dans les trains, les transbordements, la délivrance en cours de route, montrent assez que l'expédition kilométrique répond plus exactement aux faits que l'expédition pure et simple. »

Les expéditions kilométriques peuvent être quelconques : voyageurs, marchandises, bagages, bestiaux, voitures, wagons de lait. L'essentiel est de retenir que le facteur *expédition* est absolument distinct du facteur poids. Celui-ci ne mesure qu'une seule quantité bien déterminée ; celle-là exprime tout un ensemble de travaux préliminaires et de surveillance qui sont indépendants du tonnage.

La dépense unité par expédition kilométrique sera

$$b = \frac{D_E}{N} \quad (77)$$

3° Une troisième série de frais : D_L concernera la voie non pas pour les réparations extraordinaires ; mais, pour son usure normale, son entretien, conséquences régulières du service, les employés, la surveillance, l'éclairage. La dépense D_L est proportionnelle au parcours kilométrique L des trains dans l'année ; l'unité sera

$$c = \frac{D_L}{L} \quad (78)$$

4° Le quatrième chapitre des frais : D_T est certainement le moins discutable et le moins subjectif : il s'agit de la traction, service compétent, mécaniciens, matériel, poids total des trains et vitesse, c'est à dire combustible et usure extraordinaire de la voie.

Le *travail mécanique* sera la mesure de cette dépense financière. « Le travail s'évalue par le produit de l'effort total par le parcours ; ou, ce qui revient au même par l'effort moyen de la tonne multipliant le tonnage kilométrique. On multipliera donc le tonnage kilométrique de grande vitesse par l'effort de traction f_1 de ce service, et le tonnage kilométrique de petite vitesse par l'effort de traction f'_1 correspondant ». Soient t_1 et t'_1 ces tonnages kilométriques ; on aura :

$$t_1 f_1 + t'_1 f'_1 = T f \quad (80)$$

en prenant f pour effort de traction moyen.

Nous préciserons plus loin ce point, l'évaluation de l'effort de traction en particulier.

L'unité de dépense sera :

$$d = \frac{D_T}{T f} \quad (79)$$

En résumé, les dépenses générales de l'exploitation, sans en excepter les intérêts du capital seront :

$$D = D_I + D_E + D_L + D_T \quad (81)$$

L'auteur fait remarquer que le « le chapitre D_I qui représente les intérêts et amortissements des capitaux engagés, devrait se décomposer en trois parties ; une relative à la traction, une seconde à la voie, et une troisième à l'exploitation proprement dite. Dans ces conditions, elles viendraient accroître les quantités respectives D_T , D_L et D_E tandis que D_I disparaîtrait entièrement » ; mais il conserve le terme D_I ne connaissant pas exactement les capitaux engagés dans chaque service.

Ceci a besoin d'être discuté : En effet les dépenses D_I , intérêt et amortissement des capitaux sont de nature absolument différente de celles des autres dépenses de l'exploitation proprement dites. Elles sont irréductibles et doivent être payées en entier, tandis que les dépenses d'exploitation ou tout au moins certaines d'entre elles, peuvent être réduites grâce à une sage organisation économique des transports, comme nous le verrons plus tard.

Il est donc absolument nécessaire de ne pas réunir en de mêmes termes, des dépenses d'intérêts et des dépenses d'exploitation, soit plus généralement des dépenses irréductibles et des dépenses variables.

Nous verrons dans notre nouvelle étude qu'il est essentiel de considérer à part

les dépenses D_I , qu'il serait bon de prélever leur montant comme un impôt sur les recettes des différents services, et qu'en conséquence si on voulait les subdiviser, qu'il serait plus intéressant de pouvoir déterminer les fractions respectives au service des voyageurs, ou aux trafics des accessoires et des marchandises, que celles relatives aux divers services de l'exploitation (voie, traction, etc.).

Le tableau suivant résume la classification des dépenses entre les quatre groupes ci-dessus dénommés

DÉPENSES GÉNÉRALES D

D_I	{	Charges effectives. Sommes attribuées aux actionnaires.
D_E	{	Administration centrale et dépenses diverses. Exploitation. Timbres et frais de service des actions. Fonds fixes d'amortissement d'actions. Entretien des Bâtiments 6/9.
D_L	{	Voie. Entretien des bâtiments 1/9.
D_T	{	Matériel et traction. Entretien des bâtiments 2/9. Dépenses extraordinaires, renouvellements et transformations, grosses réparations, etc., de la voie. Location de matériel.

A première vue cette subdivision des dépenses en quatre catégories paraît tout à fait logique, de même que le choix des facteurs de répartition attribués à chacune d'elles. Mais il n'en est plus de même quand on cherche à se rendre compte d'une manière plus précise et plus détaillée, de la nature exacte des dépenses entrant dans chaque catégorie ; on s'aperçoit vite que certaines de ces dépenses ne sont pas susceptibles de varier proportionnellement, aux quantités qui sont à la base de leur répartition entre les diverses sortes de transport.

Par exemple, nous avons vu que les dépenses D_I : intérêt et amortissement des capitaux, étaient par leur nature même essentiellement irréductibles ; or, elles sont réparties entre les différents trafics proportionnellement au tonnage kilométrique brut : T . Ce facteur est lui, au contraire essentiellement variable ; nous verrons qu'on envisage une

réduction très considérable de T , par une meilleure utilisation du matériel roulant, et qu'on a calculé la réduction des dépenses qui devrait en résulter. Or D_I étant réparti proportionnellement à T , on est conduit à calculer une économie sur les dépenses D_I ce qui est irréalisable. Nous avons vu que la formule de M. Baume conduisait aux mêmes inconvénients.

Relevons encore que les dépenses suivantes :

Timbres et frais de service des actions ;

Fonds fixe d'amortissement d'actions ;

ont été classées dans la catégorie des dépenses D_E proportionnelles à N nombre d'expéditions kilométriques, alors qu'elles ne sont autre chose que des charges de premier établissement et devraient être jointes à D_I .

Nous verrons que parmi les dépenses D_E , il en est d'autres encore qui ne varient certainement pas proportionnellement au nombre des expéditions kilométriques ; par conséquent la réduction de ce nombre par le groupage ne pourra faire réaliser une économie sur ces dépenses.

Ainsi, en résumé, d'après la classification ci-dessus :

1° Toutes les dépenses sont directement proportionnelles au trafic.

2° Toutes les dépenses dépendent du parcours.

Ce n'est pas là, nous l'avons vu, l'opinion des autres auteurs qui ont étudié le même sujet.

Nous ne nous étendrons pas ici sur ces questions, sur lesquelles nous reviendrons dans notre étude personnelle, qu'il nous suffise de poser de suite les principes suivants :

Une dépense doit être répartie entre les différents trafics à l'aide d'un facteur auquel elle est réellement proportionnelle, si l'on veut par réciproque conclure d'une réduction de ce facteur une économie sur la dépense.

Une dépense non proportionnelle devrait être répartie entre les différents trafics, à l'aide d'un facteur qu'une amélioration des procédés d'exploitation ne peut faire directement varier.

Nous sommes donc conduits à conclure : la répartition des dépenses effectuées par la méthode de M. Pereire part d'un principe exact qu'il est le premier à avoir tenté d'appliquer sans toutefois l'énoncer explicitement :

Répartir les dépenses entre les différents trafics suivant l'influence qu'exercent sur chacune d'elles les éléments des diverses sortes de trafics.

Mais sa réalisation, d'une telle répartition de dépenses, n'est pas au point, elle

a besoin d'être discutée, perfectionnée, elle renferme des contradictions qui doivent être levées, c'est ce que nous essaierons de faire dans notre nouveau travail, en mettant à profit l'expérience de nos savants prédécesseurs, qui ont jeté les premiers jalons d'une étude complète.

Cette critique du travail de M. Pereire, loin d'en diminuer la valeur, fait au contraire ressortir toute la difficulté du problème qu'il s'est efforcé de résoudre et qui, comme il le dit comporte tant d'indétermination.

2° *Formule du prix de revient d'un train :*

Un train quelconque paie :

1° pour son tonnage kilométrique brut t ;

2° pour le nombre d'expéditions kilométriques n qu'il emporte ;

3° pour son parcours en kilomètres : l .

4° pour son travail mécanique total tf , en appelant f l'effort de traction, par tonne à la vitesse du train.

Etant données les unités de dépense fixées ci-dessus, la dépense relative à ce train sera

$$P = at + bn + cl + dtf \quad (82)$$

C'est la formule fondamentale de M. Pereire; dans la pratique il sera toujours facile d'organiser la comptabilité pour qu'elle fournisse les quantités t , n et l . Quant à l'effort de traction il en détermine une valeur moyenne approchée suffisante d'après les chiffres de consommation de combustibles.

3° *Détermination de l'effort de traction.*

Voici le raisonnement employé : « Soient c et c' les quantités de charbon par « tonne de Grande Vitesse et de Petite Vitesse, v et v' les vitesses des deux services, f_1 et « f_1' les efforts de traction. Les travaux mécaniques seront respectivement :

$$f_1 v \text{ et } f_1' v'$$

« On a donc $\frac{c}{c'} = \frac{f_1 v}{f_1' v'}$ (83) , d'ou $\frac{f_1}{f_1'} = \frac{c v'}{c' v}$ (84)

« Sur l'Est, on dépense 11 kilogr. de charbon pour un tonnage minimum de 200^t « en Grande Vitesse, et 15 kilogr. pour un tonnage minimum de 630^t en Petite Vitesse.

« Soient $c = \frac{11\,000}{200} = 55 \text{ gr.}$

$c' = \frac{15\,000}{630} = 24 \text{ gr.}$

« En supposant la vitesse *double* dans un service de ce qu'elle est dans l'autre ou $v = 2v'$, nous aurons

$$\frac{f_1}{f'_1} = \frac{55}{24 \times 2} = \frac{9}{8}$$

« En d'autres termes, nous connaissons le rapport des efforts de traction, et non pas leur valeur absolue. Voilà pourquoi nous attribuerons 9 à la Grande Vitesse et 8 à la Petite Vitesse.

« Si nous appliquons ce calcul aux quantités fournies par M. Baume (travail cité) « telles que $c = 135$ grammes et $c' = 40$ grammes, nous aurions

$$\frac{f_1}{f'_1} = \frac{135}{80} = \frac{27}{16}$$

« ou sensiblement 8 à la petite vitesse pour 13,5 à la Grande Vitesse. »

Ce calcul de l'effort de traction serait exact si les consommations de charbon employées pour le faire correspondaient à la même unité de temps, mais il n'en est pas ainsi, les consommations ci-dessus correspondent au même parcours de tonne, au kilomètre selon toute vraisemblance ⁽¹⁾

Le travail mécanique est égal au produit de l'effort de traction par le parcours pendant lequel cet effort est exercé.

Le parcours étant précisément égal au produit de la vitesse par le temps, si on considérait les travaux mécaniques produits pendant le même temps en déplaçant une tonne en Grande Vitesse puis en Petite Vitesse, ces travaux seraient en effet proportionnels aux produits $f_1 v$ et $f'_1 v'$ des efforts de traction par les vitesses correspondantes, puisque en un même temps les parcours effectués sont proportionnels aux vitesses.

(1) Aucune indication n'est donnée à cet égard dans le travail de M. Pereire par suite d'une omission regrettable, mais M. Baume spécifie nettement que les consommations de charbon qu'il indique s'appliquent à la tonne kilométrique. Mais, il doit s'agir pour M. Baume du tonnage kilométrique brut remorqué : poids net et poids des véhicules, et pour M. Pereire du tonnage kilométrique brut total, y compris locomotives et tenders.

En résumé: Le travail mécanique à produire pour exécuter un transport est donc bien égal au produit du travail mécanique par tonne transportée à 1 kilomètre multiplié par le parcours total des tonnes, ou ce qui revient au même, au produit de l'effort par tonne par le tonnage kilométrique total : Tf

Mais les travaux mécaniques par tonne transportée en Grande et en Petite Vitesse à 1 kilomètre, sont proportionnels aux efforts de traction correspondants.

Les efforts de traction par tonne f_1 et f_1' seront donc en réalité dans le rapport des consommations de charbon c'est-à-dire, avec les chiffres ci-dessus indiqués, dans le rapport de 55 à 24 ou plus simplement de 9 en Grande Vitesse à 4 en Petite Vitesse.

On aura bien

$$t_1 f_1 + t_1' f_1' = Tf \quad (80)$$

et l'unité de dépense

$$d = \frac{D_T}{Tf} \quad (79)$$

Et en donnant à f_1 et f_1' , les valeurs relatives déterminées ci-dessus on aura

$$9t_1 + 4t_1' = Tf \quad (85)$$

au lieu de

$$9t_1 + 8t_1' = Tf$$

Les parts respectives de la Grande et de la Petite Vitesse dans les dépenses D_T seront donc en réalité bien différentes de ce qui avait été calculé.

On ne peut appliquer le même raisonnement aux chiffres de consommations calculés d'après les données de M. Baume, puisqu'elles ne se rapportent pas à la même unité, ce qui explique que les consommations soient beaucoup plus élevées.

En résumé, si on connaissait chaque année la consommation de combustible par tonne transportée en Grande et en Petite Vitesse, point ne serait besoin de calculer les valeurs relatives des efforts de traction, on aurait simplement

$$t_1 c + t_1' c' = TC \quad (86)$$

c et c' : consommations de charbon par tonne de Grande et de Petite Vitesse;

C : consommation moyenne.

Nous discuterons dans notre travail, cette question du travail mécanique, d'une manière plus complète, mais nous avons tenu à relever de suite cette confusion que contient la formule que nous étudions, car c'est là un point essentiel.

Cette erreur va malheureusement se faire sentir à chaque pas, et devrait être relevée dans chaque formule.

Pour ne pas surcharger inutilement notre exposé, écrivons de suite que : Dans toute application des formules on devra substituer à f' la nouvelle valeur calculée ci-dessus à l'ancienne.

Ce point précisé, revenons à l'exposé des formules de M. Pereire :

4^o Application de la formule générale à chacune des quatre catégories du trafic.

Il faudra attribuer à celles-ci les fractions exactes et respectives de T, N, L, Tf.

On aura :

$$(87) \left\{ \begin{array}{l} \text{Voyageurs} \quad \text{Accessoires G. V.} \quad \text{Marchandises P. V.} \quad \text{Accessoires P. V.} \\ T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \\ N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 \\ L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \\ Tf = T_1 f_1 + T_2 f_1 + T_3 f_1 + T_4 f_1 \end{array} \right.$$

Les prix de revient des trains homogènes de chaque service seront donnés par les formules :

$$(88) \left\{ \begin{array}{l} P_1 = at_1 + bn_1 + cl_1 + dt_1 f_1 \\ P_2 = at_2 + bn_2 + cl_2 + dt_2 f_1 \\ P_3 = at_3 + bn_3 + cl_3 + dt_3 f_1 \\ P_4 = at_4 + bn_4 + cl_4 + dt_4 f_1 \end{array} \right.$$

La dépense totale pour chacun des services serait :

$$(89) \left\{ \begin{array}{l} \text{Voyageurs} \quad D_1 = aT_1 + bN_1 + cL_1 + dT_1 f_1 \\ \text{Accessoires G. V.} \quad D_2 = aT_2 + bN_2 + cL_2 + dT_2 f_1 \\ \text{Marchandises P. V.} \quad D_3 = aT_3 + bN_3 + cL_3 + dT_3 f_1 \\ \text{Accessoires P. V.} \quad D_4 = aT_4 + bN_4 + cL_4 + dT_4 f_1 \\ \text{Totaux} \quad D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 \end{array} \right.$$

ou en remplaçant a, b, c et d par leurs valeurs

$$\frac{D_1}{T}, \frac{D_2}{N}, \frac{D_3}{L}, \frac{D_4}{Tf}$$

$$(90) \left\{ \begin{array}{l} \text{Voyageurs} \quad D_1 = \frac{D_I T_1}{T} + \frac{D_E N_1}{N} + \frac{D_L L_1}{L} + \frac{D_T T_1 f_1}{Tf} \\ \text{Accessoires G.V.} \quad D_2 = \frac{D_I T_2}{T} + \frac{D_E N_2}{N} + \frac{D_L L_2}{L} + \frac{D_T T_2 f_1'}{Tf} \\ \text{Marchandises P.V.} \quad D_3 = \frac{D_I T_3}{T} + \frac{D_E N_3}{N} + \frac{D_L L_3}{L} + \frac{D_T T_3 f_1}{Tf} \\ \text{Accessoires P.V.} \quad D_4 = \frac{D_I T_4}{T} + \frac{D_E N_4}{N} + \frac{D_L L_4}{L} + \frac{D_T T_4 f_1'}{Tf} \\ \text{Total} \quad D = \frac{D_I}{T} + \frac{D_E}{N} + \frac{D_L}{L} + \frac{D_T}{Tf} \end{array} \right.$$

Le prix de revient d'un train calculé dans chaque catégorie du trafic, par la formule fondamentale, conduit aisément au prix de l'unité, soit de la tonne kilométrique brute, soit de l'expédition (indépendamment du poids de celle-ci). De :

$$P = at + bn + cl + df \quad (82)$$

on tire le coût de la tonne kilométrique brute

$$p = \frac{P}{t} = a + \frac{bn}{t} + \frac{cl}{t} + df \quad (91)$$

celui de l'expédition kilométrique

$$p' = \frac{P}{n} = a \frac{t}{n} + b + c \frac{l}{n} + df \frac{t}{n} \quad (92)$$

Les formules (91) et (92), pour être appliquées directement avec fruit, doivent l'être à des trains homogènes, chargés d'expéditions de même nature.

II. — APPLICATION DES FORMULES

CALCUL DES QUANTITÉS T, N, L

M. Gustave Pereire étudie à titre d'exemple l'année 1900 de l'exploitation des chemins de fer de l'Est.

Les statistiques ⁽¹⁾ ne donnent pas immédiatement le total T des tonnes kilométriques brutes, ni celui, N, des expéditions kilométriques pour les services de la grande vitesse, il faut les calculer, en attendant que la réorganisation de la comptabilité vienne un jour en dispenser.

1° Calcul de T

Le tonnage kilométrique total comprend :

Le tonnage kilométrique utile (net) de tout le trafic.

Le poids mort kilométrique de l'ensemble : voitures et machines.

Le *tonnage kilométrique utile* s'obtiendra comme suit : Le nombre de kilomètres parcourus par les voyageurs multiplié par le poids moyen du voyageur donnera le *tonnage kilométrique des voyageurs*. On admet que le poids d'un voyageur est, en moyenne de 70 kilogrammes, comme il résulte des nombreuses mesures de Quételet, y compris les bagages à mains. Le chiffre de 100 kilogrammes, adopté par M. Baume serait trop fort ; cependant faisons remarquer que M. Baume comprenait dans ce poids, celui de tous les bagages qui accompagnent les voyageurs (bagages à mains et enregistrés) et ceci suffit à mettre en accord les deux auteurs.

On calculera en même temps le poids des voyageurs, produit de leur nombre par 70 kilogrammes.

On relève dans les statistiques les poids en tonnes et le *tonnage kilométrique des Marchandises et Accessoires de Petite Vitesse*.

(1) Statistique des chemins de fer français au 31 décembre (annuel), France, Intérêt général, publiée par le Ministère des Travaux publics — et Compagnie des Chemins de fer de l'Est : Rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire des actionnaires (annuel).

Restent les *Accessoires de Grande Vitesse* : Les catégories principales en sont : les bagages, messageries, denrées, lait, qui figurent dans les statistiques par leurs poids ; les chiens, colis postaux, voitures, bestiaux qui y figurent par leurs nombres. On connaît les recettes produites par chaque catégorie, et les tarifs et frais de transports moyens de chacune d'elle, l'auteur à l'aide de ces données a pu calculer approximativement les quantités T et N correspondantes à chaque sorte d'Accessoires.

Nous ne nous étendrons pas sur ces calculs assez complexes, basés sur des valeurs moyennes des tarifs appliqués auxquels les auteurs ont été, à leur grand regret contraints, pour parer à l'absence de renseignements positifs. Nous croyons cependant qu'il eut été possible d'améliorer et de simplifier les méthodes de calcul employées, car les résultats à obtenir ne doivent être calculés qu'avec une précision compatible avec celle des données, mises en œuvre. Nous aurions encore quelques remarques à faire, au sujet du choix des données numériques tirées des statistiques qui sont à la base de ces calculs. Il est nécessaire croyons-nous, de préciser leur concordance; nous nous efforcerons de mettre au point tous ces détails dans notre travail.

Tonnage kilométrique provenant du poids mort.

La statistique publie les parcours annuels et les poids unitaires des diverses sortes de *véhicules* :

Voitures à voyageurs (de 1^{re}, 2^e, 3^e classes et mixtes) ;
Fourgons transportant les *Accessoires de Grande Vitesse* ;
Wagons transportant tout le trafic de *Petite Vitesse*.

Le tonnage kilométrique des véhicules d'un trafic, sera le produit du poids unitaire moyen de ces véhicules par leur parcours total.

La statistique publie le nombre des trains de *Grande Vitesse* et de *Petite Vitesse*, et leur parcours kilométrique total. Pour calculer le poids mort des véhicules d'un train de grande vitesse, par exemple, on divise le tonnage kilométrique des véhicules, par le parcours total des trains, on multiplie le poids mort moyen par train ainsi obtenu par le nombre des trains pour avoir leur poids total. On opérera de même pour la *Petite Vitesse*.

Il s'agit de répartir ensuite le poids mort des trains de *Grande Vitesse* entre les voyageurs et les accessoires, on le fera proportionnellement aux tonnages kilométriques respectifs des voitures et des fourgons.

Le tonnage kilométrique et le tonnage des wagons de *Petite Vitesse* seront répartis

entre les marchandises et les accessoires proportionnellement aux tonnages kilométriques nets de ces transports.

En ce qui concerne les machines, le poids unitaire admis est de 75 tonnes.

Leur tonnage kilométrique total sera le produit de leur parcours total par ce poids unitaire, il sera réparti entre la Grande et la Petite Vitesse proportionnellement aux parcours des trains des deux services ; et entre les deux trafics de chaque vitesse proportionnellement aux tonnages bruts, transports et véhicules réunis.

Le poids des machines, en les supposant en nombre égal à celui des trains, sera le produit de ce nombre par le poids unitaire admis de 75 tonnes, il sera réparti entre la grande vitesse et la petite vitesse suivant les nombres des trains de ces deux services, et entre les trafics de chaque service proportionnellement aux tonnages kilométriques bruts (transports et véhicules réunis) ⁽¹⁾.

Ainsi le tonnage kilométrique brut total se décomposera comme suit :

		Véhicules	Machines	Net utile	
Voyageurs	$T_1 =$	$T'_1 +$	$T''_1 +$	T'''_1	}
Accessoires G. V.	$T_2 =$	$T'_2 +$	$T''_2 +$	T'''_2	
Marchandises P. V.	$T_3 =$	$T'_3 +$	$T''_3 +$	T'''_3	
Accessoires P. V.	$T_4 =$	$T'_4 +$	$T''_4 +$	T'''_4	
Total	$\frac{T}{T} =$	$\frac{T'}{T'} +$	$\frac{T''}{T''} +$	$\frac{T'''}{T'''}$	

2° Calcul de N.

Le nombre de voyageurs kilométriques, celui des voyageurs, sont publiés dans les statistiques.

En ce qui concerne les Accessoires de Grande Vitesse, on a calculé en même temps que le tonnage kilométrique, les nombres d'expéditions et d'expéditions kilométriques.

On relève dans les statistiques, les nombres d'expéditions des marchandises et des accessoires de Petite Vitesse, et on calcule les nombres d'expéditions kilométriques correspondants en adoptant comme parcours moyen de l'expédition celui de la tonne-

3° Calcul de L.

Le parcours kilométrique total des trains L, et ceux des trains de Grande Vitesse et de Petite Vitesse sont publiés dans les statistiques, de même que les nombres des trains

(1) Remarquons que pour le service de la Petite Vitesse, il n'existe qu'une sorte de véhicules, tous les types étant confondus dans les statistiques, pour les transports des marchandises et accessoires ; tous les poids morts sont ainsi répartis proportionnellement aux tonnages kilométriques nets respectifs, et il en sera de même, en définitive, des nombres de trains et de leurs parcours.

correspondants. Il reste à répartir ces parcours et ces nombres entre les deux trafics de chaque vitesse.

M. Pereire a employé l'artifice de calcul suivant :

Soient : L_G le parcours des trains en Grande Vitesse.

L_P celui des trains en Petite Vitesse.

Le premier se rapporte aux deux tonnages kilométriques T_1 et T_2 , on aura pour

$$T_1 \text{ le parcours} \quad L_1 = \frac{L_G \times T_1}{T_1 + T_2} \quad (94)$$

$$\text{et pour } T_2 \text{ le parcours} \quad L_2 = \frac{L_G \times T_2}{T_1 + T_2} \quad (95)$$

Le parcours L_P se rapporte aux tonnages T_3 et T_4

On aura

$$L_3 = \frac{L_P \times T_3}{T_3 + T_4} \quad (96)$$

$$L_4 = \frac{L_P \times T_4}{T_3 + T_4} \quad (97)$$

Il n'a pas été fait de répartition des nombres de trains.

Et pour terminer, relevons la *Remarque générale* suivante : « La longueur des calculs précédents a pour cause l'insuffisance de nos renseignements. Mais ce travail pourra se simplifier si chaque train fournit un petit chapitre de la comptabilité générale, et délivre immédiatement à la gare de départ et à la gare d'arrivée, une feuille où s'inscriraient son tonnage réel et le nombre des expéditions ⁽¹⁾. L'ensemble des trains de l'année, par une simple addition des quantités qui figurent aux bulletins, déterminera les valeurs T et N. Nous décrirons plus tard un composteur que nous avons imaginé à l'effet d'imprimer ces bulletins avec vitesse et exactitude. »

(1) M. Pereire a su depuis l'impression de son ouvrage, que la plupart de ces renseignements concernant les tonnages, étaient entre les mains du service du matériel et traction de toute compagnie, et qu'ils servaient au calcul des primes d'économie de combustibles attribués aux mécaniciens, attribution faite à ce qu'il paraît à l'entière satisfaction des intéressés. Il existe ainsi là, une foule de renseignements précieux, fruits d'un long travail, qui ne sont pas mis en œuvre, et qui cependant pourraient devenir la base d'une comptabilité toute de statistique.

III. — CALCULS ET RÉSULTATS

Après avoir déterminé les valeurs des coefficients *a*, *b*, *c*, *d* de l'année 1900, qui ressortent à :

$$a = 0',005900$$

$$b = 0',007583$$

$$c = 0',255712$$

$$d = 0',000382$$

A l'aide des formules établies, M. Pereire calcule pour cette année 1900, les prix de revient suivants :

Train moyen de Grande Vitesse.

Train moyen de Petite Vitesse.

Voyageur kilométrique.

Tonne nette de voyageurs.

Expédition kilométrique d'Accessoires de Grande Vitesse.

Tonne kilométrique, poids net, d'Accessoires de Grande Vitesse.

Tonne kilométrique, poids brut, d'Accessoires de Grande Vitesse.

Expédition kilométrique de Marchandises de Petite Vitesse.

Tonne kilométrique, poids net, de Marchandises de Petite Vitesse.

Expédition kilométrique d'Accessoires de Petite Vitesse.

Tonne kilométrique, poids net, d'Accessoires de Petite Vitesse.

1° Prix de revient du train de Grande Vitesse.

Il est donné par la formule :

$$P_G = at_G + bn_G + cl_G + df_1 t_G \quad (98)$$

les quantités t_G , n_G , l_G s'obtiennent en divisant le tonnage kilométrique, le nombre d'expéditions kilométriques, le parcours des trains de Grande Vitesse, par le nombre des trains de ce service. Le quotient

$\frac{P_G}{t_G}$ sera le coût de la tonne kilométrique moyenne de poids brut en Grande Vitesse.

On part de ce prix de revient du train moyen de Grande Vitesse, pour calculer le prix de revient des autres unités de ce service. Il faut tout d'abord répartir entre les Voyageurs et les Accessoires les dépenses du train de grande vitesse. On posera

$$P_G = P_V + P_M \quad (99)$$

les quantités t et n sont tirées de la statistique ou calculées d'après elle, l_G est réparti entre les deux trafics proportionnellement aux deux facteurs de t_G , On aura :

I. Prix de revient de l'expédition kilométrique voyageur

$$p'_v = \frac{P_v}{n_v} = a \frac{t_v}{n_v} + b + c \frac{l_v}{n_v} + df_1 \frac{t_v}{n_v} \quad (100)$$

En 1900, on obtient la valeur $p'_v = 0^f,032894$.

II. Le poids admis du voyageur étant 70 kilogrammes, le prix de la tonne kilométrique nette sera :

$$p'_v \times \frac{1000}{70} = 0^f,4699$$

III. Prix de revient de l'expédition d'Accessoires de Grande Vitesse. Il est donné par la formule

$$p'_M = \frac{P_M}{n_M} = a \frac{t_M}{n_M} + b + c \frac{l_M}{n_M} + df_1 \frac{t_M}{n_M} \quad (101)$$

et avait en 1900 la valeur $0^f,012194$.

IV. Le prix de revient de la tonne kilométrique nette d'Accessoires s'obtient en multipliant p'_M par le nombre d'expéditions kilométriques par tonne kilométrique. Ce prix est en 1900 de $0^f,7781$.

V. Enfin le prix de revient de la tonne kilométrique de poids brut, sera le quotient du prix de la tonne de poids net par le nombre de tonnes kilométriques brutes correspondant à 1 tonne kilométrique de poids net; il ressort en 1900 à $2^e,88$.

2° Prix de revient du train de Petite Vitesse.

Il est donné par la formule

$$P_\pi = at_\pi + bn_\pi + cl_\pi + df_1 t_\pi \quad (102)$$

on calcule t_π , n_π , l_π , en divisant le tonnage kilométrique, le nombre d'expéditions kilométriques, le parcours des trains de la Petite Vitesse, par le nombre des trains de ce service.

La tonne kilométrique de poids brut coûtera en moyenne $\frac{P_\pi}{t_\pi}$. Puis on part de ce

prix de revient du train moyen, pour calculer les autres prix de revient unitaires, après avoir réparti entre les Marchandises et les Accessoires, les dépenses de ce train moyen.

On a ainsi
$$P_c = P_m + P_{m'} \quad (103)$$

I. Le prix de revient de l'expédition kilométrique de Marchandises sera

$$p_m' = \frac{P_m}{n_m} = a \frac{t_m}{n_m} + b + c \frac{l_m}{n_m} + df_1' \frac{t_m}{n_m} \quad (104)$$

il ressort en 1900 à 0^f, 102438.

II. Le prix de revient de la tonne kilométrique de Marchandises (poids net) sera le produit de p_m' par le nombre d'expéditions kilométriques par tonne kilométrique. Sa valeur en 1900 était de 0^f, 03379.

III. L'expédition kilométrique d'Accessoires de Petite Vitesse coûtera :

$$p_{m'}' = \frac{P_{m'}}{n_{m'}} = a \frac{t_{m'}}{n_{m'}} + b + c \frac{l_{m'}}{n_{m'}} + df_1' \frac{t_{m'}}{n_{m'}} \quad (105)$$

soit en 1900 = 0^f, 013119.

IV. La tonne kilométrique d'accessoires coûtera $p_{m'}'$ multiplié par le nombre d'expéditions kilométriques par tonne kilométrique ; soit en 1900 = 0^f, 075394.

3^o Remarques sur les calculs précédents.

Les calculs des prix de revient des diverses unités des trafics, ont été faits tous, en partant du prix de revient du train moyen de chaque vitesse, c'est là une méthode assez détournée; il eût été préférable, à notre sens de procéder tout autrement pour déterminer ces prix de revient unitaires ; on eut simplifié les calculs, tout en les rendant plus précis.

S'il est indispensable de présenter le type de la formule donnant le moyen de calculer le prix de revient d'un train, pour pouvoir l'appliquer, le cas échéant, à un train donné, et en déduire le prix de revient des unités contenues spécialement dans ce train ; il est inutile de passer par le prix de revient du train moyen pour déterminer le prix de revient moyen des diverses unités de trafic. D'autant plus, que le train moyen est une quantité absolument fictive, puisqu'il n'existe même pas deux trains identiques, nous l'avons vu plus haut (p. 43).

Voici comment il serait préférable, et plus exact, de procéder : Dans la répartition des dépenses, nous avons déterminé la part de chaque catégorie de dépenses, correspon-

nant à chaque service ; et la dépense totale de chacun. On calculera service par service, simplement comme suit, les prix de revient moyens unitaires :

Voyageurs. — Les dépenses totales sont :

$$D_1 = \frac{D_I T_1}{T} + \frac{D_E N_1}{N} + \frac{D_L L_1}{L} + \frac{D_T T_1 f_1}{Tf} \quad (90)$$

$$\text{ou} \quad D_1 = a T_1 + b N_1 + c L_1 + d T_1 f_1 \quad (89)$$

Le voyageur kilométrique moyen coûtera :

$$\frac{D_1}{N_1} = \frac{D_I T_1}{T N_1} + \frac{D_E}{N} + \frac{D_L L_1}{L N_1} + \frac{D_T T_1 f_1}{T f N_1} \quad (106)$$

$$\text{ou} \quad \frac{D_1}{N_1} = a \frac{T_1}{N_1} + b + c \frac{L_1}{N_1} + d \frac{T_1 f_1}{N_1} \quad (107)$$

Le prix de la tonne brute de voyageurs sera de même :

$$\frac{D_1}{T_1} = \frac{D_I}{T} + \frac{D_E N_1}{N T_1} + \frac{D_L L}{L T_1} + \frac{D_T f_1}{T f} \quad (108)$$

$$\text{ou} \quad \frac{D_1}{T_1} = a + b \frac{N_1}{T_1} + c \frac{L_1}{T_1} + d f_1 \quad (109)$$

Le prix de la tonne nette de voyageurs sera le quotient de D_1 par le poids total des voyageurs en tonnes, décomposable également en quatre termes correspondant aux quatre catégories de dépenses.

Accessoires de Grande Vitesse. — Les dépenses totales de ce service sont :

$$D_2 = a T_2 + b N_2 + c L_2 + d T_2 f_1 \quad (89)$$

$$\text{ou} \quad D_2 = \frac{D_I T_2}{T} + \frac{D_E N_2}{N} + \frac{D_L L_2}{L} + \frac{D_T T_2 f_1}{Tf} \quad (90)$$

L'expédition kilométrique d'accessoires coûtera

$$\frac{D_2}{N_2} = a \frac{T_2}{N_2} + b + c \frac{L_2}{N_2} + d \frac{T_2 f_1}{N_2} \quad (110)$$

$$\text{ou} \quad \frac{D_2}{N_2} = \frac{D_I T_2}{T N_2} + \frac{D_E}{N} + \frac{D_L L_2}{L N_2} + \frac{D_T T_2 f_1}{T f N_2} \quad (111)$$

Le prix de revient de la tonne kilométrique nette coûtera : D_2 divisé par le tonnage kilométrique net des Accessoires. Celui de la tonne kilométrique de poids brut sera $\frac{D_2}{T_2}$ ou en décomposant en quatre termes si besoin est.

Marchandises de Petite Vitesse. — Les dépenses totales sont données par la formule

$$D_3 = aT_3 + bN_3 + cL_3 + dT_3f_1' \quad (89)$$

$$\text{ou} \quad D_3 = \frac{D_1 T_3}{T} + \frac{D_E N_3}{N} + \frac{D_L L_3}{L} + \frac{D_T T_3 f_1'}{Tf} \quad (90)$$

La tonne kilométrique de poids brut coûtera: $\frac{D_3}{T_3}$

L'expédition kilométrique: $\frac{D_3}{N_3}$

La tonne kilométrique nette: D_3 divisé par le tonnage net.

Chacun de ces prix pouvant, comme nous l'avons fait dans les autres trafics, être décomposé en quatre termes correspondant à ceux de la dépense totale.

Accessoires de Petite Vitesse. — Les dépenses totales sont :

$$D_4 = aT_4 + bN_4 + cL_4 + dT_4f_1' \quad (89)$$

$$\text{ou} \quad D_4 = \frac{D_1 T_4}{T} + \frac{D_E N_4}{N} + \frac{D_L L_4}{L} + \frac{D_T T_4 f_1'}{Tf} \quad (90)$$

et on aura :

Prix de revient de l'expédition kilométrique $\frac{D_4}{N_4}$

Prix de la tonne kilométrique brute $\frac{D_4}{T_4}$

Prix de la tonne kilométrique nette: D_4 divisé par le tonnage kilométrique net du trafic des accessoires.

De même que précédemment, on pourra encore décomposer en quatre termes ces prix de revient.

Ainsi on peut calculer par une simple division les prix de revient de chaque unité moyenne de trafic, une fois faite la répartition des dépenses entre les différents trafics. Chaque prix de revient unitaire pourra être décomposé aussi par simple division des montants respectifs des quatre catégories de dépenses, que comprend la dépense totale d'un trafic, en quatre termes leur correspondant.

Si on voulait encore connaître les prix de revient de la tonne kilométrique brute de Grande Vitesse et de Petite Vitesse, on aurait respectivement à appliquer les formules

$$\frac{D_1 + D_2}{T_1 + T_2} \quad (112) \quad \text{et} \quad \frac{D_3 + D_4}{T_3 + T_4} \quad (113)$$

Les prix de revient des trains moyens des deux vitesses seraient simplement en appelant n le nombre des trains de Grande Vitesse et n' celui des trains de Petite Vitesse

$$\frac{D_1 + D_2}{n} \quad (114) \quad \text{et} \quad \frac{D_3 + D_4}{n'} \quad (115)$$

On pourrait aussi subdiviser ces prix de revient en quatre termes correspondant aux quatre catégories de dépenses.

4° Discussion des résultats des formules.

M. Pereire fait remarquer que le transport des voyageurs et des marchandises nécessite celui d'un poids mort considérable, comprenant le poids des wagons et celui des machines. Et ce poids mort est inévitablement croissant par suite des exigences du public en matière de commodités, donnant lieu à une mauvaise utilisation des véhicules.

L'auteur calcule alors les coefficients d'utilisation des diverses sortes de véhicules. Il définit ainsi le rapport des places occupées aux places offertes ou des chargements aux capacités offertes par les véhicules.

Voyageurs. — Le coefficient d'utilisation K des voitures à voyageurs est d'après l'auteur le rapport % du nombre moyen de voyageurs par train au nombre de places offertes, il est trouvé égal à 28,067 %.

Ce raisonnement nous paraît incomplet; le plus souvent, un voyageur ne reste pas dans un train pendant tout le parcours effectué par ce train; il faut donc tenir compte du parcours des voyageurs dans le calcul du coefficient d'utilisation, et cela de la manière suivante, comme d'ailleurs l'avait fait M. Baume.

Connaissant, pour chaque type de voitures à voyageurs, le nombre de places moyen par voiture et le parcours kilométrique total effectué par les voitures du même type, on calculera le produit de ces deux facteurs ou nombre de places kilométriques offertes, et :

Le coefficient d'utilisation réel des voitures à voyageurs sera le rapport % du nombre des voyageurs kilométriques total au nombre total des places kilométriques offertes (somme des places kilométriques offertes par les diverses sortes de voitures).

Ce coefficient ressort à 18 % environ au lieu de 28 %, valeur calculée plus haut.

Accessoires de Grande Vitesse. — Le coefficient d'utilisation sera le rapport % du tonnage kilométrique net des Accessoires au tonnage kilométrique offert par les

fourgons. Ce dernier est le produit de la capacité moyenne d'un fourgon par le parcours total des fourgons.

Le coefficient d'utilisation des véhicules de ce trafic a une valeur très faible, seulement 9 % environ en 1900.

Marchandises de Petite Vitesse, et Accessoires. — Le coefficient d'utilisation des wagons transportant les Marchandises de Petite Vitesse, rapport % du tonnage kilométrique net total des marchandises à la capacité kilométrique totale offerte par les wagons (capacité moyenne en tonnes d'un wagon multiplié par le parcours total des wagons), s'élevait en 1900 à 39,25 %. La valeur calculée est la même pour le service des Accessoires, les répartitions des poids morts ayant été faites entre les deux services de la Petite Vitesse, proportionnellement aux tonnages kilométriques nets des Marchandises et des Accessoires. Cette égalité des deux coefficients d'utilisation n'est certainement pas conforme à la réalité, mais dans les statistiques actuelles, les parcours des wagons ayant transporté les Marchandises et les Accessoires ne sont pas publiés séparément.

En résumé : En ce qui concerne les Accessoires de Grande Vitesse, en particulier, l'utilisation est médiocre, le poids mort est de ce fait considérable. L'intérêt des calculs effectués, consiste surtout à montrer les avantages qui devraient résulter d'une meilleure utilisation du matériel.

5° Avantages d'une bonne utilisation.

Voyageurs. — Le prix de revient du voyageur kilométrique correspondant aux diverses valeurs possibles du coefficient d'utilisation se calcule en remplaçant dans la formule donnant ce prix de revient

$$p_v = \frac{P}{n_v} = a \frac{t_v}{n_v} + b + \frac{cl_v}{n_v} + df_1 \frac{t_v}{n_v} \quad (100)$$

le terme $\frac{t_v}{n_v}$ par la valeur qui correspond à chaque valeur du coefficient d'utilisation.

Résumons comme suit la méthode employée pour le calcul des valeurs du terme $\frac{t_v}{n_v}$ correspondant aux valeurs du coefficient K : 10, 20, 40, 50, 60 et même 100.

Soit B le poids brut par voyageur et par kilomètre correspondant au coefficient d'utilisation K effectivement réalisé une certaine année.

Le poids mort par voyageur est $B - 0^t,07$, il deviendra pour un coefficient quelconque K'

$$B_{K'} = \frac{(B - 0^t,07) \times K}{K'} \quad (116)$$

et la valeur de $\frac{t_v}{n_v}$ correspondante sera

$$\left(\frac{t^p}{n_v}\right) K' = \frac{(B - 0^t,07) \times K}{K'} + 0^t,07 \quad (117)$$

Nous ne nous arrêterons pas aux valeurs des prix de revient calculées, elles sont fausses *a priori* puisque nous avons vu ci-dessus, que le coefficient d'utilisation effectivement réalisé en 1900 était de 18 % au lieu de 28 %.

De plus, nous avons vu qu'il était impossible de calculer des réductions sur les dépenses de la catégorie D_1 , représentées dans la formule du prix de revient du voyageur

par le terme $a \frac{t_v}{n_v}$

Le prix de revient du voyageur en 1900 se décomposait comme suit :

$$\begin{aligned} a \frac{t_v}{n_v} &= 0^t,005900 \times 2,367 = 0^t,013965 \\ b &= 0^t,007683 \\ c \frac{t_v}{n_v} &= \frac{8^t,3025}{2671,507} = 0^t,003108 \\ df_1 \frac{t_v}{n_v} &= 0^t,000382 \times 9 \times 2,367 = 0^t,008138 \\ \hline p'_0 &= 0^t,032894 \end{aligned}$$

En admettant que le coefficient d'utilisation correspondant était 28,067 %; pour une utilisation complète à 100 %, le poids brut serait devenu

$$\frac{(2^t,367 - 0,07) \times 28,067}{100} + 0,07 = 0^t,715$$

d'où une réduction des termes qui en dépendent à

$$a \frac{t_v}{n_v} = 0^t,005900 \times 0,715 = 0^t,004218$$

et $df_1 \frac{t_v}{n_v} = 0,000382 \times 0,715 \times 9 = 0^t,002458$

et du prix de revient total à 0^t,017467.

Ceci représentait par rapport au prix effectif de 0^t,032894 une réduction à 53 % de sa valeur.

Cette réduction est exagérée, tout d'abord on ne doit envisager aucune économie sur le terme $a \frac{t_v}{n_v}$; ensuite, le coefficient K étant 17,985 % au lieu de 28,067 % le poids

brut $\frac{t_v}{n_v}$ sera

$$\frac{(2^t,367 - 0,07) + 17,985}{100} + 0,07 = 0^t,483 \text{ au lieu de } 0^t,715$$

et le terme $df_1 \frac{t_v}{n_v}$ sera réduit à

$$0^t,000382 \times 9 \times 0,483 = 0^t,001661$$

Le véritable prix de revient serait alors 0^t,026417, il ne serait réduit qu'à 80,3 % de la valeur effective en 1900. Cette valeur ne prétend qu'à montrer que les économies d'utilisation doivent être en réalité bien moindres que celles prévues. Le calcul corrigé ci-dessus ne pouvant être qu'une indication grossièrement approchée, étant données les corrections que nécessiteraient encore les autres observations que nous avons été conduits à faire à la formule, notamment au sujet des facteurs f représentant l'effort de traction.

M. Baume avait jadis calculé une réduction de la dépense aux 3/5 de sa valeur

ou à 60 % ; nous avons vu qu'elle était aussi trop élevée, puisqu'elle atteignait aussi des dépenses d'intérêts et d'amortissement irréductibles par nature.

Enfin nous croyons qu'il est nécessaire d'ajouter que les réductions des dépenses du service des voyageurs par augmentation de l'utilisation des voitures, est des plus difficiles à réaliser, en temps normal cela va sans dire, le voyageur est exigeant sous le rapport du confort et de la commodité, il désire des trains multipliés.

L'utilisation maximum se réalise dans les trains de banlieue, de plaisir, etc. ; pendant la guerre actuelle, la réduction du nombre des trains mis à la disposition des voyageurs civils, entraîne une bonne utilisation des voitures, mais une telle expérience ne peut servir de base pour une évaluation du trafic normal.

Les voitures de première et de deuxième classes sont particulièrement mal utilisées en temps normal, les wagons mixtes le sont mieux, il y aurait peut-être lieu de s'inspirer de cette constatation.

Accessoires de Grande Vitesse. — Ces transports sont effectués dans des fourgons très mal utilisés, le coefficient K n'atteignant ici que la valeur 9,045 %, à peine un dixième. M. Pereire calcule que pour des valeurs de ce coefficient, 2, 3... 10 fois plus grandes

18,09 27,14 36,18 45,23 54,27 63,32 72,36 81,41 90,45

Le prix de revient de la tonne kilométrique nette, de 77°,81 passerait à

65°,67 61°,62 59°,59 58°,38 57°,56 56°,99 56°,55 56°,21 55°,94

ce sont des réductions de prix de

12°,14 16°,19 18°,22 19°,43 20°,25 20°,82 21°,26 21°,60 21°,87

qui sont encore, bien que peu importantes, plus élevées que les réductions réelles à envisager, car elles comprennent des dépenses D_1 .

Le coefficient a valant 0',005900

Le produit df_1 » 0',003438

nous pouvons préciser qu'il ne peut subsister des économies prévues que la fraction

$$\frac{df_1}{a + df_1} = \frac{3438}{9338} \quad \text{ou} \quad 36,8 \%$$

Si le coefficient d'utilisation atteint la valeur 81,4 admise par l'auteur comme limite maximum pratique, l'économie réalisable par tonne kilométrique

sera
$$\frac{21°,60 \times 3438}{9338} = 7°,95 \quad \text{au lieu de } 21°,60$$

soit 10,2 % seulement du prix de revient effectif en 1900.

Marchandises de Petite Vitesse. — Nous avons vu que le prix de revient de la tonne kilométrique nette était en 1900 de 3^o,379 correspondant à un coefficient d'utilisation des wagons de 39,25 %.

Pour des coefficients de	50	70 et même	100 %
ce prix s'abaisserait à	2 ^o ,945	2 ^o ,491	2 ^o ,151
et serait par conséquent réduit de	0 ^o ,434	0 ^o ,888	1 ^o ,228

En supprimant la part des dépenses D_1			
ces réductions sont seulement de	0 ^o ,160	0 ^o ,326	0 ^o ,452
et par conséquent	4,7	9,8	et 13,8 %

du prix de revient réel.

Ces résultats étant toujours donnés sous les mêmes réserves, d'autres modifications à faire après vérification des valeurs de f .

IV. — APPLICATION DES FORMULES AU GROUPAGE

On a vu que la tonne kilométrique de poids net d'Accessoires de Grande Vitesse revenait à un prix particulièrement onéreux : 77^o,81 ; prix beaucoup plus élevé que celui de tout autre unité de trafic. Nous avons vu ensuite qu'une meilleure utilisation des véhicules les transportant, pouvait permettre de réduire ce prix jusqu'à la valeur minimum de 69^o,86, qui est encore relativement élevée.

Il y a donc un facteur spécial qui entraîne à ce prix élevé, ce facteur c'est le grand nombre des expéditions. Aucun auteur n'avait jamais calculé, distinctement, le prix de revient de la tonne kilométrique d'Accessoires de Grande Vitesse et celui des voyageurs, on croyait à une égalité sensible des frais.

La recette moyenne par tonne kilométrique d'Accessoires de Grande Vitesse étant de 29^o,27, le déficit de ce transport reste très important même quand on pousse l'utilisation à son maximum.

« Il ne suffit donc 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 accroît, en multipliant les expéditions, et les chances de pertes et le
 « travail intérieur des gares. »

La tonne nette kilométrique d'Accessoires contient 63,812 expéditions kilométriques, la dépense b' figure donc dans le prix de revient avec le coefficient 63,812. Moins

la tonne kilométrique nette contiendra d'expéditions, plus de fois la dépense b , qui est de $0^{\circ},7683$, devra être retranchée de son prix de revient.

Si on adopte la valeur de ce prix correspondante à l'utilisation de $81,4\%$ soit $69^{\circ},86$.

Ce prix tomberait à

$69^{\circ},86 - 0^{\circ},7683 = 69^{\circ},0917$ pour une expédition en moins

$69^{\circ},86 - (0^{\circ},7683 \times 2) = 68^{\circ},3234$ pour deux expéditions en moins, et à

$69^{\circ},86 - (0^{\circ},7683 \times 62,812) = 21^{\circ},6016$ pour $62,812$ expéditions en moins, en un mot quand la tonne kilométrique ne formerait qu'une seule expédition kilométrique.

« Le *groupage* est précisément cette opération commerciale qui a pour but de « présenter en une seule expédition un *chargement important*. Aux regards de la Compagnie « il doit assurer des expéditions puissantes, régulariser le transport, réduire les frais de « manutention, chargement, déchargement, délivrance des bulletins, etc. Au regard de « l'expéditeur, il doit correspondre à un avantage économique sensible, à un abaisse- « ment des tarifs pour les expéditions de fortes masses et n'exigeant qu'une manutention « des plus faciles. »

« Le *groupage* est indépendant de la *quantité* du chargement. Un wagon bien « utilisé, c'est une diminution de poids mort. Un *groupage* bien fait, c'est une réduction « du nombre des expéditions, la masse totale restant la même. Ce sont là deux notions « parfaitement distinctes. »

Au sujet des économies de *groupage* nous croyons devoir faire certaines réserves : ces économies n'auront l'importance qui vient de leur être attribuée que si les dépenses de la catégorie D_E sur lesquelles elles sont calculées, sont réellement proportionnelles au nombre des expéditions kilométriques totales. Or, il n'en est pas ainsi : les dépenses D_E comprennent toute une série de frais d'administration générale, qui ne varient pas, ou très peu avec le trafic, et sur lesquelles par conséquent aucune réduction ne peut être envisagée. Nous préciserons dans la nouvelle classification des dépenses que nous allons présenter plus loin, quelles sont celles qui sont proportionnelles au nombre des expéditions et sur lesquelles une économie de *groupage* peut être escomptée avec certitude.

L'auteur essaie de préciser mieux l'utilité du *groupage*, par une transformation de la formule donnant le prix de revient du train d'Accessoires de Grande Vitesse

$$P_M = at_M + bn_M + cl_M + dt_M f_1 \quad (118)$$

elle peut s'écrire en supprimant provisoirement les indices M

$$P = bn + cl + (a + df_1) t \quad (119)$$

Il va chercher quelles sont les valeurs que doivent avoir t et n pour qu'un train soit *rémunérateur*, c'est à dire que la recette couvre exactement la dépense.

C'est là, en effet, une étude très intéressante à faire, mais les conclusions qui en ont été déduites ne sont pas toutes exactes. Nous ne les reproduirons pas ici. Qu'il nous suffise de faire remarquer que la formule telle qu'elle est ne peut permettre l'étude précise de la question, nous la tenterons à l'aide de notre nouvelle formule.

Et M. Gustave Pereire est conduit par ses études du groupage et de l'utilisation, à envisager la nécessité, ou en tous cas l'utilité de créer de vastes entrepôts qui concentreront les marchandises et joueront le rôle de *régulateurs* de trafic. Les marchandises s'y accumuleront permettant de grouper les expéditions, de mieux utiliser les véhicules. Le cadre réduit de cette étude empêche de donner sur ce sujet si complexe autre chose que ces seules indications, mais c'est là une conception économique d'un immense intérêt, bien qu'il ressorte de l'étude détaillée faite plus haut, que l'importance des économies à attendre de la réalisation du groupage et de l'amélioration de l'utilisation, est moindre que l'avaient envisagé MM. Pereire et Amar.

V. — DE LA DÉPENSE COMPARÉE A LA RECETTE

M. Pereire cherche les bases d'une tarification conforme aux données statistiques et en harmonie avec ses formules, il imagine qu'une compagnie pourrait établir deux systèmes de tarifs, les uns pour les petites expéditions et la mauvaise utilisation, les autres plus avantageux, pour les fortes expéditions par lesquelles on peut réaliser des chargements complets, dits *tarifs de magasin*.

Ainsi, la valeur du tarif r étant donnée, il existe : un tonnage rémunérateur, un groupage rémunérateur, un parcours rémunérateur du train.

« La réduction des tarifs est une opération qui doit se défendre par ses conséquences, or toutes les compagnies savent combien ces conséquences peuvent être favorables à leurs intérêts et aux intérêts généraux du commerce français, à la condition d'approprier le tarif à un but bien déterminé. Comme le signalait Charles Baume avec une louable insistance, comme nous venons de l'établir nous-mêmes, la raison d'un abaissement des tarifs doit toujours être demandée à la dépense, au prix de revient du transport en chemins de fer. La direction de l'exploitation, guidée par la valeur de ce

« prix de revient, saura en toutes circonstances, dans les diverses modalités régionales, « saisonnières du trafic, quelle base de recette il faudra se donner. »

« En soi, la comparaison de la dépense générale à la recette totale, pour un « exercice annuel, ne se justifie, ne devient utile que si tous les frais de l'exploitation, y « compris l'intérêt du capital, forment un groupe unique, indivisible. Ce n'est pas en « réalité l'usage en faveur. La comptabilité met, jusqu'ici, en regard de la recette, la « dépense d'*exploitation proprement dite* : D_p , sans y ajouter l'intérêt des capitaux engagés. « La comparaison devient alors une simple différence entre la recette et les frais directs, « propres, de l'exploitation. A cette différence $R - D_p$ on réserve le nom de *produit* « *net*. Mais on donne également ce nom de *produit net* à la somme qui reste quand on a « déduit de la recette toutes les dépenses de l'exploitation et les intérêts et amortissements. « A la vérité le produit net est un élément de la comptabilité dépourvu de précision et « presque inutile. Il semble plus logique de considérer les charges d'*ensemble* d'une compagnie, « celles qui demeurent fixes et celles qui varient, pour les opposer à la recette. On aurait « ainsi d'une part, le véritable *excédent*, ou à son défaut, l'exacte mesure de l'intervention « de la garantie d'intérêt, et, d'autre part on calculerait rigoureusement le prix de revient « du voyageur, celui de la tonne kilométrique, afin de régler convenablement le jeu « des tarifs. »

L'auteur avait donc pressenti dans ces lignes l'invariabilité essentielle de certaines dépenses ; or, parmi elles nous l'avons vu, figurent les dépenses d'intérêts et d'amortissement ; si elles doivent bien entrer en ligne de compte dans les calculs de prix de revient, il est essentiel d'en faire une classe bien spéciale pour éviter toute erreur d'interprétation.

Le *coefficient d'exploitation*, dans cet ordre d'idée, sera le rapport de la dépense totale de D (intérêts et amortissement du capital y compris), à la recette totale R . Il y aura excédent si $\frac{D}{R}$ est inférieur à 1, déficit dans le cas contraire. M. Pereire joint un tableau donnant la comparaison de ces coefficients pendant la période 1884 à 1907.

M. Pereire ajoute : « Les groupes de frais ne sont d'ailleurs pas proportionnels aux « quantités T, N, L, T_f définies plus haut. Ils ne peuvent pas l'être, à raison de leurs « variations accidentelles, déterminées autant par des motifs d'ordre technique (grosses « réparations des voies par exemple) que par des causes sociales (augmentation des salaires, « des allocations aux caisses de retraites, repos hebdomadaire, etc.). »

Et c'est en effet, le point qui a fait l'objet de nos observations relatives à la répartition des dépenses. Nous avons reconnu que les proportionnalités attribuées aux dépenses n'étaient pas toutes légitimes ; nous trouvons dans cette phrase qui vient d'être citée, et

qui termine l'important ouvrage de M. Pereire un précieux appui aux remarques que nous avons cru devoir y faire et dont l'auteur à la fin de son étude avait eu en quelque sorte le pressentiment.

L'étude des huit exercices 1900 à 1907 de l'exploitation du Réseau de l'Est qui termine l'ouvrage de M. Pereire témoigne que l'accroissement du tonnage annuel a une allure plus rapide que la dépense correspondante, d'où une petite réduction du prix de revient. C'est encore une preuve que les dépenses ne sont pas rigoureusement proportionnelles au trafic.

Le coefficient d'utilisation est resté sensiblement stationnaire ou en diminution, par contre le poids moyen des expéditions paraît en augmentation.

Le chapitre *De la dépense comparée à la recette*, se termine par un exposé de l'organisation du groupage, organisation qui consacre une part importante des bénéfices réalisés à primer le bon travail du personnel, par la création d'une sorte de guelte (comme cela fonctionne maintenant dans les grands magasins, avec succès), et à stimuler le zèle des groupeurs.

VI. — CONCLUSIONS

M. Gustave Pereire reprend l'exposé des résultats que nous avons reproduits au fur et à mesure de l'examen de son travail, en un chapitre exempt de tout développement mathématique. Il énonce, en particulier, les conclusions suivantes : la recette se forme par l'application des tarifs ; elle en est la résultante, ou comme on dit aussi le rendement. Par suite, on accroît le rendement en modifiant les tarifs, tellement que l'ensemble du trafic gagne en intensité et assure une élévation de la recette. La *connaissance* du prix de revient des transports est donc la base fondamentale de l'exploitation commerciale des chemins de fer.

Après avoir fait remarquer la simplicité de sa formule à quatre termes, faisant la part des divers éléments pouvant modifier la dépense l'auteur ajoute : « Ce n'est pas à dire
« que notre formule fondamentale défie la critique, nous savons fort bien ce que le pro-
« blème de répartition des dépenses comporte d'indétermination. Combien de modalités
« dans cette répartition, suivant le point de vue auquel on se place !... De toutes façons,
« quelques rectifications qu'il convienne d'apporter aux chiffres, leur valeur relative,
« laissera subsister cet enseignement que nous avons voulu dégager : qu'il existe dans
« l'organisation même du trafic par le système du *groupage*, une ressource infiniment
« précieuse pour stimuler le zèle du personnel, en lui payant une *guelte* proportionnelle à la
« réduction des dépenses. C'est au progrès et à la stabilité de nos grands réseaux que
« nous avons songé en poursuivant cette étude qui a toutes nos préférences. On voudra
« bien lui réserver quelque indulgence. » »

DEUXIÈME PARTIE

NOUVELLE FORMULE DE CALCUL DES PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER

CHAPITRE PREMIER

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'ÉTABLISSEMENT D'UNE FORMULE RATIONNELLE ET DÉTAILLÉE DE CALCUL DES PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER

Les dépenses d'une exploitation de chemins de fer sont d'une très grande variété. En général les compagnies exploitantes publient les chiffres de ces dépenses classées par nature de service. Cependant elles sont faites pour effectuer des transports de diverses sortes, et la comptabilité ne fait pas directement connaître la part des dépenses attribuables à chaque catégorie de transports, autrement dit, elle ne permet pas de se rendre compte directement du prix de revient de tel ou tel transport. C'est cette confusion qui a rendu nécessaire la recherche d'une formule mathématique permettant de répartir les dépenses entre les diverses sortes de transports, autrement dit la recherche d'une formule de calcul des prix de revient des transports par chemins de fer.

Nous avons étudié dans la première partie de ce travail les tentatives déjà faites dans ce sens, depuis 45 ans, nous allons essayer une mise au point de la

question, en nous aidant de l'expérience acquise par ceux qui ont ouvert la route à ces recherches.

Nous avons déjà montré la multiplicité des facteurs susceptibles de faire varier les prix de revient des transports par chemins de fer, cette multiplicité est à l'origine de toutes les difficultés que l'on rencontre dans l'établissement d'une formule rationnelle et détaillée de calcul des prix de revient. La première opération essentielle à entreprendre sera la classification méthodique de ces facteurs.

Nous les distinguerons comme suit :

I. Facteurs qui caractérisent les transports eux-mêmes .

Poids.

Volume, encombrement.

Nombre d'expéditions.

Type de véhicules : wagons, fourgons ou voitures, exigé pour les effectuer.

Vitesse, grande ou petite, avec laquelle ils doivent être menés à destination.

Points de départ et de destination, d'où distance à parcourir.

Ces facteurs sont pour la plupart, en quelque sorte imposés par le client à l'exploitant, en échange du prix qu'il lui paye pour effectuer le transport.

II. Facteurs extérieurs aux transports.

1° Conditions de tracé des lignes parcourues

Déclivités des rampes et des pentes.

Courbes.

Elles imposeront aux trains certaines limites de vitesse. Elles exercent sur les dépenses de transport des influences variant justement avec la vitesse des trains. Comme les transports ne sont pas effectués tous à la même vitesse, ces conditions de tracé devront intervenir dans l'établissement d'une formule de répartition des dépenses entre les diverses sortes de transports, au même titre que les facteurs caractérisant les transports eux-mêmes ⁽¹⁾.

Par ailleurs ces conditions de tracé se rapprochent des facteurs propres aux transports en ce qu'elles sont aussi pour une part, imposées par le client qui fixe les extrémités de l'itinéraire et par suite sollicite celui-ci.

(1) Si tous les transports étaient effectués à la même vitesse on pourrait, et dans ce cas seulement, négliger les conditions de tracé d'une ligne déterminée parcourue dans un même sens et dans toute sa longueur par les transports dont on voudrait calculer les prix de revient ; mais il en est tout différemment dans la pratique.

Mais il y a d'autres conditions de tracé :

La qualité du terrain d'établissement, qui peut modifier les conditions d'entretien.

La présence d'ouvrages d'arts, ponts, tunnels, etc en un mot, toutes conditions d'établissement qui rendront les lignes plus ou moins dispendieuses à entretenir, elles se rapprochent par leur nature des conditions d'exploitation que nous examinons ci-dessous.

2° Conditions d'exploitation.

Vitesse habituellement adoptée pour les trains effectuant les divers transports.

Nature du matériel roulant : véhicules et locomotives plus ou moins bien construits, entretenus, utilisables ou puissants.

Puissance de l'outillage.

Commodité du matériel fixe.

Etat d'entretien des voies.

Organisation administrative des services.

3° Conditions économiques et sociales

Sens du trafic.

Fréquentation des lignes.

Sont particulièrement influencées par les phénomènes économiques, abondance variable des récoltes et des productions locales, régionales et saisonnières.

Prix et conditions d'achat et de transport des matières employées (combustibles, etc.)

Prix de la main-d'œuvre (variations du taux des salaires, etc.)

Tous ces facteurs sont indépendants des transports et des clients qui les font effectuer. Ils ne regardent que l'Administration exploitante, dépendent de son organisation propre ou lui sont imposés par les circonstances de lieu ou d'époque dans lesquelles elle exerce son exploitation.

Ce sont les variations de tous ces facteurs extérieurs aux transports qui viennent compliquer le problème de la recherche, puis la comparaison des prix de revient des transports.

PROBLÈME GÉNÉRAL A RÉSOUDRE

Le problème général serait d'établir une formule permettant de calculer et de comparer les prix de revient de transports divers sur des lignes de conditions de tracé et d'exploitation différentes, en des conditions économiques variées.

Or il est pratiquement impossible de créer une formule qui tienne compte de tous les facteurs que nous avons envisagés ci-dessus avec leurs valeurs absolues, il faut simplifier la question pour pouvoir la résoudre.

Examinons les différents cas qui peuvent se présenter, les différents buts auxquels on peut vouloir atteindre quand on calcule le prix de revient des transports par chemins de fer, et quelles sont les catégories de facteurs qui varient dans ces divers cas. Certaines catégories de facteurs peuvent, en effet être négligées par le fait même de l'invariabilité ou de la faiblesse relative de leur influence sur les prix de revient étudiés. Nous pourrions ainsi résoudre les cas les plus simples qui se présenteront et déterminer l'influence propre à chacune des catégories de facteurs considérés sinon à chacun d'entre eux.

On peut vouloir étudier et comparer les prix de revient des transports effectués sur une ligne bien déterminée ou sur des lignes différentes appartenant ou non à un même réseau. On peut considérer ces prix de revient à une époque bien déterminée ou à des époques différentes.

I. Prix de revient des transports effectués sur une ligne déterminée.

Les conditions de tracé sont les mêmes pour les transports effectués dans un même sens sur toute la longueur de la ligne.

1° à une époque déterminée.

Les prix de revient des divers transports effectués à une même époque seront soumis à des conditions d'exploitation et économiques identiques. Les différences entre ces prix de revient ne pourront donc provenir que des valeurs différentes des facteurs caractérisant ces transports eux-mêmes.

Les facteurs économiques n'ont pas besoin de figurer ici dans une formule de répartition des dépenses, ils sont des constantes qui seront confondues dans les unités de dépenses.

Pour répartir les dépenses entre les différents transports effectués, il suffira d'employer une formule classant les dépenses suivant leurs proportionnalités aux facteurs caractérisant les transports eux-mêmes, en tenant compte de l'influence particulière des conditions de tracé sur le facteur vitesse. On devra considérer les éléments suivants :

Poids net.

Nombre d'expéditions.

Poids brut : suivant le volume et l'encombrement du poids net, il est nécessaire

de transporter un poids mort variable d'où résulte une variation correspondante du poids brut, somme du poids net et du poids mort. Il serait nécessaire d'introduire ici un autre facteur représentant directement l'encombrement de la marchandise, comme on le considère en matière de transports maritimes, pour pouvoir traiter la question de l'utilisation de la capacité volumétrique des véhicules. On étudie seulement actuellement l'utilisation de la capacité de charge, et du fait de la négligence de la première question, cette dernière est étudiée assez incomplètement.

Les types des véhicules de transports interviennent par leur poids propre variable, ou poids mort grevant plus ou moins le poids net suivant le type de construction de ces véhicules.

Le parcours des transports sera représenté dans les éléments suivants.

Poids kilométrique net.

Nombre des expéditions kilométriques.

Poids kilométrique brut.

Parcours des trains.

La vitesse ⁽¹⁾ d'un transport figurera dans la valeur du *Travail mécanique* correspondant.

Le travail mécanique se calculera en partant d'une formule donnant la résistance totale d'un train, comme nous le verrons plus loin d'une manière détaillée. La résistance est précisément fonction de la vitesse du train, de plus elle varie avec les conditions de tracé ; les rampes et les courbes des lignes parcourues. En calculant le travail mécanique, on fait obligatoirement intervenir les conditions de tracé.

La formule établie en tenant compte de tous les éléments influents parmi ceux ci-dessus énumérés sera notre nouvelle formule fondamentale. M. Baume et après lui M. Pereire ont considéré tout ou partie des éléments ci-dessus, mais aucun d'eux n'a donné un calcul complet du travail mécanique.

2° à diverses époques.

L'influence des variations des conditions économiques va se faire sentir, car elles sont particulièrement variables avec le temps.

Pour éliminer l'influence de ces variations sur les prix de revient, il faudrait en prenant pour base les prix unitaires de matières premières et de salaires d'une année donnée

(1) Au sujet de l'influence de la vitesse, citons : *Influence de la vitesse de transport sur les prix de revient des chemins de fer*, par Dr Ingr R. Esch, Iéna, 1911. Mais il laisse sans réponse précise la question du prix absolu de revient du voyageur kilométrique ou de la tonne kilométrique aux différentes vitesses.

pouvoir calculer à nouveau les dépenses des autres années aux mêmes tarifs. On obtiendrait alors des chiffres de dépenses qui ne seraient plus conséquence que des variations propres du trafic et des conditions d'exploitation.

En ce qui concerne ces conditions d'exploitation, puisqu'il s'agit d'une même ligne ; si les années d'exploitation comparées ne sont pas à une trop longue période de temps de distance, elles varient peu ou assez lentement, on pourra les négliger, les considérer comme constantes ; vu la précision forcément très relative de tous les calculs que l'en peut faire ici.

Mais l'élimination rigoureuse des variations des facteurs économiques que nous venons d'indiquer ci-dessus, est à peu près irréalisable dans la pratique pour les statisticiens, du moins ne serait-elle à la portée que d'une compagnie exploitante elle-même, utilisant à cette recherche son nombreux personnel comptable. Tel n'est pas notre cas.

Nous pourrions résoudre approximativement la question par une voie tout à fait opposée, en déterminant empiriquement l'influence de ces facteurs :

Considérons le prix de revient d'un même transport bien déterminé, calculé successivement chaque année de la période étudiée, à l'aide de la formule fondamentale établie en tenant compte des facteurs caractérisant le transport et des conditions de tracé de la ligne; on étudie en général les prix de revient, soit du voyageur kilométrique, soit de la tonne kilométrique de marchandises, appelés le plus souvent des unités de transport.

Les différences constatées d'une année à l'autre dans le prix de revient de ces unités de transport proviendront de l'influence des conditions économiques et des conditions d'exploitation réunies, ces dernières auront une influence plus faible si on peut choisir une période de l'exploitation pour laquelle on connaisse précisément la presque invariabilité de ces conditions. On pourra ainsi déterminer empiriquement l'allure de l'influence de l'ensemble des variations des facteurs économiques.

Si l'on voulait comparer entre eux les prix de revient de transports différents effectués à des époques diverses, il faudrait éliminer l'influence des facteurs économiques par les moyens ci-dessus indiqués, sous réserve comme ci-dessus que les conditions d'exploitation sont restées sensiblement les mêmes aux époques indiquées.

Remarque : Si la ligne de transport avait subi pendant la période étudiée quelques modifications de tracé, on se trouverait dans les cas de transports faits sur des lignes différentes que nous allons maintenant examiner.

II. Prix de revient comparés des transports effectués sur des lignes différentes.

Les conditions de tracé des lignes sont variées. En calculant les prix de revient à

l'aide de la nouvelle formule détaillée, nous faisons intervenir la plupart des conditions de tracé : c'est-à-dire les valeurs des pentes et rampes et des rayons des courbes, qui modifient la valeur du travail mécanique. Ce sont les dépenses qui varient avec le travail mécanique qui sont soumises à l'influence des variations de ces conditions de tracé. Les autres dépenses n'en dépendent pas ou dépendront seulement des conditions accessoires du tracé que nous avons rattachées aux conditions d'exploitation.

Pour comparer les prix de revient de transports effectués sur des lignes ayant des tracés différents, il faudrait ramener la valeur des dépenses variant avec le travail mécanique à celle qu'elles auraient dans le cas de valeurs identiques des rampes et des courbes sur les lignes en question.

Poussant l'étude plus à fond, M. Baume ⁽¹⁾ a donné une formule de calcul de la longueur virtuelle et du coefficient virtuel des lignes relatif au travail mécanique. Mais ces coefficients ne sont valables que pour des transports effectués à une même vitesse. En l'espèce M. Baume a considéré le trafic de Petite vitesse. Dans ce cas simple les prix de revient sont rendus comparables après division par le coefficient virtuel de chaque ligne.

En faisant figurer dans notre nouvelle formule les conditions de tracé, par leur intervention dans le calcul du travail mécanique, nous n'avons plus besoin d'employer de formules accessoires telles que celle de M. Baume pour permettre la comparaison des prix de revient des transports sur des lignes différentes. Cette comparaison peut se faire directement à l'aide de notre formule.

Les lignes différentes peuvent appartenir au réseau d'une même Administration ou à des Administrations différentes ce qui entraînera certainement des variantes entre leurs conditions d'exploitation et économiques.

a : les lignes appartiennent à un même réseau.

1° Si les transports sont effectués à une même époque déterminée, ils le seront dans des conditions économiques très semblables, sinon identiques. En effet une compagnie paye en général tous ses frais de main d'œuvre aux mêmes tarifs, elle achète en gros les matières premières utilisées sur toutes ses lignes. Mais certaines conditions économiques peuvent varier, en particulier la fréquentation et le sens du trafic. Les autres conditions d'exploitation seront peu différentes.

Considérons les prix de revient d'un même transport effectué sur les différentes lignes d'un même réseau, leurs différences proviendront de celles des conditions de tracé et de certaines conditions économiques, et, c'est d'après des comparaisons de tels prix de

(1) Voir ci-dessus p. 56.

revient que MM. Nordling, Noblemaire, Baume ont établis ⁽¹⁾ leurs formules empiriques donnant l'expression de l'influence de la fréquentation, celle des conditions de tracé ou les deux associées.

Si nous appliquions à de tels cas, notre nouvelle formule qui tient compte des conditions de tracé, une fois celles-ci éliminées par la substitution des valeurs convenables aux termes représentant ces conditions ; les variations des prix de revient observées donneront l'expression de l'influence des conditions économiques particulièrement variables, si les autres sont bien sensiblement constantes ou à variations beaucoup moins accentuées comme nous l'avons considéré.

2^o Si on étudie des *transports effectués de plus à des époques variées* le problème devient très complexe, car les variations des conditions économiques viennent s'ajouter aux autres variations. ce n'est pas de la comparaison de tels prix de revient qu'on peut partir pour essayer de déterminer les influences propres aux divers éléments du trafic. On se rapproche ici du problème général que nous avons considéré comme directement insoluble.

b : les lignes appartiennent à des réseaux différents.

1^o *Les transports sont effectués à une même époque.*

Les conditions économiques peuvent ne pas être trop différentes quand les Compagnies exploitantes exercent dans un même Etat. Ce sera le cas des grandes compagnies françaises par exemple : on se rapproche alors du cas correspondant où les lignes appartiennent à une seule compagnie ; mais les variations des conditions d'exploitation seront probablement plus accentuées que dans ce cas. On tirerait profit encore de la comparaison des prix de revient d'une unité de transport.

2^o *Les transports sont effectués à des époques différentes.*

C'est le problème général dans toute sa complexité qui se présente ici.

(1) Voir ci-dessus p. 54 à 67.

CHAPITRE II

RECHERCHES EN VUE D'ÉTABLIR EXPÉRIMENTALEMENT LA NOUVELLE FORMULE

I. Classification des dépenses. — Méthode à employer pour sa réalisation. — II Choix des données statistiques. — III. Relevé des dépenses de la Compagnie de l'Est. — IV. Catégories de transports. — V. Les éléments du trafic.

Il s'agit d'établir une formule permettant de répartir toutes les dépenses entre les divers transports, en classant ces dépenses suivant leurs proportionnalités aux facteurs caractérisant les transports eux-mêmes.

I. *Classification des dépenses. — Méthode à employer pour sa réalisation.*

M. Baume et M. Gustave Pereire ont procédé empiriquement pour réaliser une telle classification ; M. Baume en s'inspirant des enseignements précieux mais incomplets que donnent la pratique d'une exploitation des chemins de fer, a partagé les dépenses en deux classes en attribuant approximativement des fractions respectives des dépenses ou groupes de dépenses aux diverses sortes de transports.

Après lui, et sans une discussion aussi complète, MM. Pereire et Amar ont fait une classification simple et rapide des dépenses en quatre classes, et considéré chacun des groupes de dépenses comme variant proportionnellement à certains facteurs caractérisant les transports ; ils ont ainsi calculé par répartition proportionnelle les parts de dépenses attribuables à chaque catégorie de transports.

Nous avons pensé qu'il était possible de rendre plus rationnelle la classification des dépenses en faisant appel à ce que nous appellerons en quelque sorte la méthode expérimentale. Nous comparerons les variations des diverses dépenses aux variations des éléments

du trafic correspondant pendant une période d'un certain nombre d'années, la plus longue que les données statistiques nous le permettront. Nous condenserons sous forme graphique les données que nous utiliserons pour faciliter la comparaison de ces données qui peuvent être étudiées comme les résultats chiffrés d'une série d'expériences.

II. *Choix des données statistiques.*

Il est tout indiqué pour nous de faire porter notre recherche sur l'exploitation des grands réseaux de chemins de fer français. Actuellement, il existe trois sources principales de renseignements statistiques la concernant :

1^o Chacune des grandes compagnies françaises publie annuellement à la suite du *Rapport* présenté à l'assemblée générale ordinaire des actionnaires une série de tableaux résumant les résultats de l'exploitation pendant l'exercice précédent.

2^o La Direction des chemins de fer du Ministère des Travaux Publics publie annuellement : *Statistique des chemins de fer français au 31 décembre* : France, intérêt général. 1^{er} volume, que nous appellerons couramment « Livre Vert. »

3^o Le Ministre des Travaux Publics et le Ministre des Finances publient : *Comptes des dépenses d'établissement, comptes des Recettes et des Dépenses d'exploitation au 31 décembre*, que nous appellerons « Livre Gris ». Cette publication ne concerne que les Réseaux des Compagnies mais pas celui de l'Etat.

Malgré cette abondance de documents, on est fréquemment embarrassé dans le choix des valeurs à adopter, même certains renseignements cependant utiles font totalement défaut. Les renseignements ne sont pas concordants, les documents ne sont pas homogènes.

Si l'on connaissait les chiffres de dépenses et les valeurs des éléments caractérisant les transports effectués, pendant un certain nombre d'années sur une ligne de conditions de tracé déterminées, et que les conditions d'exploitation et économiques n'aient pas varié pendant la période de temps considérée, on se trouverait dans des conditions idéales pour comparer les variations des dépenses avec celles des éléments correspondants du trafic.

Dans les documents statistiques énumérés ci-dessus nous ne trouverons que quelques renseignements rares et incomplets sur les trafics propres à chaque ligne. Nous serons conduits à étudier l'exploitation de l'ensemble d'un Réseau d'une grande Compagnie. Nous obtiendrons des résultats moins détaillés, moins précis, certaines valeurs caractéristiques peuvent se trouver cachées dans les grands nombres fournis par le Réseau entier, du moins pour les dépenses absolument dépendantes des variations du trafic et du tracé. En ce qui concerne les dépenses qui s'appliquent à l'ensemble des lignes et qu'il serait difficile pour nous de répartir entre elles, il est préférable d'avoir à considérer l'ensemble du Réseau comme une ligne unique.

Nous choisirons le Réseau des chemins de fer de l'Est, car les Rapports annuels de cette Compagnie publient des renseignements statistiques particulièrement détaillés depuis 1894 et surtout depuis 1900. A partir de 1898 nous trouvons des renseignements concordants sur les dépenses dans les « Livres gris ». Cependant de 1894 à 1899 ces renseignements sont encore un peu incomplets dans leur ensemble et notre étude ne pourrait porter pendant cette période que sur certains articles de dépenses. Nous limiterons donc notre étude systématique aux 14 exercices écoulés de 1900 jusqu'à 1913 précédant la guerre européenne qui a tant perturbé et transformé toutes les exploitations économiques. La longueur exploitée du Réseau a peu varié pendant ce temps, elle est passée de 4.837 à 5.027 kilomètres. Les comparaisons graphiques que nous ferons ne peuvent nous donner que des résultats approximatifs, en quelque sorte provisoires, ce ne sera qu'en utilisant les données que permettrait de recueillir une méthode de comptabilité toute de statistique ligne par ligne que M. Gustave Pereire voudrait voir instituer, qu'on pourra vérifier rigoureusement l'exactitude des proportionnalités reconnues des dépenses aux éléments du trafic. La formule que nous allons établir doit précisément devenir une formule comptable que la pratique permettra de perfectionner en en détaillant les termes ; elle est faite pour compléter la méthode de comptabilité de M. Pereire.

III. Relevé des dépenses de la Compagnie de l'Est :

Le tableau suivant donne les valeurs détaillées des articles de dépenses pendant la période 1900 à 1913, conformément au Livre Gris ⁽¹⁾ et au Rapport ⁽²⁾ de la Compagnie. Faisons remarquer que ces tableaux plus détaillés permettraient une classification rigoureuse des dépenses. Nous verrons qu'il est difficile de déterminer exactement à quoi se rapportent certains articles de dépenses.

TABLEAUX.

(1) Livre gris — Tableau M. O — Est.

(2) Comptes d'exploitation ; Lignes en exploitation complète + Lignes en exploitation partielle.

TABEAU I. — Dépenses annuelles. (Suite).

ANNÉES	NOMBRES des articles	ANNÉES													
		1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913
CHAPITRE III.															
<i>Matériel et traction.</i>															
Services courants:	1	597.840,41	588.872,07	680.487,37	612.178,28	612.074,21	644.740,37	652.888,45	584.096,22	565.009,02	740.872,53	813.925,16	707.120,40	703.107,57	822.035,94
Personnel.....	2	103.151,01	90.827,49	90.122,98	112.090,26	105.079,42	102.230,20	100.278,02	85.441,22	82.266,60	127.405,80	134.038,02	128.472,81	127.097,54	128.121,74
Frais de bureau et divers.....	3	188.889,06	106.724,47	210.642,26	215.091,22	216.383,48	210.270,75	214.683,04	297.202,08	242.241,73	244.032,80	238.822,66	206.028,84	339.071,08	334.651,32
Services régionaux:	4	41.202,05	41.274,05	38.912,00	41.017,97	39.633,70	43.072,43	41.522,58	43.044,10	34.470,23	38.898,62	62.190,43	79.346,57	53.922,03	83.084,70
Frais de bureau et divers.....	5	8.154.423,05	8.207.128,09	8.548.888,84	8.683.746,04	8.645.206,00	8.714.005,84	9.135.728,04	10.473.522,37	11.204.204,20	12.184.622,98	13.085.928,16	13.905.928,16	13.905.927,16	14.200.040,24
Traction:	6	10.104.828,06	11.851.544,94	11.802.584,48	11.077.848,80	11.602.784,27	12.080.878,65	14.006.085,86	16.701.728,87	17.945.622,98	18.103.568,80	19.077.141,15	19.078.978,60	19.078.978,60	22.430.388,10
Comptables.....	7	901.675,46	1.025.454,79	987.834,71	944.300,75	963.312,73	1.003.288,74	1.138.948,56	1.170.272,51	1.312.508,86	1.360.335,96	1.566.257,38	1.640.257,38	1.640.257,38	1.680.078,70
Divers.....	8	321.115,70	330.920,27	325.577,63	346.800,53	390.472,33	348.743,25	384.480,10	470.880,68	570.224,14	658.533,75	732.170,54	658.218,06	679.407,77	679.407,77
Barreaux.....	9	3.733.819,25	3.831.819,75	3.579.500,11	3.625.908,37	3.828.357,01	3.605.274,71	3.297.470,23	4.227.870,23	5.028.820,44	5.379.170,71	5.379.170,71	5.379.170,71	5.379.170,71	6.400.221,10
Matériel.....	10	6.700.103,24	6.838.408,81	7.200.500,02	7.321.828,57	7.204.589,13	7.220.244,64	7.620.090,85	7.881.914,31	9.808.093,01	11.407.000,00	11.520.914,50	13.720.914,50	14.133.564,30	17.741.270,12
Réparations.....	11	3.101.854,28	2.573.425,02	3.224.397,48	2.807.886,49	3.201.790,44	3.170.520,23	3.116.005,46	3.075.091,60	3.064.748,41	3.700.658,72	4.475.200,58	4.133.564,30	5.139.887,82	4.733.015,92
Renouvellement du matériel.....	12	34.644.027,97	32.674.850,25	38.600.024,97	36.501.781,27	37.028.400,00	37.620.820,33	38.718.546,32	44.504.220,60	49.007.233,86	53.003.024,16	54.906.007,50	50.906.333,06	64.303.084,10	60.610.824,83
TOTAL.....															
CHAPITRE IV.															
<i>Vote.</i>															
Services courants:	1	388.608,13	328.685,54	367.610,80	414.005,05	353.801,32	347.019,77	280.672,23	303.086,56	331.223,79	374.107,33	388.580,08	330.190,22	318.543,17	322.527,66
Frais de bureau, divers.....	2	43.720,51	36.252,75	48.632,00	46.409,69	38.273,62	33.028,52	30.409,04	37.040,80	35.801,87	44.288,82	54.921,37	50.521,59	44.897,46	44.226,13
Personnel.....	3	656.338,00	659.564,51	743.000,88	833.288,30	830.288,30	897.577,12	775.113,78	717.372,08	792.489,83	798.692,90	814.383,47	730.421,40	744.636,03	720.401,20
Services régionaux:	4	65.317,04	68.948,72	72.902,22	79.124,90	71.640,00	80.229,45	73.051,17	77.372,57	66.229,63	78.508,64	85.205,08	95.508,59	73.279,07	73.279,07
Frais de bureau, divers.....	5	3.120.050,25	3.040.165,40	3.005.478,66	3.308.234,41	3.368.928,22	3.371.008,96	3.126.840,18	3.197.241,54	3.390.472,41	3.730.875,31	3.928.114,06	3.928.114,06	3.928.114,06	3.928.114,06
Personnel.....	6	117.261,50	118.828,62	127.735,42	120.448,21	120.728,72	135.450,71	141.410,72	153.250,17	153.250,17	184.660,39	183.228,32	177.074,61	189.230,03	325.645,30
Éclairage de la voie et divers.....	7	3.310.285,29	3.310.374,00	3.557.605,54	3.732.627,32	3.772.354,65	3.007.208,03	4.064.908,65	4.720.271,36	4.964.060,10	5.012.161,85	5.012.161,85	5.321.014,10	6.102.225,70	6.315.001,53
Matériaux de la voie et ballast.....	8	3.905.228,34	4.311.840,11	5.383.258,32	5.380.371,24	4.728.707,10	5.283.251,28	5.275.690,93	6.081.182,27	4.901.440,12	5.287.613,16	5.685.808,85	6.021.081,47	7.089.505,20	7.222.807,88
Terrassements, ouvrages d'art, clôtures matériel fixe.....	9	618.401,70	709.200,70	681.326,05	580.008,70	634.898,92	625.132,59	625.001,68	658.640,25	735.800,02	775.554,54	788.612,30	970.800,06	953.287,82	953.287,82
Divers.....	10	10.280,34	56.790,15	21.358,45	11.430,70	10.813,15	36.880,03	105.038,35	51.432,23	49.090,14	57.877,80	54.241,54	30.625,64	33.681,58	60.117,15
Barreaux des bâtiments (gares, ateliers, maisons de garde). Dépense extraordinaires (renouvellement, grosses réparations, transformations, installations supprimées.....	11	1.301.170,10	1.303.244,11	1.284.428,64	1.208.172,26	1.240.270,71	1.206.600,86	1.317.554,15	1.400.050,25	1.400.050,25	1.547.480,35	1.637.643,36	1.971.149,81	1.757.209,72	1.879.028,20
Divers.....	12	6.722.007,62	4.542.728,39	4.700.280,03	4.620.000,63	4.081.873,16	5.112.440,70	4.818.288,08	5.024.633,95	6.275.722,90	7.082.791,90	7.268.282,77	7.962.688,08	8.440.011,60	10.780.856,47
TOTAL.....															
CHAPITRE V.															
<i>Dépenses diverses.</i>															
Location de matériel (solde débité).....	1	438.707,60	755.576,87	797.478,87	523.298,06	241.521,72	613.497,65	1.830.629,31	2.204.223,65	4.000,00	4.000,00	4.000,00	4.000,00	4.000,00	4.000,00
Loyers des étages communs (solde débité).....	2	223.104,42	224.835,40	224.835,14	220.588,24	212.222,00	212.125,78	213.480,27	210.862,35	208.800,22	204.130,82	207.427,04	217.541,60	208.004,72	207.692,10
Intérêts des emprunts.....	3	310.600,00	310.600,00	310.600,00	310.600,00	310.600,00	310.600,00	310.600,00	310.600,00	310.600,00	310.600,00	310.600,00	310.600,00	310.600,00	310.600,00
Tribunaux et frais de services des actions.....	4	978.474,02	1.286.581,27	1.400.692,35	1.060.465,20	782.154,83	1.136.143,43	2.377.829,83	2.842.941,06	520.580,22	520.780,82	528.027,04	538.141,60	525.384,72	524.102,10
Fonds des amortissements d'actions.....	5	978.474,02	1.286.581,27	1.400.692,35	1.060.465,20	782.154,83	1.136.143,43	2.377.829,83	2.842.941,06	520.580,22	520.780,82	528.027,04	538.141,60	525.384,72	524.102,10
Divers.....	6	978.474,02	1.286.581,27	1.400.692,35	1.060.465,20	782.154,83	1.136.143,43	2.377.829,83	2.842.941,06	520.580,22	520.780,82	528.027,04	538.141,60	525.384,72	524.102,10
TOTAL DES DÉPENSES D'EXTENSION.....															
108.620.702,04															
108.225.641,76															
106.387.173,06															
107.102.990,82															
107.945.672,19															
110.043.254,84															
112.820.928,27															
120.064.253,71															
136.108.620,82															
144.000.744,85															
147.175.418,66															
161.786.826,26															
175.237.270,60															
187.901.986,16															

IV. Catégories de transports.

Les transports effectués sont de natures diverses, ils le sont à des vitesses différentes. On distingue en général tout d'abord deux services essentiels : Grande vitesse et Petite vitesse.

En Grande vitesse on transporte :

1^o Les *Voyageurs*.

2^o Les *Accessoires*, on groupe sous cette dénomination les transports variés s'effectuant soit dans les trains de voyageurs soit dans ceux de messageries : Bagages, chiens, messageries, denrées, lait, colis postaux, bestiaux, chevaux, voitures, finances, etc.

En *Petite vitesse*.

1^o Les *Marchandises* de toute nature taxées au poids.

2^o Les *Accessoires* taxés à la pièce : chevaux, bestiaux, voitures.

Nous étudierons séparément en Grande vitesse les voyageurs, les accessoires. Mais en Petite vitesse nous ne ferons pas de subdivisions. M. Baume avait considéré l'ensemble du trafic de Petite vitesse, M. Gustave Pereire avait étudié séparément les marchandises et les accessoires ; mais en continuant ses recherches il a reconnu qu'il serait préférable de ne pas faire cette distinction tant que la statistique ne donnerait pas à ce sujet des renseignements plus détaillés. Spécialement le parcours du matériel qui sert à ces transports est groupé sous une même dénomination, nous ne pouvons attribuer aux *Marchandises* et aux *Accessoires* leurs parts respectives, sauf à faire une hypothèse plus ou moins arbitraire qui ne pourrait nous conduire qu'à des conclusions incertaines et injustifiables. Nous préférons donc nous en tenir à une étude d'ensemble du trafic de Petite vitesse, qui nous donnera seulement des résultats moyens, mais vraisemblables et non d'une précision illusoire auxquels nous pourrions accorder une certaine confiance.

V. Les éléments du trafic.

Nous calculerons successivement les valeurs des divers éléments susceptibles de faire varier les dépenses pendant la période 1900-1913, elles figureront dans les tableaux suivants :

Tonnage net.
Tonnage brut remorqué.
Tonnage brut total.
Nombre des expéditions.

Tonnage kilométrique net.
Tonnage kilométrique brut remorqué.
Tonnage kilométrique brut total.
Nombre des expéditions kilométriques.
Parcours des trains.
Travail mécanique.

Nous avons à notre disposition pour obtenir ou calculer les valeurs de ces éléments, les trois sources statistiques déjà mentionnées : « Livre gris, Livre vert, Rapport » ; l'accord existe entre le Livre gris et le Rapport en ce qui concerne les Recettes et les Dépenses, mais il y a désaccord de ces deux documents avec le Livre Vert. Pour nous assurer des valeurs des éléments du trafic correspondant aux dépenses que nous avons adoptées ci-dessus ; nous adopterons celles publiées au Rapport et ne ferons appel aux renseignements fournis par le Livre Vert que tout à fait accessoirement. En regard de chaque tableau nous indiquerons la méthode employée pour faire les calculs correspondants, cependant nous renverrons en appendice l'exposé de certains procédés de calculs accessoires qui surchargeraient trop notre développement.

A côté des catégories de transport que nous avons distinguées ci-dessus et qui constituent le trafic proprement dit productif des recettes, la compagnie effectue pour son propre compte des transports en service non taxés de trains de ballast et de matériaux ; des machines de manœuvre circulent pour les besoins du service.

Or ces transports comme ceux du trafic proprement dit consomment du combustible, usent les voies qu'ils parcourent. Quand on voudra rechercher si une dépense est proportionnelle à l'un des différents éléments du trafic, on devrait faire figurer dans les valeurs de ces éléments, les quantités relatives aux trains de transports non productifs de recettes.

Cependant il ne faudrait pas oublier que les frais qu'occasionnent à la compagnie les transports en service non taxés sont indispensables pour assurer la marche des trains de l'exploitation transportant le trafic productif de recettes. Si la compagnie ne transportait pas elle-même à pied d'œuvre le ballast, les matériaux nécessaires à l'entretien et à la réparation de ses voies, les combustibles consommés par ses machines, elle paierait plus cher ces diverses matières.

Quelle est en réalité l'importance de ces transports en service par rapport au trafic productif ? Depuis 20 années :

Le parcours des trains de ballast et service s'est élevé au plus au centième du parcours total des trains ; cependant le parcours total des machines est toujours de près d'un quart supérieur à celui des trains, mais lui est toutefois sensiblement proportionnel.

Les tonnages et tonnages kilométriques nets des transports en service non taxés s'élè-

vent au maximum au 500^e du tonnage et du tonnage kilométrique du trafic total, c'est là une fraction peu importante eu égard à la précision à laquelle peut prétendre notre étude. Leurs tonnage et tonnage kilométrique bruts remorqués, n'auraient qu'une valeur relative encore moindre.

Nous n'avons aucun renseignement correspondant aux expéditions en ce qui concerne les transports en service.

En ce qui concerne les tonnage et tonnage kilométrique bruts totaux et par suite le travail mécanique, l'importance relative des transports hors trafic est très appréciable, car dans ces éléments interviennent non seulement les trains de service mais encore les machines de manœuvre.

En résumé, 1^o on tiendra compte des transports hors trafic dans le calcul des valeurs de certains éléments pour la recherche des relations entre les dépenses et ces éléments.

2^o Une fois les proportionnalités déterminées on ne tiendra plus compte que du trafic productif de recettes pour la répartition des dépenses entre ces trois catégories à l'aide des éléments choisis, calculer ensuite les prix de revient des unités de trafic, comparer les dépenses aux recettes correspondantes.

TABLEAU II. — *Tonnage net.*

Années	VOYAGEURS	ACCESSOIRES de G. V.	TRAFIC G. V.	TRAFIC P. V.	TOTAL
	1	2	1 + 2 = 3	4	1 + 2 + 4 = 5
	t.	t.	t.	t.	t.
1900	4.632.700	606.233	5.238.900	18.583.983	23.822.900
1901	4.446.200	631.616	5.077.800	17.626.195	22.704.000
1902	4.474.800	648.361	5.123.200	18.066.393	23.189.600
1903	4.578.300	675.910	5.254.200	19.437.880	24.692.100
1904	4.630.300	722.420	5.352.700	20.408.195	25.760.900
1905	4.732.300	757.628	5.489.900	21.773.969	27.263.900
1906	4.920.100	776.592	5.696.700	23.974.801	29.671.500
1907	5.154.800	840.911	5.995.700	26.490.205	32.485.900
1908	5.275.800	810.175	6.086.000	26.560.175	32.646.200
1909	5.472.500	832.440	6.304.900	30.255.334	36.560.200
1910	5.755.100	901.105	6.656.200	34.391.513	41.047.700
1911	5.865.200	918.336	6.783.500	37.383.555	44.167.100
1912	6.157.300	944.206	7.101.500	41.299.293	48.400.800
1913	6.460.900	958.441	7.419.300	46.073.246	53.492.500

(1) Le tonnage correspondant aux voyageurs se calcule en multipliant le poids moyen du voyageur admis antérieurement par M. Pereire d'après Quételet : 0 t. 07 par le nombre des voyageurs extrait du Rapport, tableau IX.

(2) Voir les calculs à l'appendice.

(4) Tonnage net contenu dans les trains en transport de marchandises. (Rapport, Tableau XVII) diminué du tonnage des transports en service non taxés. (Livre vert, Tableau 29).

TABLEAU III. — Poids mort. — Véhicules. — Locomotives et tenders

ANNÉES	VOYAGEURS	ACCESSOIRES	TRAFIC P V	VOYAGEURS	ACCESSOIRES	TRAFIC P V
	Voitures	G V Fourgons	Wagons	Locomotives	G V Locomotives	Locomotives
	1	2	3	4	5	6
1900	51.840.000 t.	18.607.000 t.	70.651.000 t.	37.864.000 t.	13.793.000 t.	28.121.000 t.
1901	50.960.000	19.557.000	71.998.000	38.495.000	14.985.000	28.169.000
1902	52.883.000	20.411.000	77.714.000	39.286.000	15.413.000	29.142.000
1903	57.889.000	20.624.000	86.586.000	40.361.000	14.682.000	30.066.000
1904	57.330.000	20.911.000	87.598.000	39.981.000	14.907.000	30.108.000
1905	59.179.000	21.824.000	94.189.000	40.135.000	15.109.000	30.888.000
1906	61.513.000	22.639.000	100.147.000	40.707.000	15.329.000	33.276.000
1907	65.360.000	23.500.000	108.510.000	42.609.000	15.683.000	36.090.000
1908	67.022.000	24.362.000	119.146.000	43.896.000	16.310.000	35.907.000
1909	69.165.000	25.159.000	130.050.000	44.429.000	16.535.000	36.673.000
1910	71.584.000	26.389.000	137.148.000	44.772.000	16.870.000	37.704.000
1911	74.633.000	26.876.000	156.606.000	45.972.000	16.927.000	42.056.000
1912	80.819.000	27.528.000	173.868.000	48.248.000	16.859.000	44.718.000
1913	82.549.000	28.265.000	191.968.000	49.534.000	17.339.000	48.283.000

POIDS MORT DES VÉHICULES.

1 — 2 — 3. Pour chaque catégorie, produit du poids mort kilométrique calculé (ci-dessous, tableau VIII) par le rapport du nombre des trains à leur parcours total, c'est-à-dire quotient du poids mort kilométrique par le parcours moyen des trains correspondants.

4 — 5 — 6. Produit du poids unitaire moyen en ordre de marche, valeur adoptée : locomotive 50 tonnes + tender 25 tonnes = Ensemble 75 tonnes, par le nombre des trains de chaque catégorie de transports.

Les nombres des trains de chaque catégorie sont calculés à l'aide des données du Rapport, tableaux XVI et XVII.

Le nombre des trains mixtes est réparti entre G V et P V proportionnellement aux parcours des véhicules dans les trains mixtes en G V et P V (Rapport, tableau XV).

Le nombre des trains de G V est égal au nombre des trains du tableau XVI diminué de la part des trains mixtes de P V calculée ci-dessus.

Le nombre des trains de G V est réparti entre les voyageurs et accessoires proportionnellement aux tonnages kilométriques bruts remorqués voir ci-dessous (tableau IX).

Le nombre des trains de P V est égal au nombre des trains en transport de marchandises (tableau XVII) diminué du nombre des trains mixtes attribuable à G V calculé ci-dessus.

TABLEAU IV. — Tonnage brut remorqué

ANNÉES	VOYAGEURS	ACCESSOIRES G. V.	TRAFIC G. V.	TRAFIC P. V.	TOTAL
	1	2	3 = 1 + 2	4	5 = 1 + 2 + 4
	t.	t.	t.	t.	t.
1900	56.473.000	19.213.000	75.686.000	89.235.000	164.921.000
1901	55.406.000	20.189.000	75.595.000	89.624.000	165.219.000
1902	57.358.000	21.059.000	78.417.000	95.780.000	174.197.000
1903	62.467.000	21.300.000	83.767.000	106.024.000	189.791.000
1904	61.960.000	21.633.000	83.593.000	108.006.000	191.599.000
1905	63.911.000	22.582.000	86.493.000	115.963.000	202.456.000
1906	66.433.000	23.416.000	89.849.000	124.122.000	213.971.000
1907	70.515.000	24.341.000	94.856.000	135.000.000	229.856.000
1908	72.298.000	25.172.000	97.470.000	145.706.000	243.176.000
1909	74.637.000	25.991.000	100.628.000	160.305.000	260.933.000
1910	77.339.000	27.290.000	104.630.000	171.539.000	276.169.000
1911	80.498.000	27.794.000	108.292.000	193.990.000	302.282.000
1912	86.976.000	28.472.000	115.448.000	215.167.000	330.615.000
1913	89.010.000	29.223.000	118.233.000	238.041.000	356.274.000

Le tonnage brut remorqué est la somme du tonnage net (tableau II) et du poids mort des véhicules (tableau III).

TABLEAU V. — Tonnage brut total

ANNÉES	VOYAGEURS	ACCESSOIRES G. V.	TRAFIC G. V.	TRAFIC P. V.	TOTAL
	1	2	3 = 1 + 2	4	5 = 1 + 2 + 4
	t.	t.	t.	t.	t.
1900	94.337.000	33.006.000	127.343.000	117.356.000	244.699.000
1901	93.901.000	35.174.000	129.075.000	117.793.000	246.868.000
1902	96.644.000	36.472.000	133.116.000	124.922.000	258.038.000
1903	102.828.000	35.982.000	138.810.000	136.090.000	274.900.000
1904	101.941.000	36.540.000	138.481.000	138.114.000	276.595.000
1905	104.046.000	37.691.000	141.737.000	146.851.000	288.588.000
1906	107.140.000	38.745.000	145.885.000	157.398.000	303.283.000
1907	113.124.000	40.024.000	153.148.000	171.090.000	324.238.000
1908	116.194.000	41.482.000	157.676.000	181.613.000	339.289.000
1909	119.066.000	42.526.000	161.592.000	196.978.000	358.570.000
1910	122.111.000	44.160.000	166.271.000	209.243.000	375.514.000
1911	126.470.000	44.721.000	171.191.000	236.046.000	407.237.000
1912	135.224.000	45.331.000	180.555.000	259.885.000	440.440.000
1913	138.544.000	46.562.000	187.106.000	286.324.000	471.430.000

Le tonnage brut total est la somme du tonnage net, du poids mort des véhicules des locomotives et tenders (tableaux II et III ci-dessus) ou du tonnage brut remorqué et du poids mort des locomotives et tenders (tableaux IV et III ci-dessus).

Le choix des nombres d'expéditions et d'expéditions kilométriques est un point qui mérite une attention particulière.

Une expédition est un envoi séparé circulant entre deux stations déterminées d'un réseau ferré, qui peut-être constitué de quantité de manières différentes : voyageur, caisse ou paquet, chien, animal, voiture, wagon de charbon ; et peser un poids très variable. Elle peut ne parcourir qu'un très court chemin ou un très grand nombre de kilomètres.

Une expédition de poids p qui parcourt l kilomètres vaudra l expéditions kilométriques, le poids de l'expédition kilométrique sera p , le tonnage kilométrique correspondant à l'expédition parcourant l kilomètres sera pl .

D'une manière générale, si on considère une ligne ou un réseau quelconque, les expéditions qui y circulent peuvent être groupées en quatre catégories différentes, au point de vue des extrémités de l'itinéraire qu'elles parcourent.

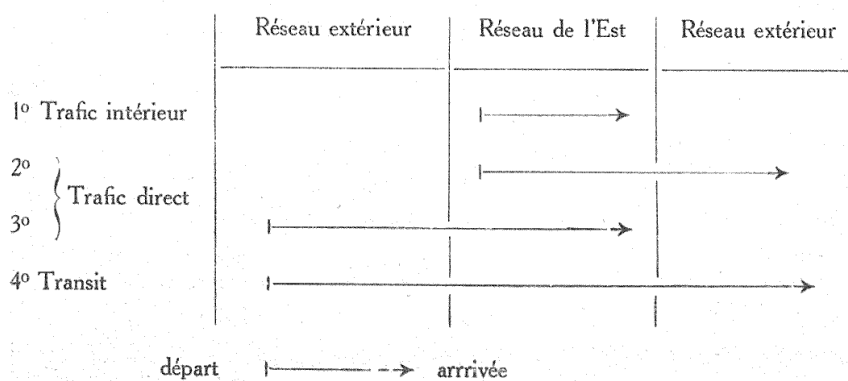
1° les expéditions enregistrées dans les gares du réseau à destination du réseau lui-même, qui constituent ce qu'on peut appeler le trafic intérieur du réseau.

2° les expéditions enregistrées dans les gares du réseau à destination d'une gare d'un autre réseau.

3° les expéditions arrivant à destination dans une gare du réseau en provenance d'une gare d'un autre réseau. Ces catégories 2° et 3° constituent ce qu'on appelle le trafic direct, émis ou reçu.

4° les expéditions en transit, c'est-à-dire ayant circulé sur le réseau, mais n'y ayant ni leur point de départ, ni celui d'arrivée.

Ces considérations seront mieux précisées par le schéma suivant, le réseau étudié étant ici celui de l'Est.



Les groupes 1^o et 2^o réunis forment encore les expéditions au départ.

Les groupes 1^o et 3^o réunis, les expéditions à l'arrivée.

Toutes ces expéditions procurent des recettes et entraînent des dépenses à la compagnie exploitante, le font-elles dans la même mesure ? c'est ce que nous allons rapidement examiner.

En ce qui concerne les recettes, le tarif kilométrique perçu est le même pour un envoi déterminé, qu'il appartienne au trafic direct, au trafic intérieur ou au transit ; seuls certains frais fixes, d'enregistrement par exemple sont perçus seulement par la compagnie de départ, ce sont seulement les expéditions des catégories 1 et 2 qui procurent la recette leur correspondant.

D'autre part, nous serons amenés à considérer des dépenses dépendantes du parcours et des dépenses indépendantes du parcours.

En ce qui concerne les dépenses dépendantes du parcours, une expédition coûtera le même prix par kilomètre, qu'elle appartienne au trafic intérieur, au trafic direct ou au transit, toutes les expéditions quelles qu'elles soient doivent donc entrer en ligne de compte suivant le parcours effectué par chacune sur le réseau.

En ce qui concerne les dépenses indépendantes du parcours la question est beaucoup plus complexe, il est impossible de déterminer exactement avec détails, la part de frais qu'entraîne chaque expédition ; ils se produisent dans les gares de départ et d'arrivée, ou dans celles de transit pour les expéditions passant d'un réseau à un autre. Ils sont peut-être un peu plus importants pour les expéditions au départ, c'est-à-dire partant d'une gare du réseau, car c'est là que se donnent les billets, que s'établissent les feuilles d'expéditions.

En résumé pour étudier les dépenses d'exploitation qui sont susceptibles de varier avec le facteur expédition, nous aurons à considérer.

1^o Le nombre des expéditions de toutes sortes, ayant circulé sur le réseau, qui correspond au tonnage total des transports faits sur le réseau.

2^o Le nombre des expéditions kilométriques correspondant au nombre des expéditions ci-dessus comme le tonnage kilométrique correspond au tonnage.

3^o Enfin accessoirement le nombre des expéditions au départ.

Nous donnerons à l'appendice le détail du mode de calcul employé pour déterminer en particulier les expéditions au départ. Aucun renseignement à ce sujet ne figure dans les statistiques et le Rapport ; mais nous avons pu heureusement combler en partie ces lacunes, grâce aux renseignements qu'a bien voulu nous fournir M. Dommange, Chef du contrôle commun aux chemins de fer français, concernant le trafic direct et le transit entre les réseaux français, qu'il nous soit permis de lui adresser ici l'expression de nos très vifs remerciements.

TABLEAU VI. — Nombre des expéditions

ANNÉES	VOYAGEURS	ACCESSOIRES G. V.	TRAFIC G. V.	TRAFIC P. V.	TOTAL
	1	2	3 = 1 + 2	4	5 = 1 + 2 + 4
1900	66.181.984	19.410.134	85.592.118	6.934.535	92.526.653
1901	63.517.457	20.331.849	83.849.306	7.017.867	90.867.173
1902	63.925.562	21.187.915	85.113.477	7.217.372	92.330.849
1903	65.404.155	22.087.431	87.491.586	7.163.373	94.654.959
1904	66.146.678	23.120.447	89.267.125	7.246.265	96.513.390
1905	67.604.083	23.876.834	91.480.917	7.837.495	99.318.412
1906	70.286.692	24.526.538	94.813.230	7.967.467	102.780.697
1907	73.640.679	25.071.581	98.712.260	8.117.506	106.829.766
1908	75.368.952	25.590.895	100.959.847	8.200.656	109.160.503
1909	78.178.165	26.169.012	104.347.177	8.193.728	112.540.905
1910	82.215.369	26.935.344	109.150.713	8.412.346	117.563.059
1911	83.788.176	27.369.290	111.157.466	8.338.228	119.495.694
1912	87.961.800	28.586.011	116.547.811	8.518.929	125.066.740
1913	92.299.140	28.658.357	120.957.497	8.704.436	129.661.933

1. Nombre de voyageurs à toute distance. (Rapport, Tableau IX.)
2. Voir calculs à l'appendice.
4. Nombre d'expéditions Marchandises (Rapport, tableau XI) et nombre des Accessoires, voitures et bestiaux (Rapport, tableau III).

TABLEAU VII. — Tonnage kilométrique net.

ANNÉES	VOYAGEURS	ACCESSOIRES G. V.	TRAFIC G. V.	TRAFIC P. V.	TOTAL
	1	2	3 = 1 + 2	4	5 = 3 + 4
	t km.	t km.	t km.	t km.	t km.
1900	129.114.000	59.356.000	188.470.000	2.185.381.992	2.373.852.000
1901	117.994.000	58.051.000	176.045.000	2.073.889.464	2.249.934.000
1902	119.784.000	61.478.000	181.262.000	2.140.634.885	2.321.897.000
1903	126.566.000	64.769.000	191.335.000	2.295.465.166	2.486.800.000
1904	128.798.000	68.277.000	197.075.000	2.426.037.745	2.623.113.000
1905	132.223.000	69.545.000	201.768.000	2.635.694.436	2.837.463.000
1906	137.763.000	74.657.000	212.420.000	2.841.871.983	3.054.292.000
1907	144.174.000	77.370.000	221.544.000	3.186.639.290	3.408.183.000
1908	148.951.000	79.095.000	228.046.000	3.237.303.540	3.465.350.000
1909	155.788.000	83.498.000	239.286.000	3.611.431.624	3.850.718.000
1910	161.520.000	86.497.000	248.017.000	3.862.756.139	4.110.773.000
1911	168.344.000	88.373.000	256.717.000	4.374.762.991	4.631.480.000
1912	173.732.000	91.752.000	265.484.000	4.678.193.450	4.943.677.000
1913	190.385.000	94.051.000	284.436.000	5.095.689.394	5.380.125.000

1. Le tonnage kilométrique correspondant aux voyageurs se calcule en multipliant le poids moyen du voyageur : 0t,07 par le nombre des voyageurs à 1 kilomètre ou parcours total des voyageurs (Rapport, tableau IX) C'est encore le produit du tonnage net des voyageurs par le parcours moyen d'un voyageur.
2. Voir les calculs des accessoires à l'appendice.
4. Le tonnage kilométrique net contenu dans les trains en transport de marchandises. (Rapport Tableau XVII), diminué du tonnage à 1 kilomètre des transports en service non taxés. (Livre vert, tableau 29). C'est encore le produit du tonnage net de petite vitesse par le parcours moyen de la tonne.

TABLEAU VIII. — Poids mort kilométrique. — Véhicules, Locomotives et tenders.

ANNÉES	VOYAGEURS	ACCESSOIRES	TRAFIC	VOYAGEURS	ACCESSOIRES	TRAFIC
	Voitures	G. V. Fourgons	P. V. Wagons	Locomotives	G. V. Locomotives	P. V. Locomotives
	1	2	3	4	5	6
	t. km	t. km	t. km	t. km	t. km	t. km
1900	2.297.840.000	824.750.000	3.344.790.000	1.678.340.000	611.390.000	1.331.260.000
1901	2.214.640.000	849.940.000	3.439.220.000	1.672.960.000	651.200.000	1.345.590.000
1902	2.281.810.000	880.710.000	3.659.690.000	1.695.100.000	665.020.000	1.372.400.000
1903	2.497.660.000	889.850.000	3.997.840.000	1.741.410.000	633.470.000	1.388.160.000
1904	2.489.830.000	908.140.000	3.948.560.000	1.736.310.000	647.430.000	1.357.130.000
1905	2.569.010.000	947.400.000	4.186.920.000	1.742.260.000	655.920.000	1.373.060.000
1906	2.674.750.000	984.420.000	4.340.990.000	1.770.020.000	666.520.000	1.442.390.000
1907	2.860.010.000	1.028.320.000	4.579.030.000	1.864.500.000	686.230.000	1.522.980.000
1908	2.944.240.000	1.070.180.000	5.044.230.000	1.928.330.000	716.470.000	1.520.150.000
1909	3.031.740.000	1.102.790.000	5.506.190.000	1.947.450.000	724.780.000	1.552.710.000
1910	3.135.970.000	1.156.030.000	5.698.290.000	1.961.330.000	739.050.000	1.566.520.000
1911	3.266.070.000	1.176.140.000	6.396.980.000	2.011.850.000	740.740.000	1.717.910.000
1912	3.519.630.000	1.198.820.000	6.896.740.000	2.101.160.000	734.200.000	1.773.840.000
1913	3.584.600.000	1.227.380.000	7.461.950.000	2.150.960.000	752.930.000	1.876.790.000

Le poids mort kilométrique d'une catégorie de véhicules est le produit du poids unitaire moyen d'un véhicule par le parcours total des véhicules de cette catégorie.

1. Voitures à voyageurs. On relève au Livre vert les poids unitaires moyens des 4 types de véhicules et les parcours correspondants (tableaux 22 et 25). On calcule le poids mort kilométrique correspondant à ces données. Le poids mort kilométrique correspondant aux données du Rapport sera égal au poids mort kilométrique calculé d'après le Livre vert multiplié par le rapport du Parcours total publié au Rapport au parcours total publié au Livre vert. (Rapport : Tableau XV : Composition des trains ; Tableau XVIII : Travail des voitures.)

2. Fourgons à accessoires GV. Produit du poids unitaire moyen des fourgons (Livre vert tableau 22) par leur parcours total calculé d'après le Rapport. (Tableaux XV et XVIII).

3. Wagons de petite vitesse. Produit du poids unitaire moyen des wagons (Livre vert, tableau 22) par leur parcours total (Rapport, tableaux XV et XVIII). Voir à l'appendice le mode de calcul des parcours des véhicules.

Poids mort kilométrique des locomotives et tenders.

4-5-6. Produit du poids unitaire moyen en ordre de marche, valeur adoptée 75 tonnes, par le parcours des trains de chaque catégorie de transports, voir au tableau XIII ci-dessous.

TABLEAU IX. — Tonnage kilométrique brut remorqué.

ANNÉES	VOYAGEURS	ACCESSOIRES G. V.	TRAFIC G. V.	TRAFIC P. V.	TOTAL
	1	2	3 = 1 + 2	4	5 = 1 + 2 + 4
	t km.	t km.	t km.	t km.	t km.
1900	2.426.950.000	884.110.000	3.311.060.000	5.530.170.000	8.841.230.000
1901	2.332.630.000	907.990.000	3.240.620.000	5.513.110.000	8.753.730.000
1902	2.401.590.000	942.190.000	3.343.780.000	5.800.330.000	9.144.110.000
1903	2.624.230.000	954.620.000	3.578.850.000	6.293.310.000	9.872.160.000
1904	2.618.630.000	976.410.000	3.595.040.000	6.374.600.000	9.969.640.000
1905	2.701.230.000	1.016.950.000	3.718.180.000	6.822.610.000	10.540.790.000
1906	2.812.510.000	1.059.080.000	3.871.590.000	7.182.860.000	11.054.450.000
1907	3.004.180.000	1.105.690.000	4.109.870.000	7.765.670.000	11.875.540.000
1908	3.093.190.000	1.149.280.000	4.242.470.000	8.281.530.000	12.524.000.000
1909	3.187.530.000	1.186.290.000	4.373.820.000	9.117.620.000	13.491.440.000
1910	3.297.490.000	1.242.530.000	4.540.020.000	9.561.050.000	14.101.070.000
1911	3.434.410.000	1.264.510.000	4.698.920.000	10.771.740.000	15.470.660.000
1912	3.693.360.000	1.290.570.000	4.983.930.000	11.574.930.000	16.558.860.000
1913	3.774.980.000	1.321.430.000	5.096.410.000	12.557.640.000	17.654.050.000

Le tonnage kilométrique remorqué est la somme du tonnage kilométrique net (ci-dessus, tableau VII) et du poids mort kilométrique des véhicules (ci-dessus, tableau VIII)

TABLEAU X. — Tonnage kilométrique brut total du trafic.

ANNÉES	VOYAGEURS	ACCESSOIRES G. V.	TRAFIC G. V.	TRAFIC P. V.	TOTAL
	1	2	1 + 2 = 3	4	5 = 1 + 2 + 4
	t km.	t km.	t km.	t km.	t km.
1900	4.105.290.000	1.495.500.000	5.600.790.000	6.861.430.000	12.462.220.000
1901	4.005.590.000	1.559.190.000	5.564.780.000	6.858.700.000	12.423.480.000
1902	4.096.690.000	1.607.210.000	5.703.900.000	7.172.730.000	12.876.630.000
1903	4.365.640.000	1.588.090.000	5.953.730.000	7.681.470.000	13.635.200.000
1904	4.354.940.000	1.623.840.000	5.978.780.000	7.731.730.000	13.710.510.000
1905	4.443.490.000	1.672.870.000	6.116.360.000	8.195.670.000	14.312.030.000
1906	4.582.530.000	1.725.600.000	6.308.130.000	8.625.250.000	14.933.380.000
1907	4.868.680.000	1.791.920.000	6.660.600.000	9.288.650.000	15.949.250.000
1908	5.021.520.000	1.865.750.000	6.887.270.000	9.801.680.000	16.688.950.000
1909	5.134.980.000	1.911.070.000	7.046.050.000	10.670.330.000	17.716.380.000
1910	5.258.820.000	1.981.580.000	7.240.400.000	11.127.570.000	18.367.970.000
1911	5.446.260.000	2.005.250.000	7.451.510.000	12.489.650.000	19.941.160.000
1912	5.794.520.000	2.024.770.000	7.819.290.000	13.348.770.000	21.168.060.000
1913	5.925.940.000	2.074.360.000	8.000.300.000	14.434.430.000	22.434.730.000

Le tonnage kilométrique brut total du trafic est la somme du tonnage kilométrique net (ci-dessus, tableau VII), et du poids mort kilométrique des véhicules, des locomotives et tenders (ci-dessus, tableau VIII), ou la somme du tonnage kilométrique brut remorqué (ci-dessus, tableau IX) et du poids mort kilométrique des locomotives et tenders (ci-dessus, tableau VIII).

TABLEAU XI. — Tonnage kilométrique brut. Hors trafic et ensemble. (Suite du Tableau X).

ANNÉES	TRAINS de ballastage et de matériaux	TRAFIC ET SERVICE	MACHINES haut le pied	TRAFIC ET HORS TRAFIC
	6	7 = 5 + 6	8	9 = 7 + 8
	t. km.	t. km.	t. km.	t. km.
1900	124.940.000	12.587.160.000	367.140.000	12.954.300.000
1901	105.990.000	12.529.470.000	359.320.000	12.888.790.000
1902	112.150.000	13.988.780.000	357.550.000	14.346.330.000
1903	95.910.000	13.731.110.000	359.640.000	14.090.750.000
1904	111.870.000	13.822.380.000	357.390.000	14.179.770.000
1905	161.450.000	14.473.480.000	385.070.000	14.858.550.000
1906	208.670.000	15.142.050.000	436.210.000	15.578.260.000
1907	217.600.000	16.166.850.000	503.760.000	16.670.610.000
1908	181.420.000	16.870.370.000	522.180.000	17.392.550.000
1909	169.330.000	17.885.710.000	522.280.000	18.407.990.000
1910	196.690.000	18.564.660.000	553.060.000	19.117.720.000
1911	264.080.000	20.205.240.000	611.210.000	20.816.450.000
1912	278.720.000	21.446.780.000	640.320.000	22.087.100.000
1913	304.220.000	22.738.950.000	678.910.000	23.417.860.000

6. Produit du poids moyen du train de PV [quotient du tonnage kilométrique brut (tableau X) par le parcours des trains de PV (tableau XIII)] par le parcours des trains de ballastage et matériaux (tableau XIV).

8. Produit du poids moyen d'une machine par le parcours des machines haut le pied (voir ci-dessous, tableau XIV).

TABLEAU XII. — Nombre des expéditions kilométriques.

ANNÉES	VOYAGEURS	ACCESSOIRES G. V.	TRAFIC G. V.	TRAFIC P. V.	TOTAL
	1	2	1 + 2 = 3	4	1 + 2 + 4 = 5
1900	1.844.485.175	3.924.310.000	5.768.790.000	823.440.000	6.592.230.000
1901	1.685.624.533	3.985.540.000	5.671.170.000	836.010.000	6.507.180.000
1902	1.711.205.497	4.180.410.000	5.891.620.000	868.060.000	6.757.680.000
1903	1.808.090.283	4.469.580.000	6.277.670.000	848.060.000	7.125.730.000
1904	1.839.967.045	4.664.200.000	6.504.170.000	862.010.000	7.366.180.000
1905	1.888.902.680	4.750.790.000	6.639.690.000	951.340.000	7.591.030.000
1906	1.968.047.398	4.960.530.000	6.928.580.000	948.860.000	7.877.440.000
1907	2.059.626.005	5.076.320.000	7.135.950.000	981.300.000	8.117.250.000
1908	2.127.876.371	5.234.090.000	7.361.970.000	1.002.280.000	8.364.250.000
1909	2.225.538.741	5.505.430.000	7.730.970.000	980.750.000	8.711.720.000
1910	2.307.424.660	5.642.540.000	7.949.970.000	954.060.000	8.904.030.000
1911	2.404.917.134	5.615.350.000	8.020.270.000	979.920.000	9.000.190.000
1912	2.481.887.237	5.866.310.000	8.348.200.000	971.970.000	9.320.170.000
1913	2.719.783.412	5.876.000.000	8.595.780.000	971.970.000	9.567.750.000

1. Nombre de voyageurs à 1 kilomètre. Rapport. Tableaux IX et XVI.

2. Voir calculs à l'appendice.

3. Nombres d'expéditions des marchandises de PV et des accessoires de PV, dont la somme figure ci-dessus (tableau VI) multipliés par les parcours moyens de la tonne correspondants (quotient du tonnage kilométrique net par le tonnage net) En admettant l'égalité du parcours moyen de la tonne et de l'expédition.

TABLEAU XIII. — *Parcours des trains du trafic.*

ANNÉES	VOYAGEURS	ACCESSOIRES G. V.	TRAFIC G. V.	TRAFIC P. V.	TOTAL
	1	2	3 + 2 = 3	4	5 = 1 + 2 + 4
	km	km.	km.	km.	km
1900	22.377.901	8.151.928	30.529.829	17.750.103	48.279.932
1901	22.306.138	8.682.769	30.988.907	17.941.127	48.930.034
1902	22.601.343	8.866.946	31.468.289	18.298.608	49.766.897
1903	23.218.796	8.446.290	31.665.086	18.508.916	50.174.002
1904	23.150.914	8.632.321	31.783.235	18.095.166	49.878.401
1905	23.230.213	8.745.625	31.975.838	18.307.472	50.283.310
1906	23.600.333	8.886.956	32.487.289	19.231.824	51.719.113
1907	24.859.970	9.149.716	34.009.686	20.306.461	54.316.147
1908	25.711.029	9.552.959	35.263.988	20.268.712	55.532.700
1909	25.966.162	9.663.726	35.629.888	20.702.723	56.332.611
1910	26.151.085	9.854.028	36.005.113	20.886.952	56.892.065
1911	26.824.733	9.876.559	36.701.292	22.905.421	59.606.713
1912	28.015.475	9.789.405	37.804.880	23.651.092	61.455.972
1913	28.679.469	10.039.189	38.718.658	25.023.802	63.742.460

Relevés au Rapport, Tableaux VI et XV

Le parcours des trains mixtes sera réparti entre GV et PV proportionnellement aux parcours des véhicules dans ces trains (tableau XV du Rapport).

3. Trains de grande vitesse : comprendra les parcours des trains rapides et express, omnibus, spéciaux, messageries (Rapport, tableau VI) et partie des trains mixtes calculée ci-dessus.

Le parcours des trains de GV sera réparti entre les voyageurs et les accessoires proportionnellement aux tonnages kilométriques bruts remorqués (voir ci-dessus tableau IX). Cette répartition implique précisément l'égalité du poids moyen des trains de GV.

4. Le parcours des trains de PV comprendra : le parcours des trains de marchandises (Rapport, tableau VI) et la part calculée du parcours des trains mixtes.

TABLEAU XIV. — *Parcours des trains de service et Locomotives*

ANNÉES	TRAINS de ballastage et de matériaux	TRAFIC ET SERVICE ensemble	PARCOURS TOTAL des locomotives	MACHINES haut le pied
	6	7 = 5 + 6	8	9 = 8 - 7
	km.	km.	km.	km
1900	323.688	48.603.620	55.946.261	7.342.641
1901	277.452	49.207.486	56.393.911	7.186.425
1902	286.089	50.052.986	57.204.064	7.151.078
1903	231.097	50.405.099	57.597.962	7.192.863
1904	261.982	50.140.383	57.288.345	7.147.962
1905	360.381	50.643.691	58.345.174	7.701.483
1906	465.776	52.184.889	60.909.185	8.724.296
1907	476.148	54.792.295	64.867.448	10.075.153
1908	375.603	55.908.303	66.351.903	10.443.600
1909	328.788	56.661.399	67.107.064	10.445.665
1910	369.725	57.261.790	68.322.935	11.061.145
1911	484.547	60.091.260	72.315.408	12.224.148
1912	494.183	61.950.155	74.756.646	12.806.491
1913	528.152	64.270.612	77.848.842	13.578.230

6. Parcours relevé au Rapport (tableau VI).

8. Parcours relevé au Rapport (tableau XIV).

Travail mécanique

Le travail mécanique correspondant à un transport sur une voie ferrée est le produit de l'effort de traction nécessaire pour l'effectuer par le parcours pendant lequel doit s'exercer cet effort.

L'effort de traction est déterminé par l'ensemble des résistances variables qu'il faut vaincre pour mettre un véhicule en mouvement sur la voie ferrée. Ces résistances sont de deux sortes :

1^o Résistance propre du train comprenant :

La résistance due au glissement de la fusée de l'essieu dans le coussinet de la boîte à graisse.

La résistance due au roulement du bandage sur le rail.

La résistance due à l'influence de l'air et du vent.

2^o Résistances dépendant du tracé des lignes.

Résistances dues aux déclivités, aux courbes, aux obstacles accidentels.

Résistance propre du train.

Résistance des véhicules : Différentes formules ont été établies dans le but de grouper les résistances constituant la résistance propre du train. Nous citerons celles de W. Harding, de la Compagnie de l'Est ⁽¹⁾, la formule de la Compagnie d'Orléans ⁽²⁾, celle de l'ingénieur autrichien Fink ; et plus récemment celles de Schmidt ⁽³⁾.

Ces formules donnant la résistance au roulement en palier et en alignement droit sont généralement de la forme

$$R = a + bV^2$$

R : résistance en kg. par tonne.

V : vitesse en km. à l'heure.

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 1867, p. 707. — Expériences de MM. Vuillemin, Ghébard et Dieudonné.

(2) *Bulletin des Ingénieurs civils*, 1868. — Cette formule résulte des expériences faites de 1857 à 1866 par M. C. POLONCEAU puis continuées par M. FORQUENOT.

(3) EDWARD C. SCHMIDT : Freight train resistance, its relation to car weight, *University of Illinois Bulletin*, 30 mai 1910, n^o 43.

Des nombreux essais effectués, il résulte que les variations des résultats sont dues :

- Aux : Conditions hygrométriques et de température ;
- Vitesse et direction du vent ;
- Genre des voitures composant le train ;
- Position des voitures chargées dans le train ;
- Défauts dans l'équipement du train ;
- Poids moyen des voitures dans le train.

Ce type de formule est en effet le plus naturel, car les diverses résistances partielles sont pour la plupart proportionnelles à V^2 et non à V . Nous adopterons la formule d'Orléans qui paraît donner des résultats se rapprochant assez exactement de la pratique ⁽¹⁾.

$$R = 1,50 + \frac{V^2}{1100}$$

Résistance totale des trains en palier et alignement droit.

A la résistance des véhicules il faut ajouter celle de la machine et du tender se composant :

1^o Résistance de la machine et de son tender considérés comme étant de simples véhicules, calculée par la formule ci-dessus.

2^o Résistance due aux frottements du mécanisme, la machine roulant à vide. Résistance due aux frottements additionnels, résultant de la pression de la vapeur.

La Compagnie d'Orléans prend pour chiffres de ces résistances propres de la machine :

- Machines à roues libres : 12 kg. par tonne.
- Machines à 4 roues accouplées : 15 kg. par tonne.
- Machines à 6 roues accouplées : 18 kg. par tonne.
- Machines à 8 et 10 roues accouplées : 20 kg. par tonne.

Lorsque le tender est séparé il doit être considéré comme un wagon et on applique au calcul de sa résistance la même formule que pour celle des wagons.

Résistances dues au tracé des lignes :

Résistance due aux rampes : on admet que chaque millimètre de rampe augmente la résistance de 1 kg. par tonne, c'est le travail nécessaire à l'élévation du train.

Résistance due aux courbes : en pratique on admet souvent les surcroîts de résistance suivants :

Rayon de la courbe	Augmentation de résistance par tonne
1.000 m	0 kg,30
500 m	1 kg,90
300 m	3 kg,00

(1) Agenda Dunod-Chemins de fer, par Pierre BLANC.

Application au calcul du travail mécanique. — Années 1900 à 1913 du trafic de la Compagnie de l'Est.

Le travail mécanique total annuel comprendra : le travail mécanique correspondant aux trains du trafic : \mathcal{E} . Le travail mécanique correspondant aux trains de service et aux machines haut le pied : \mathcal{E}' .

Travail mécanique correspondant aux trains du trafic : \mathcal{E} .

Résistance totale des trains :

La vitesse moyenne des trains n'est pas publiée par les statistiques qui ne donnent que leurs vitesses limites ; nous adopterons les suivantes :

45 kilomètres à l'heure pour les trains de GV
25 — — — — — PV

Dans ces conditions les résistances propres par tonne de trains seront respectivement en appliquant la formule.

$$R = 1,50 + \frac{V^2}{1100}$$

en GV $R_G = 1,50 + \frac{45^2}{1100} = 3 \text{ kg},34$

en PV $R_P = 1,50 + \frac{25^2}{1100} = 2 \text{ kg},06$

A ces résistances propres par tonne il faut ajouter les résistances dues aux rampes et aux courbes.

Il faudra connaître une valeur moyenne de la déclivité des lignes du réseau et de leur rayon de courbure. Nous admettrons une déclivité moyenne de 6mm. par mètre. En admettant l'égalité du trafic dans les deux sens de parcours, la moitié est effectuée sur rampe de 6 mm., l'autre moitié sur pente de 6 mm. La résistance propre des trains s'accroîtra donc de $1 \text{ kg.} \times 6 = 6 \text{ kg.}$ par tonne pour la moitié du trafic, ou en moyenne de 3 kg. par tonne de trains du trafic total.

Dans l'incertitude de données précises sur les courbes moyennes des lignes, nous négligerons les résistances supplémentaires dues aux courbes qui sont certainement inférieures en moyenne à 1 kg. par tonne de train ; nous sommes en droit de le faire, vu l'approximation forcément grossière de nos estimations.

La résistance : R' par tonne de trains y compris la locomotive et le tender considérés comme véhicules sera donc :

$$\begin{aligned} \text{en GV} & R'_G = 3 \text{ kg},34 + 3 \text{ kg} = 6 \text{ kg},34 \\ \text{en PV} & R'_P = 2 \text{ kg},06 + 3 \text{ kg} = 5 \text{ kg},06 \end{aligned}$$

Résistance propre des machines : r .

D'après le Rapport de la Compagnie de l'Est (année 1913), le type de machines le plus employé sur son réseau est la locomotive à 3 essieux couplés à tender séparé. Nous admettons donc une résistance propre par tonne du poids des machines seules de 18 kg.

En résumé le travail mécanique \mathcal{C} des trains du trafic comprend :

$$\begin{aligned} \mathcal{C}_1 &: \text{ Voyageurs.} \\ \mathcal{C}_2 &: \text{ Accessoires de Grande Vitesse.} \\ \mathcal{C}_3 &: \text{ Trafic de Petite Vitesse.} \\ \mathcal{C} &= \mathcal{C}_1 + \mathcal{C}_2 + \mathcal{C}_3 \end{aligned}$$

Soient : π_1 π_2 π_3 les tonnages kilométriques bruts totaux des 3 services y compris les machines et tenders.

m_1 m_2 m_3 les tonnages kilométriques bruts des machines seules, on aura

$$\begin{aligned} \mathcal{C}_1 &= (6 \text{ kg},34 \times \pi_1) + (18 \text{ kg} \times m_1) \\ \mathcal{C}_2 &= (6 \text{ kg},34 \times \pi_2) + (18 \text{ kg} \times m_2) \\ \mathcal{C}_3 &= (5 \text{ kg},06 \times \pi_3) + (18 \text{ kg} \times m_3) \end{aligned}$$

en général $\mathcal{C} = R'\pi + r m$

Travail mécanique correspondant aux trains de service et aux machines haut le pied : \mathcal{C}'

Le travail mécanique correspondant aux trains de service se calculera comme celui des trains de PV.

Le travail mécanique correspondant aux machines haut le pied, comme celui des trains de GV.

TABLEAUX,

TABLEAU XV. — Travail mécanique. — Voyageurs

ANNÉES	RÉSISTANCE propre des trains	RÉSISTANCE due aux rampes	RÉSISTANCE des machines	TOTAL
	1	2	3	4 = 1 + 2 + 3
	t. km.	t. km.	t. km.	t. km.
1900	13.711.700	12.315.900	20.140.100	46.167.700
1901	13.378.700	12.016.800	20.075.500	45.471.000
1902	13.682.900	12.290.100	20.311.200	46.311.200
1903	14.581.200	13.096.900	20.836.900	48.575.000
1904	14.545.500	13.064.800	20.835.800	48.446.100
1905	14.811.200	13.330.500	20.907.200	49.078.900
1906	15.305.600	13.747.600	21.240.300	50.293.500
1907	16.261.400	14.606.000	22.374.000	53.241.400
1908	16.771.900	15.064.600	23.139.900	51.976.400
1909	17.150.800	15.404.900	23.339.600	55.925.300
1910	17.564.400	15.778.500	23.533.000	56.875.900
1911	18.190.500	16.338.800	24.142.200	58.671.500
1912	19.353.700	17.383.600	25.213.900	61.951.200
1913	19.792.700	17.777.800	25.811.500	63.382.000

Les tonnages km bruts servant au calcul des résistances du train figurent au tableau X ci-dessus.

En ce qui concerne les résistances des machines, le tonnage km correspondant à adopter est les 2/3 du tonnage km des locomotives et tenders figurant au tableau VIII ci-dessus, la locomotive seule pesant 50 tonnes, le tender étant séparé n'a pas à entrer en ligne de compte.

TABLEAU XVI. — Travail mécanique. — Accessoires GV

ANNÉES	RÉSISTANCE propre des trains	RÉSISTANCE due aux rampes	RÉSISTANCE des machines	TOTAL
	1	2	3	4 = 1 + 2 + 3
	t. km.	t. km.	t. km.	t. km.
1900	4.995.000	4.486.500	7.336.700	16.818.200
1901	5.207.700	4.677.600	7.814.500	17.699.800
1902	5.368.100	4.821.600	7.980.300	18.170.000
1903	5.304.200	4.764.300	7.601.700	17.670.200
1904	5.423.600	4.871.500	7.769.100	18.064.200
1905	5.587.400	5.018.600	7.871.100	18.477.100
1906	5.763.500	5.176.800	7.998.300	18.938.600
1907	5.985.000	5.375.700	8.234.800	19.595.500
1908	6.231.600	5.597.200	8.597.700	20.426.500
1909	6.383.000	5.733.200	8.697.400	20.813.500
1910	6.618.500	5.944.800	8.868.600	21.431.900
1911	6.697.500	6.015.800	8.888.900	21.602.200
1912	6.762.700	6.074.300	8.810.500	21.647.500
1913	6.928.300	6.223.100	9.035.300	22.186.700

Mêmes références qu'au tableau XV.

TABLEAU XVII. — Travail mécanique P V.

ANNÉES	RÉSISTANCE	RÉSISTANCE	RÉSISTANCE	TOTAL
	propre des trains	due aux rampes	des machines	
	1	2	3	1 + 2 + 3 = 4
	t. km.	t. km.	t. km.	t. km.
1900	14.134.500	20.584.300	15.975.100	50.693.900
1901	14.128.900	20.576.100	16.147.000	50.852.000
1902	14.775.800	21.518.200	16.468.700	52.762.700
1903	15.823.900	23.044.400	16.658.000	55.526.300
1904	15.927.400	23.195.200	16.285.700	55.408.300
1905	16.883.100	24.587.000	16.476.700	57.946.800
1906	17.768.000	25.875.800	17.308.600	60.952.400
1907	19.134.600	27.866.000	18.275.800	65.276.400
1908	20.191.500	29.405.100	18.241.800	67.838.400
1909	21.980.900	32.011.000	18.632.400	72.624.300
1910	22.922.800	33.382.700	18.798.200	75.103.700
1911	25.728.700	37.468.900	20.614.900	83.812.500
1912	27.498.400	40.046.300	21.286.000	88.830.700
1913	29.734.900	43.303.300	22.521.400	95.559.600

Mêmes références qu'au tableau XV.

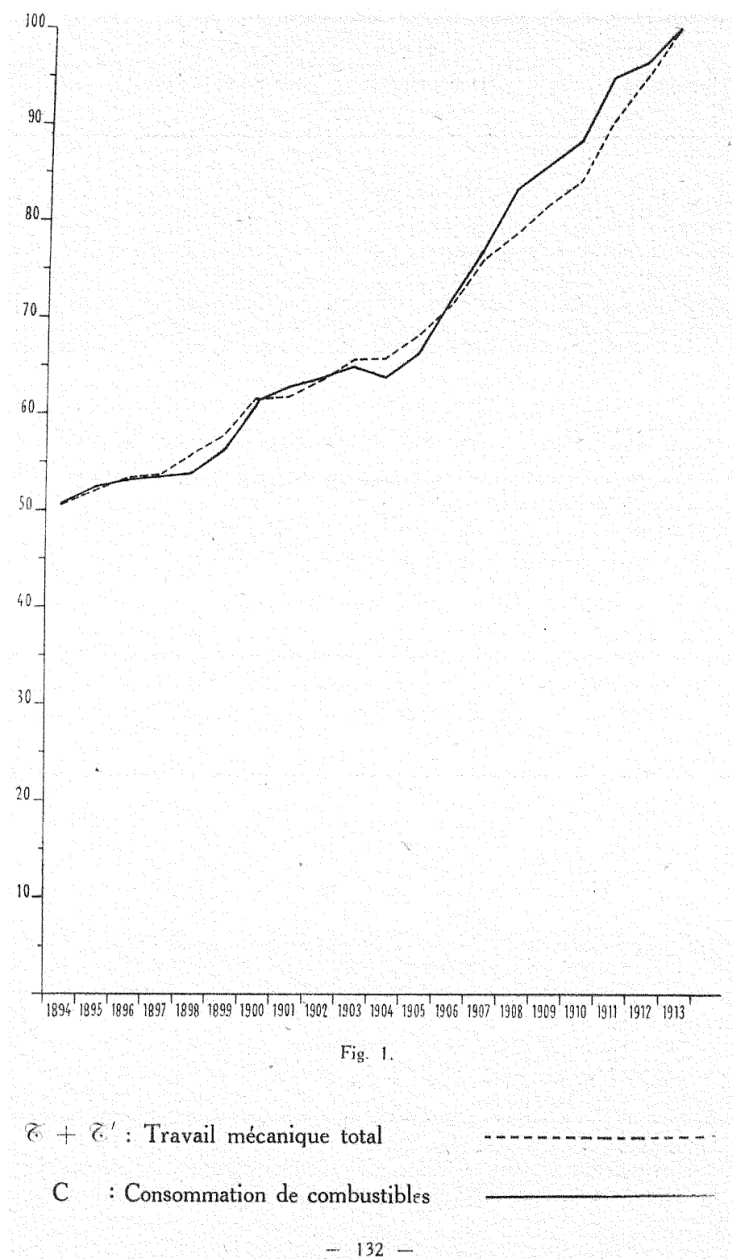
TABLEAU XVIII. — Travail mécanique. Ensemble

ANNÉES	Travail mécanique	TRAINS	MACHINES	ENSEMBLE	Consommation
	trafic	de	haut le pied	trafic	
	G V + P V	ballast et service	"	et hors trafic	de combustibles
	1	2	3	4 = 1 + 2 + 3	5
	t. km.	t. km.	t. km.	t. km.	t. km.
1900	113.679.800	923.500	8.936.000	123.539.300	587.578
1901	114.022.800	786.000	8.745.800	123.554.600	600.116
1902	117.246.900	824.900	8.702.900	126.774.700	607.852
1903	121.771.500	693.300	8.753.700	131.218.500	621.417
1904	121.918.600	801.800	8.699.100	131.419.500	608.721
1905	125.502.800	1.141.300	9.372.700	136.016.800	631.691
1906	130.184.500	1.475.100	10.617.500	142.277.100	685.544
1907	138.113.300	1.529.600	12.261.500	151.904.400	737.384
1908	143.241.300	1.256.000	12.709.800	157.207.100	794.942
1909	149.363.200	1.152.700	12.712.300	163.228.200	820.814
1910	153.412.500	1.328.000	13.461.400	168.201.900	845.147
1911	164.086.200	1.772.300	14.876.800	180.735.300	908.425
1912	172.429.400	1.855.100	15.585.500	189.870.000	923.313
1913	181.128.300	2.014.700	16.524.700	199.667.700	955.454

1. Somme des colonnes 4 des tableaux XV, XVI et XVII ci-dessus.

2 et 3. Calculés d'après les tonnages km bruts figurant au tableau XI.

5. Relevé au tableau XIII du Rapport.



Vérification du calcul du travail mécanique. — On sait que la consommation totale annuelle de combustibles doit être proportionnelle au travail mécanique qu'elle a servi à effectuer sauf bien entendu les variations de pouvoir calorifique des combustibles employés.

Nous avons relevé les chiffres du tonnage des combustibles consommés (tableau XVIII ci-dessus). En traçant le diagramme de cette consommation suivant les mêmes règles que ceux des éléments du trafic, comme nous allons maintenant les exposer, nous pourrions constater son accord presque complet avec celui du travail mécanique total (fig. 1). Nous avons dans cette coïncidence une vérification de notre calcul du travail mécanique que nous pourrions faire encore plus complète si la statistique indiquait la consommation spéciale à chaque service : Grande vitesse et Petite vitesse.

CHAPITRE III

ÉTUDE DES RELATIONS EXISTANT ENTRE LES DÉPENSES ET LES ÉLÉMENTS DU TRAFIC

I. Méthode employée. — II. Construction des diagrammes. — III. La comparaison des diagrammes des dépenses à ceux des éléments du trafic ne peut être faite directement. Corrections aux courbes des dépenses. — IV. Variations du prix des matières premières. — V. Variations du coût de la main d'œuvre. — VI. Les coefficients de trafic. — VII. Groupement des diagrammes corrigés des dépenses d'après leur comparaison avec les diagrammes des éléments du trafic. — VIII. Difficultés des comparaisons graphiques.

I. *Méthode employée.*

Nous emploierons pour cette étude les moyens que nous fournit la statistique graphique. Nous traduirons par des diagrammes les valeurs des dépenses et celles des éléments du trafic.

Il s'agit ici de comparer dans le cours du temps les mouvements de faits statistiques de natures différentes. Nous aurons donc à tracer des courbes dites de succession et pour permettre une comparaison légitime de ces courbes, il sera nécessaire d'adopter des règles uniformes pour leur construction et de prendre les précautions spéciales dans le choix des unités ⁽¹⁾.

Dans l'établissement des cartogrammes MM. Cheysson et Guerry ont employé une méthode dont le principal intérêt semble résider dans le fait que le choix des unités se trouve réglé d'après une convention uniforme indépendante de la nature caractéristique des faits considérés.

(1) LORDIER : *Economie Politique et Statistique*. — Statistique graphique pp. 546-563 ; 1 vol. in-8°, B. C. T. P., DUNOD, Paris 1914.

Pour qu'il en soit ainsi, quelle que soit la série de faits à représenter, l'unité doit être une même fonction des nombres de la série. Cette fonction sera de préférence très simple : ce pourrait être la valeur moyenne des termes de la série ou la valeur normale ou l'une des valeurs moyennes.

M. Cheysson a proposé de prendre pour unité la moyenne arithmétique, calculée en ayant égard au poids des observations, c'est-à-dire la moyenne arithmétique quantitative ou *basique*.

La même loi va pouvoir s'appliquer à la construction de nos diagrammes de distribution, mais ici il y a intérêt à en modifier légèrement la formule.

Au lieu de rapporter chaque ordonnée à l'ordonnée moyenne ou à la somme des ordonnées il est suffisant et plus rapide de les rapporter à l'une d'entre elles, par exemple à celle qui correspond à la dernière année d'observation. Soit μ la dernière ordonnée et M l'ordonnée moyenne, une ordonnée O quelconque, mesurée par rapport à cette moyenne sera égale à $\frac{O}{M}$, fraction que l'on peut écrire $\frac{O}{\mu} \times \frac{\mu}{M}$. La longueur de chaque ordonnée de la courbe rapportée à μ sera égale à l'ordonnée correspondante de la courbe rapportée à M , à un coefficient constant près.

Pratiquement on remplacera par 100 le chiffre correspondant à l'année choisie comme année de base, les autres seront remplacés par des nombres proportionnels.

Dans un but d'uniformité la longueur qui représente 100 aura un rapport fixe avec l'unité de temps. De cette façon les diagrammes seront tous comparables, quel que soit le nombre d'années auquel s'étendent les observations. En général pour représenter 100 en ordonnée, on choisit une longueur égale à celle qui représente trente ans sur l'axe des temps.

II. Construction des diagrammes.

Nous rapporterons toutes les ordonnées à celle de l'année 1913 pour laquelle nous adopterons la valeur 100, et nous calculerons les nombres proportionnels représentant les autres années pour chaque article ou parfois groupe d'articles de dépenses et pour les éléments du trafic.

Les valeurs des nombres proportionnels correspondants aux principaux éléments et dépenses sont publiées dans les tableaux suivants ⁽¹⁾.

(1) Nous ne reproduirons pas tous les diagrammes correspondants, nous choisirons seulement les plus caractéristiques que nous aura révélés leur comparaison détaillée.

TABLEAU XIX. — Dépenses. — Nombres proportionnels

DÉPENSES	ANNÉES													
	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913
Imputations	70,6	71,5	72,5	73,5	73,9	74,2	74,1	75,2	78,1	81,3	83,0	84,1	95,9	100,0
DÉPENSES D'EXPLOITATION														
Chap. I. Administration centrale														
Articles 1 + 2 + 3 + 4.	82,8	78,8	86,1	92,0	91,1	88,6	82,4	76,5	76,8	94,8	96,1	98,7	96,4	100,0
— 5.	32,1	32,2	33,6	35,0	35,2	35,5	40,1	41,9	43,7	46,8	48,6	69,9	92,6	100,0
— 6.	58,1	58,8	59,6	61,3	62,0	63,7	74,4	69,6	72,3	74,5	90,0	94,0	97,2	100,0
— 7.	66,9	64,6	69,1	71,1	69,8	71,1	66,5	66,1	65,6	80,7	89,4	88,6	93,0	100,0
— 8.	80,1	86,0	82,2	79,3	81,4	85,6	84,5	88,6	86,5	91,0	92,3	94,9	97,4	100,0
— 9.	93,2	93,4	94,2	95,1	95,2	95,1	96,0	96,8	98,0	98,7	99,1	99,7	100,0	100,0
— 10.	123,7	82,1	47,9	70,8	135,4	50,9	80,8	74,3	72,9	755,3	105,9	349,6	165,2	100,0
— 11.	51,2	39,6	32,0	63,0	48,1	35,4	55,2	53,2	53,3	48,0	45,1	50,0	86,2	100,0
— 12.	132,7	55,6	71,9	67,3	60,7	115,0	121,8	58,7	67,5	92,8	139,2	86,7	85,1	100,0
Chap. II. — Exploitation														
Articles 1 + 2 + 3 + 4.	76,9	77,3	72,3	72,8	74,1	73,8	74,8	78,5	79,9	82,8	84,9	90,1	93,9	100,0
— 5.	60,4	60,9	62,2	63,0	63,6	64,1	66,0	75,3	80,8	83,5	84,7	92,9	97,3	100,0
— 6.	45,7	45,7	46,7	47,7	48,1	50,1	55,1	62,3	65,3	66,1	69,3	74,3	83,1	100,0
— 7.	56,6	59,7	56,6	57,8	59,9	60,7	61,6	69,7	75,5	78,3	81,7	82,8	91,3	100,0
— 8.	54,2	56,9	54,7	56,1	55,5	56,6	61,3	70,5	75,0	76,8	89,0	89,0	94,4	100,0
— 9.	107,9	90,2	99,8	101,3	95,5	99,8	114,1	118,8	117,0	118,8	132,4	155,5	91,2	100,0
— 10.	62,6	61,5	64,9	65,3	65,3	66,0	71,0	80,9	82,6	83,6	84,1	92,8	96,3	100,0
— 11.	41,8	46,6	46,0	42,9	54,9	56,7	61,9	75,7	80,6	80,1	80,0	83,1	91,3	100,0
— 12.	78,3	73,5	72,5	70,9	72,7	71,8	78,9	88,2	86,1	86,9	84,6	88,2	98,2	100,0
— 13.	43,8	57,2	47,9	39,8	31,4	36,2	55,4	97,7	102,2	91,6	86,3	103,9	120,6	100,0
Chap. III. Matériel et Traction														
Articles 1 + 2 + 3 + 4.	67,0	66,1	71,2	72,9	73,0	72,6	72,7	65,0	68,0	84,4	91,1	91,6	94,6	100,0
— 5.	57,0	58,1	59,8	60,8	60,5	61,0	63,9	73,3	79,0	81,8	85,2	93,5	97,9	100,0
— 6.	47,0	52,7	52,5	52,0	51,6	53,8	62,3	70,1	79,8	80,8	80,5	87,3	89,4	100,0
— 7.	58,7	60,7	58,5	55,9	57,0	59,4	67,4	69,6	77,7	80,5	82,5	91,5	95,5	100,0
— 8.	36,5	38,7	37,4	39,4	45,5	39,6	43,7	54,5	65,5	74,9	83,3	78,2	90,7	100,0
— 9.	59,0	59,6	55,9	56,6	60,2	56,3	51,5	66,1	78,4	83,9	82,1	87,4	99,2	100,0
— 10.	38,3	38,5	40,6	41,2	40,9	41,0	43,0	44,4	55,3	64,3	65,2	77,5	84,9	100,0
— 11.	65,5	54,3	68,1	60,5	83,0	75,5	65,8	77,6	64,5	79,6	94,5	87,7	108,5	100,0
Chap. IV. — Voie														
Articles 1 + 2 + 3 + 4.	94,2	95,7	105,7	117,2	110,3	113,4	98,9	96,9	96,9	110,5	114,6	107,1	101,3	100,0
— 5.	79,7	77,7	78,9	85,8	85,6	85,9	79,9	81,4	85,6	95,2	97,0	100,0	100,3	100,0
— 6.	49,8	50,4	54,2	51,1	55,1	57,5	60,0	65,2	78,4	67,9	77,8	75,1	80,3	100,0
— 7.	53,3	53,4	57,2	60,4	60,7	63,8	65,4	76,3	79,9	80,6	85,6	91,6	99,7	100,0
— 8.	51,9	57,3	71,6	71,5	62,9	70,3	70,1	79,5	66,4	70,3	74,2	80,0	94,2	100,0
— 9.	66,1	75,9	72,8	62,9	67,9	66,3	68,9	70,4	80,8	83,0	84,3	103,6	101,9	100,0
— 10.	32,1	94,5	35,5	19,0	28,0	61,3	175,7	85,6	80,0	96,3	90,2	50,9	55,9	100,0
— 11.	72,5	69,3	68,3	64,3	66,0	68,4	70,1	78,0	83,1	82,4	81,8	88,9	93,5	100,0
— 12.	62,5	42,1	43,6	42,9	46,2	51,1	45,0	46,6	61,0	71,3	70,2	73,8	73,3	100,0

TABLEAU XX. — *Éléments du trafic. — Nombres proportionnels.*

ÉLÉMENTS DU TRAFIC	ANNÉES													
	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913
Tonnage net.	44,5	42,4	43,3	46,1	48,1	50,9	55,4	60,7	61,0	68,4	76,7	82,5	90,4	100,0
Tonnage brut remorqué.	46,3	46,3	48,9	53,2	53,8	56,8	60,0	64,5	68,2	73,2	77,5	84,8	92,8	100,0
Tonnage brut total.	51,9	52,3	54,7	58,3	58,6	61,2	64,3	68,7	71,9	76,0	79,8	86,3	93,4	100,0
Expéditions	71,3	70,0	71,2	73,0	74,4	76,6	79,2	82,3	84,1	86,8	90,6	92,1	96,4	100,0
Tonnage kilométr. net	44,1	41,8	43,1	46,2	48,7	52,7	56,7	63,3	64,4	71,6	76,4	86,0	91,9	100,0
Tonnage kilométr. brut remorqué	50,0	49,5	51,7	55,9	56,4	59,7	62,6	67,2	70,9	76,4	79,8	87,6	93,7	100,0
Tonnage kilométr. brut (ensemble).	55,5	55,3	57,4	60,7	61,1	63,6	66,5	71,0	74,3	78,9	81,8	88,8	94,3	100,0
Expéditions kilométr.	68,9	68,0	70,6	74,4	77,0	79,3	82,3	84,8	87,4	91,0	93,0	94,0	97,4	100,0
Parcours des trains (ensemble).	75,6	76,6	77,9	78,4	78,0	78,8	81,2	85,3	87,0	88,2	89,1	93,5	96,4	100,0
Travail mécanique (ensemble).	61,8	61,8	63,5	65,7	65,8	68,1	71,2	76,0	78,7	81,7	84,2	90,5	95,1	100,0
Combustibles (Consommation).	61,5	62,8	63,6	65,0	63,7	66,1	71,7	77,1	83,2	85,9	88,4	95,0	96,6	100,0

III. *La comparaison des diagrammes des dépenses à ceux des éléments du trafic ne peut être faite directement. — Corrections aux courbes des dépenses.*

Nous avons vu plus haut que des facteurs étrangers au trafic pouvaient encore faire varier les dépenses, et en particulier, au cours du temps les conditions économiques. C'est le cas ici, les variations des conditions économiques viennent cacher le jeu des proportionnalités.

En effet, si on essaie de comparer les diagrammes des dépenses tels qu'ils viennent d'être établis, on remarque qu'un grand nombre d'entre eux, ont une amplitude plus étendue, ou autrement dit que les dépenses semblent s'accroître bien plus rapidement que tous les éléments du trafic ; c'est là l'indice que ces dépenses sont soumises à l'influence d'autres facteurs extérieurs au trafic, influence que nous allons étudier ci-dessous.

De plus en comparant entre eux les diagrammes des dépenses, on retrouve les traces de modifications brusques dans leur groupement ; on a l'indice de modifications du cadre du personnel qui doivent nécessairement se produire de temps à autre quand l'importance du trafic franchit certains échelons. On retrouve les traces de certaines crises politiques, de l'application de lois sociales (repos hebdomadaire par exemple).

Afin de pouvoir corriger en quelque sorte les courbes des dépenses de l'influence des facteurs économiques, nous considérerons spécialement les plus importants d'entre eux (par. IV et V ci-dessous.)

IV. Variations du prix des matières premières.

Nous nous rendrons compte d'une manière approchée de l'importance de ce facteur en étudiant les variations de prix de revient des combustibles. Le quotient de la dépense annuelle de combustibles (ci-dessus TABLEAU I, Ch. III, art. 6) par la consommation correspondante (ci-dessus TABLEAU XVIII) sera le prix de revient moyen annuel de la tonne de combustibles. Nous en tracerons la courbe de variations suivant les règles adoptées pour la construction de nos diagrammes.

TABLEAU XXI

ANNÉES.	PRIX MOYEN de la tonne de combustible	NOMBRES proportionnels	ANNÉES	PRIX MOYEN de la tonne de combustible	NOMBRES proportionnels
	francs				
1900	18,00	76,5	1907	21,39	90,9
1901	19,75	83,9	1908	22,59	96,0
1902	19,43	82,5	1909	22,13	94,0
1903	18,83	80,0	1910	21,41	91,0
1904	19,05	80,9	1911	21,60	91,8
1905	19,15	81,4	1912	21,77	92,5
1906	20,44	86,9	1913	23,53	100,0

Les nombres proportionnels annuels pourraient être pris comme valeurs approchées d'un coefficient à variations annuelles représentant l'influence des facteurs économiques sur le prix de revient des matières premières (fig. 2).

En particulier, en ce qui concerne les dépenses de combustibles on tiendra compte plus simplement de l'influence des facteurs économiques en étudiant les relations de la courbe de consommation de combustibles avec celles des éléments du trafic.

V. Variations du coût de la main-d'œuvre.

Pour nous rendre compte de l'importance de ce facteur nous étudierons les variations du salaire moyen annuel du personnel. Nous diviserons le total des dépenses du Personnel (voir ci-dessus, tableau I, somme des articles suivants. Ch. I, articles : 1 + 2 + 3. —



Ch. II, articles : 1 + 3 + 5 + 10. — Ch. III : articles 1 + 3 + 5. — Ch. IV articles 1 + 3 + 5 + 7) par l'effectif total du Personnel (relevé au Livre vert ⁽¹⁾ tableau 20).

Le résultat bien que peu précis nous donne d'intéressantes indications sur l'accroissement des salaires moyens.

TABLEAU XXII

ANNÉES	DÉPENSES TOTALES de personnel	EFFECTIF TOTAL du personnel	SALAIRE MOYEN	NOMBRES proportionnels
	1	2	3 = 1 : 2	4
	francs		francs	
1900	45.400.349,72	38.060	1.192,86	88,6
1901	45.484.927,23	38.603	1.178,27	87,5
1902	46.837.801,38	39.032	1.199,98	83,2
1903	47.996.945,31	38.795	1.237,19	91,9
1904	48.162.437,71	38.320	1.253,85	93,4
1905	48.667.347,32	39.152	1.243,63	92,4
1906	49.726.660,91	41.212	1.206,60	89,7
1907	55.496.822,03	45.189	1.228,10	91,2
1908	58.773.269,98	46.717	1.257,26	93,4
1909	61.163.579,28	47.577	1.285,57	95,5
1910	62.720.663,83	47.933	1.3.8,42	97,2
1911	67.935.641,41	51.471	1.319,88	98,1
1912	70.964.371,64	53.419	1.3.8,45	98,7
1913	72.782.554,00	54.104	1.345,23	100,0

En rapportant les salaires moyens annuels à celui de l'année 1913 prise comme année de base, on calcule les nombres proportionnels des autres années qui pourraient être pris comme coefficient représentant l'influence des facteurs économiques sur les salaires (fig. 2).

Plus simplement pour éliminer cette influence au lieu de comparer aux diagrammes des éléments du trafic, les diagrammes des dépenses de Personnel, on comparera ceux des Effectifs des Personnels correspondants que nous avons relevés ou calculés d'après le Livre Vert (tableau 20) et que nous reproduisons ci-dessous avec leurs nombres proportionnels servant à tracer les diagrammes.

(1) Le Rapport ne donne aucun renseignement à ce sujet.

TABLEAU XXIII. — *Effectifs de Personnel correspondant aux articles de dépenses.*
Nombres proportionnels.

ANNÉES	ADMINISTRATION	MOUVEMENT ET TRAFIC			TRACTION	VOIE ET BATIMENTS		
	centrale	SERVICE central	SERVICE des gares et stations	SERVICE des trains	et matériel	Ingénieurs Bureaux	Surveillance, entretien	
	—				—		(1)	
	Ensemble	Chap. II.	Chap. II.	Chap. II.	Ensemble	Chap. IV.	Chap. IV.	Chap. IV.
Chap. I.	Art. 1 + 2 + 3	Art. 5	Art. 10	Chap. III.	Art. 1 + 3	Art. 5	Art. 7	
1900	502	993	14.026	2.033	10.730	1 144	4.192	4.437
1901	511	997	14.279	2.046	10.732	1 146	4.257	4.635
1902	509	1.064	14.411	2.110	10.806	1 128	4 190	4 814
1903	503	1.053	14.553	2.142	10.819	1 115	4.071	4.536
1904	503	1.038	13 718	2.144	10.830	1 106	4.230	4.751
1905	504	1.068	13 710	2.191	11 142	1 099	4 322	5 086
1906	502	1.092	14.203	2.3 1	11 958	1 115	4 353	5 645
1907	496	1 139	15.682	2.505	13.086	1 133	4 479	6 639
1908	508	1 158	16.488	2.506	13 510	1 180	4.583	6 773
1909	515	1.181	16.722	2.550	13.858	1.225	4.925	6.601
1910	518	1 193	16.787	2.576	13 990	1.247	4.846	6.773
1911	511	1.241	17.931	2.668	15 075	1.412	5 144	7.459
1912	554	1.297	18.078	2.713	15 913	1 529	5.169	8 133
1913	557	1.316	18.434	2.783	16.270	1.575	5.098	8.071
1900	90,1	75,4	76,0	73,1	65,9	72,6	82,2	51,9
1901	91,7	75,7	77,4	73,5	65,9	72,7	83,5	57,4
1902	91,3	80,8	78,1	75,8	66,4	71,6	82,1	59,6
1903	90,3	80,2	78,9	76,9	66,5	70,7	79,8	53,2
1904	90,3	78,8	74,5	77,0	66,5	70,2	82,9	58,8
1905	90,5	81,1	74,5	78,7	68,4	69,7	81,8	63,0
1906	90,1	82,9	77,0	81,1	73,5	70,7	85,4	69,9
1907	89,0	83,5	85,0	90,0	80,4	73,8	87,8	82,2
1908	91,2	88,0	89,4	90,0	83,2	74,9	90,0	83,9
1909	92,4	89,7	90,7	91,6	85,1	77,7	96,6	81,7
1910	93,0	91,1	91,0	92,5	85,9	79,1	95,6	83,9
1911	97,1	94,3	97,2	95,8	92,6	89,6	100,9	92,4
1912	99,4	98,5	98,0	98,5	97,8	97,0	101,4	100,8
1913	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

(1) Effectif partagé entre l'entretien et la surveillance proportionnellement aux dépenses correspondantes.

VI. Les coefficients de trafic.

Nous avons distingué trois catégories de transport : voyageurs, accessoires de grande vitesse, trafic de petite vitesse. La valeur totale d'un élément de trafic sera la somme des trois parties correspondantes respectivement aux trois trafics ci-dessus. Les transports étant très différents il peut se faire que certains articles de dépenses ne s'appliquent pas à tous d'une manière uniforme, autrement dit il peut exister ce que nous appellerons des coefficients de trafic. Par exemple :

Le matériel roulant est spécial à chaque trafic, les frais d'entretien et de réparation des voitures sont différents de ceux des fourgons ou des wagons.

L'éclairage et le chauffage sont beaucoup plus dispendieux dans un train de voyageurs que dans un train de PV.

Certaines dépenses peuvent ne s'appliquer qu'à un ou deux trafics et non aux trois, dans ce cas on admettra un coefficient nul pour le ou les trafics ne participant pas à cette dépense.

Par coefficient de trafic nous entendrons un facteur multipliant chaque partie de l'élément de trafic proportionnellement auquel varie la dépense. Ces coefficients auront une valeur différente pour chaque trafic. On les déterminera empiriquement par des méthodes particulières en leur donnant les valeurs numériques les plus simples possibles ; ces valeurs étant entre elles dans le rapport des conditions unitaires propres à chaque trafic. Soit une dépense : D variant avec un élément du trafic : L somme de L_1 , L_2 , L_3 parts respectives des trois trafics.

Si nous reconnaissons que l'unité de L_1 doit coûter différemment de l'unité de L_2 et de L_3 , nous déterminerons un coefficient α ayant respectivement les valeurs α_1 , α_2 , α_3 et la dépense devra varier avec la somme

$$L \alpha = L_1 \alpha_1 + L_2 \alpha_2 + L_3 \alpha_3$$

les parts de chaque trafic devant être proportionnelles à

$$\frac{L_1 \alpha_1}{L \alpha}, \frac{L_2 \alpha_2}{L \alpha}, \frac{L_3 \alpha_3}{L \alpha}$$

dans le cas d'une valeur nulle, $\alpha_1 = 0$ par exemple, la dépense varierait avec la somme

$$L_2 \alpha_2 + L_3 \alpha_3 = L \alpha$$

les parts des trois trafics seraient respectivement proportionnelles à

$$0, \frac{L_2 \alpha_2}{L \alpha}, \frac{L_3 \alpha_3}{L \alpha}$$

En étudiant chaque article de dépenses nous verrons s'il y a lieu de considérer des coefficients de cette nature. Le cas n'est pas fréquent mais se présentera.

VII. Groupement des diagrammes corrigés des dépenses d'après leur comparaison avec les diagrammes des éléments du trafic.

Nous avons maintenant la possibilité de rechercher les relations existant entre les dépenses et les éléments du trafic après avoir éliminé l'influence des facteurs étrangers au trafic sur les dépenses et établi la notion de coefficient de trafic en ce qui concerne les éléments de trafic.

Nous comparerons successivement les diagrammes corrigés de chaque dépense ou ceux adoptés comme leur correspondant, aux diagrammes des éléments du trafic, après avoir mis à part quelques articles de dépenses qui ne sont en quelque sorte que la conséquence d'autres dépenses.

Cette comparaison va nous permettre de classer les diagrammes des dépenses en cinq groupes distincts suivant leurs correspondances à ceux des éléments du trafic.

1° *Diagrammes à variations très lentes ou très irrégulières* mais oscillant autour d'une ligne sensiblement horizontale d'ordonnée 100. Ce sont ceux des articles de dépenses indépendantes sensiblement des variations annuelles du trafic et du trafic lui-même.

Nous étudierons spécialement la question de leur répartition entre les différents trafics et nous verrons que les dépenses d'intérêts et d'amortissement obligatoires par leur nature sont à rattacher à ces dépenses d'exploitation indépendantes du trafic, bien qu'ayant une courbe à variation régulière.

2° *Diagrammes de dépenses se juxtaposant presque rigoureusement à un diagramme d'élément du trafic.* Dans ce cas on peut admettre la proportionnalité rigoureuse de la dépense à l'élément du trafic.

Les autres diagrammes sont d'allures plus complexes.

3° *Diagrammes ne suivant pas exactement celui d'un élément du trafic, mais ayant les mêmes caractéristiques, avec une amplitude réduite.* Les deux courbes s'écartent de plus en plus au fur et à mesure que l'on s'éloigne dans le temps de l'année de base, les cotes de la courbe de dépense restant toujours plus élevées que celles de la courbe de l'élément correspondant.

Ce décalage progressif est l'indice que la dépense doit comprendre deux parties : une partie fixe sensiblement indépendante des variations du trafic, une partie variant proportionnellement à un élément du trafic.

4^o *Diagrammes de dépenses ayant les points caractéristiques de deux ou de plusieurs diagrammes d'éléments du trafic.* Dans le cas d'une dépense variant avec deux éléments du trafic nous verrons en superposant les trois courbes à comparer, celle de la dépense s'intercaler entre les deux courbes des éléments.

Nous verrons comment nous avons pu partager approximativement de telles dépenses en deux ou plusieurs parts variant chacune proportionnellement à un élément du trafic.

5^o Il se présente encore un cas plus complexe, dans lequel la dépense doit comprendre en outre une part non constante mais ne variant pas directement avec le trafic.

VIII. *Difficultés des comparaisons graphiques.*

Pratiquement pour effectuer les comparaisons des diagrammes on en tracera des calques sur papier transparent ce qui permettra leur superposition rapide et variée.

Dans les cas complexes on ne peut demander à la méthode mathématique de donner seule la solution du partage des dépenses, il faut que l'expérience, la pratique comme l'avait fait exclusivement M. Baume, intervienne dans le choix des éléments essentiels à considérer.

« Le problème posé n'est donc pas un champ largement ouvert à des considérations abstraites. Il est beaucoup plus humble. Ce qui en fait la difficulté mais aussi l'intérêt c'est que sa solution, forcément liée aux faits observés, ne peut s'y assujettir étroitement. A côté de l'emploi de procédés précis, autant que possible, il reste donc une marge inévitable à des appréciations échappant à des règles fixes. » ⁽¹⁾.

En résumé, la comparaison ci-dessus est malaisée à réaliser, souvent fort délicate, et cela se comprend ; tout s'enchaîne et se lie intimement dans un organisme aussi complexe qu'une exploitation de chemins de fer. Les divers éléments du trafic agissent presque tous sur une dépense quelle qu'elle soit, directement ou indirectement. Ce que nous cherchons à déterminer par notre comparaison graphique ce sont les éléments essentiels influant directement sur une dépense déterminée. La méthode que nous employons si imparfaite qu'elle soit nous a conduit à des résultats intéressants nous le croyons.

(1) La prévision en statistique (à propos d'un travail de M. Corthell, ingénieur américain) par M. L. Vauthier. *Journal de la Société de statistique*, septembre 1901).

Serait-il possible d'exiger que la comptabilité classe et publie précisément les chiffres de dépenses suivant les relations qui existent entre elles et les éléments du trafic. L'expérience seule pourrait le dire ; nous croyons qu'elle pourrait tout au moins s'établir plus scientifiquement en faisant appel aux ressources qu'offre la statistique. Il serait nous semble-t-il assez aisé de partager certaines dépenses entre les différents trafics de GV et de PV ce qui faciliterait au moins le calcul des prix de revient moyens des unités de transport.

Bien plus, dans la publication actuelle des dépenses, l'uniformité de classement est-elle de règle ; nous savons que certaines dépenses ne sont pas partagées dans les mêmes chapitres par les diverses compagnies.

En particulier les dépenses de magasins sont tantôt rattachées au service du mouvement et trafic, tantôt au matériel et traction ; d'où il peut résulter des discordances importantes quant aux montants respectifs des dépenses des chapitres auxquels elles sont rattachées.

Les statistiques officielles ne nous éclairent pas sur ce point et nous ne pouvons à cause du manque de détails dans la classification des dépenses, obtenir une formule de répartition tout à fait exacte.

Nous n'avons cherché qu'à établir le type logique de la formule qui doit permettre de calculer les prix de revient des transports et qui puisse donner des renseignements pouvant aider à l'amélioration de l'exploitation.

C'est la pratique de la comptabilité nouvelle toute de statistique qui permettra de compléter de perfectionner, de modifier notre formule, si besoin s'en fait sentir. Nous tenons à exprimer ici, en terminant, nos vifs remerciements à M. Gustave Jolivet, ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur à la Régie générale de Chemins de fer et Travaux publics, qui nous a fourni de précieux renseignements concernant la pratique de la comptabilité des chemins de fer, qui nous ont permis de préciser certains points vagues des renseignements des statistiques officielles.

CHAPITRE IV

DÉTERMINATION DES PROPORTIONNALITÉS DES DÉPENSES AUX ÉLÉMENTS DU TRAFIC. — CATÉGORIES DE DÉPENSES ⁽¹⁾

- I. Dépenses d'intérêts et d'amortissement des frais de premier établissement. — II. Dépenses qui sont la conséquence d'autres dépenses. — III. Diagrammes ne correspondant pas à ceux des éléments du trafic. — IV. Diagrammes se rapportant exactement à ceux d'éléments du trafic. — V. Diagrammes de dépenses ayant les caractéristiques de celui d'un élément du trafic, avec amplitude progressivement réduite. — VI. Diagrammes de dépenses correspondant aux diagrammes de deux éléments du trafic. — VII. Diagrammes de dépenses variant avec un élément du trafic et une quantité indépendante du trafic. — VIII. Récapitulation des catégories de dépenses. — IX. Comparaison des répartitions des dépenses par les divers auteurs (Tableau).

I. Dépenses d'intérêts et d'amortissement des frais de premier établissement.

Nous avons vu que M. Baume et après lui M. Pereire ont considéré comme indispensable de faire entrer dans le calcul des prix de revient les dépenses d'intérêts et d'amortissement des capitaux engagés dans l'exploitation d'un chemin de fer. Nous ne reproduisons pas à nouveau les arguments décisifs qu'ils ont établi en faveur de cette manière de faire (voir ci-dessus pp. 6 et 68.)

Les compagnies font un compte tout à fait à part de ces dépenses et n'en tiennent pas compte dans le calcul des prix de revient. Ces dépenses sont en effet bien différentes des dépenses d'exploitation proprement dites : « Les intérêts du capital engagé sont à peu

(1) Voir (tableau I ci-dessus).

» près indépendants du chiffre d'affaires fait sur la ligne. Ces dépenses doivent être payées
» d'une manière ou d'une autre. » ⁽¹⁾

C'est une charge fixe en quelque sorte obligatoire, qui doit être payée avant toute chose, qui est fixée à l'avance chaque année au commencement de l'exercice. Bien entendu il ne faut comprendre dans ces dépenses, faisant partie du prix de revient que :

1^o l'intérêt et l'amortissement des obligations.

2^o l'intérêt et l'amortissement des actions.

Ce dernier intérêt étant celui qui doit être payé même si l'exploitation ne donne pas de bénéfice comme s'il s'agissait d'obligations. Ce sera en France le minimum garanti par l'Etat en vertu des conventions ; c'est bien ce qu'a d'ailleurs considéré M. Baume qui a mis à part le dividende. Ce dividende ne doit pas être compris dans le prix de revient car on arriverait alors au résultat absurde qu'un transport coûte plus, une année bénéficiaire qu'une année déficitaire.

Ces dépenses d'intérêts et d'amortissement qui formeront notre catégorie D_1 , étant indépendantes du trafic, ne devront pas être partagées entre les trois trafics proportionnellement aux parts respectives d'un élément du trafic. Il faudrait répartir D_1 entre les trafics suivant l'utilité des dépenses pour chacun d'eux (Tavernier, Considère, ci-dessus pp. 69 et 72.)

La seule répartition rationnelle et rigoureusement exacte de D_1 devrait être faite proportionnellement aux capitaux engagés dans le but d'assurer chaque service ; mais cela ne serait pas possible pour tous les capitaux, par exemple pour ceux engagés dans l'établissement des voies qui sont utilisées par tous les trafics ensemble.

Il nous a paru le plus légitime de considérer ces dépenses obligatoires comme un impôt sur les Recettes R , chaque trafic en supportera donc une part proportionnelle à sa recette. On pourra objecter que la recette est une conséquence des tarifs ; or le rôle d'une compagnie de chemins de fer est précisément d'assurer des transports, et on ne peut admettre *a priori* que les tarifs d'une telle exploitation sont mal établis.

De plus c'est grâce aux frais d'établissement qu'on a pu se procurer des recettes, c'est donc aux recettes à solder l'intérêt et l'amortissement de ces frais avant toute autre dépense.

Enfin, il est conforme aux principes économiques de prélever les frais fixes sur les recettes, car ainsi les recettes faibles payent une moins grande part de ces frais. Les tarifs bas sont appliqués aux marchandises de faible valeur par rapport à leur encombrement et

(1) Hadley. Railway transportations (loc cit.)

qui ne peuvent supporter des frais de transport, des tarifs élevés qui seraient en quelque sorte prohibitifs.

Dans la catégorie D_I nous ferons rentrer deux articles des dépenses d'exploitation :
Ch. V : Dépenses diverses.

Article 4 : Fonds fixes d'amortissement d'actions.

Article 5 : Timbres et frais de service des actions, qui se rattachent complètement par leur nature aux dépenses d'intérêts et d'amortissement et sont d'ailleurs classées comme telles par certaines compagnies.

TABLEAU

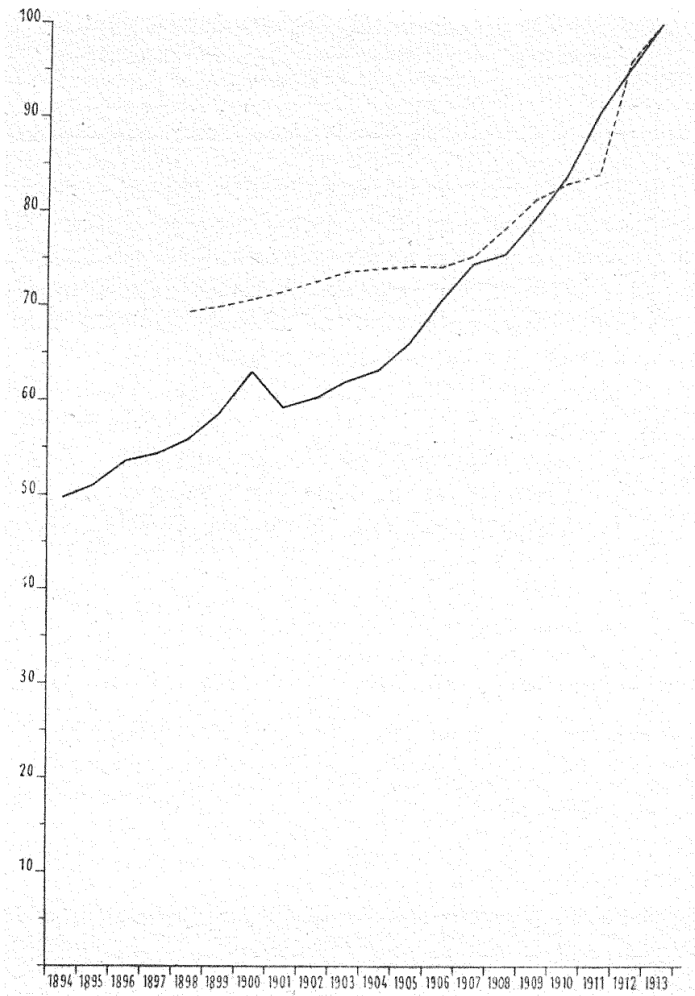


Fig. 3.

R : Recettes totales —————

D_T : Dépenses d'intérêts et d'amortissement - - - - -

TABLEAU XXIV. — Recettes (1)

ANNÉES	REPARTITION DES RECETTES TOTALES				NOMBRES proportionnels de 6
	VOYAGEURS	ACCESSOIRES G. V.	PERTE VITESSE		
1900	67.278.019, 14	17.327.519, 64	104.602.970, 03	189.207.908, 81	63,0
1901	59.232.258, 17	17.656.722, 64	100.991.098, 37	177.880.079, 18	59,2
1902	60.014.234, 87	18.753.523, 53	102.869.646, 18	181.637.404, 58	60,3
1903	61.959.680, 83	19.413.562, 72	105.725.992, 42	187.099.235, 97	62,1
1904	62.822.309, 67	20.313.131, 75	107.171.269, 88	190.306.714, 30	63,1
1905	64.223.605, 48	20.865.817, 32	114.316.160, 84	199.435.583, 64	66,2
1906	66.329.587, 68	22.405.492, 19	123.716.415, 57	212.481.495, 44	70,8
1907	68.249.692, 48	23.197.416, 06	132.569.974, 48	224.017.083, 02	74,7
1908	70.152.380, 66	23.499.745, 94	133.485.125, 88	227.197.252, 48	75,6
1909	72.631.114, 91	24.654.077, 41	142.156.433, 19	239.441.625, 51	79,7
1910	74.485.821, 33	25.757.285, 63	152.108.440, 44	252.351.517, 40	84,0
1911	77.377.870, 83	26.675.976, 58	167.755.732, 44	271.809.579, 85	89,4
1912	78.611.439, 24	27.450.433, 81	179.139.141, 18	285.201.014, 23	95,2
1913	84.071.954, 36	27.891.397, 86	188.058.228, 37	300.021.490, 59	100,0

Les recettes diverses ne provenant pas de l'application des tarifs comprennent :

- Produits du domaine
- Locations de terrains dans les gares
- Loyers des gares communes (solde créditeur)
- Locations de matériel (solde créditeur)
- Services extérieurs, subventions déduites (solde créditeur)
- Produits de placements de fonds disponibles
- Divers

On en attribue à chaque trafic une part proportionnelle aux autres recettes.

Il est assez curieux de remarquer précisément la coïncidence des courbes D_1 et R pendant la période 1907 à 1913 (fig. 3) et cette coïncidence ne doit pas être tout à fait fortuite. En effet, les tarifs étant supposés parfaitement établis, les recettes seront d'autant plus élevées que le trafic sera plus considérable, et l'augmentation d'importance du trafic

nécessitera précisément la construction de nouvelles voies, de nouveaux bâtiments, des achats de matériel supplémentaire, soit de nouvelles dépenses d'établissement qui entraîneront une augmentation graduelle des charges d'intérêts annuels.

II. *Dépenses qui sont la conséquence d'autres dépenses :*

Parmi les dépenses d'Administration centrale, les articles suivants ne sont en quelque sorte que la conséquence des Dépenses d'exploitation.

- 5 : Caisse de retraite, de secours et de prévoyance.
- 6 : Secours, allocations diverses, etc.
- 7 : Service médical.
- 8 : Indemnités pour accidents.

(1) Voir Rapport : Tableau III et Comptes d'exploitation des lignes en exploitation complète.

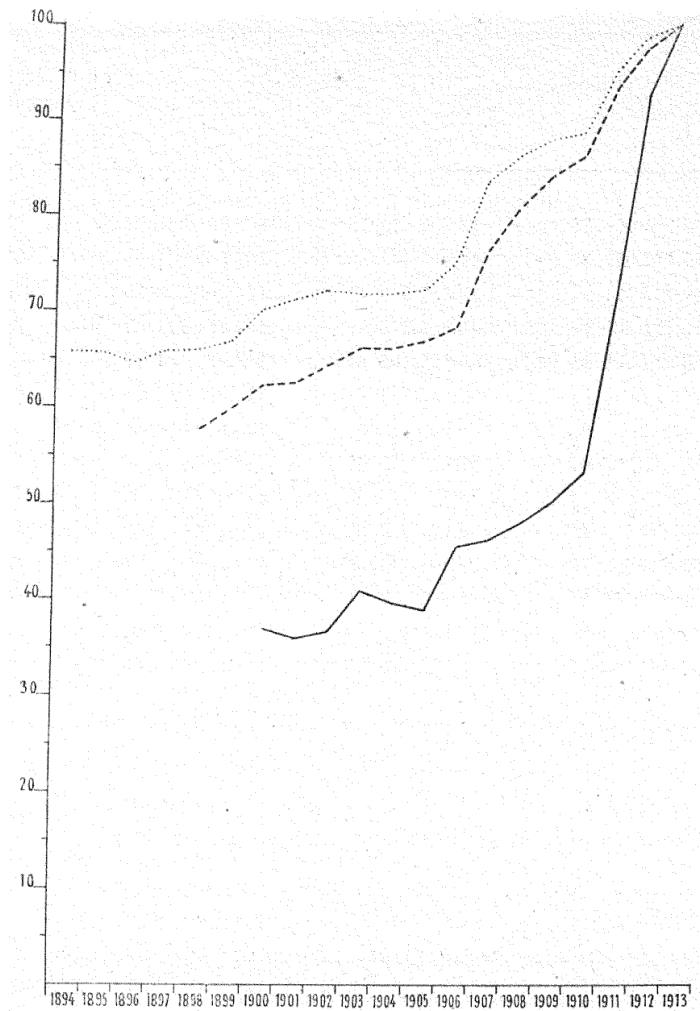


Fig. 4.

Dépenses totales de Personnel - - - - -

Dépenses patronales —————

Effectif total du Personnel

Ce sont des dépenses patronales (fig. 4) qui s'appliquent au Personnel, qui se sont particulièrement développées depuis la mise en vigueur des lois sociales de réglementation du travail.

En dehors de ces influences économiques, ces dépenses sont en quelque sorte pour une année donnée, une augmentation des dépenses de personnel. On les répartira entre les dépenses des Personnels des différents chapitres.

III. Diagrammes ne correspondant pas à ceux des éléments du trafic.

Courbes à variations très faibles ou très accidentées mais oscillant autour d'une ligne sensiblement horizontale d'ordonnée 100. Les articles de dépenses suivants sont à classer dans cette catégorie :

Ch. I : Administration centrale et dépenses diverses.		Articles
Jetons de présence, traitements ⁽¹⁾ , gratifications et primes.	Conseil.	1
	Directeur, sous-directeur, Ingénieurs, adjoints à la direction, secrétariat	2
	Services généraux.	3
Frais de bureau et divers, Conseil, direction, services généraux.		4
Contributions		8
Frais de contrôle.		9
Assurances et indemnités pour sinistres.		10
Divers (loyers, frais judiciaires, etc.)		12
Ch. IV. — Voie.		
Services centraux	Personnel.	1
	Frais de bureau et divers.	2
Services régionaux.	Personnel.	3
	Frais de bureau et divers	4

Les effectifs de Personnel correspondant à ces services sont sensiblement constants, certaines de ces dépenses sont presque invariables.

Dans chaque service les frais de bureau et divers sont à considérer comme variant avec le personnel et on doit admettre *a priori* pour eux les mêmes proportionnalités.

(1) Le personnel des bureaux est resté sensiblement constant autour du nombre 397, seul l'effectif du personnel dirigeant, et celui des gens de service a un peu augmenté.



Fig. 5.

Frais de contrôle ————
 R : Recettes totales —————
 Effectif du Personnel central
 — 154 —

Enfin

Ch. V — Dépenses diverses.

	Articles
Intérêts des approvisionnements.	3
Divers	5

ces articles ne sont pas représentés pendant la période étudiée mais sont de même nature que les précédentes dépenses.

Toutes ces dépenses sont en quelque sorte indispensables presque au même titre que les D_I , que le trafic soit plus ou moins important au cours d'un certain nombre d'années la compagnie conserve sa direction et son conseil d'administration. Nous les préleverons également sur les Recettes (fig. 5).

Ces dépenses sont indépendantes des variations annuelles régulières du trafic, il faut les considérer comme constantes pendant un certain nombre d'années. Mais elles sont susceptibles d'augmenter ou de diminuer brusquement lorsque le trafic franchira une certaine étape d'importance qui doit nécessiter un élargissement ou une réduction des cadres de tous les services.

Ces dépenses vont former la partie principale d'une catégorie D_R , obligatoire et indépendante du trafic comme D_I . Cette catégorie comprendra encore des parts de dépenses extraites d'articles dont les diagrammes appartiennent aux groupes 3 et 4 que nous allons bientôt étudier.

IV. *Diagrammes se rapportant exactement à ceux d'éléments de trafic.* Ils détermineront 4 nouvelles catégories de dépenses.

1° Le diagramme de la dépense: Manœuvres par chevaux et machines (Art. 6 du Ch. de l'Exploitation, gares et bureaux des villes) se rapporte au diagramme du tonnage brut remorqué: S . Cette dépense constituera une nouvelle catégorie D_S (fig. 6).

2° La dépense d'éclairage et de chauffage des trains varie avec le parcours des trains L multiplié par un coefficient de trafic α , car l'éclairage et le chauffage s'appliquent pour la plus grande part aux trains de voyageurs

D'après quelques renseignements qui nous ont été donnés par un technicien autorisé nous adopterons les valeurs suivantes du coefficient α .

Voyageurs: $\alpha_1 = 50$.

Accessoires GV: $\alpha_2 = 10$.

Petite vitesse: $\alpha_3 = 1$.

Cette dépense forme la catégorie de dépenses D_L .



Fig. 6.

Dépenses D_s -----
 S : Tonnage brut remorqué —————

Des modifications importantes dans les modes de chauffage et d'éclairage ont entraîné des variations dans cette dépense qui font que l'accord du diagramme n'est pas réalisé.

3° Les Indemnités pour pertes, retards et avaries (Art. 13, Exploitation) ne s'appliquent qu'aux trafics des Accessoires de GV, et de la Petite Vitesse. Elles doivent varier avec le nombre et le parcours des envois et la valeur des matières transportées. Nous admettrons donc qu'elles sont proportionnelles au nombre des expéditions kilométriques : N multiplié par un coefficient β représentant la valeur de la marchandise. Ces coefficients devraient être proportionnels à la valeur moyenne de l'expédition de chaque service, n'ayant aucun élément pour la déterminer nous adopterons une même valeur pour les coefficients β_2 et β_3 . Si d'une manière générale les marchandises transportées en GV ont, sous un moindre volume, une valeur bien plus élevée que les marchandises de PV, les expéditions en PV ont un poids moyen beaucoup plus considérable. Si elles s'égareront moins facilement que les petits colis de GV, elles sont plus sujettes à s'avarier en restant longtemps en route.

Nous adopterons donc les valeurs de β

$$\beta_1 = 0 \quad \beta_2 = 1 \quad \beta_3 = 1$$

Nous aurons une nouvelle catégorie de Dépenses $D_{N\beta}$.

4° Diagrammes des dépenses semblables à celui du travail mécanique.

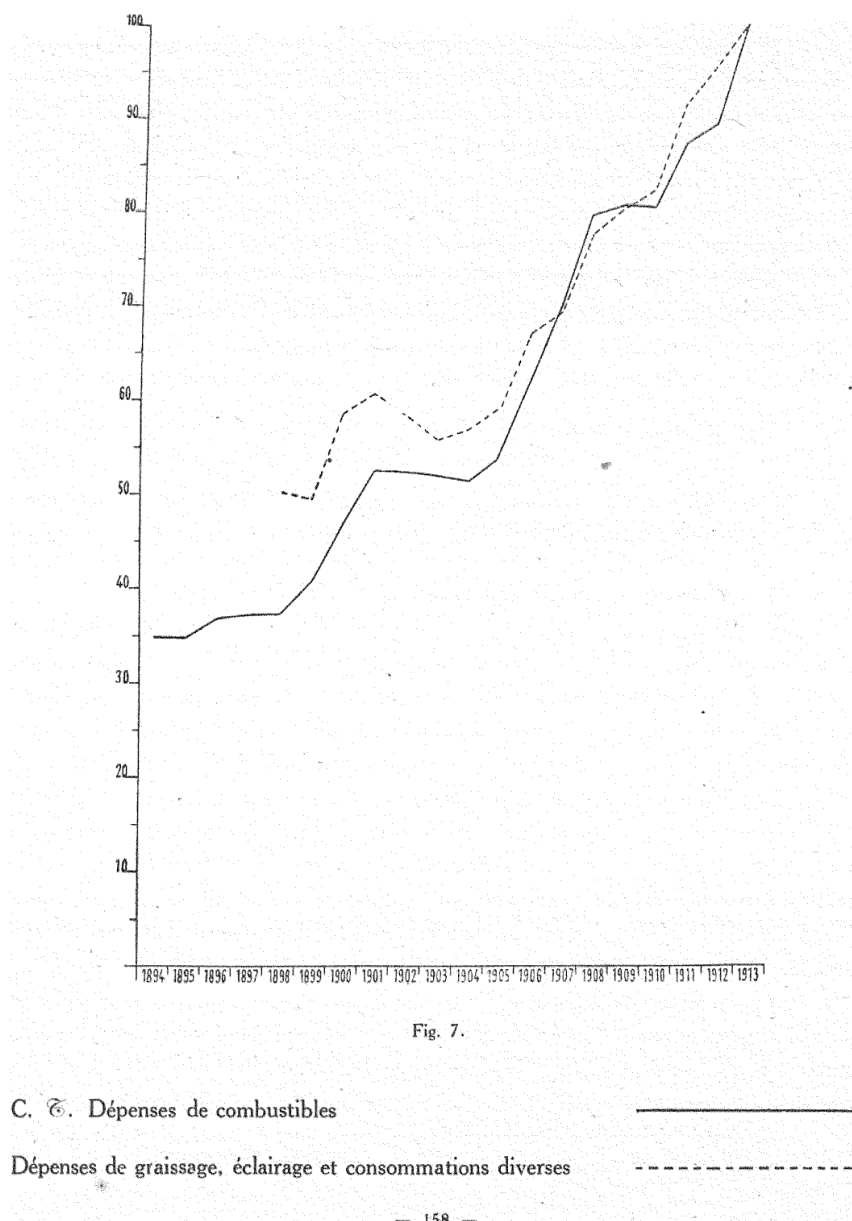
C'est un fait d'expérience que la consommation de combustibles doit être presque rigoureusement proportionnelle au travail mécanique : \mathcal{C} ; en admettant bien entendu pour le combustible brûlé un pouvoir calorifique sensiblement constant. Nous avons précisément contrôlé notre méthode de calcul du travail mécanique en nous assurant de la proportionnalité des valeurs calculées à celles de la consommation annuelle de combustible.

Les dépenses de combustibles (Matériel et Traction, art. 6) doivent donc être, *a priori*, facteurs économiques mis à part, considérées comme rigoureusement proportionnelles aux quantités de charbon consommées, donc au travail mécanique. Nous nous sommes précisément servis de cette relation certaine pour calculer une valeur approchée du coefficient annuel économique correspondant aux variations de prix de revient de la tonne de combustibles.

Les dépenses qui doivent subir l'influence des mêmes facteurs économiques et qui sont en même temps proportionnelles au travail mécanique, devront avoir des diagrammes semblables à celui de la dépense de combustibles, c'est précisément le cas des dépenses :

Graissage, éclairage et consommations diverses (Ar. 7. Matériel et Traction).

Matériaux de la voie et ballast (Voie art. 8).



Dépenses extraordinaires (renouvellement, grosses réparations, transformations, installations supprimées) (Voie art. 12) à quelques variations près du facteur économique, et des circonstances extérieures : intempéries, etc.

Nous simplifions les comparaisons en les faisant par rapport à la courbe des dépenses de combustibles et tenons compte ainsi plus simplement des facteurs économiques. (fig. 7).

Parmi les diagrammes des effectifs de Personnel, ceux correspondants aux articles 1, 3 et 5 des dépenses de Traction, et l'article 7 de l'Entretien de la Voie, suivent la courbe de la consommation de combustibles ou du Travail mécanique (fig. 8).

Les articles 2, 4, 6 des dépenses de traction et 10 de la voie étant conséquences des dépenses ci-dessus, on admet pour elles les mêmes proportionnalités.

En résumé nous avons déterminé une catégorie de dépenses : D_1 , particulièrement importante variant avec le travail mécanique : \mathcal{C} , comprenant les articles de dépenses : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, du Matériel et traction ; 7, 8, 10 et 12 de la Voie.

Nous verrons qu'il faudra y ajouter certaines parties extraites d'autres dépenses dont les diagrammes appartiennent aux catégories que nous allons maintenant étudier.

V. Diagrammes de dépenses ayant les caractéristiques de celui d'un élément du trafic, avec amplitude progressivement réduite.

Ces dépenses doivent comprendre une partie fixe indépendante des variations du trafic.

Les diagrammes correspondants aux articles de dépenses suivants sont à classer dans cette catégorie.

Exploitation. Services centraux et régionaux. Art. : 1, 2, 3, 4.

Voie. Surveillance. Art. : 5,6.

Entretien des bâtiments. Art. : 11.

Entretien de la voie et du matériel fixe. Terrassements ouvrages d'art clôtures et plantations. Art. : 9.

Détermination d'une valeur approximative de la part indépendante du trafic

Les statistiques ne nous donnent absolument aucune indication à ce sujet, nous serons obligés de déduire la valeur approximative de la part de dépense indépendante du trafic, de la comparaison du diagramme correspondant à la dépense au diagramme de l'élément du trafic.

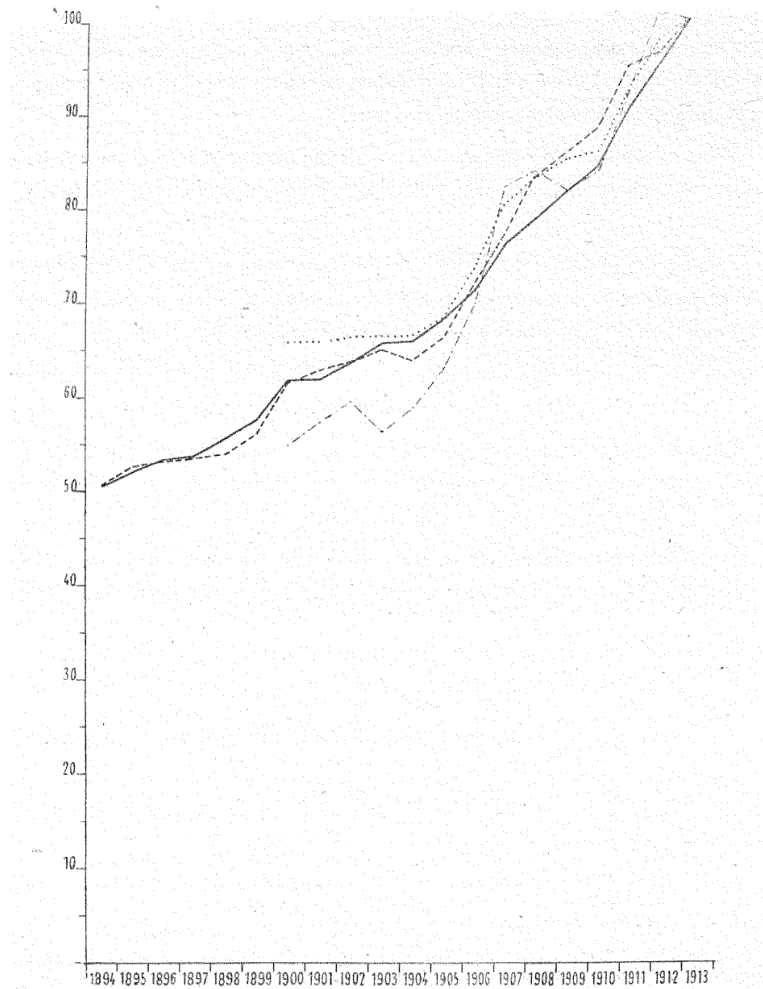


Fig. 8.

Effectif du Personnel de la Traction
 C : Consommation de combustibles - - - - -
 Travail mécanique —————
 Effectif du Personnel de l'Entretien de la Voie - · - · -

Pour une année quelconque, soient :
 f : la valeur correspondante à la dépense.
 p : la valeur de l'élément du trafic.
 soient : f' et p' les valeurs correspondantes en 1913.
 Nous avons tracé les diagrammes des ordonnées successives

$$\frac{f}{f'} \text{ et } \frac{p}{p'}$$

Il faut déterminer une part x constante de la dépense telle que l'on ait chaque année .

$$\frac{f-x}{f'-x} = \frac{p}{p'}$$

de sorte que le diagramme des valeurs annuelles de $\frac{f-x}{f'-x}$ se surperpose à celui de $\frac{p}{p'}$.

Chaque année étudiée donne une équation

$$f p' - f' p = (p' - p) x$$

à laquelle correspond une valeur de x .

Pour utiliser toutes ces équations et obtenir une valeur de x tout au moins vraisemblable, nous emploierons la méthode des moindres carrés pour résoudre notre système d'équations. Nous savons que l'emploi de cette méthode, dans ce cas est très discutable, le nombre d'équations n'étant pas très grand et les erreurs probables élevées, mais nous l'employons comme la moins mauvaise pour parer à l'absence complète de renseignements. L'organisation future de la statistique comptable devra dispenser de l'emploi d'une méthode arbitraire de subdivision des dépenses en fournissant elle-même la décomposition des chiffres de dépenses en parts correspondantes aux termes de la formule.

Posons :

$$a = p' - p$$

$$k = f p' - f' p$$

on aura les équations :

$$a_1 x = k_1$$

$$a_2 x = k_2$$

$$\dots\dots\dots$$

$$a_s x = k_s$$

la formule qui donnera la valeur de x sera

$$\sum a^2 x = \sum ak$$

d'où

$$x = \frac{\sum ak}{\sum a^2}$$

1° *Exploitation. Services centraux et régionaux* (Art. 1, 2, 3, 4.)

Le diagramme de l'effectif du personnel correspondant aux articles 1 et 3, a les caractéristiques du diagramme du parcours des trains L (fig. 9).

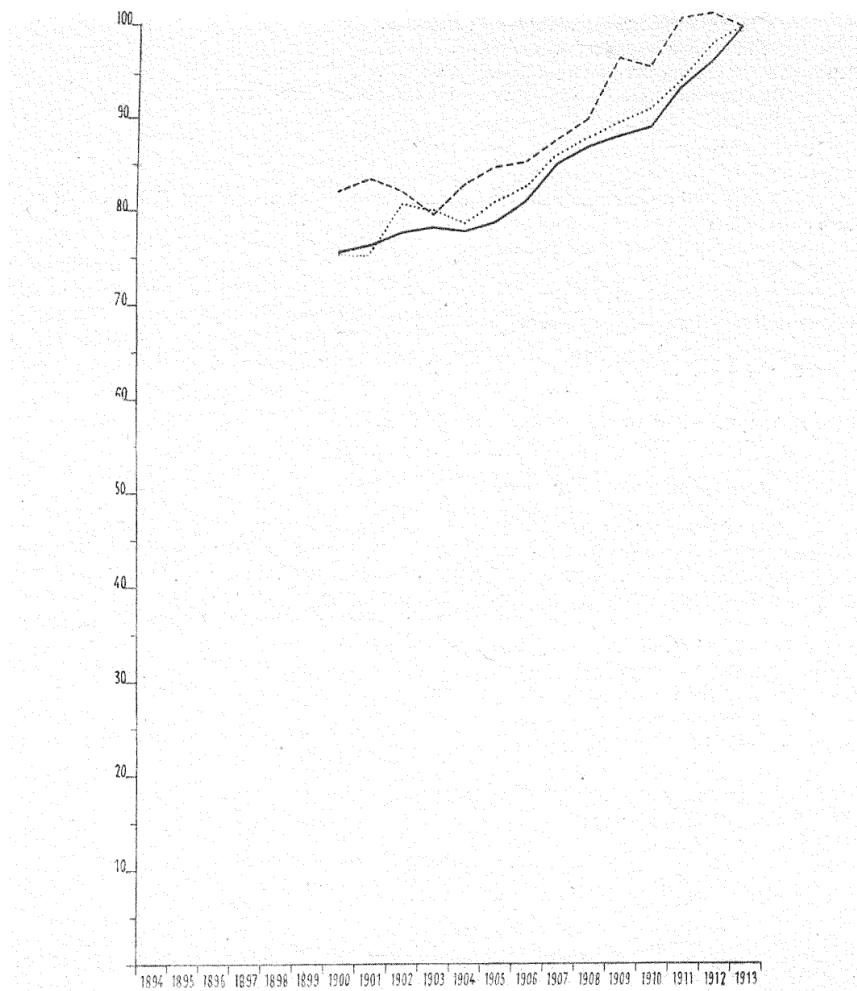


Fig. 9.

Mouvement et trafic, effectif du personnel, service central
 Effectif du personnel, surveillance de la voie - - - - -
 Parcours des trains _____

L'effectif du personnel comprend une partie constante et une partie variant proportionnellement au parcours des trains. Nous déterminerons, comme nous venons de l'exposer (ci-dessus p. 153) la partie constante de l'effectif en appliquant la méthode des moindres carrés aux équations fournies par les années 1900 à 1913. Soit f l'effectif du personnel d'une année, x la partie constante de cet effectif ; nous adoptons pour la partie variable la valeur $f-x$. Le montant des articles de dépenses 1 et 2 seront répartis chaque année entre les catégories de dépenses D_R (indépendantes du trafic) et D_L (nouvelle catégorie dont nous allons rencontrer d'autres composantes) proportionnellement aux effectifs x et $f-x$.

Les articles 2 et 4, conséquences des articles 1 et 3, seront répartis de même entre D_R et D_L .

2^o Voie, Surveillance (art. 5 et 6).

Le diagramme de l'effectif du personnel correspondant à l'article 5 de dépenses, a aussi les caractéristiques du diagramme du parcours des trains L (fig. 9). Nous partagerons cet effectif en deux parties x et $f-x$ par la méthode que nous venons d'employer. Le montant de la dépense (article 5) sera partagé chaque année entre les catégories D_R et D_L proportionnellement aux parts d'effectif x et $f-x$.

On admettra la même répartition pour la dépense d'éclairage de la voie et divers (article 6), qui doit varier comme celle du Personnel ; facteurs économiques et perfectionnement des procédés d'éclairage mis à part.

3^o Voie. Entretien des bâtiments (Art. 11).

Le diagramme des valeurs de cette dépense corrigées de l'influence des facteurs économiques, par division des valeurs réelles par le coefficient économique ci-dessus déterminé (voir p. 137) correspond au diagramme du parcours des trains : L .

L'application de la méthode des moindres carrés comme ci-dessus (p. 159) nous permet de calculer la valeur de la part de la dépense constante corrigée de l'influence des facteurs économiques. La valeur réelle annuelle de cette dépense sera le produit de la valeur constante par le coefficient économique annuel.

Cette part de la dépense sera à joindre à la catégorie D_R .

Nous calculerons par différence entre la dépense annuelle d'entretien et sa part à comprendre dans la catégorie D_R , l'autre part qui doit s'ajouter à la catégorie D_L .

4^o Voie. Entretien de la voie et du matériel fixe. Terrassements, ouvrages d'art, clôtures et plantations (art. 9).

Il y a dans ces frais une part obligatoire du fait des intempéries, une autre part variant avec le travail mécanique du fait du passage des trains plus ou moins nombreux, lourds, de vitesse plus ou moins rapide.

Pour le partage de cette dépense entre les catégories D_R et D_T nous procéderons comme nous l'avons fait ci-dessus pour répartir les dépenses d'Entretien des bâtiments entre les catégories D_R et D_L .

Après division de la dépense réelle par le facteur économique, l'application de la méthode des moindres carrés en rapportant la dépense corrigée au travail mécanique, nous donne la valeur de la part constante obligatoire de la dépense. Le produit de cette valeur de la part obligatoire par le coefficient économique annuel donne la valeur réelle annuelle de la part obligatoire de la dépense à joindre à D_R . Par différence avec la totalité de la dépense nous calculerons la part à joindre à la catégorie D_T .

VI. Diagrammes de dépenses, correspondant aux diagrammes de deux éléments du trafic.

Ces dépenses doivent se diviser en deux parties variant chacune proportionnellement à un élément du trafic déterminé.

Méthode de détermination de la valeur approximative des deux parts de dépense :

Nous allons faire appel encore, avec les mêmes réserves que ci-dessus à la méthode des moindres carrés.

Soient :

x_1, x_2, \dots, x_s les valeurs annuelles de la part de la dépense variant proportionnellement à l'élément p .

p_1, p_2, \dots, p_s les valeurs correspondantes de p .

y_1, y_2, \dots, y_s les valeurs annuelles de la part de la dépense variant proportionnellement à l'élément q

q_1, q_2, \dots, q_s les valeurs correspondantes de q

$$k_1 = x_1 + y_1, k_2 = x_2 + y_2, \dots, k_s = x_s + y_s$$

les valeurs annuelles totales de la dépense

soient $x + y = k, p, q$ les valeurs en 1913.

on doit avoir annuellement.

$$\frac{x_1}{x} = \frac{p_1}{p} \text{ et } \frac{y_1}{y} = \frac{q_1}{q}$$

or $\frac{p_1}{p}$ et $\frac{q_1}{q}$ sont les valeurs des nombres proportionnels qui nous ont servi au tracé des diagrammes des éléments p et q .

Posons :

$$\frac{p_1}{p} = a_1, \quad \frac{q_1}{q} = b_1$$



Fig. 10.

Personnel des trains
 N : Nombres des expéditions kilométriques ———
 L : Parcours des trains - - - -

on devra déterminer x et y tels qu'on ait

$$\frac{x_1}{x} = a_1 \text{ d'où } x_1 = a_1 x$$

$$\frac{y_1}{y} = b_1 \text{ d'où } y_1 = b_1 y$$

Et l'on forme ainsi le système d'équations

$$a_1 x + b_1 y = k_1$$

$$a_2 x + b_2 y = k_2$$

.....

$$a_s x + b_s y = k_s$$

qui, résolu par la méthode des moindres carrés donne les valeurs les plus plausibles de x et de y par les formules.

$$x \sum a^2 + y \sum ab = \sum ak$$

$$x \sum ab + y \sum b^2 = \sum bk$$

Les valeurs x , y , annuelles seront données par les formules

$$x_1 = a_1 x, \quad y_1 = b_1 y, \text{ etc.}$$

1^o *Exploitation. Gares et bureaux des villes* (Articles 5, 7, 8, 9. et divers art. 2 : Loyer des gares communes).

Le diagramme de l'effectif du personnel des gares correspondant à l'article 5 de dépenses s'intercale entre ceux du parcours des trains : L et des expéditions : E. Nous partagerons cet effectif par la méthode des moindres carrés comme nous venons de l'exposer, en deux parts proportionnelles respectivement au parcours des trains L et au nombre des expéditions E.

L'article 5 de la dépense est réparti entre les catégories de dépenses D_L et D_E proportionnellement aux effectifs ci-dessus calculés.

Les articles 7, 8, 9. Eclairage et chauffage ; Imprimés fournitures de bureau, Entretien du mobilier de l'outillage et divers ainsi que le Loyer des gares communes, sont considérés comme conséquences des dépenses de l'article 5 et devront être répartis de la même manière entre D_L et D_E .

D_E est une nouvelle catégorie de dépenses dont nous n'avons pas encore rencontré de composantes.

2^o *Exploitation : Trains* (articles 10 et 12).

Le diagramme de l'effectif du personnel correspondant à l'article de dépenses 10, s'intercale entre les diagrammes du parcours des trains : L et des expéditions kilométriques N. (figure 10)

L'effectif du personnel sera partagé en deux parts variant respectivement proportionnellement à L et à N, par la méthode des moindres carrés comme ci-dessus.

La dépense du personnel des trains sera répartie entre les catégories D_L et D_N proportionnellement aux effectifs ci-dessus calculés. On répartira de même l'article 12 des dépenses des trains, conséquence de l'article 10.

D_N est une nouvelle catégorie de dépenses.

VII. Diagrammes de dépenses variant avec un élément du trafic et une quantité indépendante du trafic.

Ce sont des dépenses de matériel. Entretien et réparations des locomotives et tenders (article 9), des voitures et wagons (article 10).

Il y a dans les dépenses d'entretien et de renouvellement du matériel une grosse part indépendante des variations annuelles du trafic. Hadley va jusqu'à écrire ⁽¹⁾ : « Les réparations sont à peu près les mêmes lorsque le matériel s'use en transportant les marchandises, que lorsqu'il se rouille ou se détériore aux intempéries de l'air », et encore « Les dépenses d'entretien ne cessent pas, quand le trafic diminue, les intempéries des saisons les rendent aussi nécessaires que le fait l'usure. »

A défaut de renseignements plus précis sur les variations des prix des matières nécessaires aux réparations du matériel, nous admettons que ces variations sont assez bien représentées par celles du coefficient économique déterminé par les variations du prix de revient de la tonne de combustibles (voir ci-dessus p. 138).

1° Entretien et réparations des locomotives et tenders.

Le diagramme des valeurs des dépenses corrigées de l'influence du facteur économique, se rapporte à celui du travail mécanique : \bar{C} , mais l'amplitude en est moindre, la dépense comprenant une part indépendante des variations du trafic.

Cette part de dépense est obligatoire et doit être sensiblement proportionnelle à l'effectif ⁽²⁾ des machines (tableau XXV). Soit M l'effectif des machines. Nous partageons par la méthode des moindres carrés, la dépense en deux parts sensiblement proportionnelles, l'une au travail mécanique \bar{C} l'autre à l'effectif des machines. Nous prenons toujours pour inconnues les valeurs des parts en 1913. La première rentrera chaque année dans la catégorie de dépenses D_T . La deuxième part variant avec l'effectif des machines rentre dans une nouvelle catégorie de dépenses obligatoires indépendantes du trafic comme les catégories D_L et D_N . Nous désignerons cette catégorie par D_{R_M} par analogie aux deux précédentes.

(1) Railway transportations, loc. cit.

(2) Il faudrait en réalité tenir compte du poids et de la puissance des machines et du poids moyen par cheval de puissance.

En effet si nous pouvons attribuer à chaque trafic une part de la dépense proportionnelle à l'effectif des machines ⁽¹⁾ employées pour l'assurer, nous n'avons pas la possibilité de pousser plus loin notre répartition de la dépense et d'en déterminer une fraction attribuable à un transport donné. Comme il s'agit de dépenses obligatoires indépendantes du trafic, nous pouvons la prélever sur la recette d'un transport, proportionnellement à cette recette par rapport à la recette totale de la catégorie de transports correspondants.

En posant pour les trois trafics :

$$\begin{array}{ll} M_1 = R_1 \mu_1 & \text{d'où } \mu_1 = \frac{M_1}{R_1} \\ M_2 = R_2 \mu_2 & \mu_2 = \frac{M_2}{R_2} \\ M_3 = R_3 \mu_3 & \mu_3 = \frac{M_3}{R_3} \end{array}$$

Nous déterminerons les valeurs d'un coefficient de trafic μ ; et nous admettons que la dépense obligatoire d'entretien des machines varie avec $R \mu = R_1 \mu_1 + R_2 \mu_2 + R_3 \mu_3$, soit la recette R multipliée par le coefficient de trafic μ .

2° *Entretien et réparations des voitures et wagons.* Le diagramme des valeurs de cette dépense, corrigées de l'influence des facteurs économiques, suit le diagramme du tonnage kilométrique net total transporté : T . Un véhicule s'use d'autant plus qu'il transporte plus de charge à une plus longue distance. Mais il y a encore une réduction d'amplitude des variations qui trahit l'existence de dépenses obligatoires d'entretien ⁽²⁾.

Ces dépenses seront d'autant plus élevées que l'effectif du matériel sera plus considérable, mais ce matériel est varié et les prix d'entretien unitaires le seront de la même manière. Nous distinguerons trois types essentiels de véhicules correspondants aux trois trafics (tableau XXV), nous admettons que leur entretien obligatoire est proportionnel à leur valeur d'achat approximative moyenne ⁽³⁾.

Voitures à voyageurs : 15.000 fr.
Fourgons GV : 6.000 fr.
Wagons PV : 3.000 fr.

(1) La statistique n'indiquant pas la part de l'effectif des machines attribuable à chaque trafic, nous avons partagé l'effectif total proportionnellement aux parcours des trains de ces trafics.

(2) Un renseignement que nous a fourni un technicien autorisé nous fait connaître que la dépense d'entretien des wagons en service normal du fait des intempéries s'élève de 5 à 8 0/0 de la dépense totale d'entretien ; pour les voitures la fraction est un peu plus élevée.

(3) Agenda Dunod. Chemins de fer, par Pierre Blanc. 36^e édition.

Nous multiplierons les effectifs par un coefficient de trafic γ auquel nous donnerons les valeurs proportionnelles aux prix ci-dessus

$$\gamma_1 = 5 \quad \gamma_2 = 2 \quad \gamma_3 = 1$$

Soit W l'effectif total des véhicules.

$$\text{on a } W = W_1 + W_2 + W_3$$

$$\text{et } W \gamma = W_1 \gamma_1 + W_2 \gamma_2 + W_3 \gamma_3$$

La dépense comprendra donc deux parts, l'une obligatoire indépendante du trafic variant proportionnellement à $W \gamma$, l'autre variant avec l'élément du trafic T . Cette dernière fait partie d'une nouvelle catégorie de dépenses D_T .

TABLEAU XXV. — Effectif du matériel ⁽¹⁾

ANNÉES	EFFECTIF des LOCOMOTIVES 1	NOMBRES PROPORTIONNELS DE 1 2	EFFECTIF DES VÉHICULES				EFFECTIF VÉHICULES × COEFFICIENT DE TRAFIC					NOMBRES proportionnels de 10 11
			VOITURES 3	FOURGOONS 4	WAGONS 5	ENSEMBLE 6 = 3 + 4 + 5	VOITURES 7 = (3 × γ_1)	FOURGOONS 8 = (4 × γ_2)	WAGONS 9 = (5 × γ_3)	ENSEMBLE 10 = 7 + 8 + 9		
1900	1.363	71,7	3.716	1.561	30.966	36.243	18.580	3.122	30.966	52.668	62,9	
1901	1.379	72,6	3.685	1.551	33.222	38.458	18.425	3.102	33.222	54.749	65,4	
1902	1.414	74,4	3.734	1.630	33.733	39.097	18.670	3.260	33.733	55.663	66,5	
1903	1.422	74,8	3.756	1.636	34.280	39.722	18.780	3.372	34.280	56.432	67,4	
1904	1.420	74,7	3.745	1.706	34.552	40.093	18.725	3.592	34.552	56.860	67,9	
1905	1.407	74,0	3.721	1.812	34.887	40.420	18.605	3.624	34.887	57.116	68,2	
1906	1.415	74,5	3.736	1.874	35.537	41.207	18.980	3.748	35.537	58.265	69,0	
1907	1.502	79,0	3.821	1.928	38.564	44.313	19.105	3.856	38.564	61.525	73,5	
1908	1.620	85,3	3.846	2.100	43.838	49.784	19.230	4.200	43.838	67.268	80,3	
1909	1.642	86,4	3.861	2.218	45.501	51.580	19.305	4.436	45.501	69.242	82,7	
1910	1.663	87,5	3.895	2.291	45.807	51.998	19.475	4.582	45.807	69.864	83,4	
1911	1.727	90,9	3.947	2.294	49.762	56.003	19.735	4.588	49.762	74.085	88,5	
1912	1.793	94,4	4.045	2.384	53.778	60.207	20.225	4.768	53.778	78.771	94,1	
1913	1.899	100,0	4.092	2.510	58.215	64.826	20.460	5.038	58.215	83.713	100,0	

La part de la dépense indépendante du trafic est partagée entre les 3 trafics proportionnellement aux parts respectives de $W \gamma$; mais comme ci-dessus pour la dépense d'entretien des machines nous n'avons pas encore la possibilité d'attribuer à un transport donné

(1) Ces chiffres sont relevés au Rapport (tableau II) ou calculés d'après lui.

une part de cette dépense. Mais nous pouvons la prélever sur la recette de ce transport proportionnellement à cette recette par rapport à la recette totale du trafic auquel il appartient.

En posant pour les 3 trafics.

$$\begin{aligned} W_1 \gamma_1 &= R_1 \varepsilon_1 & \text{d'où } \varepsilon_1 &= \frac{W_1 \gamma_1}{R_1} \\ W_2 \gamma_2 &= R_2 \varepsilon_2 & \text{d'où } \varepsilon_2 &= \frac{W_2 \gamma_2}{R_2} \\ W_3 \gamma_3 &= R_3 \varepsilon_3 & \text{d'où } \varepsilon_3 &= \frac{W_3 \gamma_3}{R_3} \end{aligned}$$

Nous déterminons les valeurs d'un coefficient de trafic ε et nous admettons que la dépense obligatoire d'entretien des véhicules varie avec.

$$R_i = R_1 \varepsilon_1 + R_2 \varepsilon_2 + R_3 \varepsilon_3$$

soit la recette R multipliée par le coefficient de trafic ε . Nous formons une nouvelle catégorie de dépenses D_{R_i} .

3° *Renouvellement du matériel* (Matériel et traction, art. : 11).

Nous admettons maintenant que les dépenses de renouvellement du matériel doivent se produire régulièrement comme une conséquence de l'usure, du démodage. Elles sont du même ordre que celles d'entretien et de réparation, il nous a paru le plus plausible de les y adjoindre et nous les partagerons annuellement proportionnellement aux montants des parts de dépenses déterminées ci-dessus dans la répartition des dépenses d'entretien et de réparations.

La dépense de renouvellement du matériel se subdivisera donc en quatre parts qui s'ajouteront respectivement aux catégories de dépenses déjà déterminées.

$$D_{R_i}, D_\tau, D_{R_e}, D_T$$

VIII. *Récapitulation des catégories de dépenses.*

Nous avons distingué ci-dessus 12 catégories de dépenses que nous pourrions grouper comme suit :

I : *Dépenses obligatoires, sensiblement indépendantes du trafic et de ses variations annuelles*, groupe D_0 qui comprend les 4 catégories suivantes.

D_I : dépenses d'intérêts et d'amortissement des capitaux réparties proportionnellement aux composantes de la recette R.

D_R : dépenses obligatoires de l'exploitation, prélevées comme D_I sur R.

$D_{R\mu}$: dépenses obligatoires d'entretien des locomotives réparties proportionnellement aux R multipliées par un coefficient de trafic μ .

$D_{R\varepsilon}$: dépenses obligatoires d'entretien des véhicules réparties proportionnellement aux R multipliées par un coefficient de trafic ε .

II. *Dépenses variant avec le trafic*, groupe D_v qui réunit le groupe D_i des dépenses indépendantes du parcours et le groupe D_d des dépenses dépendantes du parcours.

Le groupe D_i comprend les catégories :

D_E : part des dépenses des gares variant proportionnellement au nombre des expéditions : E.

D_S : dépenses des manœuvres dans les gares variant proportionnellement au tonnage brut remorqué : S.

Le groupe D_d comprend les catégories :

D_L : parts des dépenses de l'exploitation et de la voie proportionnelles au parcours des trains : L.

D_N : part des dépenses des trains proportionnelle au nombre des expéditions kilométriques : N

$D_{L\alpha}$: part des dépenses des trains variant avec le parcours des trains : L multiplié par un coefficient de trafic : α .

$D_{N\beta}$: dépenses d'indemnités pour pertes, retards et avaries variant avec le nombre des expéditions kilométriques : N multiplié par un coefficient de trafic : β .

D_τ : dépenses de traction et part des dépenses du matériel et de la voie proportionnelles au travail mécanique : \mathcal{T} .

D_T : part des dépenses de matériel proportionnelle au tonnage kilométrique net : T.

Le tableau suivant fera mieux comprendre notre classification des dépenses.

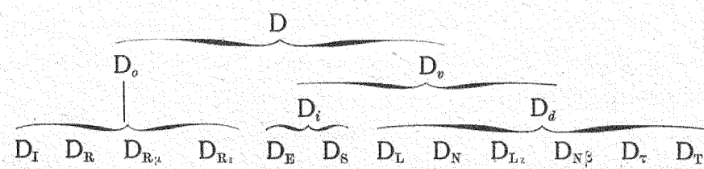


Tableau comparatif des répartitions des dépenses par les divers auteurs (facteurs employés)

	Méthode G. PERRE	Méthode CH. BARRÉ		Méthode W. NOBILLO	Méthode L. VENTURE	Méthode GOSSELIER	NOUVELLE RÉPARTITION PROPOSÉE												
		$i - d$	GV - PV				ÉLÉMENTS de dépenses	FACTEURS de répartition											
Intérêt et amortissement des capitaux Imputations } Charges effectuées } Charges attribuées aux actionnaires	T : tonnage kilométrique brut	Matériel roulant d Voie et immeubles i et d (Dépenses de surveillance de la voie)	L	R : recettes totales			D _i	R											
							D _i												
Administration centrale et dépenses diverses Jetons de présence, traitements, indemnités, gratifications et primes Frais de bureau et divers, Conseil, Direction, Services généraux Caisse de retraite, de secours et de prévoyance, Secours, allocations diverses, etc. Service médical Contributions Frais de contrôle Assurances et indemnités pour sinistres Indemnités pour accidents Divers (loyers, frais judiciaires, etc.)	Ch. I	i et d de l'exploitation totale	L	Stationnaire ou peu variable.	D'une manière générale ne pas assimiler voyageurs et marchandises, ni même les divers catégories de voyageurs.	Il y a : des dépenses <i>indépendantes</i> du trafic d'autres <i>proportionnelles</i> aux transports.	D _a	R											
	1		N : nombre d'expéditions kilométriques.				L		D _a										
	2						i et d Personnel Ensemble i et d exploitation totale		L	D _a									
	3								R : recette nette	L	D _a								
	4									L	L	D _a							
	5										L	L	D _a						
	6											L	L	D _a					
	7												L	L	D _a				
	8													L	L	D _a			
	9														L	L	D _a		
	10															L	L	D _a	
	11																L	L	D _a
	12																	L	L
13	L	L		D _a															
Exploitation Services centraux } Personnel } Imprimés, frais de bureau, divers Services régionaux } Personnel } Imprimés, frais de bureau, divers Gares et Manœuvres par chevaux et machines Bureaux } Éclairage, chauffage des } Imprimés, fournitures de bureau villes } Entretien du mobilier, de l'outillage et divers Trains } Personnel } Éclairage, chauffage Indemnités pour pertes, retards et avaries		Ch. II	i et d des parts des autres dépenses d'exploitation.	L	Nombre des trains.														D _a et D _b
		1		S/6 : i - 1/6 : d			L												D _a et D _b
		2					L		D _a et D _b										
		3							L	D _a et D _b									
		4								L	D _a et D _b								
		5									L	D _a et D _b							
		6										L	D _a et D _b						
		7											L	D _a et D _b					
		8												L	D _a et D _b				
		9													L	D _a et D _b			
		10														L	D _a et D _b		
		11															L	D _a et D _b	
	12	L																D _a et D _b	
13	L		D _a et D _b																

Tableau comparatif des répartitions des dépenses par les divers auteurs (suite)

Services centraux Services régionaux	Matériel et traction	Ch. III	T ₁ ou \bar{C} Travail mécanique ou produit du tonnage kilométrique brut : T	i et d Manœuvres des gares i Matériel et traction d	C : consommation de charbon en GV et PV	L	i et d en majorité	i : longueur des gares d : voie contrainte	L	Tonnage brut kilométrique remorqué considérer GV et PV séparément	Proportionnelle au trafic	D _g , D _h , D _r -D _r	R _g et \bar{C} R _e et T
Personnel	Personnel	1										D _g , et D _r	R _g et \bar{C}
Frais de bureau et divers	Frais de bureau et divers	2										D _h , et D _r	R _e et T
Personnel	Personnel	3										D _g , D _h , D _r -D _r	R _g , \bar{C} , R _e , T
Frais de bureau et divers	Frais de bureau et divers	4											
Personnel	Personnel	5											
Combustibles	Combustibles	6											
Grassages, éclairage, consommations diverses	Grassages, éclairage, consommations diverses	7											
Divers	Divers	8											
Entretien des locomotives et tenders, réparations des voitures et wagons.	Entretien des locomotives et tenders, réparations des voitures et wagons.	9											
Renouvellement du matériel	Renouvellement du matériel	10											
Divers	Divers	11											
Divers	Divers	12											
Services centraux	Services centraux	Ch. IV	L : parcours kilométrique annuel des trains	i et d des autres articles de la voie	L							D _g	R
Services régionaux	Services régionaux	1										D _g et D _r	R et L
Personnel	Personnel	2										D _r	\bar{C}
Frais de bureau, divers	Frais de bureau, divers	3										D _g et D _r	R et \bar{C}
Personnel	Personnel	4										D _r	\bar{C}
Frais de bureau, divers	Frais de bureau, divers	5										D _g et D _r	R et L
Eclairage de la voie, divers	Eclairage de la voie, divers	6										D _r	\bar{C}
Personnel	Personnel	7											
Matériaux de la voie et ballast	Matériaux de la voie et ballast	8											
Terrassements, ouvrages d'art, clôtures et plantations	Terrassements, ouvrages d'art, clôtures et plantations	9											
Divers	Divers	10											
Entretien des bâtiments (gares, ateliers, maisons de gare). Dépenses extraordinaires (renouvellement, grosses réparations, transformations, installations supprimées)	Entretien des bâtiments (gares, ateliers, maisons de gare). Dépenses extraordinaires (renouvellement, grosses réparations, transformations, installations supprimées)	11											
Divers	Divers	12											
Dépenses diverses	Dépenses diverses	Ch. V	T/	d	C							D _g , D _h , D _r -D _r	R _g , R _e , \bar{C} , T
Location de matériel (solde débiteur)	Location de matériel (solde débiteur)	1										D _g et D _r	R et L
Loyers des gares communes (solde débiteur)	Loyers des gares communes (solde débiteur)	2										D _g et D _r	E et L
Intérêts des approvisionnements	Intérêts des approvisionnements	3										D _g	R
Fonds fixe d'amortissement d'actions	Fonds fixe d'amortissement d'actions	4										D _r	R
Divers	Divers	5										D _g	R
Timbres et frais de service des actions	Timbres et frais de service des actions	6										D _r	R

IX. Comparaison des répartitions des dépenses par les divers auteurs.

Nous avons dressé le tableau suivant qui résume les classifications des dépenses des divers auteurs que nous avons étudiées, ainsi que la nouvelle que nous venons d'établir.

Nous nous étions inspirés de ce résumé avant d'entreprendre nos comparaisons de diagrammes, il nous a guidé dans les cas douteux, mais nous ne nous sommes jamais astreints à le suivre servilement.

Il est assez curieux de constater que la classification que nous avons établie, tout en étant beaucoup plus détaillée que toutes celles faites antérieurement ; les met en quelque sorte en lumière, les respecte assez souvent, les associe tout en les complétant.

Comme M. Baume l'avait déjà indiqué, nous verrons que les facteurs de répartition essentiels des dépenses sont le travail mécanique : \mathcal{C} et le parcours de trains : L.

« Les trains de toute nature, mis en marche par une compagnie, représentant la puissance de transport dont elle dispose, on est conduit à rapporter les dépenses générales d'exploitation au nombre de ces trains et au parcours annuel qu'ils effectuent. » Mais : « Cet élément d'appréciation n'a une grande importance que si l'on considère l'ensemble d'un grand réseau traversant des contrées très diverses, de telle sorte qu'il s'établisse une moyenne entre des chiffres qui varient évidemment suivant la section de la ligne exploitée. » ⁽¹⁾.

Comme M. Baume nous avons reconnu l'existence de dépenses indépendantes du parcours et de dépenses dépendantes du parcours.

Comme M. Nordling nous reconnaissons l'existence de dépenses indépendantes du trafic. Relevons encore dans Hadley ⁽²⁾, les notes suivantes qui justifient l'existence de telles dépenses : « Lorsque le trafic d'un chemin de fer tombe à presque rien, une grande partie de ces dépenses n'en demeurent pas moins les mêmes. » « Les dépenses de service ne peuvent être soudainement réduites. » La dépense d'une grande entreprise est « relativement moindre que celle d'une petite. »

Terminons par les judicieuses remarques de M. Goupil ⁽³⁾ dans son analyse du travail de M. Pereire.

« Il y a une première masse de ces dépenses *constantes* ou *indépendantes* qui s'imposent même avec un trafic minimum. Il est par exemple indispensable pour la mise en exploitation d'une ligne de construire la plateforme, de poser la voie, d'acquérir un minimum de matériel et de recruter un certain personnel. »

(1) Agenda Dunod-Chemins de fer, par Pierre Blanc.

(2) Railway Transportations (loc. cit.)

(3) Annales des Ponts et Chaussées (loc. cit.)

« A mesure que le trafic se développe, les dépenses variables augmentent, mais
« la part de ces dépenses à attribuer à chaque unité de trafic reste sensiblement la même
« tandis que la part de la dépense invariable ou constante qui revient à chaque transport
« doit aller en diminuant, étant le quotient d'une somme fixe par un dénominateur cons-
« tant. »

« En réalité, les dépenses indépendantes ne restent pas constantes pour tous les
« degrés de développement du trafic. Tous les réseaux présentent des étapes successives
« pour chacune desquelles il faut augmenter notablement l'outillage, les moyens d'action ;
« par exemple il faut ajouter aux services de jour les services de nuit, doubler les voies uni-
« ques, établir de grandes gares de triages, etc. Les statistiques montrent d'ailleurs qu'en
« regard de l'accroissement des dépenses indépendantes, il y a généralement diminution sur
« les dépenses variables ramenées à l'unité de trafic. »

CHAPITRE V

LA NOUVELLE FORMULE DE CALCUL DES PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER ET SES TRANSFORMATIONS

I. Notations. — Unités de dépenses. — II. Calcul des parts de dépenses attribuables à chaque trafic. — III. Formules générales du prix de revient d'un train. — IV. Prix de revient des unités moyennes contenues dans un train quelconque. — V. Prix de revient d'un train de voyageurs. — VI. Prix de revient d'un train d'accessoires de grande vitesse. — VII. Prix de revient d'un transport quelconque d'accessoires de grande vitesse. — VIII. Prix de revient du train de grande vitesse. — IX. Prix de revient du transport d'un voyageur dans un train de grande vitesse transportant voyageurs et accessoires. — X. Prix de revient d'un transport d'accessoires dans un train de grande vitesse transportant voyageurs et accessoires. — XI. Prix de revient d'un train de petite vitesse. — XII. Prix de revient d'un transport quelconque en petite vitesse.

I. Notations. — *Unités de dépenses.*

Nous adopterons pour désigner les parts relatives à chaque trafic des catégories de dépenses que nous avons déterminées dans le chapitre précédent, les notations résumées dans le tableau suivant.

Ce tableau indique aussi les notations employées pour désigner tout ou partie des éléments du trafic répartiteurs des dépenses.

Enfin, nous appellerons unités de dépenses, les quantités déterminées par le quotient d'un terme de dépenses par la valeur de l'élément de trafic auquel nous avons reconnu logique de rapporter la dépense, élément multiplié dans certains cas par un coefficient de trafic.

CATEGORIES DES DEPENSES			ELEMENTS DU TRAFIC			REPARTITEURS DES DEPENSES			UNITES DE DEPENSES		
	GRANDE VITESSE			GRANDE VITESSE			GRANDE VITESSE			GRANDE VITESSE	
	Voyageurs	Accessoires		Voyageurs	Accessoires		Voyageurs	Accessoires		Voyageurs	Accessoires
D₀ Dépenses indépendantes du trafic	= D ₀	+ D ₀									
D ₁	= D ₁	+ D ₁	Receites	R	=	R ₁	+ R ₁	+ R ₁	D ₁ : R	=	f
D ₂	= D ₂	+ D ₂	Receites	R	=	R ₁	+ R ₁	+ R ₁	D ₂ : R	=	q
D ₃	= D ₃	+ D ₃	Effectif des machines	M = R ₁ μ	=	R ₁ μ ₁	+ R ₁ μ ₂	+ R ₁ μ ₂	D ₃ : R ₁ μ	=	m
			Effectif des véhicules	W × γ = Rε	=	R ₁ ε ₁	+ R ₁ ε ₂	+ R ₁ ε ₂	D ₃ : Rε	=	w
			coefficient $\epsilon = \frac{W}{W_1}$								
D₄ Dépenses variant avec le trafic	= D ₄	+ D ₄									
D ₅	= D ₅	+ D ₅	Nombre d'expéditions	E	=	E ₁	+ E ₂	+ E ₂	D ₅ : E	=	a
D ₆	= D ₆	+ D ₆	Tonnage brut remorqué	S	=	S ₁	+ S ₂	+ S ₂	D ₆ : S	=	b
			Parcours des trains	L	=	L ₁	+ L ₂	+ L ₂	D ₆ : L	=	c
			Nombre d'expéditions kilométriques	N	=	N ₁	+ N ₂	+ N ₂	D ₈ : N	=	f
			Parcours des trains L multiplié par coefficient α	Lz	=	L ₁ α ₁	+ L ₂ α ₂	+ L ₂ α ₂	D ₈ : Lz	=	e
			Nombre d'expéditions kilométriques N multiplié par coefficient β	Nβ	=	N ₁ β ₁	+ N ₂ β ₂	+ N ₂ β ₂	D ₈ β : Nβ	=	f
			Travail mécanique	T	=	T ₁	+ T ₂	+ T ₂	D ₇ : T	=	u
			Tonnage kilométrique net	T	=	T ₁	+ T ₂	+ T ₂	D ₇ : T	=	g
D	= D	+ D									

II, *Calcul des parts de dépenses attribuables à chaque trafic.*

En conservant les notations ci-dessus adoptées, on aura

Voyageurs

$$D_1 = D_{R_1} + D_{R_1'} + D_{R_1\mu_1} + D_{R_1\varepsilon_1} + D_E + D_S + D_L + D_N + D_{L\alpha_1} + D_{N\beta_1} + D_{\tau_1} + D_{T_1}$$

ou

$$(1) \left\{ \begin{aligned} D_1 &= \frac{D_1 \times R_1}{R} + \frac{D_R \times R_1}{R} + \frac{D_{R\mu} \times R_1\mu_1}{R\mu} + \frac{D_{R\varepsilon} \times R_1\varepsilon_1}{R\varepsilon} + \\ &\frac{D_E \times E_1}{E} + \frac{D_S \times S_1}{S} + \frac{D_L \times L_1}{L} + \frac{D_N \times N_1}{N} + \frac{D_{L\alpha} \times L_1\alpha_1}{L\alpha} + \\ &\frac{D_{N\beta} \times N_1\beta_1}{N\beta} + \frac{D_{\tau} \times \tau_1}{\tau} + \frac{D_T \times T_1}{T} \end{aligned} \right.$$

ou

$$D_1 = jR_1 + qR_1 + mR_1\mu_1 + wR_1\varepsilon_1 + aE_1 + bS_1 + cL_1 + fN_1 + c'L_1\alpha_1 + f'N_1\beta_1 + u\tau_1 + gT_1$$

Accessoires de Grande Vitesse.

$$D_2 = D_{R_2} + D_{R_2'} + D_{R_2\mu_2} + D_{R_2\varepsilon_2} + D_E + D_S + D_L + D_N + D_{L\alpha_2} + D_{N\beta_2} + D_{\tau_2} + D_{T_2}$$

ou

$$(2) \left\{ \begin{aligned} D_2 &= \frac{D_2 \times R_2}{R} + \frac{D_R \times R_2}{R} + \frac{D_{R\mu} \times R_2\mu_2}{R\mu} + \frac{D_{R\varepsilon} \times R_2\varepsilon_2}{R\varepsilon} + \\ &\frac{D_E \times E_2}{E} + \frac{D_S \times S_2}{S} + \frac{D_L \times L_2}{L} + \frac{D_N \times N_2}{N} + \frac{D_{L\alpha} \times L_2\alpha_2}{L\alpha} + \\ &\frac{D_{N\beta} \times N_2\beta_2}{N\beta} + \frac{D_{\tau} \times \tau_2}{\tau} + \frac{D_T \times T_2}{T} \end{aligned} \right.$$

ou

$$D_2 = jR_2 + qR_2 + mR_2\mu_2 + wR_2\varepsilon_2 + aE_2 + bS_2 + cL_2 + fN_2 + c'L_2\alpha_2 + f'N_2\beta_2 + u\bar{C}_2 + gT_2$$

Trafic de Petite Vitesse.

$$D_3 = D_{I_3} + D_{R_3} + D_{R_3\mu_3} + D_{R_3\varepsilon_3} + D_{E_3} + D_{S_3} + D_{L_3} + D_{N_3} + D_{L_3\alpha_3} + D_{N_3\beta_3} + D_{\bar{C}_3} + D_{T_3}$$

ou

$$(3) \left\{ \begin{aligned} D_3 &= \frac{D_I \times R_3}{R} + \frac{D_R \times R_3}{R} + \frac{D_{R_3} \times R_3\mu_3}{R\mu} + \frac{D_{R_3} \times R_3\varepsilon_3}{R\varepsilon} + \\ &\frac{D_E \times E_3}{E} + \frac{D_S \times S_3}{S} + \frac{D_L \times L_3}{L} + \frac{D_N \times N_3}{N} + \frac{D_{L_3} \times L_3\alpha_3}{L\alpha} + \\ &\frac{D_{N_3} \times N_3\beta_3}{N\beta} + \frac{D_{\bar{C}_3} \times \bar{C}_3}{\bar{C}} + \frac{D_T \times T_3}{T} \end{aligned} \right.$$

ou

$$D_3 = jR_3 + qR_3 + mR_3\mu_3 + wR_3\varepsilon_3 + aE_3 + bS_3 + cL_3 + fN_3 + c'L_3\alpha_3 + f'N_3\beta_3 + u\bar{C}_3 + gT_3$$

III. Formule générale du prix de revient d'un train.

Si nous voulons calculer le prix de revient d'un transport déterminé quelconque, il nous faut pouvoir calculer le prix de revient du train qui le transporte car nous avons vu qu'une part importante des dépenses variait avec le parcours des trains.

Un transport peut donc coûter des prix de revient différents suivant qu'il est exécuté par des trains divers. Il nous faut donc établir la formule donnant le prix de revient d'un train quelconque, ce sera notre formule fondamentale.

Soient r : la recette procurée par les transports contenus dans le train.

e : le nombre des expéditions dans le train.

s : son tonnage brut remorqué.

l : son parcours.

n : le nombre d'expéditions kilométriques qu'il transporte.

τ : le travail mécanique à effectuer pour le conduire à destination.

t : le tonnage kilométrique net y contenu.

Ces quantités étant évaluées avec les mêmes unités que les éléments du trafic.

Le prix de revient du train : P sera donné par la formule suivante à 12 termes, chaque terme correspondant à l'une des catégories de dépenses que nous avons déterminées, et étant le produit de l'unité de dépenses, de chaque catégorie par la valeur qu'a dans le train l'élément correspondant

$$(4) \quad P = jr + qr + mr\mu + wr\varepsilon + ae + bs + cl + fn + c'l\alpha + f'n\beta + u\tau + gt$$

en groupant les termes elle peut s'écrire.

$$(4^{bis}) \quad P = (j + q + m\mu + w\varepsilon)r + ae + bs + (c + c'\alpha)l + (f + f'\beta)n + u\tau + gt$$

Nous appliquerons cette formule au prix de revient d'un train de chaque trafic.

IV. Prix de revient des unités moyennes contenues dans un train quelconque.

Si on considère un train homogène chargé d'expéditions de même nature et de même poids, on pourra déduire de la formule de prix de revient du train (4) les prix de revient moyens suivants.

Prix de revient du kilomètre de train : l étant le parcours du train on a

$$(5) \quad \frac{P}{l} = j \frac{r}{l} + q \frac{r}{l} + m \frac{r\mu}{l} + w \frac{r\varepsilon}{l} + a \frac{e}{l} + b \frac{s}{l} + c + f \frac{n}{l} + c' \alpha + f' \frac{n\beta}{l} + u \frac{\tau}{l} + g \frac{t}{l}$$

ou

$$(5^{bis}) \quad \frac{P}{l} = (j + q + m\mu + w\varepsilon) \frac{r}{l} + a \frac{e}{l} + b \frac{s}{l} + c + c'\alpha + (f + f'\beta) \frac{n}{l} + u \frac{\tau}{l} + g \frac{t}{l}$$

Prix de revient de la tonne nette.

Soit θ le tonnage net contenu dans le train, le prix de revient moyen de la tonne nette sera

$$(6) \quad \frac{P}{\theta} = j \frac{r}{\theta} + q \frac{r}{\theta} + m \frac{r\mu}{\theta} + w \frac{r\varepsilon}{\theta} + a \frac{e}{\theta} + b \frac{s}{\theta} + c \frac{l}{\theta} + f \frac{n}{\theta} + c' \frac{l\alpha}{\theta} + f' \frac{n\beta}{\theta} + u \frac{\tau}{\theta} + g \frac{t}{\theta}$$

ou

$$(6^{bis}) \quad \frac{P}{\theta} = (j+q+m\mu+w\varepsilon) \frac{r}{\theta} + a \frac{e}{\theta} + \frac{bs}{\theta} + (c+c'\alpha) \frac{l}{\theta} + (f+f'\beta) \frac{n}{\theta} + u \frac{\tau}{\theta} + g \frac{t}{\theta}$$

Prix de revient de la tonne kilométrique nette.

t étant le tonnage kilométrique net transporté par le train, on aura le prix de revient moyen de la tonne kilométrique nette.

$$(7) \quad \frac{P}{t} = j \frac{r}{t} + q \frac{r}{t} + m \frac{r\mu}{t} + w \frac{r\varepsilon}{t} + a \frac{e}{t} + b \frac{s}{t} + c \frac{l}{t} + f \frac{n}{t} + c' \frac{l\alpha}{t} + f' \frac{n\beta}{t} + u \frac{\tau}{t} + g$$

ou

$$(7^{bis}) \quad \frac{P}{t} = (j+q+m\mu+w\varepsilon) \frac{r}{t} + a \frac{e}{t} + b \frac{s}{t} + (c+c'\alpha) \frac{l}{t} + (f+f'\beta) \frac{n}{t} + u \frac{\tau}{t} + g$$

Prix de revient de la tonne brute ⁽¹⁾ remorquée :

s étant le tonnage brut remorqué on aura

$$(8) \quad \frac{P}{s} = j \frac{r}{s} + q \frac{r}{s} + m \frac{r\mu}{s} + w \frac{r\varepsilon}{s} + a \frac{e}{s} + b + c \frac{l}{s} + f \frac{n}{s} + c' \frac{l\alpha}{s} + f' \frac{n\beta}{s} + u \frac{\tau}{s} + g \frac{t}{s}$$

ou

$$(8^{bis}) \quad \frac{P}{s} = (j+q+m\mu+w\varepsilon) \frac{r}{s} + a \frac{e}{s} + b + (c+c'\alpha) \frac{l}{s} + (f+f'\beta) \frac{n}{s} + u \frac{\tau}{s} + g \frac{t}{s}$$

Prix de revient de la tonne kilométrique brute remorquée.

Soit ρ le tonnage kilométrique brut remorqué, le prix de revient moyen de la tonne brute remorquée à 1 kilomètre sera

$$(9) \quad \frac{P}{\rho} = j \frac{r}{\rho} + q \frac{r}{\rho} + m \frac{r\mu}{\rho} + w \frac{r\varepsilon}{\rho} + a \frac{e}{\rho} + b \frac{s}{\rho} + c \frac{l}{\rho} + f \frac{n}{\rho} + c' \frac{l\alpha}{\rho} + f' \frac{n\beta}{\rho} + u \frac{\tau}{\rho} + g \frac{t}{\rho}$$

(1) Tonnage net et tonnage des véhicules réunis.

ou

$$(9^{bis}) \frac{P}{\rho} = (j+q+m\mu+w\varepsilon) \frac{r}{\rho} + a \frac{e}{\rho} + b \frac{s}{\rho} + (c+c'\alpha) \frac{l}{\rho} + (f+f'\beta) \frac{n}{\rho} + u \frac{\tau}{\rho} + g \frac{t}{\rho}$$

Prix de revient moyen de l'expédition.

e étant le nombre des expéditions on aura :

$$(10) \frac{P}{e} = j \frac{r}{e} + q \frac{r}{e} + m \frac{r\mu}{e} + w \frac{r\varepsilon}{e} + a + b \frac{s}{e} + c \frac{l}{e} + f \frac{n}{e} + c' \frac{l\alpha}{e} + f' \frac{n\beta}{e} + u \frac{\tau}{e} + g \frac{t}{e}$$

ou

$$(10^{bis}) \frac{P}{e} = (j+q+m\mu+w\varepsilon) \frac{r}{e} + a + b \frac{s}{e} + (c+c'\alpha) \frac{l}{e} + (f+f'\beta) \frac{n}{e} + u \frac{\tau}{e} + g \frac{t}{e}$$

Prix de revient moyen de l'expédition kilométrique.

n est le nombre des expéditions kilométriques, on aura :

$$(11) \frac{P}{n} = j \frac{r}{n} + q \frac{r}{n} + m \frac{r\mu}{n} + w \frac{r\varepsilon}{n} + a \frac{e}{n} + b \frac{s}{n} + c \frac{l}{n} + f + c' \frac{l\alpha}{n} + f'\beta + u \frac{\tau}{n} + g \frac{t}{n}$$

ou

$$(11^{bis}) \frac{P}{n} = (j+q+m\mu+w\varepsilon) \frac{r}{n} + a \frac{e}{n} + b \frac{s}{n} + (c+c'\alpha) \frac{l}{n} + f + f'\beta + u \frac{\tau}{n} + g \frac{t}{n}$$

Si nous voulions connaître le prix de revient d'un transport déterminé fait dans un train non homogène le problème est plus délicat, nous le résoudrons approximativement, séparément pour chaque trafic.

V. Prix de revient d'un train de voyageurs.

En appliquant la formule (4) nous aurons

$$(12) P_1 = jr_1 + qr_1 + mr_1\mu_1 + wr_1\varepsilon_1 + ae_1 + bs_1 + cl_1 + fn_1 + c'l_1\alpha_1 + f'n_1\beta_1 + u\tau_1 + gt_1$$

ou en groupant les termes comme dans (4 bis)

$$(12^{bis}) \quad P_1 = (j + q + m\mu_1 + w\varepsilon_1)r_1 + ae_1 + bs_1 + (c + c'\alpha_1)l_1 + (f + f'\beta_1)n_1 + u\tau_1 + gt_1$$

Les prix de revient moyens des unités contenues dans un tel train homogène seraient respectivement en appliquant les formules (5) à (12)

Train kilométrique de voyageurs	$\frac{P_1}{l_1}$
Tonne nette de voyageurs	$\frac{P_1}{\theta_1}$
Tonne kilométrique nette de voyageurs	$\frac{P_1}{t_1}$
Tonne brute remorquée du train de voyageurs	$\frac{P_1}{s_1}$
Tonne kilométrique brute remorquée du train de voyageurs	$\frac{P_1}{\rho_1}$
Voyageur	$\frac{P_1}{e_1}$
Voyageur à un kilomètre	$\frac{P_1}{n_1}$

VI. Prix de revient d'un train d'Accessoires de grande vitesse.

En appliquant la formule (4) on a

$$(13) \quad P_2 = jr_2 + qr_2 + mr_2\mu_2 + wr_2\varepsilon_2 + ae_2 + bs_2 + cl_2 + fn_2 + c'l_2\alpha_2 + f'n_2\beta_2 + u\tau_2 + gt_2$$

$$(13^{bis}) \quad P_2 = (j_2 + q_2 + m\mu_2 + w\varepsilon_2)r_2 + ae_2 + bs_2 + (c + c'\alpha_2)l_2 + (f + f'\beta_2)n_2 + u\tau_2 + gt_2$$

Les prix de revient moyens des unités contenues dans un tel train homogène seraient en appliquant les formules (5) à (12).

Train kilométrique d'accessoires G. V.	$\frac{P_2}{l_2}$
Tonne nette d'accessoires G. V.	$\frac{P_2}{\theta_2}$

Tonne kilométrique nette d'Accessoires G. V.	$\frac{P_2}{t_2}$
Tonne brute remorquée du train d'Accessoires	$\frac{P_2}{s_2}$
Tonne kilométrique brute remorquée du train.	$\frac{P_2}{\rho_2}$
Expédition d'Accessoires G. V.	$\frac{P_2}{l_2}$
Expédition kilométrique d'Accessoires G. V.	$\frac{P_2}{n_2}$

Dans la pratique il n'existe pas de trains homogènes il serait donc utile de pouvoir calculer le prix de revient d'un transport déterminé fait dans un train contenant des transports variés.

Nous n'avons pas fait ce calcul en ce qui concerne les voyageurs, car il n'existe pas de trains de voyageurs ne transportant pas d'accessoires, ils contiennent toujours au moins les bagages des voyageurs. C'est pourquoi nous étudierons le prix de revient du train de grande vitesse.

Mais il existe des trains de messageries ne transportant que des accessoires de grande vitesse, la formule (13) que nous venons d'établir s'applique à un tel train.

VII. Prix de revient d'un transport quelconque d'accessoires de GV.

Un envoi contenu dans un train d'accessoires sera une expédition, d'où $e_a = 1$, qui coûtera proportionnellement à sa recette r_a , à son tonnage kilométrique net t_a , au nombre d'expéditions kilométriques lui correspondant n_a ⁽¹⁾ donc à son parcours ; puisque les quantités e_2, r_2, t_2, n_2 caractérisant le train sont précisément les sommes des quantités e_a, r_a, t_a, n_a correspondant à chacun des transports se trouvant dans le train.

Mais nous ne savons pas quelle part des autres éléments : s_2 : tonnage brut remorqué, l_2 : parcours du train, τ_2 : travail mécanique ; attribuer à un envoi déterminé ; il nous faut trouver pour les dépenses qui leurs sont proportionnelles, des facteurs de répartition entre tous les envois qui se trouvent dans le train.

Il est logique d'admettre que dans un train donné, un transport devra supporter une part de dépenses d'autant plus élevée que son poids sera plus fort, son parcours plus

(1) L'expédition de parcours n vaut n expéditions kilométriques.

long ; enfin il faudrait tenir compte de son encombrement, malheureusement sur ce dernier point nous avons déjà vu que nous n'avons aucune indication à l'heure actuelle. Mais nous connaissons le tonnage net et le tonnage kilométrique net de chaque envoi, et dans un train donné, nous pourrions admettre avec une grande vraisemblance qu'un transport paie une part de dépenses D_s indépendantes du parcours, proportionnelle à son tonnage net l_a et une part des dépenses D_L, D_{L_2}, D_τ , dépendantes du parcours proportionnelle à son tonnage kilométrique net t_a .

Et le prix de revient d'un transport quelconque d'accessoires de grande vitesse contenu dans un train déterminé de messageries sera donné par la transformation suivante de la formule (13 bis).

$$(14) \quad p_a = (j + q + m\mu_2 + w\varepsilon_2) r_a + a + bs_2 \frac{l_a}{l_2} + (c + c'\alpha_2) l_2 \frac{t_a}{t_2} + (f + f'\beta_2) n_a + u \tau_2 \frac{t_a}{t_2} + gt_a$$

VIII. Prix de revient du train de grande vitesse transportant des voyageurs et des accessoires.

Soit P_G ce prix de revient, il comprendra deux parts : P_1 relative aux voyageurs ⁽¹⁾ P_2 relative aux accessoires, d'où $P_G = P_1 + P_2$

Soient :

la recette	$r_G = r_1 + r_2$.
le nombre d'expéditions	$e_G = e_1 + e_2$
le tonnage brut remorqué	$s_G = s_1 + s_2$
le parcours du train	$l_G = l_1 + l_2$

On ne connaît pas directement l_1 et l_2 , il faut partager l_G entre les accessoires et les voyageurs proportionnellement à un élément convenablement choisi ce sera ρ le tonnage kilométrique brut remorqué que nous avons déjà adopté (v. ci-dessus, p, 125, tableau XIII), on aura : tonnage kilométrique brut remorqué $\rho_G = \rho_1 + \rho_2$

$$\text{et } l_1 = \frac{l_G \times \rho_1}{\rho_G} \quad l_2 = \frac{l_G \times \rho_2}{\rho_G}$$

(1) Si on connaît exactement pour un train donné, les quantités relatives aux voyageurs de chaque classe pris séparément, on pourra décomposer P_1 en trois termes semblables correspondant à trois formules de même type relatifs à chaque classe et calculer en conséquence les prix de revient d'un voyageur quelconque en chaque classe.

Nous aurons encore

Nombre d'expéditions kilométriques $n_G = n_1 + n_2$
 tonnage kilométrique net $l_G = l_1 + l_2$
 travail mécanique $\tau_G = \tau_1 + \tau_2$

On déterminera τ_1 et τ_2 comme l_1 et l_2

$$\tau_1 = \frac{\tau_G \times \hat{\rho}_1}{\hat{\rho}_G} \quad \text{et} \quad \tau_2 = \frac{\tau_G \times \hat{\rho}_2}{\hat{\rho}_G}$$

et on aura les deux parts de P_G par les formules

$$(15) \quad P_1 = j r_1 + q r_1 + m r_1 \mu_1 + w r_1 \varepsilon_1 + a e_1 + b s_1 + c \frac{l_G \times \hat{\rho}_1}{\hat{\rho}_G} + f n_1 + c' \alpha_1 \frac{l_G \times \hat{\rho}_1}{\hat{\rho}_G} + f' n_1 \beta_1 + u \frac{\tau_G \times \hat{\rho}_1}{\hat{\rho}_G} + g t_1$$

ou

$$(15^{bis}) \quad P_1 = (j + q + m \mu_1 + w \varepsilon_1) r_1 + a e_1 + b s_1 + (f + f' \beta_1) n_1 + [(c + c' \alpha_1) l_G + u \tau_G] \frac{\hat{\rho}_1}{\hat{\rho}_G} + g t_1$$

et de même

$$(16) \quad P_2 = j r_2 + q r_2 + m r_2 \mu_2 + w r_2 \varepsilon_2 + a e_2 + b s_2 + c \frac{l_G \times \hat{\rho}_2}{\hat{\rho}_G} + f n_2 + c' \alpha_2 \frac{l_G \times \hat{\rho}_2}{\hat{\rho}_G} + f' n_2 \beta_2 + u \frac{\tau_G \times \hat{\rho}_2}{\hat{\rho}_G} + g t_2$$

ou

$$(16^{bis}) \quad P_2 = (j + q + m \mu_2 + w \varepsilon_2) r_2 + a e_2 + b s_2 + (f + f' \beta_2) n_2 + [(c + c' \alpha_2) l_G + u \tau_G] \frac{\hat{\rho}_2}{\hat{\rho}_G} + g t_2$$

IX. Prix de revient du transport d'un voyageur dans un train de grande vitesse transportant voyageurs et accessoires.

Ce prix de revient p_v sera donné par une transformation de la formule (15 bis) analogue à celle que nous avons faite de (13 bis), pour obtenir le prix de revient d'un transport

d'accessoires de grande vitesse contenu dans un train de messageries. Soient e_v, r_v, t_v, n_v , les éléments correspondants à notre transport de voyageurs et : $s_1 \frac{\theta_v}{\theta_1}$, $l_1 \frac{t_v}{t_1}$, $\tau_1 \frac{t_v}{t_1}$

les parts qui lui sont attribuables, de s_1, l_1 et τ_1 , en substituant à l_1 et τ_1 leurs valeurs, on a

$$l_G \times \frac{\hat{\rho}_1}{\hat{\rho}_G} \times \frac{t_v}{t_1} \quad \text{et} \quad \tau_G \times \frac{\hat{\rho}_1}{\hat{\rho}_G} \times \frac{t_v}{t_1}$$

on aura

$$(17) p_v = (j + q + m\mu_1 + m\varepsilon_1) r_v + a + bs_1 \frac{\theta_v}{\theta_1} + (f + f' \beta_1) n_v \\ + [(c + c' \alpha_1) l_G + u \tau_G] \frac{\hat{\rho}_1}{\hat{\rho}_G} \times \frac{t_v}{t_1} + gt_v$$

X. Prix de revient d'un transport d'accessoires dans un train de grande vitesse transportant voyageurs et accessoires.

En transformant la formule (16 bis) comme la formule (15 bis) et soient e_a, r_a, t_a, n_a ,

les éléments correspondants à notre transport et : $s_2 \frac{\theta_a}{\theta_2}$, $l_2 \frac{t_a}{t_2}$, $\tau_2 \frac{t_a}{t_2}$

les parts de s_2, l_2 et τ_2 qui lui sont attribuables. En substituant à l_2 et τ_2 leurs valeurs on a

$$l_G \times \frac{\hat{\rho}_2}{\hat{\rho}_G} \times \frac{t_a}{t_2} \quad \text{et} \quad \tau_G \times \frac{\hat{\rho}_2}{\hat{\rho}_G} \times \frac{t_a}{t_2}$$

$$(18) p_a = (j + q + m\mu_2 + w\varepsilon_2) r_a + a + bs_2 \frac{\theta_a}{\theta_2} + (f + f' \beta_2) n_a + [(c + c' \alpha_2) l_G + u \tau_G] \frac{\hat{\rho}_2}{\hat{\rho}_G} \times \frac{t_a}{t_2} + gt_a$$

(1) Nous avons vu ci-dessus (p. 178) que si on possédait les renseignements détaillés relatifs à chaque classe on pourrait déterminer spécialement les prix de revient de voyageurs d'une classe quelconque. On pourra nous objecter qu'il n'est guère possible à l'heure actuelle de déterminer les nombres de voyageurs kilométriques spéciaux à chaque train, si l'on tient compte des abonnées, des transports avec permis, etc. Pour obtenir rigoureusement ces données il faudrait en effet établir un système de contrôle spécial par billets à coupons détachables en cours de route par les contrôleurs par exemple. Nous n'avons pas à nous occuper ici de ces détails de pratique, qui laissent subsister l'exactitude théorique des formules

Les formules (17) et (18) sont complexes, mais permettront en tout cas de calculer une valeur approchée de prix de revient variés, ce qui n'avait pas encore été possible de faire avec les anciennes formules.

XI. *Prix de revient d'un train de Petite vitesse* : En appliquant la formule (4) on aura

$$(19) \quad P_3 = jr_3 + qr_3 + mr_3\mu_3 + wr_3\varepsilon_3 + ae_3 + bs_3 + cl_3 + fn_3 + c'l_3\alpha_3 + f'n_3\beta_3 + ur_3 + gt_3$$

ou

$$(19^{bis}) \quad P_3 = (j+q+m\mu_3+w\varepsilon_3)r_3 + ae_3 + bs_3 + (c+c'\alpha_3)l_3 + (f+f'\beta_3)n_3 + ur_3 + gt_3$$

Les prix de revient moyens des unités contenues dans un tel train homogène seraient respectivement en appliquant les formules (5) à (12).

Train kilométrique de petite vitesse :	$\frac{P_3}{l_3}$
Tonne nette de petite vitesse :	$\frac{P_3}{\theta_3}$
Tonne kilométrique nette :	$\frac{P_3}{t_3}$
Tonne brute remorquée du train de PV	$\frac{P_3}{s_3}$
Tonne kilométrique brute remorquée :	$\frac{P_3}{\hat{c}_3}$
Expédition en PV :	$\frac{P_3}{e_3}$
Expédition kilométrique en PV :	$\frac{P_3}{n_3}$

XII. *Prix de revient d'un transport quelconque en PV.*

Un envoi contenu dans un train de PV sera une expédition, d'où $e_p = 1$, qui coûtera proportionnellement à sa recette r_p , à son tonnage kilométrique net t_p au nombre d'expéditions kilométriques lui correspondant n_p donc à son parcours, puisque les quantités e_3, r_3, t_3, n_3 caractérisant le train sont précisément les sommes des quantités e_p, r_p, t_p, n_p correspondant à chacun des transports se trouvant dans le train.

Mais nous ne savons pas quelle part des autres éléments s_3 : tonnage brut remorqué, l_3 : parcours du train, τ_3 : travail mécanique, attribuer à un envoi déterminé, comme dans le cas du train de messageries (voir ci-dessus, p. 178 formule 14) Nous répartirons les dépenses D_s du train entre les transports proportionnellement à leur tonnage net θ et les dépenses $D_L, D_{L'}, D_\tau$ proportionnellement à leur tonnage kilométrique net t .

Et le prix de revient d'un transport quelconque de petite vitesse contenu dans un train déterminé sera donné par la transformation suivante de la formule (19 bis).

$$(20) \quad p_p = (j + q + m\mu_3 + w\varepsilon_3)r_p + a + bs_3 \frac{\theta_p}{\theta_3} + (c + c'\alpha_3)l_3 \frac{t_p}{t_3} + (f + f'\beta_3)n_p + u \tau_3 \frac{t_p}{t_3} + gt_p$$

Comme les formules (14), (17) et (18) cette dernière formule permet de calculer des prix de revient qui ne pouvaient l'être avec les anciennes formules.

CHAPITRE VI

APPLICATION DES FORMULES AUX RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION DE LA COMPAGNIE DE L'EST (Années 1900 à 1913) PRIX DE REVIENT DES UNITÉS MOYENNES DE TRANSPORT

I. Répartition des dépenses (années 1900 à 1913). — II. Les unités de dépenses et les coefficients de trafic 1900 et 1913. — III. Unités moyennes de transport, leurs prix de revient.

I. Répartition des dépenses (années 1900 à 1913).

Nous allons appliquer les développements théoriques précédents aux résultats de l'exploitation des chemins de fer de l'Est pendant les années 1900 à 1913, qui ont servi de base à l'établissement de nos formules.

Le tableau XXVI donne les valeurs des catégories de dépenses calculées d'après la classification que nous avons établie au chapitre IV. Nous avons suivi rigoureusement les méthodes indiquées pour faire ces calculs, nous ne pouvons pas en reproduire tout le détail vu leur longueur, mais les renseignements statistiques publiés dans ce volume permettraient de les refaire complètement à qui voudrait vérifier nos résultats.

Le tableau XXVII donne les montants des dépenses de chaque catégorie à attribuer
1^o au trafic des voyageurs d'après les formules (1) (ci-dessus, p. 182)

2^o au trafic des accessoires de grande vitesse d'après les formules (2) (ci-dessus, p. 182)

3^o au trafic de petite vitesse d'après les formules (3) (ci-dessus, p. 183) pour les années 1900 et 1913.

TABLEAU XXVI. — Est — Années 1900 à 1913. — *Montant* catégories de dépenses en milliers de francs. — Ensemble du trafic.

TERMES DE DÉPENSES	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913
D ₁	77 491	78 507	79 662	80 754	81 191	81 486	81 314	82 512	85 775	89 220	91 077	92 264	105 111	109 557
D ₂	6 510	6 452	6 597	6 886	6 906	6 902	6 650	6 512	6 567	7 630	7 329	7 514	7 506	7 638
D ₃	3 594	3 582	3 497	3 364	3 758	3 488	3 311	4 364	4 234	4 566	4 590	4 640	5 353	5 221
D ₄	2 812	2 953	3 217	3 010	3 036	2 915	3 083	3 135	3 330	3 723	3 742	4 089	4 546	5 072
D ₅	90 407	91 494	92 973	91 114	94 851	94 761	94 388	96 553	99 906	105 139	106 738	108 537	122 516	127 548
D ₆	3 166	3 094	3 170	3 269	3 358	3 431	3 613	4 027	4 312	4 529	4 778	5 209	5 703	5 945
D ₇	3 677	3 673	3 757	3 838	3 872	4 031	4 435	5 013	5 252	5 319	5 571	5 974	6 585	8 043
D ₈	6 843	6 767	6 927	7 107	7 230	7 462	8 048	9 040	9 564	9 818	10 349	11 183	12 388	13 988
D ₉	35 110	35 036	35 495	35 888	36 112	36 223	37 855	41 989	44 228	45 739	46 601	52 201	56 227	58 770
D ₁₀	1 652	1 570	1 661	1 739	1 792	1 824	2 011	2 226	2 268	2 341	2 370	2 593	2 822	2 926
D ₁₁	696	776	766	715	914	944	1 031	1 260	1 342	1 333	1 333	1 383	1 520	1 665
D ₁₂	862	1 124	943	782	618	712	1 089	1 921	2 009	1 801	1 698	2 042	2 371	1 967
D ₁₃	38 643	38 403	40 043	40 295	40 096	41 873	44 208	49 425	53 514	56 310	57 714	62 945	67 936	73 922
D ₁₄	6 257	6 021	6 137	6 580	6 954	7 171	8 005	8 635	8 498	10 247	10 926	12 613	14 143	16 149
D ₁₅	83 220	82 930	85 548	86 099	86 486	88 747	91 199	105 456	111 889	117 771	120 642	133 777	145 019	155 399
D ₁₆	90 063	89 697	92 475	93 206	93 716	96 209	102 247	114 496	121 453	127 619	130 991	144 960	157 407	169 387
D ₁₇	180 470	181 191	185 448	187 320	188 567	190 970	196 635	211 049	221 359	232 758	237 729	253 437	279 923	296 385

TABLEAU
XXVII
EST — Années
1900 et 1913
Montant des catégories de dépenses (en milliers
de francs) — Paris respectives de chaque trafic

TERMES DE DÉPENSES	VOYAGEURS				ACCESSOIRES DE GRANDE VITESSE				PETITE VITESSE			
	NOTATIONS		1900	1913	NOTATIONS		1900	1913	NOTATIONS		1900	1913
D ₀	D ₁	D ₁	27.554	30.700	D ₁	7.097	10.185	D ₁	42.840	68.672		
	D ₂	D ₂	2.315	2.157	D ₂	566	716	D ₂	3.599	4.825		
	D ₃	D ₃	1.666	2.349	D ₃	607	822	D ₃	1.321	2.050		
	D ₄	D ₄	992	1.240	D ₄	167	305	D ₄	1.653	3.527		
D ₀	D ₀	32.527	36.446	D ₀	8.467	12.028	D ₀	49.413	79.074			
D ₁	D ₂	D ₂	2.266	4.232	D ₂	663	1.314	D ₂	237	390		
	D ₃	D ₃	1.259	2.009	D ₃	428	660	D ₃	1.990	5.374		
	D ₄	D ₄	3.525	6.241	D ₄	1.091	1.974	D ₄	2.227	5.773		
	D ₅	D ₅	16.274	26.442	D ₅	5.928	9.256	D ₅	12.908	23.072		
D ₂	D ₃	D ₃	462	832	D ₃	983	1.797	D ₃	207	297		
	D ₄	D ₄	639	1.531	D ₄	47	107	D ₄	10	27		
	D ₅	D ₅	0	0	D ₅	712	1.688	D ₅	150	279		
	D ₆	D ₆	15.694	15.694	D ₆	5.717	9.055	D ₆	17.232	39.000		
	D ₇	D ₇	340	340	D ₇	157	282	D ₇	5.760	15.295		
	D ₈	D ₈	33.409	55.244	D ₈	13.544	22.185	D ₈	36.267	77.970		
	D ₉	D ₉	36.934	61.485	D ₉	14.635	24.159	D ₉	38.494	83.713		
D	D	69.461	97.991	D	23.102	36.187	D	87.907	162.817			

Nous donnerons tous ces chiffres de dépenses évalués en milliers de francs, ne pouvant garantir une plus grande approximation de ces valeurs, vu l'incertitude qui existe sur certaines répartitions et les erreurs qui en découlent. Les calculs ont été faits en partant des valeurs des éléments du trafic admises au chapitre II (tableaux II à XVIII).

Cette application de notre classification des dépenses conduit à des valeurs relatives du montant des catégories de dépenses fort différentes de celles obtenues antérieurement :

Pour les années 1900 et 1913 on peut résumer comme suit les valeurs relatives des montants des trois grandes classes de dépenses.

CATÉGORIES DE DÉPENSES	NOTATIONS	1900	1913
Dépenses obligatoires, indépendantes du trafic	D_o	50,1	43,0
Dépenses variant avec le trafic	D_v	49,9	57,0
Dépenses indépendantes du parcours	D_i	3,8	4,7
Dépenses dépendantes du parcours	D_d	46,1	52,3
Ensemble	D	100,0	100,0

Mais on ne peut guère comparer ces proportions à celles admises antérieurement, M. Baume n'avait pas considéré de catégorie D_o (voir ci-dessus p. 18) l'ensemble D se partageant uniquement pour lui entre D_i et D_d . M. Nordling (voir ci-dessus p. 55) avait exclus de D et par conséquent de D_o les dépenses D_I d'intérêts et d'amortissement. Enfin M. Pereire avait admis que toutes les dépenses rentraient dans la catégorie D_d (voir ci-dessus p. 72).

II. Les unités de dépenses et les coefficients de trafic (1900 et 1913).

Nous donnons dans le tableau XXVIII les valeurs de ces quantités pour les années 1900 et 1913 de la période que nous avons étudiée, à titre d'exemple.

En ce qui concerne les unités de dépenses, il sera toujours facile de les calculer à l'aide des données du tableau XXVI et des valeurs des éléments du trafic figurant dans les tableaux spéciaux du chapitre II, conformément aux formules données (p. 179 et suiv., Ch. V), pour quiconque voudra chercher à déterminer un prix de revient particulier à une des années étudiées.

En ce qui concerne les coefficients de trafic : nous avons adopté les valeurs suivantes de (voir ci-dessus p. 142)

$$\alpha : \alpha_1 = 50 \quad \alpha_2 = 5 \quad \alpha_3 = 1$$

$$\beta : \beta_1 = 0 \quad \beta_2 = 1 \quad \beta_3 = 1$$

$$\gamma : \gamma_1 = 5 \quad \gamma_2 = 2 \quad \gamma_3 = 1$$

(γ n'est qu'un coefficient intermédiaire servant au calcul de ε , nous considérons les valeurs ci-dessus comme constantes pendant la période étudiée)

pour ε :

$$\varepsilon_1 = \frac{W_1 \gamma_1}{R_1} = \frac{5W_1}{R_1}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{W_2 \gamma_2}{R_2} = \frac{2W_2}{R_2}$$

$$\varepsilon_3 = \frac{W_3 \gamma_3}{R_3} = \frac{W_3}{R_3}$$

et pour μ :

$$\mu_1 = \frac{M_1}{R_1} = \frac{M \times L_1}{L \times R_1}$$

$$\mu_2 = \frac{M_2}{R_2} = \frac{M \times L_2}{L \times R_2}$$

$$\mu_3 = \frac{M_3}{R_3} = \frac{M \times L_3}{L \times R_3}$$

TABEAU.

TABLEAU XXVIII. — Valeurs en 1900 et 1913 des coefficients ε et μ et des unités de dépenses.

TRAFICS	COEFFICIENTS	1900	1913
Voyageurs	ε_1	0,000.271.77	0,000.239.23
Accessoires G. V.	ε_2	0,000.177.31	0,000.177.56
P. V.	ε_3	0,000.291.33	0,000.304.31
Voyageurs	μ_1	0,000.009.241	0,000.009.991
Accessoires G. V.	μ_2	0,000.013.070	0,000.010.541
P. V.	μ_3	0,000.004.714	0,000.003.897
Dépenses.	Unités	<i>f</i>	<i>f</i>
D _I	<i>j</i>	0,403.04	0,358.97
D _R	<i>q</i>	0,033.86	0,025.22
D _{R₂}	<i>m</i>	2636,	2749,
D _{R₁}	<i>w</i>	53,39	60,59
D _E	<i>a</i>	0,034.23	0,045.85
D _S	<i>b</i>	0,022.29	0,022.57
D _L	<i>c</i>	0,727.22	0,921.99
D _N	<i>f</i>	0,000.250.6	0,000.305.8
D _{L₂}	<i>c'</i>	0,000.571	0,001.067
D _{N₂}	<i>f'</i>	0,000.181.5	0,000.287.2
D _T	<i>u</i>	0,339.93	0,408.12
D _T	<i>g</i>	0,002.635	0,003.001.6

III. Unités moyennes de transport, leurs prix de revient.

Nous considérerons les unités moyennes suivantes de chaque trafic.

Train moyen.

Train kilométrique.

(Soit *l* le parcours moyen du train, le train moyen vaut *l* trains kilométriques).

Tonne nette moyenne.

Tonne kilométrique nette.

(Le parcours moyen de la tonne : l_t est le quotient du parcours total des tonnes par leur nombre. La tonne moyenne de parcours l_t , vaut l_t tonnes kilométriques)

Tonne brute remorquée.

Tonne kilométrique brute remorquée.

Expédition.

Expédition kilométrique.

L'expédition de parcours moyen l_e , quotient du parcours total des expéditions par leur nombre, vaut l_e expéditions kilométriques.

Pour calculer les prix de revient de ces unités moyennes il n'est pas besoin de passer par les applications complexes des formules que nous avons détaillées au chapitre précédent. Il nous suffira des formules (1) (2) et (3) pour arriver à des résultats satisfaisants.

Ces formules nous ont permis de calculer les parts des diverses catégories de dépenses attribuables à chaque trafic et les dépenses totales de chacun.

Le quotient de la dépense D d'un trafic par le nombre d'unités moyennes correspondant X , sera le prix de revient de l'unité moyenne soit $\frac{D}{X}$. A l'aide des formules (1) (2) et (3) on peut décomposer entre les catégories de dépenses ce prix de revient de l'unité moyenne tel que

$$(21) \quad \frac{D}{X} = \frac{D_I}{X} + \frac{D_R}{X} + \frac{D_{R_1}}{X} + \frac{D_{R_2}}{X} + \frac{D_E}{X} + \frac{D_S}{X} + \frac{D_L}{X} + \frac{D_N}{X} + \frac{D_{L_2}}{X} + \frac{D_{N\beta}}{X} + \frac{D_C}{X} + \frac{D_T}{X}$$

ou en groupant les termes suivant les classes de dépenses.

$$(22) \quad \frac{D}{X} = \frac{D_o}{X} + \frac{D_i}{X} + \frac{D_d}{X} = \frac{D_o}{X} + \frac{D_v}{X}$$

Nous donnons au tableau XXIX suivant, les résultats de ces calculs pour les années 1900 et 1913, avec les formules appliquées.

Nous conservons les notations antérieurement employées et ajoutons les suivantes

Nombre de trains X

$$X = X_1 + X_2 + X_3, \quad \text{parts respectives de chaque trafic}$$

Nombre de tonnes nettes : Θ

$$\Theta = \Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_3$$

TABLEAU XXIX. — Prix de revient des unités moyennes de trafic.

UNITÉS MOYENNES	VOYAGEURS		ACCESSOIRES DE G. V.		P. V.	
	1900	1913	1900	1913	1900	1913
Train moyen	$\frac{f}{N_1}$ 137,6	$\frac{f}{N_1}$ 148,3	$\frac{f}{N_2}$ 125,6	$\frac{f}{N_2}$ 156,5	$\frac{f}{N_3}$ 234,4	$\frac{f}{N_3}$ 252,9
Train kilométrique	$\frac{D_1}{L_1}$ 3,10	$\frac{D_1}{L_1}$ 3,41	$\frac{D_2}{L_2}$ 2,83	$\frac{D_2}{L_2}$ 3,60	$\frac{D_3}{L_3}$ 4,09	$\frac{D_3}{L_3}$ 6,51
Tonne nette	$\frac{D_1}{e_1}$ 14,99	$\frac{D_1}{T_1}$ 15,16	$\frac{D_2}{e_2}$ 38,1	$\frac{D_2}{T_2}$ 37,7	$\frac{D_3}{e_3}$ 4,73	$\frac{D_3}{T_3}$ 3,53
Tonne kilométrique nette	$\frac{D_1}{T_1}$ 0,538	$\frac{D_1}{S_1}$ 0,515	$\frac{D_2}{T_2}$ 0,389	$\frac{D_2}{S_2}$ 0,385	$\frac{D_3}{T_3}$ 0,0402	$\frac{D_3}{S_3}$ 0,031,9
Tonne brute remorquée	$\frac{D_1}{S_1}$ 1,230	$\frac{D_1}{Y_1}$ 1,100	$\frac{D_2}{S_2}$ 1,20	$\frac{D_2}{Y_2}$ 1,23	$\frac{D_3}{S_3}$ 0,985	$\frac{D_3}{Y_3}$ 0,985
Tonne kilométrique brute remorquée	$\frac{D_1}{Y_1}$ 0,028,6	$\frac{D_1}{E_1}$ 0,025,9	$\frac{D_2}{E_2}$ 0,026,1	$\frac{D_2}{E_2}$ 0,027,3	$\frac{D_3}{E_3}$ 0,015,89	$\frac{D_3}{E_3}$ 0,012,96
Expédition	$\frac{D_1}{E_1}$ 1,019	$\frac{D_1}{N_1}$ 1,061	$\frac{D_2}{E_2}$ 1,19	$\frac{D_2}{N_2}$ 1,26	$\frac{D_3}{E_3}$ 12,67	$\frac{D_3}{N_3}$ 18,70
Expédition kilométrique	$\frac{D_1}{N_1}$ 0,037,6	$\frac{D_1}{N_1}$ 0,036,0	$\frac{D_2}{N_2}$ 0,005,88	$\frac{D_2}{N_2}$ 0,006,16	$\frac{D_3}{N_3}$ 0,106,7	$\frac{D_3}{N_3}$ 0,1675

Nombre de tonnes kilométriques brutes remorquées ⁽¹⁾ : $Y = Y_1 + Y_2 + Y_3$
 Nous n'avons pas donné de tableau du nombre des trains, cet élément ne servant pas dans notre formule de répartition. Voici les valeurs de X en 1900 et 1913

	1900	1913
Voyageurs	X ₁ 504,857	X ₁ 660,454
Accessoires GV	X ₂ 183,912	X ₂ 231,191
PV	X ₃ 374,933	X ₃ 643,768
Ensemble	1,063,702	1,535,413

(1) Nota — La lettre grecque ρ majuscule qui devrait être employée ici pour correspondre aux notations des formules du Ch. V, est trop semblable au ρ majuscule français que nous avons fréquemment utilisé, pour éviter toute confusion, nous adopterons Y , pour le tonnage kilométrique brut total remorqué.

On peut comparer rapidement, ces résultats à ceux obtenus à l'aide de l'ancienne formule à 4 termes pour la même année 1900 de l'exploitation du réseau de l'Est (et reproduits ci-dessus pages 83 à 84).

- Le voyageur kilométrique coûte 0 fr. 0376 au lieu de 0 fr. 032894
- La tonne kilométrique nette de voyageurs 0 fr. 538 au lieu de 0 fr. 4699
- La tonne kilométrique nette d'Accessoires GV 0 fr. 389 au lieu de 0 fr. 7781
- L'expédition km d'accessoires CV 0 fr. 00588 au lieu de 0 fr. 012194

On voit que la tonne kilométrique nette d'accessoires coûte moins que celle de voyageurs, alors qu'elle paraissait coûter plus en calculant le prix de revient à l'aide de l'ancienne formule.

On ne peut comparer les résultats concernant la PV puisque la formule à 4 termes sépare le trafic de PV en marchandises et accessoires.

IV. Comparaison des résultats précédents avec ceux obtenus par l'application des anciennes formules.

Nous avons déjà indiqué que M. Baume le premier et M. Gustave Pereire après lui, avaient remarqué que les prix de revient moyens des transports du voyageur kilométrique et de la tonne kilométrique étaient sensiblement égaux.

M. Baume et divers auteurs, à sa suite s'était servi de ce résultat comme d'une règle fixe pour convertir tous les transports en une même unité, en posant en principe l'égalité de ces prix de revient. Certains s'étaient élevés contre cette assimilation arbitraire du voyageur kilométrique et de la tonne kilométrique.

Il est particulièrement intéressant de constater que notre nouvelle formule détaillée conduit précisément à un résultat identique. Les prix de revient moyens du transport de la tonne et du voyageur à un kilomètre sont sensiblement égaux. Elle confirme en quelque sorte les conclusions de M. Baume.

CHAPITRE VII

CALCULS ACCESSOIRES QUE PERMET LA NOUVELLE FORMULE. — DE LA REDUCTION DES DÉPENSES. — GROUPAGE. — UTILISATIONS.

- I. — Prix de revient de l'unité de transport en plus. — II. La question du groupage. — III. Calcul des économies de groupage à l'aide de la nouvelle formule. — IV. L'utilisation de la capacité de charge des véhicules. — V. Utilisation de la capacité volumétrique. — VI. Utilisation de la puissance des machines. — VII. Utilisation de l'effectif des machines et des véhicules. — VIII. Utilisation des lignes et du matériel fixe. — IX. Utilisation dans le temps. — X. Le groupage et l'utilisation associés.

Notre nouvelle formule détaillée permet de résoudre facilement les problèmes variés que se sont posés les divers auteurs dont nous avons étudié les travaux dans la première partie de ce mémoire.

I. *Prix de revient de l'unité de transport en plus.*

M. Nordling avait considéré (*voir ci-dessus* page 56) que, dans les questions de « concurrence où le prix de revient forme la limite inférieure des tarifs fructueux, ce qu'il importe de connaître, c'est le supplément de dépense nécessaire pour transporter une « tonne kilométrique en plus. »

Conformément à notre formule (22) le prix de revient de la tonne kilométrique nette moyenne de PV peut s'écrire

$$\frac{D_3}{T_3} = \frac{D_o + D_v}{T_3}$$

En transportant une tonne kilométrique moyenne de plus, les dépenses D_0 indépendantes du trafic ne doivent pas augmenter, seules les dépenses D_v variant avec le trafic s'élèveront, et le prix de revient de la tonne kilométrique moyenne transportée en plus sera

sensiblement égal à $\frac{D_v}{T_3}$

Le prix de revient du voyageur kilométrique moyen en plus serait de même

$$\frac{D_v}{N_1}$$

Celui de la tonne kilométrique nette en plus d'accessoires GV : $\frac{D_v}{T_2}$

D'une manière générale soit X le nombre d'unités d'un trafic transporté une année et D_v les dépenses variables correspondantes ; le prix de revient de l'unité de transport en plus est :

$$(23) \quad \frac{D_v}{X}$$

II. La question du groupage :

Dans son travail que nous avons exposé ci-dessus (voir page 93), M. Gustave Pereire avait attaché une importance particulière à la question du groupage, cette opération commerciale qui a pour but de présenter en une seule expédition un chargement important. L'auteur avait cru reconnaître qu'il fallait attendre du groupage une très importante réduction du prix de revient des transports d'accessoires de GV, particulièrement onéreux. Notre nouvelle formule nous indique qu'ils le sont en effet, mais pas dans une aussi large mesure.

Les dépenses variant avec le nombre des expéditions, sont celles comprises dans les catégories D_E , D_N et $D_{N\beta}$ de notre classification des dépenses, leur montant total est bien inférieur à l'ancienne catégorie D_E de la répartition de M. Pereire.

S'il y a des améliorations à attendre de l'organisation du groupage, il est certain que les réductions de dépenses seront beaucoup moins importantes qu'on pouvait le croire, ce qui justifie les réserves que nous avons faites à ce sujet (voir page 93).

Les économies que pourra procurer le groupage sont de diverses sortes :

1° Des économies de manutention ; à ce point de vue il s'agit des économies que peut faire une industrie en substituant quand c'est possible, la manœuvre mécanique à la manœuvre

vre humaine, car il ne faut pas oublier que si le nombre des expéditions diminue, leur poids moyen augmente et la manutention d'un colis exige une plus grande force.

2° Des économies d'écriture qui s'accuseront dans la réduction du personnel établissant les bulletins d'expédition. Les économies ci-dessus seront réalisées sur la catégorie des dépenses D_E .

3° Les économies de surveillance dans les trains, et les réductions des indemnités pour pertes, vols, retards et avaries qui concernent les dépenses des catégories D_N et $D_{N\beta}$. Les dépenses $D_{N\beta}$ pourraient être couvertes par une assurance proportionnelle à la valeur de la marchandise ⁽¹⁾. La part du traitement des employés des trains afférente à la surveillance pourrait être transformée en une sorte de guelte primant le bon travail du personnel assurant la bonne arrivée des marchandises.

Toutes ces questions seront développées dans le travail plus complet que prépare M. Gustave Pereire. Enfin il ne faut pas se dissimuler les difficultés de réalisation du groupage :

Certains transports d'animaux vivants sont pratiquement ingroupables. Le transport de viandes tuées en wagons frigorifiques permettrait seul le groupage.

L'État français prélève certains impôts fixes par envoi, ils devraient être remplacés par une taxe proportionnelle au prix des transports, pour permettre la réalisation du groupage sans préjudice pour l'Etat.

III. *Calcul des économies de groupage à l'aide de la nouvelle formule.*

Le groupage doit être réalisé au départ d'un certain nombre d'envois, il faudra considérer le poids moyen de l'expédition $\frac{G}{E}$, et non celui de l'expédition kilométrique $\frac{T}{N}$. On ne peut prétendre qu'à réduire le nombre des expéditions et non leur parcours, on peut seulement associer des envois ayant même itinéraire total. Une grande difficulté du groupage réside précisément dans la multiplicité des itinéraires et des destinations en partant d'une gare déterminée.

Soit E_2 le nombre des expéditions d'Accessoires de grande vitesse, si par le groupage nous supprimons x expéditions, quelles réductions de dépenses sont réalisées ?

(1) M. Gustave Pereire s'occupant depuis de longues années de compagnies d'assurances, a pensé faire comprendre dans de nouveaux tarifs l'assurance obligatoire de la marchandise, dont une partie servirait au paiement d'une guelte au personnel pour empêcher les vols si nombreux actuellement commis.

Sur la dépense D_E dont l'unité est a par expédition l'économie sera $\frac{D_E}{E} x = ax$

Sur la dépense D_N dont l'unité est f .

$$\frac{D_N \times x}{E} = f N \frac{x}{E}$$

Sur la dépense $D_{N\beta}$, d'unité f'

$$\frac{D_{N\beta} \times x}{E} = f' \beta N \frac{x}{E}$$

L'ensemble des économies de groupe entraînées par la suppression de x expéditions est représenté par la formule.

$$(24) \quad (D_E + D_N + D_{N\beta}) \frac{x}{E} \quad \text{ou}$$

$$(24^{bis}) \quad ax + (f N + f' N \beta) \frac{x}{E}$$

On pourrait créer une sorte de coefficient de groupe représentant le nombre moyen d'expéditions par tonne soit

$$(25) \quad G = \frac{E}{\Theta} \quad \text{d'où } E = G \Theta$$

Ce coefficient G varie d'une année à l'autre sur une même ligne, ou d'une ligne à une autre.

Le cas $G = 1$ correspond à 1 expédition par tonne ; pour arriver à cette valeur de G il faudrait supprimer $x = E - \Theta$ expéditions.

Si on supprime x expéditions la valeur de G devient

$$G' = \frac{E - x}{\Theta}$$

La valeur des dépenses D_E , D_N et $D_{N\beta}$ correspondant au coefficient G deviendra pour un coefficient G'

$$(26) \quad (D_E + D_N + D_{N\beta}) \frac{G'}{G}$$

L'économie correspondante réalisée est représentée par

$$(27) \quad (D_E + D_N + D_{N\beta}) \frac{G - G'}{G}$$

Si $G' = 1$ on aura, la dépense

$$(26 \text{ bis}) \quad \frac{D_E + D_N + D_{N\beta}}{G}, \text{ et l'économie}$$

$$(27 \text{ bis}) \quad (D_E + D_N + D_{N\beta}) \frac{(G - 1)}{G}$$

En appliquant ces formules aux dépenses des années 1900 et 1913 on obtient les résultats suivants.

TABLEAU XXX. — Réduction des dépenses par le groupage

ANNÉES	E	H	$G = \frac{E}{D}$	$\frac{D_E + D_N + D_{N\beta}}{G}$ (4)	$\frac{D_E + D_N + D_{N\beta}}{G}$ (5)	ECONOMIE (6) = (4) - (5)	D	ECONOMIE % ECONOMIE $\times 100$ (8)	PRIX DE REVIENT de la tkm correspondant	
									G (9)	G' = 1 (10)
1900	19.410.134	606.233	32,02	2.258.000	73.000	2.285.000	23.102.000	9,89 %	0,389	0,351
1913	28.658.357	958.441	29,90	4.799.000	160.000	4.639.000	36.187.000	12,82 %	0,385	0,335

On voit donc qu'on ne peut guère espérer réaliser par le groupage une économie supérieure à 10 % du prix de revient.

Appliquons encore les raisonnements ci-dessus au prix de revient du train (formules 4 et 4 bis). Le groupage réduira la valeur des termes en a f et f' des formules ; si à un coefficient de groupage G correspond le prix de revient

$$(4 \text{ bis}) \quad P = (j + q + m\mu + w\varepsilon) r + ae + bs + (c + c' \alpha) l + (f + f' \beta) n + u\tau + gt$$

à un coefficient G' correspondra le prix de revient

$$(28) \quad P_{G'} = (j + q + m\mu + w\varepsilon) r + bs + (c + c' \alpha) l + u\tau + gt + \frac{[ae + (f + f' \beta) n] G'}{G}$$

et l'économie réalisée sera

$$(29) \quad \frac{(ae + (f + f' \beta) n) \times (G - G')}{G}$$

Les mêmes transformations pourront s'appliquer à toutes les formules de prix de revient que nous avons établies au Chapitre V. D'une manière générale, dans toute formule de prix de revient, le groupage entraîne une modification des valeurs des termes en a , f et f' qui sont multipliées par le rapport $\frac{G'}{G}$ du nouveau coefficient de groupage à l'ancien.

Le groupage est irréalisable sur le trafic des voyageurs, quand à la Petite vitesse, les expéditions sont normalement d'un poids moyen considérable. M. Baume avait étudié le problème de la réduction du prix de revient dans le cas du chargement et du déchargement faits par l'expéditeur et le destinataire. Ce procédé de manutention entraîne une réduction de prix de revient qui porte en particulier sur la dépense D_R .

IV. L'utilisation. — Utilisation de la capacité de charge des véhicules.

M. Baume et M. Gustave Pereire ont étudié successivement l'importante question de l'utilisation, en considérant spécialement l'utilisation de la capacité de charge des véhicules.

Dans ces conditions, on appelle *coefficient d'utilisation* : K , le rapport % de la charge des véhicules, à la capacité de charge offerte.

Soient : Q la capacité kilométrique offerte et T le tonnage kilométrique transporté, on a

$$(30) \quad K = \frac{100 T}{Q}$$

dans les cas des accessoires de GV et du trafic de PV. Dans le cas des voyageurs, Q représente un nombre de places kilométriques offertes, on aura

$$(30^{bis}) \quad K = \frac{100 N}{Q}$$

N étant le nombre de voyageurs kilométriques.

Les valeurs des coefficients d'utilisation réalisés en 1900 et 1913 figurent au tableau suivant.

TABLEAU XXXI. — Coefficients d'utilisation

ANNÉES	VOYAGEURS			ACCESSOIRES G V			PETITE VITESSE		
	N ₁	Q ₁ ⁽¹⁾	K ₁	T ₂	Q ₂ ⁽²⁾	K ₂	T ₃	Q ₃ ⁽³⁾	K ₃
1900	1.844.485.175	10.891.790.000	17,7	59.356.000	657.940.000	9,0	2.185.382.000	6.055.227.000	26,1
1913	2.719.783.412	12.460.060.000	21,8	94.051.000	860.310.000	10,9	5.095.689.000	14.923.908.000	34,1

Les coefficients d'utilisation sont particulièrement faibles en C.V. Le poids mort transporté est de ce fait considérable par rapport au poids net utile (voir ci-dessus tableaux II à V et VII à X). Il serait très désirable de réduire ce poids mort, c'est-à-dire d'augmenter le coefficient d'utilisation. Les dépenses variant avec le coefficient d'utilisation sont les dépenses D_s proportionnelles au tonnage brut remorqué et les dépenses D_r proportionnelles au Travail mécanique. Etudions les variations de ces dépenses, en fonction de K.

1° Variations de D_s — S : tonnage brut remorqué est la somme du tonnage net θ et du poids mort que nous appellerons B pour un coefficient d'utilisation K on a

$$S = \theta + B$$

B varie en raison inverse du coefficient d'utilisation (voir ci-dessus pp. 25 et 89), pour un coefficient d'utilisation K' on aura

$$B' = \frac{BK}{K'} \quad \text{et} \quad S' = \theta + \frac{BK}{K'}$$

La dépense D_s = bS deviendra

$$(31) \quad D_s' = b \left(\theta + \frac{BK}{K'} \right)$$

(1) Le parcours correspondant aux places offertes est relevé au Rapport. Tableau XVIII.

(2) La capacité kilométrique offerte Q₂ est le produit de la capacité moyenne d'un fourgon (Tableau 22 du Livre vert) par le parcours total des fourgons (Rapport. Tableau XV).

(3) La capacité kilométrique offerte Q₃ est le produit de la capacité moyenne d'un wagon (Tableau 22 du Livre Vert) par le parcours total des véhicules de PV (Rapport Tableau XIX).

La réduction correspondante étant

$$(32) \quad bB \frac{K' - K}{K'}$$

2° *Variations de D_T*. — L'augmentation du coefficient d'utilisation K, réduit le travail mécanique correspondant à la traction des véhicules, Soit \mathcal{C}_w cette fraction du travail mécanique proportionnelle à leur tonnage kilométrique brut, pour une vitesse déterminée.

Soit Y—T le tonnage kilométrique brut des véhicules correspondant à un coefficient d'utilisation K, pour un coefficient K' il deviendra :

$$\frac{(Y-T) K}{K'} \quad \text{et } \mathcal{C}_w \text{ sera égal à}$$

$$\mathcal{C}_w = \frac{\mathcal{C}_w K}{K'} \quad \text{c'est-à-dire réduit de}$$

$$\frac{\mathcal{C}_w (K' - K)}{K'}$$

Les dépenses D_τ = u \mathcal{C} prendront la valeur

$$(33) \quad D_{\tau}' = u \left(\mathcal{C} = \mathcal{C}_w \frac{K' - K}{K'} \right)$$

la réduction qu'elles subissent étant

$$(34) \quad u \mathcal{C}_w \frac{K' - K}{K'}$$

Le montant total des réductions de dépenses entraînées par l'augmentation de l'utilisation de la capacité de charge des véhicules sera représenté par l'expression

$$(35) \quad bB \frac{K' - K}{K'} + u \mathcal{C}_w \frac{K' - K}{K'} \text{ ou } (bB + u \mathcal{C}_w) \frac{K' - K}{K'}$$

Et pour calculer un prix de revient correspondant à une utilisation K' en partant

de celui correspondant à K, il faut substituer aux valeurs bS et $u\bar{C}$ des termes D_s et D_r les valeurs

$$b \left(\theta + \frac{BK}{K'} \right) \quad \text{et} \quad u \left(\bar{C} - \bar{C}_w \frac{K' - K}{K'} \right)$$

Toutes nos formules de prix de revient (chapitre V ci-dessus) peuvent être transformées de même.

TABLEAU XXXII. — *Economies réalisables par une meilleure utilisation de la capacité de charge*

	VOYAGEURS		ACCESSOIRES G V		TRAFIC P V		
	1900	1913	1900	1913	1900	1913	
Dépenses totales D	69.461.000 ^f	97.931.000 ^f	23.102.000 ^f	36.187.000 ^f	87.907.000 ^f	102.817.000 ^f	
bB	1.156.000	1.863.000	414.000	638.000	1.575.000	4.334.000	
$u\bar{C}_w$	4.952.000	9.274.000	1.777.000	3.175.000	5.753.000	15.404.000	
$bB + u\bar{C}_w$	6.108.000	11.137.000	2.191.000	3.813.000	7.328.000	19.738.000	
$K' = 50$ {	Economie selon (35)	3.946.000	6.281.000	1.797.000	2.982.000	2.037.000	6.277.000
	Economie % par rapport à D . . .	5,6	6,4	7,7	8,2	2,3	3,8
	Prix de l'unité kilométrique . . .	0,0355 ^f	0,0337 ^f	0,350 ^f	0,353 ^f	0,0392 ^f	0,0307 ^f
$K' = 100$ {	Economie selon (35)	5.027.000	8.709.000	1.994.000	3.397.000	4.683.000	13.007.000
	Economie % par rapport à D . . .	7,2	8,9	8,6	9,4	5,3	7,9
	Prix de l'unité kilométrique . . .	0,0349 ^f	0,0328 ^f	0,355 ^f	0,348 ^f	0,0380 ^f	0,0294 ^f

Les résultats ci-dessus sont donnés à titre d'exemples d'application de la théorie précédente. Ceux concernant les voyageurs sont donnés seulement pour montrer ce que peut être la réduction du prix de revient dans certains trains spéciaux particulièrement bien utilisés tels que les trains de plaisir par exemple ; car il ne faut pas se dissimuler la difficulté d'augmenter l'utilisation des voitures à voyageurs, en temps normal.

Le coefficient d'utilisation 100 n'est pas réalisable sur l'ensemble d'un trafic, mais peut l'être dans certains trains complets spéciaux.

Nous avons déjà vu (*ci-dessus* pages 25 et 40) que la valeur du poids mort minimum par tonne transportée pour un matériel déterminé, est une quantité constante c quotient du tonnage brut par la capacité de charge évaluée en tonnes

$$c = \frac{B}{Q}$$

Les différences de valeurs de c entraînent précisément les variations de prix de revient d'un transport fait dans des véhicules différents ⁽¹⁾.

c , est encore égal au produit du coefficient d'utilisation K par le poids mort transporté par tonne correspondant à K

V. Utilisation de la capacité volumétrique.

Mais il y a un obstacle à l'utilisation maximum de la capacité de charge des véhicules, du moins en ce qui concerne les Accessoires de GV et la PV. Certaines marchandises légères et encombrantes ne permettent pas de charger jusqu'à limite les wagons, ce sont par exemple : les bestiaux, les fourrages et les pailles non comprimés.

Soient : Δ la capacité volumétrique des véhicules, capacité fixée pour les wagons non couverts par le gabarit, et Q leur limite de charge totale. La densité de la marchandise qui remplirait complètement les véhicules serait

$$\delta = \frac{\Delta}{Q}$$

Dans le cas d'une marchandise de densité $\delta' < \delta$, on ne peut charger que du poids.

$\frac{Q \times \delta'}{\delta}$ ce qui correspond à un coefficient d'utilisation

$$(36) \quad \frac{K \times \delta'}{\delta}$$

Dans la pratique, soient : $T_{\delta''}$ le tonnage kilométrique des marchandises de densité : $\delta'' \geq \delta$, $T_{\delta'}$, le tonnage kilométrique des marchandises de densité $\delta' < \delta$.

(1) C'est ainsi que le matériel de la voie de 1m. 10 et de la voie de 0 m. 60 l'emporte sur celui de la voie normale. A trains complets il offre beaucoup moins de poids mort de wagons par voyageur et tonne de marchandises.

Le coefficient d'utilisation maximum de la capacité de charge sera $K = 100$ pour les marchandises de tonnage $T_{\delta'}$ et $\frac{K \delta'}{\delta}$ pour les marchandises de tonnage T_{δ} .

VI Utilisation de la puissance des machines.

L'augmentation de l'utilisation de la capacité de charge des véhicules, en réduisant le poids mort et par conséquent le poids brut remorqué, diminue le poids moyen des trains, les machines n'ont plus à fournir le même travail, et tout en conservant la même vitesse de transport, leur puissance pourrait être réduite. Pour utiliser la puissance des machines au même point qu'avant l'augmentation de l'utilisation, il faudra, soit augmenter la vitesse des trains en conséquence de la réduction de leur poids moyen, soit diminuer le nombre des trains pour conserver au poids moyen la valeur normale.

Bien que certains auteurs s'élèvent contre la réduction du nombre des trains qui tarit le trafic, étudions la réduction de ce nombre qu'il faudrait réaliser pour conserver l'utilisation normale des machines. Les trains conservant le même parcours moyen, leur parcours total sera réduit en raison de leur nombre.

Deux catégories de dépenses varient avec le parcours des trains : D_L et D_{L_v} , elles subiront une réduction en conséquence de la suppression de certains trains. Les dépenses D_r subiront une nouvelle diminution du fait de la suppression du travail mécanique correspondant à la résistance propre aux machines tractant les trains supprimés.

1° Réduction de D_L et D_{L_v} .

Pour conserver le même poids moyen remorqué des trains, il faudra réduire leur parcours total proportionnellement à leur tonnage kilométrique brut remorqué.

Soit (comme ci-dessus, page 214) $Y-T$ le tonnage kilométrique brut des véhicules correspondant à un coefficient d'utilisation K , il devient pour un coefficient K'

$$(Y-T) \frac{K}{K'}$$

La réduction correspondante du tonnage kilométrique brut remorqué sera

$$(Y-T) \frac{K' - K}{K'}$$

La valeur du tonnage kilométrique brut remorqué correspondant à K' sera

$$Y' = Y - (Y - T) \frac{K' - K}{K'}$$

Si L est le parcours des trains correspondant à Y , pour un coefficient K' il devra être réduit de

$$(37) \quad \frac{L}{Y} (Y - T) \frac{K' - K}{K'}$$

et prendre la valeur

$$(38) \quad L' = L - \frac{L}{Y} (Y - T) \frac{K' - K}{K'}$$

Les dépenses D_L et $D_{L'}$ seront réduites dans les mêmes proportions que L de

$$(39) \quad (D_L + D_{L'}) \frac{Y - T}{Y} \times \frac{K' - K}{K'}$$

et prendront les valeurs

$$(40) \quad D'_L + D'_{L'} = D_L + D_{L'} \left(1 - \frac{(Y - T)(K' - K)}{YK'} \right)$$

2^o Réduction de D_r

Le travail mécanique correspondant à la résistance propre aux machines et tenders \mathcal{C}_m sera réduit en proportion du parcours des trains de

$$(41) \quad \frac{\mathcal{C}_m}{Y} (Y - T) \frac{K' - K}{K}$$

La réduction de dépenses D_r correspondantes serait

$$(42) \quad u \left(\frac{\mathcal{C}_m}{Y} (Y - T) \frac{K' - K}{K} \right)$$

Toutes nos formules de prix de revient (Chapitre V ci-dessus) peuvent être transformées de même.

Le tableau suivant XXXIII donne le résultat de l'application de cette théorie aux trafics des années 1900 et 1913, à titre d'exemple.

TABLEAU XXXIII. — Economies réalisables par la réduction du nombre des trains, conséquence d'une meilleure utilisation de la capacité de charge.

	VOYAGEURS		ACCESSOIRES G V		P V			
	1900	1913	1900	1913	1900	1913		
D	69.461.000 ^f	97.931.000 ^f	23.102.000 ^f	36.187.000 ^f	87.907.000 ^f	162.817.000 ^f		
DL	16.274.000	26.442.000	5.928.000	9.256.000	12.908.000	23.072.000		
DL _z	639.000	1.531.000	47.000	107.000	10.000	27.000		
DL + DL _z	16.913.000	27.973.000	5.975.000	9.363.000	12.918.000	23.099.000		
$(DL + DL_z) \frac{Y-T}{Y}$	16.013.000	26.562.000	5.574.000	8.696.000	7.813.000	13.725.000		
Dτ	15.694.000	25.867.000	5.717.000	9.055.000	17.232.000	39.000.000		
K' = 50	Economie DL + DL _z selon (38)		10.344.000	14.981.000	2.285.000	6.800.000	2.172.000	4.305.000
	Economie sur Dτ selon (41)		6.400.000	8.680.000	2.915.000	4.093.000	1.298.000	2.469.000
	Somme des économies		16.744.000	23.661.000	5.200.000	10.893.000	3.470.000	6.834.000
	% par rapport à D		24,1	24,1	22,5	30,1	3,9	4,2
K' = 100	Economie DL + DL _z selon (38)		13.179.000	20.771.000	5.072.000	7.748.000	4.993.000	9.045.000
	Economie sur Dτ selon (41)		8.153.000	11.955.000	3.235.000	4.664.000	2.984.000	5.117.000
	Somme des économies		21.332.000	32.726.000	8.307.000	12.412.000	7.977.000	14.162.000
	% par rapport à D		30,7	33,4	35,9	34,3	9,0	8,7

On voit que les économies nouvelles ci-dessus que permettrait la réduction du nombre des trains, sont plus importantes que celles calculées au tableau XXXII.

Mais la réduction du nombre des trains, et par suite de leur parcours total, va entraîner celui du parcours des machines et des véhicules et poser de nouveaux problèmes.

VII. — Utilisation de l'effectif des machines et des véhicules.

La bonne utilisation de la capacité de charge du matériel, supprime pour celui-ci une partie du parcours à vide. On entrevoit donc la possibilité d'assurer avec un même

matériel un trafic plus considérable, nous n'entrerons pas dans le détail de telles questions qui relèvent plus de la compétence des praticiens que de la théorie pure.

VIII. *Utilisation des lignes et du matériel fixe.*

Puisqu'il existe, d'après notre classification, des dépenses indépendantes du trafic, on peut étudier l'augmentation de ce trafic, assuré par un plus grand nombre de trains, nombre limité par la capacité de circulation des lignes ; à la condition expresse de n'entraîner aucun frais supplémentaire d'établissement. C'est en quelque sorte l'étude de la fréquentation ; on pourrait calculer un coefficient d'utilisation des lignes, rapport du parcours effectif des trains au parcours total possible. Mais les questions de vitesse interviennent et vont poser un nouveau problème :

IX. *Utilisation dans le temps.*

Plus un transport sera fait rapidement, moins longtemps les véhicules seront encombrés par lui, leur capacité sera en quelque sorte augmentée en raison inverse de la vitesse des transports. La ligne elle-même sera encombrée pendant un temps moindre.

Tout véhicule chargé devrait donc être acheminé à destination le plus rapidement possible.

Hadley ⁽¹⁾ écrit : « Les chemins de l'Etat prussien s'arrangent à employer une grande portion de la capacité disponible des wagons. Il n'est nullement évident qu'ils assurent la même économie de temps. Ils chargent les wagons très complètement mais ils semblent les garder inactifs pendant longtemps pour le faire. »

Il ne faut pas en effet que le wagon qui doit être essentiellement une unité mobile, soit transformé en magasin fixe pendant un certain temps. Comme l'a si bien démontré M. Gustave Pereire, il faut créer des magasins, des entrepôts dans les gares, qui joueront le rôle d'accumulateurs de trafic et feront qu'un wagon trouvera sans station prolongée dans les gares, de quoi être rempli immédiatement.

Comment se rendre compte de l'augmentation de prix de revient qu'entraînerait pour un transport l'augmentation de la vitesse. Supposons que l'on veuille acheminer en grande vitesse, le chargement d'un train de Petite vitesse.

En admettant que la puissance moyenne des machines est fixe, plus la vitesse sera grande, plus faible sera la charge qu'elles pourront déplacer. Le poids moyen du train de

(1) Railway transportations, loc. cit.

GV est toujours moindre que celui du train de PV. C'est ainsi que nous pouvons calculer pour les années 1900 et 1913, les valeurs suivantes.

Poids moyen du train remorqué

	GV	PV	$\frac{PV}{GV}$
	t.	t.	
1900	108	311	2,9
1913	131	501	3,8

Il faudra donc répartir la charge du train de PV en 3 ou 4 trains de grande vitesse.

De ce fait : les dépenses variant avec le parcours des trains : D_L et D_{Lx} seront multipliées par 3 ou 4 ; les dépenses variant avec le travail mécanique seront augmentées : 1° du fait de l'augmentation de la vitesse, qui accroît la résistance moyenne par tonne de train, 2° du fait de l'emploi de 2 ou 3 machines supplémentaires.

En 1913 le train moyen de PV de 501 tonnes remorquées à 1 km coûtait 6 fr.51 ce prix de revient peut se décomposer comme suit :

$$P_3 = (j + q + m\mu_3 + w\varepsilon_3) r_3 + ac_3 + bs_3 + (c + c'\alpha) l_3 + (f + f'\beta_3) n_3 + ur_3 + gt_3$$

$$6^f, 51 = 3^f, 16 + 0^f, 23 + 0^f, 92 + 0^f, 02 + 1^f, 56 + 0^f, 62$$

Si au lieu d'un train de PV nous formons 4 trains de GV. Les dépenses D_L et D_{Lx} seront augmentées de

$$0^f, 92 \times 3 = 2^f, 76$$

Le travail mécanique subira les augmentations suivantes. 1° Le poids total du train de PV était $501^t + 75^t = 576$ tonnes y compris la machine et le tender ; la résistance supplémentaire par tonne pour passer de PV en GV est (voir ci-dessus page 129)

$$3^{kg} 34 - 2^{kg} 06 = 1^{kg} 28$$

Le travail mécanique supplémentaire correspondant sera

$$1^{kg} 28 \times 576^{tkm} = 0^{tkm} 737$$

2° Les 3 machines et tenders supplémentaires pèsent

$$75^t \times 3 = 225^t$$

Considérés comme véhicules, leur résistance totale sera de $6^{kg} 34$ par tonne, en conservant les mêmes conditions que celles admises dans nos précédents calculs de \mathcal{C} .

Le travail mécanique supplémentaire correspondant sera

$$6^{\text{kg}} 34 \times 225^{\text{tkm}} = 1^{\text{tkm}} 427$$

3° La résistance propre des 3 machines pesant 50 tonnes l'une, étant comptée à raison de 18^{kg} par tonne.

Le travail mécanique correspondant sera

$$18^{\text{kg}} \times 150^{\text{tkm}} = 2^{\text{tkm}} 700$$

Le travail mécanique supplémentaire total sera

$$0^{\text{tkm}} 737 + 1^{\text{tkm}} 427 + 2^{\text{tkm}} 700 = 4^{\text{tkm}} 864$$

L'unité de dépenses étant $u = 0^{\text{f}} 40812$ par tkm de \bar{C} . L'augmentation de D_r sera

$$0^{\text{f}} 40812 \times 4,864 = 1^{\text{f}} 99$$

L'augmentation totale du prix de revient du transport étudié ressort à $2^{\text{f}} 76 + 1^{\text{f}} 99 = 4^{\text{f}} 75$ ce qui représente $\frac{4,75 \times 100}{6,51} = 73$ % du prix de revient en PV.

X. Le groupage et l'utilisation associés

« La nature du trafic influe beaucoup sur le travail produit par chaque véhicule. « Plus une compagnie transporte de grosses marchandises expédiées à de grandes distances, « mieux elle utilise son matériel. » ⁽¹⁾

En d'autres termes, l'augmentation du poids moyen des expéditions qui est la conséquence immédiate du groupage doit aider à une meilleure utilisation de la capacité de charge des véhicules.

Si la création d'entrepôts et de magasins entraîne à certaines dépenses indépendantes du trafic supplémentaires (intérêts et amortissement de nouveaux capitaux), cette augmentation de frais sera compensée par une diminution des dépenses dépendantes du trafic, due à l'amélioration de l'utilisation favorisée par le groupage. M. Gustave Pereire étudie des modèles de wagons spécialement conditionnés pour le chargement et le déchargement rapide et mécanique à l'aide d'appareils de levage perfectionnés. L'emploi des wagons plateformes est le plus pratique, le chargement d'un wagon pourrait être préparé à l'avance dans le magasin, en caisse démontable ou sur plateau et placé par une seule manipulation sur le wagon sans station prolongée de celui-ci.

(1) Agenda Dunod, loc. cit.

CHAPITRE VIII

COMPARAISON DES DÉPENSES AUX RECETTES

- I. Les coefficients d'exploitation. — II. L'égalité de la recette et de la dépense. — III. Le trafic rémunérateur. — IV. Charge rémunératrice d'un train. — V. Groupage rémunérateur. — VI. Utilisation rémunératrice. — VII. Le parcours rémunérateur.

I. Les coefficients d'exploitation.

La comptabilité actuellement en usage dans les Compagnies de chemins de fer met en regard de la recette R la dépense d'exploitation proprement dite D_p . On appelle alors coefficient d'exploitation le rapport $\frac{D_p}{R}$. M. Baume et après lui M. Gustave Pereire ont trouvé plus logique de considérer l'ensemble des charges d'une compagnie : D , y compris les dépenses D_I d'intérêts et d'amortissement des capitaux.

M. Gustave Pereire a calculé ainsi le coefficient d'exploitation réel : $\frac{D_R}{R}$. Il y aura excédent dans le cas $\frac{D}{R} < 1$, déficit dans le cas contraire. Nous donnons dans le tableau XXXIV les résultats de la comparaison de D à R pendant la période 1900 à 1913 de l'exploitation du Réseau de l'Est et les valeurs annuelles du coefficient $\frac{D}{R}$.

TABLEAU XXXIV

Comparaison des dépenses aux recettes. — Ensemble du trafic.

ANNÉES	D	R	R — D		$\frac{D}{R}$
			EXCÉDENT	DÉFICIT	
	f	f	f	f	
1900	180.469.919,00	192.264.857,26	11.794.938,26	»	0,939
1901	181.191.221,13	180.627.352,64	»	563.868,49	1,003
1902	185.447.660,06	184.000.793,39	»	1.446.866,67	1,008
1903	187.319.868,05	189.562.217,90	2.242.349,85	»	0,988
1904	188.567.124,95	192.633.200,95	4.066.076,00	»	0,979
1905	190.970.153,98	202.077.646,60	11.107.492,62	»	0,945
1906	196.634.543,49	216.041.908,10	19.407.364,61	»	0,910
1907	211.049.368,09	228.062.749,96	17.013.381,87	»	0,925
1908	221.358.593,04	230.897.212,19	9.538.619,15	»	0,958
1909	232.758.460,57	243.303.592,50	10.545.131,93	»	0,956
1910	237.728.807,88	256.412.781,27	18.683.973,39	»	0,927
1911	253.497.043,77	275.795.802,36	22.298.758,59	»	0,919
1912	279.922.964,18	290.511.347,30	10.588.383,12	»	0,963
1913	296.934.689,98	305.194.417,49	8.259.727,51	»	0,973

Nous avons calculé (voir ci-dessus tableau XXVII) à l'aide de notre nouvelle méthode le montant des dépenses applicables à chaque trafic des années 1900 et 1913. Les résultats de la comparaison de ces dépenses aux recettes correspondantes, figurent au Tableau XXXV, qui renferme aussi les résultats de la comparaison des recettes aux prix de revient des unités moyennes de trafic (tableau XXIX ci-dessus) que nous avons calculés pour les mêmes années.

TABLEAU XXXV

TRAFFICS OU UNITÉS	1900			1913		
	D	R	R - D	D	R	R - D
Voyageurs	69.461.000 ^f	68.365.000 ^f	-1.096.000 ^f	97.931.000 ^f	85.521.000 ^f	-12.410.000 ^f
Accessoires G. V.	23.102.000	17.608.000	-5.494.000	36.187.000	23.372.000	-7.815.000
P. V.	87.907.000	106.292.000	+18.385.000	162.817.000	191.301.000	+28.484.000
Voyageur kilométrique	0,0376 ^f	0,0370 ^f	-0,0006 ^f	0,0360 ^f	0,0314 ^f	-0,0046 ^f
T. km. nette voyageurs. . . .	0,538	0,529	-0,009	0,515	0,449	-0,066
Expéditions km. Acces. G.V.	0,00588	0,00448	-0,00140	0,00616	0,00483	-0,00133
T. km. nette Accessoires G.V.	0,389	0,296	-0,093	0,385	0,302	-0,083
T. km. nette P. V.	0,0402	0,0486	+0,0084	0,0319	0,0375	+0,0056

D'après ces résultats, il apparaît que les transports en Grande vitesse sont en général onéreux aux tarifs actuels, seuls les transports en PV assureraient des excédents de recettes.

II. L'égalité de la Recette et de la Dépense.

Les tarifs devraient être établis de telle façon que la recette moyenne unitaire de chaque trafic : r soit au moins égale à la dépense correspondante : d . Autrement dit, les tarifs doivent être rémunérateurs.

Inversement, les tarifs étant fixés : quel est le trafic rémunérateur, assurant l'égalité de la recette et de la dépense, car nous avons vu qu'il existait une somme de dépenses obligatoires qui devaient être soldées quel que soit le trafic transporté.

Mais un même trafic peut être assuré dans des conditions différentes d'utilisation et de groupage, nous pourrions alors chercher la valeur des coefficients d'utilisation ou de groupage rémunérateurs, toutes les autres conditions restant fixes.

Enfin, pour un transport déterminé, effectué dans des conditions fixées d'utilisation et de groupage, à un tarif établi à l'avance, quel devra être le parcours minimum rémunérateur.

Tous ces problèmes pourront être résolus théoriquement en employant notre formule détaillée de répartition des dépenses.

III. Le trafic rémunérateur.

On devra étudier séparément chacun des trois trafics que nous avons distingués : voyageurs, accessoires GV, trafic de PV.

Soit un de ces trafics exécuté dans ces conditions fixes et déterminées d'utilisation, de groupage, de parcours moyen unitaire. Le tarif moyen étant établi, le trafic sera rémunérateur si on a $D \leq R$.

Nous avons établi que les dépenses D comprennent des dépenses indépendantes du trafic : D_o et des dépenses variant avec le trafic : D_v .

$$D = D_o + D_v$$

Les recettes R varient comme D_v proportionnellement au trafic. Soit T le trafic effectif correspondant à D et R .

T pourra être évalué avec les diverses unités des trafics (nombre de voyageurs de tonnes, d'expéditions, de trains à parcours moyen ou à un kilomètre).

Le trafic minimum rémunérateur T_r sera la valeur de T , telle que l'on ait :

$$(43) \quad D_o + \frac{D_v T_r}{T} = \frac{R T_r}{T}$$

ou

$$D_o = \frac{(R - D_v) T_r}{T}$$

on en tire

$$(44) \quad T_r = T \frac{D_o}{R - D_v}$$

Remarquons que l'on a

Pour	$D = R$	$T_r = T$
	$D < R$	$T_r < T$
	$D > R$	$T_r > T$

Bien entendu, il faut considérer la valeur de la part des dépenses D_0 d'un trafic comme fixe et indispensable à l'exercice de ce trafic et non celle calculée proportionnellement à R , comme nous l'avons fait provisoirement pour suppléer au manque de renseignements statistiques.

Au-delà du trafic rémunérateur, on peut transporter à des tarifs inférieurs couvrant juste les frais d'exploitation supplémentaires, tant que les frais d'établissement restent invariables.

Nous avons vu qu'il existe une limite à la capacité des lignes au-delà de laquelle il faut de nouveaux frais d'établissement pour permettre l'augmentation du trafic. Il y a en quelque sorte, des étapes dans l'accroissement des dépenses indépendantes du trafic, qui correspondent au franchissement par celui-ci de certaines valeurs correspondant à la capacité des lignes ⁽¹⁾.

IV. Charge rémunératrice d'un train.

Elle se calcule par la même formule que le trafic rémunérateur, mais en substituant à R , D , et T les valeurs correspondantes au train étudié.

Dans le calcul du trafic rémunérateur, si l'on fait varier en même temps la charge totale, le parcours et le nombre des trains, la charge moyenne rémunératrice sera la charge moyenne normale du train.

V. Groupage rémunérateur.

Cette question se pose en particulier dans le trafic des Accessoires de grande vitesse.

Soient supposées constantes les conditions de ce trafic : tonnage, utilisation, parcours, etc., sauf seulement le nombre des expéditions.

Posons $D_G = D_E + D_N + D_{N\beta}$, somme des termes de dépenses variant avec le groupage

D' : l'ensemble des autres dépenses d'où $D = D' + D_G$.

Soit G le coefficient de groupage effectif défini ci-dessus (voir page 209).

(1) Il y a une limite où ces augmentations n'auraient plus d'intérêts, la loi du rendement non proportionnel en économie politique nous indique, que au-delà d'une certaine limite l'augmentation des quantités de capital et de travail consacrés à la production donne un produit supplémentaire faible et constamment décroissant.

Pour le coefficient de groupage minimum rémunérateur G_r , les dépenses D_G deviennent conformément à la formule (25)

$$\frac{D_G \times G_r}{G}$$

Certains tarifs étant établis à la pièce et non au poids, une partie de la recette R peut varier avec le groupage ; on posera

$R = R' + R_G$ R' indépendante du groupage, R_G variant avec le groupage comme D_G tel que l'on aura pour G_r la valeur $\frac{R_G \times G_r}{G}$

Le groupage devient rémunérateur si on a

$$(45) \quad R' + \frac{R_G \times G_r}{G} = D' + \frac{D_G \times G_r}{G}$$

$$\text{ou} \quad R' - D' = \frac{(D_G - R_G) G_r}{G}$$

On en déduit

$$(46) \quad G_r = G \frac{R' - D'}{D_G - R_G}$$

Si toute la recette était indépendante de G on aurait simplement

$$G_r = G \frac{R - D'}{D_G}$$

VI. Utilisation rémunératrice.

1° Utilisation de la capacité de charge des véhicules. Nous avons étudié (*ci-dessus*, pages 213 et 214) les variations d'une fraction des dépenses D_s et D avec le coefficient d'utilisation de la capacité de charge.

Soit K le coefficient effectif correspondant aux dépenses D_s et D . Pour un coefficient rémunérateur K_r ; la part de D_s correspondant au tonnage mort : $\frac{D_s B}{S}$ prend la valeur

$$\frac{D_s B}{S} \times \frac{K}{K_r}$$

la part de D_τ correspondant au travail mécanique nécessaire pour tracter le tonnage kilométrique mort: $\frac{D_\tau \mathcal{C}_w}{\mathcal{C}}$, prend la valeur

$$\frac{D_\tau \mathcal{C}_w}{\mathcal{C}} \times \frac{K}{K_r}$$

Soit d'autre part D' les parts des D_s et D_τ et toutes les autres dépenses indépendantes des variations de K . Enfin, la recette R sera aussi indépendante des variations de K .

Le coefficient K_r minimum rémunérateur devra être tel que l'on ait

$$(47) \quad R = D' + \left(\frac{D_s B}{S} + \frac{D_\tau \mathcal{C}_w}{\mathcal{C}} \right) \frac{K}{K_r}$$

d'où l'on tire

$$(48) \quad K_r = K \left(\frac{\frac{D_s B}{S} + \frac{D_\tau \mathcal{C}_w}{\mathcal{C}}}{R - D'} \right)$$

En posant
$$D_K = \frac{D_s B}{S} + \frac{D_\tau \mathcal{C}_w}{\mathcal{C}}$$

on a simplement

$$(49) \quad K_r = K \frac{D_K}{R - D'}$$

2° Utilisation des machines

Nous avons vu (*ci-dessus*, page 216) que pour conserver constante l'utilisation de la puissance des machines, en améliorant l'utilisation, il était nécessaire de faire varier le nombre des trains proportionnellement au poids mort. Ceci entraîne des variations des dépenses D_L et D_{L_1} et une nouvelle variation de D_τ .

D'après la formule (40), la somme des dépenses D_L et D_{L_1} prend pour un coefficient K_r la valeur

$$(D_L + D_{L_1}) \left(1 - \frac{(Y - T)(K_r - K)}{YK_r} \right)$$

La part des dépenses D_τ relative au travail des machines et tenders \mathcal{C}_m devient

$$\frac{D_\tau \mathcal{C}_m}{\mathcal{C}} \left(1 - \frac{(Y-T)(K_r - K)}{YK_r} \right)$$

En réunissant les 2 formules ci-dessus nous avons

$$\left(D_L + D_{L_2} + D_\tau \frac{\mathcal{C}_m}{\mathcal{C}} \right) \left(1 - \frac{(Y-T)(K_r - K)}{YK_r} \right)$$

qui représente l'ensemble des nouvelles variations de dépenses, en posant

$$D_m = D_L + D_{L_2} + D_\tau \frac{\mathcal{C}_m}{\mathcal{C}}$$

on a plus simplement

$$D_m \left(1 - \frac{(Y-T)(K_r - K)}{YK_r} \right)$$

Nous chercherons maintenant la valeur de K_r en considérant simultanément les réductions des dépenses D_K et D_m . En appelant D'' toutes les dépenses autres que D_K et D_m , d'où $D = D'' + D_K + D_m$

On devrait avoir

$$(50) \quad R = D'' + D_K \frac{K}{K_r} + D_m \left(1 - \frac{(Y-T)(K_r - K)}{YK_r} \right)$$

$$\text{ou} \quad R - D'' - D_m + \frac{D_m(Y-T)}{Y} = D_K \frac{K}{K_r} + \frac{D_m(Y-T)}{Y} \frac{K}{K_r}$$

d'où l'on tire

$$(51) \quad K_r = K \frac{\left(D_K + D_m \frac{(Y-T)}{Y} \right)}{R - D'' - D_m + D_m \frac{(Y-T)}{Y}}$$

Tout transport permettant de réaliser un coefficient d'utilisation supérieur à K_r pourra être effectué à tarif réduit. M. Baume envisageait déjà la création de tarifs spéciaux

pour le trafic remplissant les véhicules devant revenir à vide à leur point de départ. Le tarif de retour sera rémunérateur s'il couvre la différence entre le coût du transport des wagons vides et celui des wagons pleins.

VII. Le parcours rémunérateur

Nous avons distingué des dépenses indépendantes de la notion de parcours et des dépenses dépendantes du parcours. Les dépenses indépendantes du parcours étant obligatoires pour un transport donné quel que soit le parcours qu'il effectue, nous pouvons chercher quel parcours doit effectuer ce transport pour que la recette correspondante, pour une grande part proportionnelle au parcours, arrive à couvrir exactement la dépense.

Soit R' la recette diminuée des dépenses D_o indépendantes du trafic, d'un transport quelconque

$$\text{Posons} \quad R' = R_i + R_d$$

R_i : recette indépendante du parcours R_d : recette proportionnelle au parcours.

Soit D' les dépenses proportionnelles au trafic

$$D' = D_i + D_d$$

Soit L le parcours effectif du transport. Quelle sera la valeur L_r pour laquelle on aura

$$(52) \quad R_i + \frac{R_d L_r}{L} = D_i + \frac{D_d L_r}{L}$$

ou

$$R_i - D_i = \frac{(D_d - R_d) L_r}{L}$$

on en tire

$$(53) \quad L_r = L \frac{R_i - D_i}{D_d - R_d}$$

Dans le cas où toute la recette est proportionnelle au parcours, on aurait

$$\frac{R' L_r}{L} = D_i + \frac{D_d L_r}{L}$$

d'où
$$L_r = \frac{D_i L}{R - D_a}$$

Les formules ci-dessus s'appliqueront à la recherche du parcours rémunérateur de tout transport ou train. Dans le cas du train, on admet également que tout ou partie de la recette varie avec le parcours, ce qui est voisin de la vérité, car plus le parcours d'un train sera long plus il pourra recueillir de trafic.

En résumé : on peut calculer la valeur rémunératrice minimum d'un élément quelconque pour toutes les valeurs des autres éléments.

CHAPITRE IX

ÉTUDE DE L'INFLUENCE DE CERTAINS FACTEURS EXTÉRIEURS AUX TRANSPORTS SUR LES PRIX DE REVIENT. — COMPARAISON DES PRIX DE REVIENT DE TRANSPORTS EFFECTUÉS SUR DES LIGNES DIFFÉRENTES.

I. *Influence des conditions de tracé. — Pentés, rampes et courbes des lignes.*

Nous avons vu que M. Baume déterminait pour chaque ligne le coefficient virtuel relatif au travail mécanique, et qu'il considérait comme comparables des prix de revient de transports effectués sur des lignes de conditions de tracé différentes, une fois ces prix divisés par les coefficients virtuels des lignes (*voir ci-dessus* pages 51 à 53).

La nouvelle formule de calcul des prix de revient que nous avons établie fait intervenir les conditions de tracé des lignes. Une fraction importante des dépenses est proportionnelle au travail mécanique (catégorie D_{τ}) qui varie précisément avec les conditions de tracé ; les autres dépenses en sont indépendantes.

Toutes autres conditions étant supposées identiques, le prix de revient d'un même transport effectué sur deux lignes différentes de tracé (rampes et courbes) ne devra différer que par le montant des dépenses D_{τ} entrant dans le prix de revient.

Soient D_{τ_1} et D_{τ_2} les valeurs des dépenses D_{τ} , \mathcal{C}_1 et \mathcal{C}_2 les travaux mécaniques

correspondants, on devrait avoir sensiblement, si notre formule de calcul de \mathcal{C} est suffisamment exacte ; u étant l'unité de dépenses relatives à \mathcal{C} :

$$\frac{D_{\tau_1}}{\mathcal{C}_1} = \frac{D_{\tau_2}}{\mathcal{C}_2} = u$$

Inversement, pour comparer les prix de revient de transports effectués sur des lignes de conditions de tracé différentes, on pourra ramener ces prix de revient à ce qu'ils seraient en des conditions de tracé identiques, celles de l'une des lignes par exemple. Le travail mécanique correspondant à chaque transport sera calculé par les formules que nous avons indiquées (*ci-dessus*, page 126 ou tout autre similaire) en adoptant pour les rampes et courbes les valeurs caractéristiques de la ligne de comparaison.

Soit pour une ligne, D_{τ} la dépense relative au travail effectif \mathcal{C} , l'unité de dépense étant $\frac{D_{\tau}}{\mathcal{C}} = u$

La dépense $D_{\tau'}$, relative au travail \mathcal{C}' dans les conditions nouvelles supposées sera

$$D_{\tau'} = \frac{D_{\tau} \mathcal{C}'}{\mathcal{C}} = u \mathcal{C}'$$

Une fois les valeurs des prix de revient ainsi corrigées de l'influence des conditions de tracé, ils pourront être comparés pour rechercher l'influence d'autres conditions extérieures aux transports ; la fréquentation par exemple.

II. De la fréquentation.

On appelle fréquentation le nombre moyen d'unités kilométriques transportées annuellement par kilomètre de ligne. Les auteurs dont nous avons résumé les travaux, ont étudié l'influence de la fréquentation sur les prix de revient en réunissant sous la désignation de nombres d'unités kilométriques, le total du nombre des voyageurs et des tonnes de PV transportés à un kilomètre. Ils ont en général évalué la fréquentation en milliers d'unités.

Il serait préférable d'étudier séparément l'influence de la fréquentation en voyageurs kilométriques sur le prix de revient du voyageur kilométrique, et l'influence de la fréquentation en tonnes kilométriques de PV sur le prix de revient de la tonne kilométrique de PV.

Pour étudier l'influence de la fréquentation sur un prix de revient, on calculera d'abord les valeurs de ce prix de revient à l'aide de notre formule pour un certain nombre de lignes de fréquentations différentes. On ramènera ces valeurs à des conditions économiques et sociales semblables et on les corrigera de l'influence des conditions de tracé.

Il ne reste plus qu'à comparer les valeurs corrigées des prix de revient à celles correspondantes de la fréquentation. On pourra pour cela, tracer la courbe d'ordonnées : y correspondantes aux valeurs du prix de revient et d'abscisses : x correspondantes aux valeurs de la fréquentation.

CHAPITRE X

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'application de notre nouvelle formule de calcul des prix de revient à certains exercices de l'exploitation du réseau de l'Est, nous a fait entrevoir la possibilité d'obtenir par une organisation nouvelle de l'exploitation, d'intéressantes réductions des dépenses. Ces réductions sont cependant beaucoup plus modestes que celles que paraissait indiquer l'application de la formule de M. Gustave Pereire. Il avait paru à son auteur qu'il était possible de réaliser des économies d'utilisation et en particulier des économies de groupage considérables sur les dépenses du trafic des Accessoires de Grande vitesse. C'est précisément l'importance extraordinaire de ces réductions apparentes de dépenses qui engagea M. Pereire à reprendre son étude d'une manière plus détaillée. Il voulut bien, comme nous l'avons déjà indiqué, nous confier cette tâche, ne pouvant lui-même recueillir et comparer les renseignements statistiques, se livrer aux nombreux calculs qu'un tel travail nécessite, étant privé en grande partie de l'usage de la vue. Mais M. Pereire n'a cessé de guider nos recherches de ses précieux conseils, de son expérience d'administrateur de Compagnies de chemins de fer et nous terminerons en indiquant à grands traits ses idées personnelles sur l'organisation future de la comptabilité toute de statistique qu'il voudrait voir employer par les exploitations de chemins de fer.

« Constituer pour chacun des grands services des chemins de fer des régies comptables, à côté de leurs dépenses respectives créer des recettes d'ordre, produits de péages kilométriques pour l'usage des voies, du matériel, etc.

On formerait ainsi cinq régies correspondant aux chapitres des dépenses actuelles.

- Intérêts et amortissement des capitaux.
- Administration centrale et dépenses générales.
- Exploitation.
- Matériel et traction.
- Voie.

Les catégories de dépenses que nous avons définies se décomposeraient aisément entre les régies de la manière suivante. La dépense de chaque régie devant comprendre certains termes ou parties de termes de dépenses de notre nouvelle classification.

RÉGIES	TERMES DE LA FORMULE											
Intérêts et amortissement	D _I											
Administration centrale.		D _R										
Exploitation		D _R			D _E	D _S	D _L	D _N	D _{L_α}	D _{N_β}		
Matériel et traction			D _{R_α}	D _{R_β}							D _τ	D _T
Voie		D _R					D _L				D _τ	

$$D = D_I + D_R + D_{R_\alpha} + D_{R_\beta} + D_E + D_S + D_L + D_N + D_{L_\alpha} + D_{N_\beta} + D_\tau + D_T$$

Ainsi décomposée en éléments détaillés notre classification des dépenses devient le fondement de la comptabilité nouvelle. Notre formule de calcul des prix de revient des transports par chemins de fer devient une formule commerciale dont la forme peut s'appliquer à d'autres exploitations et industries telles que les assurances par exemple. Cette généralisation de la méthode de comptabilité de statistique est un des projets de M. Gustave Pereire.

APPENDICE

I. *Calculs relatifs aux Accessoires de grande vitesse* (Annexe aux tableaux : II : tonnage net, VI : nombre d'expéditions, VII : tonnage kilométrique net, XI : nombre d'expéditions kilométriques).

Les Accessoires de grande vitesse comprennent les transports suivants : Bagages, chiens, messageries, denrées, lait, colis postaux, bestiaux et chevaux, voitures, finances, etc.

Les statistiques ne fournissent sur ces transports que des renseignements incomplets, nous nous servons des données du Rapport qui sont les suivantes (Statistique, Tableau des Recettes) :

Poids des bagages, messageries, lait, denrées, séparément ; total du nombre des expéditions les concernant.

Nombre de chiens, colis agricoles, colis postaux, voitures, chevaux et bestiaux, séparément.

Recette de chaque sorte de transports, séparément.

Il faut donc déterminer pour certaines sortes le tonnage, pour d'autres le nombre des expéditions, et pour toutes le tonnage kilométrique et le nombre d'expéditions kilométriques.

En partant du chiffre de recette d'une sorte de transport, connaissant le tarif moyen perçu, le tonnage et le nombre d'expéditions relevés dans la statistique ou calculés ; on peut calculer approximativement le parcours moyen de la tonne ou de l'expédition. Les produits de ce parcours par le tonnage ou le nombre d'expéditions, donneront le tonnage kilométrique et le nombre d'expéditions kilométriques ; en admettant l'égalité des parcours moyens de la tonne et de l'expédition.

Le prix perçu pour les transports comprend en général : 1° des frais fixes par expédition, 2° des taxes kilométriques. Les frais fixes sont perçus pour la compagnie expéditrice, ils sont proportionnels au nombre des expéditions au départ.

Les expéditions au départ. — Nous avons indiqué (*ci-dessus*, page 119) les diverses sortes d'expéditions. Le "Contrôle commun" nous a fourni les renseignements supplémentaires suivants : nombre des expéditions reçues des autres réseaux (années 1894 à 1913) et nombre des expéditions en transit (1901-1913), des messageries, lait, denrées, bestiaux et voitures réunis.

Le Rapport nous donne le nombre total des expéditions des bagages, messageries, denrées, lait, réunis. Nous en déduisons le nombre relatif aux bagages, déterminé

approximativement comme nous verrons plus loin, il reste le nombre d'expéditions des messageries, denrées, lait, réunis, en y ajoutant le nombre des voitures, celui des chevaux et bestiaux tirés du Rapport, nous aurons le nombre total des expéditions concernant le groupe d'accessoires dont nous connaissons le nombre des expéditions reçues des autres réseaux et des expéditions en transit. La différence entre ces nombres d'expéditions sera le nombre des expéditions au départ.

Nous admettrons pour toutes les catégories d'accessoires que le nombre des expéditions au départ est au nombre total des expéditions dans le même rapport que pour le groupe d'accessoires ci-dessus (messageries, lait, denrées, bestiaux et voitures). Soit f ce rapport.

Emploi des tarifs. — Notations. — Pendant la période sur laquelle porte notre étude, 1900 à 1913, les tarifs généraux n'ont pas subi de modifications d'ensemble, nous pouvons donc adopter des tarifs moyens uniformes pour chaque catégories d'accessoires. Nous désignerons par

- e : les nombres d'expéditions.
- ea : les nombres d'expéditions au départ.
- n : les nombres d'expéditions kilométriques.
- l : le parcours moyen de la tonne et de l'expédition.
- θ : le tonnage net.
- t : le tonnage kilométrique net.
- r : la recette nette.
- d : la dépense.

Bagages : Le Rapport (Tableau des Recettes et Chapitre de l'importance des transports en GV et PV) donne le poids total des bagages θ et le poids des bagages taxés. On admet 25 kg. comme poids moyen non taxé de l'expédition; r augmenté de 12 % (impôt perçu par l'Etat) donne la recette brute. Il est perçu 0 fr. 10 d'enregistrement par expédition au départ, et 0 fr. 50 par tkm de bagages taxés, on aura:

$$e = \frac{\text{tonnage non taxé}}{25 \text{ kg.}} \quad ea = ef$$

$$t = \frac{\frac{r \cdot 112}{100} - 0 \text{ fr. } 10 \text{ } ea}{0 \text{ fr. } 50} \times \frac{\theta}{\text{tonnage taxé}} \quad n = e \frac{t}{\theta}$$

Chiens : L'Etat perçoit également 12 % d'impôt sur la recette nette. Le Rapport donne e , on admet 25 kg. comme poids moyen du chien, il est perçu 0 fr. 10 d'enregistrement par expédition et 0 fr. 0168 par chien et par kilomètre.

On aura :

$$ea = ef \quad n = \frac{\frac{r \times 112}{100} - 0 \text{ fr. } 10 \text{ } ea}{0 \text{ fr. } 0168}$$

$$\theta = 25 \text{ kg.} \times e \quad t = 25 \text{ kg.} \times n$$

Lait : Le Rapport donne le tonnage : θ et le nombre de litres. Il est perçu 0 fr. 10 d'enregistrement par expédition et 0 fr. 105 par tonne et par kilomètre (barème II du tarif spécial). L'expédition comprend pratiquement 40 pots de lait de 20 litres soit 800 litres,

le poids moyen du litre y compris les pots est de 1 kg.,350. Le poids de l'expédition ressort à 1 t., 08 ,on aura :

$$e = \frac{\theta}{1 \text{ t. } 08} \quad e_a = e f$$

$$t = \frac{r - 0 \text{ fr. } 10 \ e_a}{0 \text{ fr. } 105} \quad n = \frac{t}{1 \text{ t. } 08}$$

Messageries et denrées : Le Rapport donne le nombre des expéditions messageries denrées, lait, bagages réunis, en soustrayant de ce nombre le nombre des expéditions bagages et lait réunis, calculés ci-dessus, il reste le nombre des expéditions messageries et denrées réunies: Le Rapport donne aussi le θ des messageries et celui des denrées. Nous répartirons les expéditions entre messageries et denrées proportionnellement aux parts du tonnage, c'est admettre un même poids moyen de l'expédition. Nous aurons :

Pour les *messageries*.

Il est perçu 0 fr. 10 d'enregistrement par expédition, 1 fr. 50 par tonne de manutention, et 0. fr. 30 par tonne et par kilomètre, on aura $e_a = e f$

$$t = \frac{r - [0 \text{ fr. } 10 \ e_a + 1 \text{ fr. } 50 \ \theta]}{0 \text{ fr. } 30} \quad n = e \frac{t}{\theta}$$

Pour les *Denrées*

Il est perçu 0 fr. 10 d'enregistrement par expédition, 1 fr. 50 par tonne de manutention, 0 fr. 24 par tonne et par kilomètre, on aura.

$$e_a = e f \quad t = \frac{r - (0 \text{ fr. } 10 \ e_a + 1 \text{ fr. } 50 \ \theta)}{0 \text{ fr. } 24} \quad n = e \frac{t}{\theta}$$

Colis postaux : Le Rapport donne e et e_a , on admet un poids moyen de 4 kg par colis. Il est perçu 0 fr. 10 d'enregistrement par colis, et les prix sont établis d'après une base moyenne de 0 fr. 35 par tonne et par kilomètre. On aura

$$\theta = 4 \text{ kg.} \times e \quad t = \frac{r - 0 \text{ fr. } 10 \ e_a}{0 \text{ fr. } 35} \quad n = e \frac{t}{\theta} = \frac{t}{4 \text{ kg.}}$$

Voitures : Le Rapport donne e , on admet 2 t. comme poids moyen de l'expédition (voir *Livre vert*, tableau 29). Il est perçu 0 fr. 10 d'enregistrement par expédition, 2 fr. de manutention par voiture, et 0 fr. 45 par voiture et par kilomètre. On aura :

$$\theta = 2^t \times e \quad n = \frac{r - [0 \text{ fr. } 10 \ e_a + 2 \text{ fr. } e]}{0 \text{ fr. } 45} \quad t = 2^t \times n$$

Chevaux et bestiaux. — Le Rapport donne e , on admet que le nombre des animaux de grande taille est $\frac{4e}{5}$, d'un poids moyen de 500 kg; et que le nombre des animaux de petite taille est $\frac{e}{5}$, d'un poids moyen de 50 kg. (1). Il est perçu : 0 fr. 10 d'enregistre-

(1) *Livre vert* (tableau 29) : Lorsque les poids ne sont pas obtenus par pesée directe, on adopte les valeurs suivantes: Cheval, mulet, âne : 400 kg.; bœuf, vache : 600 kg.; veau, porc : 90 kg.; mouton, chèvre : 30 kg.

ment par expédition ; 1 fr. 35 de frais fixes par animal de grande taille et 0 fr. 10 par animal de grande taille et par kilomètre ; 0 fr. 40 de frais par animal de petite taille et 0 fr. 05 par animal de petite taille et par kilomètre.

On aura $ea = ef$

$$t = \frac{500 \text{ kg.} \times 4e}{5} + \frac{50 \text{ kg.} \times e}{5}$$

soit $n = n_g + n_p$ les nombres d'expéditions km des deux sortes d'animaux.

$$n_g = \frac{r - \left(0 \text{ fr. } 10 e + \frac{1 \text{ fr. } 35 \times 4e}{5} + \frac{0 \text{ fr. } 40 \times e}{5} \right) + 4}{(0 \text{ fr. } 16 \times 4) + 0 \text{ fr. } 05}$$

$$n_p = \frac{r - \left(0 \text{ fr. } 10 e + \frac{1 \text{ fr. } 35 \times 4e}{5} + \frac{0 \text{ fr. } 40 \times e}{5} \right)}{(0 \text{ fr. } 16 \times 4) + 0 \text{ fr. } 05}$$

$$t = 500 \text{ kg.} \times n_g + 50 \text{ kg.} \times n_p$$

Finances. — Le Rapport donne la valeur des Finances transportées, soit v : cette valeur. On admet : un poids moyen de 9 kg. par 1.000 fr., et 50 kg par expédition. Il est perçu 0 fr. 10 d'enregistrement par expédition, 0 fr. 00252 par fraction indivisible de 1.000 francs et par km, impôt compris soit, 0 fr. 28 par tonne et par kilomètre. L'Etat perçoit l'impôt de 12 % sur la recette nette dans les conditions adoptées. On aura

$$t = 9 \text{ kg.} \times v \quad c = \frac{t}{50 \text{ kg.}} \quad ea = ef$$

$$t = \frac{r \times \frac{112}{100} - 0 \text{ fr. } 10 ea}{0 \text{ fr. } 28} \quad n = \frac{t}{50 \text{ kg.}}$$

Colis agricoles. — Le Rapport donne e , on admet un poids de 10 kg. par colis. Il est perçu 0 fr. 10 d'enregistrement par colis et une taxe d'environ 0 fr. 35 par tonne et par kilomètre. On aura

$$ea = ef \quad t = 10 \text{ kg.} \times e$$

$$t = \frac{r - (0 \text{ fr. } 10 ea)}{0 \text{ fr. } 35} \quad n = \frac{t}{10 \text{ kg.}}$$

II. Parcours des véhicules (Annexe aux tableaux VIII et XXXI).

Les chiffres correspondants figurent au Rapport : Tableau XV : composition des trains, Tableau XVIII : travail des voitures, Tableau XIX : travail des wagons.

1° Le *parcours des voitures à voyageurs* est relevé au tableau XVIII.

2° *Parcours des fourgons* transportant les *accessoires de GV*. On relève au Tableau XV ; le *parcours des véhicules* dans les trains dits de voyageurs, l'excès de ce par-

cours sur celui des voitures à voyageurs donne le parcours des fourgons dans les trains de voyageurs ; on ajoutera à ce chiffre les suivants relevés au Tableau XV :

Parcours des véhicules dans les trains de messageries.
» » » » » » mixtes en GV
» » » » » » marchandises en GV.

3° *Parcours des wagons* transportant le trafic de PV ; se relève au Tableau XIX, il est égal au total des parcours des véhicules en PV dans les trains mixtes et les trains de marchandises qui figurent au Tableau XV.

Tous ces chiffres se rapportent aux trains de l'exploitation transportant le trafic productif de recettes, et non aux trains de ballastage et de matériaux, par conséquent non plus aux transports en service non taxés.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .

PREMIERE PARTIE

	Pages
HISTORIQUE	1
Considérations générales	1
CHAPITRE PREMIER. — ETUDE SUR LE MÉMOIRE DE M. CH. BAUME « DES PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER. »	5
I. <i>Considérations générales et établissement des formules</i>	6
Définitions et éléments du prix de revient des transports par chemins de fer	6
Utilité de la détermination du prix de revient	8
Classification des dépenses en groupes	10
Distinction des dépenses en dépenses dépendantes et dépenses indépendantes de la distance parcourue	11
II. <i>Voyageurs</i>	19
Prix de revient du transport des voyageurs	19
Comparaison du prix de revient du transport d'un voyageur avec la recette moyenne par voyageur et par kilomètre	21
Poids mort traîné par voyageur	22
Précision sur cette étude du poids mort transporté par voyageur	24
Discordance en ce qui concerne : L'influence de la variation du poids mort sur le prix de revient du transport par voyageur	26
Modification possible à la formule de M. Baume	28
Dépenses et recettes par kilomètre de train de voyageurs. — Nombre de voyageurs par train	30
Observations relatives à la notion de train rémunérateur	32
III. <i>Marchandises</i>	34
Prix de revient du transport d'une tonne de marchandises	34
Comparaison du prix de revient du transport d'une tonne de marchandises à un kilomètre, avec la recette par tonne kilométrique nette	37
Remarque au sujet de la réduction des dépenses indépendantes du parcours, ou dépenses <i>i</i>	38
Poids mort traîné par tonne de marchandises	39
Quelques précisions et observations relatives au poids mort traîné par tonne de marchandises	39
Discordance en ce qui concerne l'influence de la variation du poids mort sur le prix de revient du transport par tonne de marchandises. Modification possible à la formule relative à ce prix	41

	Pages
Recette et dépense par kilomètre de train de marchandises. — Charge nette des trains	43
Remarques sur la charge rémunératrice des trains de marchandises	46
<i>Conclusions générales</i>	47
CHAPITRE II. — AUTRES ÉTUDES DE M. BAUME ET DE DIVERS AUTEURS RELATIVES AUX PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER	48
La formule de M. Baume appliquée aux résultats de l'exploitation des chemins de fer français	48
Influence des conditions de tracé des lignes sur le prix de revient des transports	51
Influence de l'importance du trafic ou de la fréquentation	55
Influences combinées des conditions de tracé et de la fréquentation	59
Quelques considérations de divers auteurs	61
CHAPITRE III. — ÉTUDE SUR L'OUVRAGE DE M. GUSTAVE PEREIRE : ESSAI SUR UNE MÉTHODE DE COMPTABILITÉ DES CHEMINS DE FER (1 ^{re} PARTIE)	67
I. <i>Formules nouvelles et pratiques pour la comptabilité des chemins de fer</i>	68
Répartition des dépenses	68
Formule du prix de revient du train	73
Détermination de l'effort de traction	73
Application de la formule générale à chacune des quatre catégories de trafic	76
II. <i>Application des formules. Calcul des quantités T, N, L</i>	78
Calcul de T	78
Calcul de N	80
Calcul de L	80
III. <i>Calculs et résultats</i>	82
Prix de revient du train de Grande vitesse	82
Prix de revient du train de Petite vitesse	83
Remarques sur les calculs précédents	84
Discussion des résultats des formules	87
Avantages d'une bonne utilisation	88
IV. <i>Application des formules au groupage</i>	92
V. <i>De la dépense comparée à la recette</i>	94
VI. <i>Conclusions</i>	97

DEUXIEME PARTIE

NOUVELLE FORMULE DE CALCUL DES PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER	99
CHAPITRE PREMIER. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'ÉTABLISSEMENT D'UNE FORMULE RATIONNELLE ET DÉTAILLÉE DE CALCUL DES PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER	99
Facteurs qui caractérisent les transports eux-mêmes	100
Facteurs extérieurs aux transports	100
Prix de revient des transports effectués sur une ligne déterminée	102
Prix de revient comparés des transports effectués sur des lignes différentes	104
CHAPITRE II. — RECHERCHES EN VUE D'ÉTABLIR EXPÉRIMENTALEMENT LA NOUVELLE FORMULE	107
Classification des dépenses. — Méthode à employer pour sa réalisation	107
Choix des données statistiques	108
Relevé des dépenses de la Compagnie de l'Est	109
Catégories de transports	114
Les éléments du trafic	114
CHAPITRE III. — ÉTUDE DES RELATIONS EXISTANT ENTRE LES DÉPENSES ET LES ÉLÉMENTS DU TRAFIC	134
Méthode employée	134

	Pages
Construction des diagrammes	135
La comparaison des diagrammes des dépenses à ceux des éléments du trafic ne peut être faite directement. — Corrections aux courbes des dépenses.	137
Variations du prix des matières premières.	138
Variations du coût de la main d'œuvre.	138
Les coefficients de trafic.	142
Groupement des diagrammes corrigés des dépenses d'après leur comparaison avec les diagrammes des éléments du trafic.	143
Difficultés des comparaisons graphiques.	144
CHAPITRE IV. — DÉTERMINATION DES PROPORTIONNALITÉS DES DÉPENSES AUX ÉLÉMENTS DU TRAFIC. — CATÉGORIES DE DÉPENSES.	146
Dépenses d'intérêts et d'amortissement des frais de premier établissement.	146
Dépenses qui sont la conséquence d'autres dépenses	151
Diagrammes ne correspondant pas à ceux des éléments du trafic.	153
Diagrammes se rapportant exactement à ceux d'éléments du trafic.	155
Diagrammes de dépenses ayant les caractéristiques de celui d'un élément du trafic, avec amplitude progressivement réduite	159
Diagrammes de dépenses, correspondant aux diagrammes de deux éléments du trafic.	164
Diagrammes de dépenses variant avec un élément du trafic et une quantité indépendante du trafic	167
Récapitulation des catégories de dépenses.	170
Comparaison des répartitions des dépenses par les divers auteurs (Tableau).	176
CHAPITRE V. — LA NOUVELLE FORMULE DE CALCUL DES PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER ET SES TRANSFORMATIONS.	179
Notations. — Unités de dépenses.	179
Calcul des parts de dépenses attribuables à chaque trafic.	182
Formules générales du prix de revient d'un train.	183
Prix de revient des unités moyennes contenues dans un train quelconque.	184
Prix de revient d'un train de voyageurs.	186
Prix de revient d'un train d'accessoires de grande vitesse	187
Prix de revient d'un transport quelconque d'accessoires de grande vitesse	188
Prix de revient du train de grande vitesse.	189
Prix de revient du transport d'un voyageur dans un train de grande vitesse transportant voyageurs et accessoires.	190
Prix de revient d'un transport d'accessoires dans un train de grande vitesse transportant voyageurs et accessoires	191
Prix de revient d'un train de petite vitesse.	192
Prix de revient d'un transport quelconque en petite vitesse.	192
CHAPITRE VI. — APPLICATION DES FORMULES AUX RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION DE LA COMPAGNIE DE L'EST (années 1900 à 1913). — PRIX DE REVIENT DES UNITÉS MOYENNES DE TRANSPORT	195
Répartition des dépenses (années 1900 à 1913)	195
Les unités de dépenses et les coefficients de trafic (1900 et 1913)	200
Unités moyennes de transport, leurs prix de revient.	202
Comparaison des résultats précédents avec ceux obtenus par l'application des anciennes formules	206
CHAPITRE VII. — CALCULS ACCESSOIRES QUE PERMET LA NOUVELLE FORMULE. — DE LA RÉDUCTION DES DÉPENSES. — GROUPEMENT. — UTILISATIONS.	207
Prix de revient de l'unité de transport en plus.	207
La question du groupage	208
Calcul des économies de groupage à l'aide de la nouvelle formule.	209
L'utilisation, utilisation de la capacité de charge des véhicules	212
Utilisation de la capacité volumétrique	216
Utilisation de la puissance des machines.	217

	Pages
Utilisation de l'effectif des machines et des véhicules	219
Utilisation des lignes et du matériel fixe	220
Utilisation dans le temps	220
Le groupage et l'utilisation associés	222
CHAPITRE VIII. — COMPARAISON DES DÉPENSES AUX RECETTES	223
Les coefficients d'exploitation	223
L'égalité de la recette et de la dépense	225
Le trafic rémunérateur	226
Charge rémunératrice d'un train	227
Groupage rémunérateur	227
Utilisation rémunératrice	228
Le parcours rémunérateur	231
CHAPITRE IX. — ETUDE DE L'INFLUENCE DE CERTAINS FACTEURS EXTÉRIEURS AUX TRANSPORTS	
 SUR LES PRIX DE REVIENT. — COMPARAISON DES PRIX DE REVIENT DE TRANSPORTS EFFECTUÉS	
 SUR DES LIGNES DIFFÉRENTES	233
Influence des conditions de tracé. — Pentes rampes et courbès des lignes	233
De la fréquentation	234
CHAPITRE X. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES.	236
Appendice	238

IMPRIMERIE CH. BERNARD, 27, RUE DES CLOYS, PARIS
