

CHEMINS DE FER

PAR

PIERRE PLACE

Ancien élève de l'École Polytechnique
Ingénieur principal, Chef de la Division des Essais
à l'Office Central d'Études de Matériel
de Chemin de fer (O. C. E. M.)

A L'USAGE DES

Agents de la Construction, de la Voie, du Matériel
de la Traction, de l'Exploitation
et de toutes les personnes qui s'intéressent
aux Chemins de fer.

58^e édition

1939

PARIS



92, RUE BONAPARTE (VI)

TABLE SYSTÉMATIQUE

PREMIÈRE PARTIE

Organisation.

	Pages.
Organisation.....	1
Convention de 1937.....	1
Dates d'origine et d'expiration des Conventions des grandes Compagnies.....	4
Organisation de la S. N. C. F.....	4

DEUXIÈME PARTIE

Études et Construction.

CHAPITRE I. — Études préalables.

§ 1. — Évaluation du trafic probable.

Méthode de M. J. Michel.....	6
Méthode de M. J. Michel modifiée par Cossmann.....	7
Méthode de M. J. Michel modifiée en Allemagne.....	10
Méthode de comptage sur routes.....	10
Méthode comparative.....	11

§ 2. — Conditions d'établissement.

Type et largeur de la voie.....	12
Voie normale.....	12
Autres voies.....	12
Choix de la voie.....	13
Longueurs de voies de différents écartements.....	14
Pentes et courbes.....	18

CHAPITRE II. — Études définitives.

	Pages.
Conditions générales du tracé.....	22
Tracé sur la carte.....	22
Étude sur le terrain.....	23
Levé du terrain.....	23
Étude dans le bureau.....	23
Méthode de M. Séjourné.....	23
Projet définitif.....	23
Importance des études préliminaires.....	24
Observations générales.....	24

CHAPITRE III. — Travaux d'art.

Tranchées.....	95
Souterrains.....	25
Renseignements sur les plus grands tunnels.....	27

CHAPITRE IV. — Voie.

§ 1. — Matériel de la voie.

Différentes sortes de voies.....	29
Voies avec traverses en bois.....	29
Rails.....	29
Rail à double champignon.....	29
Rail à patin.....	31
Dimensions et poids des rails.....	31
Longueur des rails.....	32
Fabrication des rails.....	33
Conditions de réception des rails.....	33
Usure des rails.....	34
Choix du type de rail.....	35
Coussinets et éclisses.....	36
Traverses.....	37
Traverses en bois.....	37
Conditions de dimension.....	37
Essences.....	38
Préparation des traverses.....	38
Durée des traverses.....	39
Conservation.....	39
Procédé Rüping.....	39
Causes de destruction.....	40

TABLE DES MATIÈRES

XI

	Pages.
Traverses métalliques.....	40
Rail Vignole.....	40
Rail à double champignon.....	41
Durée des traverses métalliques.....	41
Traverses métalliques en vieux rails.....	42
Traverses en béton armé.....	42
Traverse Calot.....	42
Traverse Vagneux.....	43
Traverses mixtes (bois et acier).....	43
Traverse Michal.....	43
Prix des traverses.....	44
Comparaison entre les divers systèmes de traverses.....	44
Ballast.....	44

2. — Pose de la voie.

Profil de la plate-forme.....	45
Largeur de la voie.....	45
Gares communes.....	45
Inclinaison des rails.....	46
Surhaussement dans les courbes.....	46
Surécartement de la voie.....	48
Écartement entre bords intérieurs des rails pour des rayons de courbe différents.....	49
Raccordements.....	50
Rails longs et rails courts dans une courbe.....	50
Espacement des traverses.....	50
Réglementation sur la construction et sur les épreuves des ponts métal- liques.....	52
Aiguilles.....	52
Croisements, traversées obliques.....	53
Traversées-jonctions.....	54
Traversées rectangulaires.....	54
Plaques tournantes.....	55
Plaques tournantes et ponts tournants pour locomotives.....	56
Chariots roulants.....	57
Ponts à bascule.....	57
Gabarits.....	57
Taquets d'arrêt.....	58
Hurltoirs.....	58
Fosses à piquer.....	58

CHAPITRE V. — Stations d'alimentation, grues hydrauliques
et canalisations.

	Pages.
Alimentation d'eau.....	59
Grues hydrauliques.....	59
Canalisations.....	60
Alimentation en marche.....	60
Épuration des eaux.....	60

CHAPITRE VI. — Équipement des voies électrifiées.

Nature des courants.....	62
Production du courant à haute tension et transformation.....	62
Prise de courant.....	62
Lignes aériennes.....	63
Troisième rail.....	66
Eclissage électrique de la voie.....	67

TROISIÈME PARTIE

Traction.

CHAPITRE VII. — Résistance des trains.
Puissance de la locomotive. — Charges.

§ 1. — <i>Estimation des résistances.</i>	69
Remarque au sujet de l'évaluation des résistances.....	73
Accélération au départ.....	74
§ 2. — <i>Puissance de la locomotive.</i>	76
Poids par cheval.....	77
Formule donnant approximativement la puissance d'une locomotive....	77
Nomogramme pour calculer la puissance d'une locomotive.....	78
Usage du nomogramme.....	80
Effort moyen de traction à la jante.....	81
Adhérence.....	83
Dénivelage.....	85

§ 3. — <i>Calcul des charges.</i>		Pages.
Déterminations des chargés que peuvent remorquer les machines dans différentes conditions de rampes et de vitesses.....		86
Nomogramme.....		87

§ 4. — <i>Types de locomotives.</i>		
Types de locomotives.....		89
Désignation des types de locomotives.....		89

CHAPITRE VIII. — **Locomotive à vapeur.**

§ 1. — <i>Dimensions courantes principales d'une locomotive.</i>		
Diamètre des roues.....		92
Pression de la vapeur.....		92
Course des pistons, <i>l</i>		92
Longueur des bielles.....		93
Diamètre des cylindres, <i>d</i>		93
Chaudière.....		93

§ 2. — <i>Essais des locomotives.</i>		
Méthode d'essais Czeczott.....		94
Méthode d'essais allemande.....		94
Banc d'essais de locomotives.....		95

§ 3. — <i>Étude pratique d'un projet de locomotive.</i>		
Établissement du diagramme.....		97
Surface de grille.....		98
Chaudière.....		99
Passage en courbe.....		99
Passage au gabarit.....		102
Dimensions des cylindres.....		102
Locomotive 2.4.1.-A. — OCEM du P.-L.-M. Détermination du centre de gravité.....		107
Locomotive 2.4.1.-A. — OCEM du P.-L.-M. Répartition du poids sur rails.....		108

§ 4. — *Étude des différentes parties de la locomotive.*

	Pages.
Chaudière.....	108
Cendrier.....	109
Grille.....	109
Section de passage des gaz dans les tubes.....	109
Surfaces de chauffe directe et indirecte, surface de surchauffe....	111
Expériences de Nozo et Geoffroy.....	111
Vaporisation horaire de la chaudière.....	112
Calorifuge.....	112
Bilan thermique.....	112
Exemple de bilan thermique.....	114
Pouvoir calorifique de divers combustibles.....	117
Injecteurs.....	117
Essais des injecteurs.....	121
Choix du numéro d'injecteur à monter sur une machine.....	121
Choix du type d'injecteur.....	121
Débit des injecteurs.....	121
Injecteurs à vapeur d'échappement.....	122
Explosions de chaudière.....	124
Réglementation des appareils à vapeur.....	125
Distribution.....	127
Distribution par tiroirs.....	127
Phases de la distribution.....	127
Étude d'une distribution.....	128
Nouveau procédé de représentation graphique de l'ensemble d'une distribution.....	130
Ouverture des lumières.....	131
Distributions à coulisse améliorées.....	132
Mouvement du tiroir qui donne l'accélération maxima la moins grande possible.....	134
Application de la théorie des cinémas de Marbec à la détermi- nation des vitesses et des accélérations des différentes articula- tions d'un mouvement de distribution.....	134
Distributions conjuguées.....	134
Distributions par obturateur.....	137
Distributions par soupapes et par pistons-valves.....	137
Locomotives françaises munies de distributions à soupapes (1936).....	140
Soupapes commandées hydrauliquement.....	140
Châssis et roulement.....	141
Contrepoids des roues.....	141
Booster ou accélérateur.....	142
Étude graphique de l'inscription géométrique des locomotives dans les courbes.....	144

TABLE DES MATIÈRES

XV

	Pages.
§ 5. — <i>Perfectionnement des machines locomotives.</i>	144
Séchage de la vapeur.....	145
Surchauffe.....	145
Économie d'eau.....	146
Économie de combustible.....	146
Obtention de la vapeur surchauffée sur les locomotives.....	147
Étude de la chaudière-locomotive à surchauffe.....	147
Précautions à prendre dans la construction de la machine à surchauffe.....	150
Réchauffeurs d'eau d'alimentation.....	151
Réchauffeurs à surface.....	151
Réchauffeurs à mélange.....	152
Injecteurs à vapeur d'échappement.....	152
Injecteur Metcalfe.....	153
Réchauffeur Caprotti.....	153
Réchauffeurs d'eau d'alimentation par les gaz chauds.....	154
Essais comparatifs de divers réchauffeurs d'eau d'alimentation.....	155
Chauffage au mazout.....	155
Chauffage au charbon pulvérisé.....	156
Chargeurs mécaniques.....	157
Avantages et inconvénients.....	158
Chaudières à tubes d'eau.....	158
Réchauffage de l'air de combustion.....	159
Compoundage.....	160
Avantages du système Compound.....	161
Rapport des volumes des cylindres.....	162
Économie des machines Compound.....	162
Échappement des locomotives.....	162
Obtention du tirage.....	164
Établissement de l'échappement.....	164
Causes de notre ignorance.....	166
Fonctionnement de l'échappement.....	166
Amélioration de l'échappement.....	167
Gain maximum qu'on peut retirer de l'abaissement de la contrepression dans la colonne d'échappement.....	167
Nouveaux systèmes d'échappement.....	168
Fumivorité.....	168
Dispositifs pour éviter les dégagements de fumée.....	168
Amélioration de la combustion.....	169
Quantité totale d'air pratiquement nécessaire.....	169
Répartition dans le temps de la quantité d'air nécessaire.....	169
Répartition dans le temps de l'air introduit.....	170
Moyens propres à supprimer la fumée.....	171

	Pages.
Conditions à remplir pour éviter la fumée.....	172
Appareils fumivores.....	173
Dispositifs pour éviter les rabattements de fumée.....	174
Consommation des locomotives.....	174
Résultats d'essais de locomotives en ligne.....	176
Variation de la consommation avec la saison.....	180
Consommation au kilomètre.....	180
Chaudières à haute pression.....	180
Locomotives des réseaux français timbrées à 20 Hpz et au-dessus.....	182
Locomotives à turbines.....	182
Locomotives mixtes à pistons et à turbine.....	183
Locomotives articulées.....	184
Conditions d'emploi.....	184
ivers types de machines articulées.....	186
Locomotives semi-articulées.....	187
Locomotive Mallet.....	187
Locomotives articulées proprement dites.....	183
Locomotives jumelées.....	188
Locomotives Fairlie.....	188
Locomotives Péchot-Bourdon.....	188
Locomotive Fairlie modifiée à deux chaudières indépendantes.....	188
Locomotives Fairlie de la North British Co.....	188
Locomotives Meyer.....	189
Locomotive du Bousquet du Nord Français.....	189
Locomotive Garratt.....	189
Locomotives Golwé (Goldschmid-Weber) Haine-Saint-Pierre. Belgique.....	191
Locomotives à transmission par engrenages.....	191
Locomotives spéciales.....	191
Locomotives à crémaillère.....	191
Locomotive à vis sans fin.....	194
Locomotive à adhérence supplémentaire.....	194
Dimensions principales des locomotives.....	195
Renseignements divers concernant les locomotives à vapeur.....	195
Prix des locomotives.....	223
Parcours annuel des locomotives.....	223
Tenders.....	223
Prix des tenders.....	224

CHAPITRE IX. — Autorails.

Autorails en service au 1 ^{er} juillet 1938.....	225
Prix de revient de la traction.....	227

	Pages.
CHAPITRE X. — Traction électrique.	229
§ 1. — <i>Système triphasé.</i>	
a) Système à deux conducteurs aériens.....	231
b) Système à trois conducteurs aériens.....	232
§ 2. — <i>Système monophasé.</i>	232
§ 3. — <i>Système monophasé-triphasé.</i>	233
§ 4. — <i>Système monophasé continu.</i>	234
§ 5. — <i>Système continu.</i>	234
1° Système continu à ligne aérienne, à tension de 550 à 600 volts.....	235
2° Système continu à troisième rail à tension de 600 à 800 volts.....	235
3° Système continu à deux conducteurs de courant isolés.....	235
4° Système continu des Grands Réseaux de chemins de fer français à 1.500 volts.....	236
5° Systèmes continus à 2.400 et 3.000 volts.....	238
6° Système continu à 4.500 volts.....	238
Avantages de l'électrification.....	239
Avantages techniques de l'électrification.....	240
Avantages financiers.....	240
Inconvénients de l'électrification.....	241
Électrification en Europe.....	241
Électrification en Amérique.....	241
Prix des locomotives électriques.....	242
Carte des lignes électrifiées en France.....	243
Lignes électrifiées en France (1 ^{er} janvier 1938) autres que les lignes de banlieue.....	244
Symboles permettant de caractériser les dispositions mécaniques des véhicules automoteurs électriques.....	245
Désignation des locomotives électriques.....	246
CHAPITRE XI. — Ferry-boats.	247
Buts économiques des ferry-boats.....	248
Relations par ferry-boats entre la France et l'Angleterre.....	249
Liste des principales relations par ferry-boats.....	250
QUATRIÈME PARTIE	
Matériel de transport.	
Preliminaires.....	254

CHAPITRE XII. — **Train ou châssis.**

	Pages.
§ 1. — <i>Caractères généraux.</i>	254
§ 2. — <i>Châssis.</i>	255
§ 3. — <i>Essieux.</i>	255
Parties de l'essieu.....	255
Efforts.....	255
Dimensions.....	256
Conditions de fabrication et d'essais.....	257
Vitesse limite.....	257
Écartement des essieux ; empattement.....	259
Essieux convergents et jeux des essieux.....	259
§ 4. — <i>Roues.</i>	
Bandages.....	260
Corps de roues.....	260
Écartement des roues.....	261
Conditions de fabrication et d'essai.....	261
Essieux unifiés.....	261
Fatigues et vitesses limites.....	262
§ 5. — <i>Ressorts.</i>	264
§ 6. — <i>Boîtes à huile.</i>	265
Boîtes à coussinets.....	265
Graissage.....	266
Boîtes dans lesquelles le frottement est remplacé par le roulement.....	267
Méthodes employées pour déterminer la résistance au roulement.....	268
Résistance au démarrage.....	268
Résistance au roulement en marche.....	269
Boîtes à rouleaux S. K. F.....	271
Boîtes C. A. R. à roulements à aiguilles (Nadella).....	271
§ 7. — <i>Notes sur la viscosité.</i>	272
Coefficients de viscosité des fluides, exprimés en unités C. G. S. ou poises.	275
Liquides divers à la température de 20°.....	276
Viscosité de l'eau à diverses températures.....	276
Viscosité des solutions de sucre (saccharose) à 20° exprimée en poises.....	276

TABLE DES MATIÈRES

XIX

	Pages.
Coefficients de viscosité des gaz à 20° exprimée en unité C. G. S. ou poises.....	276
Coefficient de viscosité de l'air à diverses températures exprimé en poises.....	277
Coefficient de viscosité cinématique.....	277
Anciennes unités courantes.....	277
§ 8. — <i>Attelages.</i>	
Attelages automatiques.....	279

CHAPITRE XIII. — *Caisse.*§ 1. — *Voitures à voyageurs.*

Types de voitures.....	282
Construction de la caisse.....	282
Première classe.....	282
Deuxième classe.....	283
Troisième classe.....	283
Mixtes.....	283
Couchettes, salons et voitures-lits.....	283
Voitures à étages.....	283
Bureaux ambulants.....	284
Matériel lourd.....	284
Prix des voitures.....	284

§ 2. — *Fourgons et wagons.*

Fourgons.....	285
Trucks à équipages.....	285
Écuries.....	286
Wagons couverts et fermés.....	286
Wagons à primeurs. — Wagons frigorifiques.....	286
Wagons plates-formes.....	286
Wagons tombereaux.....	287
Wagons divers et spéciaux.....	288
Prix des fourgons et wagons.....	288
Détermination des dimensions des wagons.....	288
Gabarit.....	289
Wagons actuels.....	289
Conditions d'après lesquelles a été construit le matériel existant.....	291

	Pages.
Types de wagons et fourgons.....	292
Dimensions des wagons.....	294
Détermination des dimensions optima d'un wagon tombereau.....	295
§ 3. — <i>Containers.</i>	
Containers en service.....	299
CHAPITRE XIV. — Voitures métalliques.	
§ 1. — <i>Construction des voitures métalliques.</i>	
Voitures O. C. E. M.....	301
Voitures des réseaux du Nord et de l'Est.....	301
§ 2. — <i>Détails de construction.</i>	
Châssis.....	301
Caisse.....	301
Planchers.....	303
Dispositifs anti-chocs.....	303
Métaux légers.....	304
Conservation du matériel.....	304
§ 3. — <i>Caractéristiques des voitures métalliques.</i>	
§ 4. — <i>Aménagement intérieur.</i>	
Cloisonnement.....	30
Calorifugeage.....	305
W. C. Réservoirs.....	305
Dimensions des principales voitures métalliques des réseaux français..	306
§ 5. — <i>Comparaison avec les voitures non entièrement métalliques.</i>	
Poids minima des voitures métalliques en service ou en construction...	312
Poids des voitures à caisse en bois dont la construction a immédiatement précédé celle des voitures métalliques.....	313
§ 6. — <i>Résultats obtenus en service.</i>	
315	
CHAPITRE XV. — Freins.	
Nécessité des freins.....	317
Frein des machines. — Contre-vapeur.....	317
Frein à vapeur.....	317

	Pages.
Classification des freins des véhicules.....	317
Freins à mains.....	318
Effet des freins.....	318
Freins continus.....	318
Freins à air comprimé.....	310
Freins à vide.....	320
Appareils de frein pour trains de marchandises.....	321
Prix des freins.....	323
Équipement de frein des locomotives pour trains de marchandises.....	324
Équipement de frein des locomotives et tenders pour trains de marchandises.....	326
CHAPITRE XVI. — Éclairage et chauffage.	328
Conditionnement d'air.	
<i>§ 3. — Conditionnement de l'air des voitures.</i>	
Conditionnement d'air aux États-Unis.....	329
Groupes de conditionnement.....	330
Source de chaleur.....	330
Source de froid ou réfrigération.....	330
Le conditionnement d'air en France.....	331
Équipement avec groupe frigorifique et compresseur.....	331
Équipement Bussonneau et Lotz.....	331
Équipement Franco-Belge.....	331
Groupes à évaporation d'eau.....	334
Système sans source froide.....	332
CHAPITRE XVII.	
<i>§ 1. — Coefficient d'utilisation.</i>	
	335
<i>§ 2. — Dépréciation du matériel roulant.</i>	
Matériel léger.....	335
Estimation de M. de Billy.....	335
Formule usuelle.....	336
Règle suivie par les Compagnies françaises.....	336
Dépréciation légale.....	337
<i>§ 3. — Dépense kilométrique d'achat du matériel remorqueur et roulant.</i>	
	337

CHAPITRE XVIII. — **Spécifications techniques.**

	Pages.
Spécifications techniques et cahiers des charges unifiés des chemins de fer français (Grands Réseaux).....	338

CINQUIÈME PARTIE

Exploitation. 34CHAPITRE XIX. — **Mouvement.**

§ 1. — <i>Circulation des trains.</i>	348
A. Trains de voyageurs.....	348
B. Trains de marchandises.....	348
§ 2. — <i>Composition des trains.</i>	348
§ 3. — <i>Mise en marche des trains.</i>	349
§ 4. — <i>Relations entre la traction et l'exploitation.</i>	350
§ 5. — <i>Vitesse des trains.</i>	350
Grandes vitesses des trains en France.....	351
Grandes distances parcourues sans arrêt en France.....	351
Grandes relations intérieures françaises.....	352
Grandes relations intérieures françaises ou internationales.....	353
Indicateurs de vitesse.....	354
Indicateur Flaman.....	354
Intereommunication.....	355
Parcours et utilisation des wagons.....	356
§ 6. — <i>Dépenses des gares et stations.</i>	
Rapport des dépenses aux recettes.....	357
Prix de revient par voyageur.....	357
Prix de revient de la manutention.....	357

CHAPITRE XX. — Appareils destinés à garantir la sécurité.

	Pages.
I. — SIGNALISATION.	360
II. — MODE D'INSTALLATION DES SIGNAUX.	360
III. — ENCLÈCHEMENTS.	360
IV. — BLOCK-SYSTEM.	361
I. — <i>Espacement des trains.</i>	361
II. — <i>Protection des trains sur voie unique.</i>	361
Code des signaux de 1934.....	361
Amélioration de l'aspect des signaux.....	362
Signification de la couleur des feux.....	362
Adoption du feu unique.....	362
Forme des cibles.....	363
Éclairage.....	363
Groupement et combinaison des signaux.....	363
Signalisation des bifurcations.....	367
Signaux lumineux de jour comme de nuit.....	367

CHAPITRE XXI. — Tarification.

§ 1. — *Objet et bases de l'exploitation commerciale.*

Objet.....	368
Systèmes d'exploitation.....	368
Bases d'établissement des tarifs.....	368
Prix de revient comparatifs des divers moyens de transports.....	369

§ 2. — *Classification des tarifs.*

Tarif légal.....	370
Tarifs généraux.....	370
Tarifs spéciaux.....	371

§ 3. — *Différentes formes des tarifs.*

Tarifs proportionnels.....	371
Tarifs différentiels.....	371
Tarifs à bases variables.....	372
Tarif par zones.....	372

	Pages.
Tarif postal.....	372
Tarif à prix ferme.....	373

§ 4. — *Différentes applications des tarifs*

Tarifs intérieurs.....	373
Tarifs communs.....	373
Tarifs de transit.....	373
Tarifs d'exportation.....	373
Tarifs de pénétration.....	374

§ 5. — *Tarifs en usage.* 374

Tarifs voyageurs.....	374
Prix.....	374
Arrêts en cours de route.....	374
Aller et retour.....	375
Tarifs marchandises.....	375
Tarifs des colis postaux.....	375
Tarifs des petits colis jusqu'à 50 kilogrammes.....	376
Tarifs des expéditions de détail (50 à 1.000 kilogrammes).....	378
Tarifs des expéditions de gros tonnage (plus de 1.000 kilogrammes).....	379

CHAPITRE XXII. — **Recettes et dépenses des chemins de fer.**

§ 1. — *Classification des recettes et dépenses.* 380

§ 2. — *Tableaux des recettes et dépenses.* 381

Répartition des recettes.....	381
-------------------------------	-----

§ 3. — *Coefficient d'exploitation.* 382

§ 4. — *Impôts.* 382

Impôts sur les chemins de fer et évaluation des économies que l'État réalise sur certains services publics (année 1936).....	383
--	-----

SIXIÈME PARTIE

Statistique.

	Pages.
Capital des réseaux.....	384
Part de l'État.....	384
Amortissement.....	384
Coefficient d'exploitation des grands réseaux de 1913 à 1936.....	385
Recettes des grands réseaux de 1910 à 1936.....	386
Dépenses des grands réseaux de 1926 à 1936.....	386
Statistique des accidents de chemins de fer et d'automobiles.....	387
Nombre de voyageurs transportés.....	387
Répartition par classe de 1.000 voyageurs.....	388
Dépenses d'exploitation.....	388
Effectifs du personnel.....	388
Recettes kilométriques des grands réseaux de 1920 à 1936.....	389
Dépenses kilométriques des grands réseaux de 1920 à 1936.....	389
Effectifs du matériel roulant des grands Réseaux français en 1936....	390
Longueur des lignes exploitées en France.....	391
Effectif du personnel.....	391
Répartition du trafic des chemins de fer.....	391
Trafic comparatif en 1937.....	392
Répartition des dépenses d'exploitation et chargés financiers des grands réseaux (en 1936).....	392
Combustible (houille et briquettes) dépensé par les réseaux en 1932...	393
Dépenses de combustibles.....	393
Impôts payés par les compagnies.....	394
Répartition par catégories d'impôts.....	394
Économies réalisées par l'État.....	394
Locomotives en service en 1928.....	395