

# COURS D'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER

PAR

**H. VANDERRYDT**

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

ET

**E. MINSART**

INGÉNIEUR AUX CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT BELGE

---

**TOME PREMIER**

**LA VOIE — LE MATÉRIEL ROULANT**

---

PARIS ET LIÈGE

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE, 8, RUE DES DOMINICAINS, 8

—  
1922

IMPRIMÉ EN BELGIQUE

# TABLE DES MATIÈRES

## PREMIÈRE PARTIE. — LA VOIE.

### CHAPITRE I. — LE TRACÉ DE LA LIGNE.

	Pages
1. Evaluation des recettes et dépenses probables .....	10
Trafic probable .....	10
Recette probable .....	11
Dépenses de construction .....	12
2. Conditions d'établissement .....	13
Considérations économiques .....	13
Largeur de la voie .....	14
Influence des courbes .....	15
Influence des rampes .....	16
Longueurs virtuelles .....	22
3. Tracé définitif .....	23
Chemins de fer de pays plats .....	23
Chemins de fer de pays accidentés .....	24
Chemins de fer de pays de montagnes .....	25
Chemins de fer d'intérêt général .....	25
Chemins de fer d'intérêt local .....	28
Marche à suivre pour les études .....	28
Longueurs virtuelles et dépenses d'exploitation .....	29

### CHAPITRE II. — LA ROUTE

1. La plate-forme .....	37
2. Les paraneiges .....	39
3. La traversée des routes .....	41
Gabarit de la section libre .....	41
Passages supérieurs et inférieurs .....	42
Passages à niveau .....	42
4. Les clôtures et les poteaux indicateurs .....	46

### CHAPITRE III. — LA VOIE PROPREMENT DITE

1. Considérations générales .....	47
2. Les rails .....	48
Le profil .....	48
La longueur .....	53
Le métal .....	54
Le poids, le module et le moment d'inertie .....	57
Usure et durée des rails .....	64
3. Les supports des rails .....	65
Rails Vignoles sur traverses en bois .....	66
a) Les traverses .....	66
b) Les attaches .....	71
Rails Vignoles sur traverses métalliques .....	73
a) Les traverses .....	73

	Pages
<i>b)</i> Les attaches .....	75
Rails à coussinets sur traverses en bois .....	77
4. Le ballast .....	79
5. Les éclisses .....	81
6. Le plan de pose .....	84
7. Le cheminement des rails .....	87
8. La voie dans les courbes .....	89
Le surécartement .....	89
Le dévers .....	90
Raccordements paraboliques .....	91
9. La pose de la voie .....	99

#### CHAPITRE IV. — LES APPAREILS DE LA VOIE

1. Les croisements .....	104
2. Les traversées .....	108
3. Les branchements .....	111
Tracé et dimensions .....	112
Construction .....	119
4. Les traversées-jonctions .....	124
5. Manœuvre des aiguilles à distance .....	126
Les transmissions .....	126
Les sécurités .....	130
6. Plaques tournantes et ponts tournants .....	139
Plaques tournantes pour voitures et wagons .....	139
Ponts tournants pour locomotives .....	140
7. Les transbordeurs .....	143
Transbordeurs avec fosse .....	143
Transbordeurs sans fosse .....	143

## DEUXIÈME PARTIE. — LE MATÉRIEL ROULANT.

### Première section : Le matériel de transport.

#### CHAPITRE V. — LE TRAIN.

1. Considérations générales .....	149
2. Le train dans le matériel rigide .....	151
Le châssis .....	151
La suspension .....	153
Les plaques de garde .....	160
Les essieux .....	161
Les roues .....	164
Les bandages .....	166
Les boîtes de graissage .....	167
Les appareils de choc et de traction .....	168
3. Le train dans le matériel articulé .....	173
Le châssis .....	173
Le bogie .....	177

#### CHAPITRE VI. — LA CAISSE.

1. Matériel à voyageurs .....	180
Considérations générales .....	180
Construction de la caisse .....	182

	Pages
2. Matériel à marchandises .....	185
Considérations générales .....	185
Construction de la caisse .....	187

## CHAPITRE VII. — L'ÉCLAIRAGE DES TRAINS.

1. Eclairage au moyen de lampes à huile .....	194
2. Eclairage au gaz .....	195
Le gaz de houille .....	195
Le gaz d'huile .....	195
L'acétylène .....	196
L'emmagasinement et la distribution .....	196
Les brûleurs .....	198
3. Eclairage à l'électricité .....	198
Eclairage par accumulateurs .....	199
Eclairage par dynamos .....	200

## CHAPITRE VIII. — LE CHAUFFAGE ET LA VENTILATION.

1. Le chauffage des trains .....	204
Le chauffage autonome .....	204
Le chauffage continu .....	206
2. La ventilation des trains .....	210

## Deuxième section : Le matériel de traction.

## CHAPITRE IX. — DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES DE LA LOCOMOTIVE.

1. Les données .....	212
2. L'établissement des caractéristiques .....	213
Calcul de l'effort de traction .....	213
Détermination du poids adhérent .....	219
Détermination des caractéristiques de la chaudière .....	221
Détermination des caractéristiques du moteur .....	224
Détermination du poids total et du nombre d'essieux .....	227

## CHAPITRE X. — FORMES ET DIMENSIONS DE LA CHAUDIÈRE.

1. Le foyer .....	230
Considérations générales .....	230
Différentes espèces de foyers .....	232
2. Le corps cylindrique et la tubulure .....	237
La tubulure .....	237
Le corps cylindrique .....	239
3. La boîte à fumée, la tuyère d'échappement et la cheminée .....	240
La boîte à fumée .....	240
La tuyère d'échappement .....	241
La cheminée .....	244

## CHAPITRE XI. — CONSTRUCTION DE LA CHAUDIÈRE.

1. Le foyer et la boîte à feu .....	247
Le foyer .....	247
La boîte à feu .....	248
La liaison entre le foyer et la boîte à feu .....	249
2. La tubulure .....	254
3. Le corps cylindrique et la boîte à fumée .....	255

	Pages
4. Les surchauffeurs .....	257
Surchauffeurs placés dans la boîte à fumée .....	257
Surchauffeurs placés autour du faisceau tubulaire .....	258
Surchauffeurs placés dans les tubes à fumée .....	259
5. Les réchauffeurs d'eau .....	263
6. Les chaudières à foyers spéciaux .....	264
Foyers ondulés .....	264
Foyers à tubes d'eau .....	265

#### CHAPITRE XII. — PARTIES SECONDAIRES DE LA CHAUDIÈRE

1. La grille et le cendrier .....	267
2. La porte du foyer .....	268
3. Les chauffeurs mécaniques .....	269
4. La voûte en briques .....	269
5. Les fumivores .....	270
6. Les indicateurs de niveau d'eau et les bouchons fusibles. ....	272
7. Les soupapes de sûreté .....	272
8. Les appareils d'alimentation .....	273
Injecteurs .....	273
Pompes et réchauffeurs .....	275
9. Le dôme .....	278
10. Le régulateur .....	278
11. Le déflecteur et le pare-étincelles .....	280
12. Les enveloppes isolantes .....	281

#### CHAPITRE XIII. — LE MOTEUR.

1. Variation du moment de rotation .....	282
2. Locomotives à simple expansion .....	288
La vapeur surchauffée .....	288
Les distributions perfectionnées .....	290
3. Locomotives à double expansion .....	295
Avantages et modes d'application .....	295
Le fonctionnement .....	295
La distribution .....	299
Les appareils de démarrage .....	301

#### CHAPITRE XIV. — LE MÉCANISME.

1. Disposition des cylindres .....	303
Locomotives à deux cylindres .....	303
Locomotives à trois cylindres .....	304
Locomotives à quatre cylindres .....	305
Locomotives articulées .....	307
Construction et montage des cylindres .....	309
2. Les tiroirs .....	310
Tiroirs plans .....	310
Tiroirs cylindriques .....	310
3. Pistons. Crosses. Glissières. Bielles .....	312
Les pistons .....	312
Les bielles .....	313
4. L'appareil de changement de marche .....	314

#### CHAPITRE XV. — LE VÉHICULE.

1. La répartition des poids .....	316
La charge statique .....	316
Locomotive à deux essieux .....	316

	Pages
Locomotives à plus de deux essieux .....	317
Réglage des ressorts .....	319
Balanciers compensateurs .....	319
Locomotive en marche .....	321
2. Châssis, Roues, suspension .....	322
Le châssis .....	322
Les roues et les essieux .....	324
La suspension .....	326
3. La circulation en courbe .....	327
Considérations générales .....	327
Inscription d'une locomotive à essieux fixes .....	331
Danger de déraillement .....	332
Dispositions pour faciliter le passage dans les courbes .....	333
Le bissel .....	333
Les boîtes radiales .....	336
Le bogie .....	337
Essieux à déplacement transversal .....	339
Bandages à mentonnets amincis et bandages cylindriques .....	340
Bogie-bissel .....	341
Le tracé géométrique de la position des essieux .....	342
4. La construction du bogie et du bissel .....	343
La construction du bogie .....	343
La construction du bissel .....	347
La construction des boîtes radiales .....	349

## CHAPITRE XVI. — LE FONCTIONNEMENT DE LA LOCOMOTIVE.

1. Le fonctionnement de la chaudière ..	351
Le combustible .....	351
La vaporisation .....	356
2. Le fonctionnement du moteur .....	360
Le travail de la vapeur dans les cylindres .....	360
La consommation de vapeur .....	364
3. Le fonctionnement du véhicule .....	366
Considérations générales .....	366
Les réactions de la voie .....	367
Les mouvements parasites .....	379
L'équilibrage des forces d'inertie .....	377

## CHAPITRE XVII. — LE TENDER.

Capacité .....	388
Châssis et caisse .....	388
Alimentation pendant la marche .....	390
Connexions pour l'eau et la vapeur .....	390
Attelage entre la locomotive et le tender .....	390

## CHAPITRE XVIII. — LES FREINS.

1. La contre-vapeur .....	392
2. Les freins à sabot .....	394
L'effort retardateur .....	394
L'appareillage des freins .....	398
L'appareil moteur .....	402
3. Les freins continus .....	404
Les freins à air comprimé .....	404
Les freins à vide .....	412

## ERRATA

---

Page	ligne	Au lieu de	Lire
35	17 <sup>e</sup>	$\frac{Q_0}{Q_{10}}$	$\frac{Q_0}{Q_5}$
» 35	» 28 <sup>e</sup>	$\alpha_{10} D_{10}$	$\alpha_{10} D$
» 61	» 22 <sup>e</sup>	j	Y
» 69	» 15 <sup>e</sup>	Bethell	Bethell
» 89	» 9 <sup>e</sup>	145 à 1410	1425 à 1410
» 91	» 18 <sup>e</sup>	$\frac{\alpha e^3 V^2}{120 R}$	$\frac{e^3 V^2}{1,25 R}$
» 96	» 11 <sup>e</sup>	V	u
» 96	» 16 <sup>e</sup>	$x - \frac{l}{2}$ $R + V - m$	$x - \frac{l}{2}$ $R + u - m$
» 100	renvoi	0,0118 s ( $t_1 - t$ )	0,0118 l ( $t_1 - t$ )
» 104	ligne 5 <sup>e</sup>	c'est elle	c'est celle
» 104	renvoi	AUGER	ANGER
» 106	ligne 17 <sup>e</sup> du bas	par	pour
» 110	» 13 <sup>e</sup> du bas	ils	il
» 114	» 14 <sup>e</sup>	$2 R \sin \frac{\varphi}{2}$	$2 R \sin \frac{\varphi}{2}$
» 117	» 12 <sup>e</sup>	... + 0 + p	... + $\delta$ + p
» 144	» 5 <sup>e</sup>	des mêmes voies	ces mêmes voies
» 151	» 10 <sup>e</sup> du bas	fers E	fers U
» 151	» 2 <sup>e</sup> du bas	fers E	fers U
» 160	» 11 <sup>e</sup> du bas	application	applications
» 198	» 2 <sup>e</sup>	des brûleurs à manchon	les brûleurs à manchon
» 216	» 11 <sup>e</sup> du bas	$0,54 \frac{1,1 F_1}{G} \left( \frac{V_1}{10} \right)^2$	$0,54 \frac{1,1 F_1}{G} \left( \frac{V}{10} \right)^2$
» 219	» 13 <sup>e</sup> du bas	F	$\frac{F}{f}$
» 221	» 5 <sup>e</sup> du bas	surface de surchauffeur	surface du surchauffeur
» 222	» 15 <sup>e</sup>	1 <sup>e</sup> atmosphère	1 atmosphère
» 226	» 7 <sup>e</sup> du bas	$\sqrt{\frac{f P}{\alpha p} \times \frac{D}{l}}$	$\sqrt{\frac{f P a}{\alpha p} \times \frac{D}{l}}$
» 229	» 7 <sup>e</sup>	F	F
» 229	» 8 <sup>e</sup>	F	F
» 229	» 9 <sup>e</sup>	F	F
» 231	» 16 <sup>e</sup>	1000 à 1600	1300 à 1600
» 290	» 4 <sup>e</sup>	A = 426	$A = \frac{1}{426}$

		Au lieu de	Lire
Page 324	Ligne 3 <sup>e</sup> du bas	$65 \sqrt{P}$	$65 \sqrt[3]{P}$
» 382	» 17 <sup>e</sup>	R	$R_2$
» 385	» 5 <sup>e</sup> du bas	$\varphi$	$\rho$
» 385	» 5 <sup>e</sup> du bas	$\sin \alpha + \cos \alpha$	$\sin \alpha - \cos \alpha$
» 385	» 2 <sup>e</sup> du bas	$\frac{d\rho}{dt} = 0$	$\rho = \frac{d\theta}{dt}$
» 416	» 3 <sup>e</sup> du bas	180	181
» 416	» 2 <sup>e</sup> du bas	180	181
» 416	» 1 <sup>re</sup> du bas	182	183
» 417	» 1 <sup>re</sup>	185	186
» 417	» 2 <sup>e</sup>	185	186
» 417	» 3 <sup>e</sup>	187	188
» 418	» 19 <sup>e</sup> du bas	295	297
» 419	» 13 <sup>e</sup> du bas	388	389
» 419	» 12 <sup>e</sup> du bas	388	389



# COURS D'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER

PAR

H. VANDERRYDT

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

ET

E. MINSART

INGÉNIEUR AUX CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT BELGE

---

TOME SECOND

L'EXPLOITATION TECHNIQUE

---

PARIS ET LIÈGE  
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE, 8, RUE DES DOMINICAINS, 8

—  
1924

IMPRIMÉ EN BELGIQUE

# TABLE DES MATIÈRES

## TROISIÈME PARTIE. — L'EXPLOITATION TECHNIQUE.

### CHAPITRE XIX. — LES TRAINS.

	Pages
I. — Nature et affectation des trains .....	7
II. — Charges-limites et durées de parcours .....	11
1. Le calcul des charges-limites .....	11
$\alpha$ ) Méthode de Strahl .....	11
$\beta$ ) Méthode de Sanzin .....	15
2. Le calcul des durées de parcours .....	16
$\alpha$ ) Méthode de von Borries .....	17
$\beta$ ) Méthode de Strahl .....	19
3. Détermination graphique des durées de parcours des trains .....	21
$\alpha$ ) Méthode de Müller .....	22
$\beta$ ) Méthode de Caesar .....	24
III. — Choix du remorqueur .....	27
1. Locomotives à grande vitesse .....	27
2. Locomotives mixtes et à marchandises .....	30
$\alpha$ ) Locomotives mixtes .....	30
$\beta$ ) Locomotives à marchandises .....	31
3. Locomotives articulées .....	33
4. Locomotives-tender .....	34
$\alpha$ ) Locomotive-tenders pour trains de banlieue .....	34
$\beta$ ) Locomotive-tenders pour la grande ligne et les lignes d'embranchement .....	35
5. Voitures automotrices .....	37
$\alpha$ ) Voitures à moteur à vapeur .....	37
$\beta$ ) Voitures à moteur à explosion .....	39
$\gamma$ ) Voitures à moteur électrique .....	40

### CHAPITRE XX. — LA VOIE COURANTE.

I. — Sens de la circulation. Numérotation des trains .....	42
II. — Points spéciaux de la voie .....	42
III. — Quadruplements de voie .....	47
IV. — Limitation de la vitesse .....	51

### CHAPITRE XXI. — LES GARES.

I. — Les gares spécialisées .....	54
1. Les grandes gares à voyageurs .....	54
A) Considérations générales .....	54
B) La construction au point de vue du trafic .....	56
C) La construction au point de vue de l'exploitation .....	60
D) Particularités des grandes gares à voyageurs .....	64
2. Les gares de remisage .....	67

3. Les grandes gares à marchandises .....	69
A) Gares affectées au trafic en général .....	69
B) Gares à marchandises spéciales .....	78
4. Les gares de triage et de formation .....	78
A) Généralités .....	78
B) Formes des gares de triage et de formation .....	85
C) Détails de construction et de fonctionnement .....	88
II. — Les gares non spécialisées .....	95
1. Considérations générales .....	95
2. Service des voyageurs .....	96
3. Service des marchandises .....	97
4. Disposition des voies .....	98
III — Les dépôts de locomotives .....	101
1. Les remises .....	102
A) Remises rectangulaires .....	102
B) Remises circulaires .....	105
C) Détails de construction .....	106
2. La cour .....	110

## CHAPITRE XXII. — LES SIGNAUX.

I. — Les signaux de la voie .....	116
1. Les signaux mobiles .....	116
2. Les signaux fixes .....	117
A) Signaux optiques de jour .....	118
B) Signaux optiques de nuit .....	121
C) Signaux de brouillard .....	122
D) Indicateurs d'approche .....	124
3. Les répéteurs de signaux sur les machines ou signaux d'abri .....	125
A) Appareils à commande mécanique .....	125
B) Appareils électriques avec contact de voie .....	126
C) Appareils électriques sans contact de voie .....	129
4. L'arrêt automatique du train .....	131
5. La construction des signaux .....	132
A) Signaux à voyant .....	132
B) Sémaphores .....	133
6. La manœuvre des signaux .....	134
A) Transmissions à simple fil .....	135
B) Transmissions à double fil .....	136
C) Signaux conjugués .....	138
D) Signaux automatiques .....	139
E) Désengageurs .....	139
II. — Les signaux du mécanicien .....	140
III. — Les signaux des agents des trains .....	141
IV. — Les signaux échangés entre les agents de la voie .....	141

## CHAPITRE XXIII. — LA SIGNALISATION.

I. — Protection des obstacles .....	143
1. Trains en mouvement .....	143
2. Ponts tournants. Passages à niveau. Haltes .....	145
3. Bifurcations .....	146
4. Gares et stations .....	149
A) Gare ordinaire ne servant pas au garage des trains .....	150
B) Gare ordinaire servant au garage des trains .....	151
C) Grandes gares .....	154

II. — Signalisation d'une ligne .....	158
III. — Distance d'implantation des signaux .....	159
IV. — Position des signaux par rapport à la voie .....	160
V. — Dispositif imposant l'arrêt aux trains .....	161

## CHAPITRE XXIV. — L'ORGANISATION DES POSTES DE SÉCURITÉ.

I. — Théorie des enclenchements .....	163
A) Les notations .....	163
B) Enclenchements binaires .....	165
C) Enclenchements conditionnels .....	166
D) Composition des enclenchements .....	168
E) Réduction des enclenchements .....	171
II. — Application des enclenchements dans l'organisation des postes de sécurité .....	173
1. Classification des enclenchements .....	173
2. Réalisation des enclenchements .....	175
III. — Etude d'un projet d'enclenchements .....	185
A) Programme d'enclenchements .....	185
B) Tableaux d'enclenchements .....	191
C) Vérification des projets d'enclenchements .....	191
IV. — Appareils d'enclenchements .....	192
1. Appareils d'enclenchements mécaniques .....	193
A) Appareils du type anglais .....	193
B) Appareils du type allemand .....	200
2. Appareils d'enclenchements à transport de force .....	205
A) Système hydrodynamique .....	207
B) Système pneumatique à basse pression .....	208
C) Système hydropneumatique .....	209
D) Système électropneumatique .....	211
E) Système électrique .....	213
F) Leviers d'itinéraires .....	222
G) Postes de triage .....	224
3. Comparaison des appareils à commande manuelle et des appareils à commande dynamique .....	225
4. Enclenchements économiques .....	226

## CHAPITRE XXV. — LE FREINAGE DES TRAINS.

I. — Le freinage à main .....	228
1. Le coefficient de freinage .....	228
2. Le réglage de freinage .....	234
II. — Le freinage continu .....	238
1. Le freinage continu des trains de marchandises .....	239
2. Le freinage continu sur longues pentes .....	241

## CHAPITRE XXVI. — LE MOUVEMENT DES TRAINS.

I. — L'expédition des trains .....	243
II. — Le Block-system .....	247
1. Lignes exploitées à double voie .....	248
A) Block-system à appareils gardés .....	249
B) Block-system automatique .....	258
2. Lignes exploitées à voie unique .....	270
A) L'exploitation en navette et le pilotage .....	271

b) Le train staff-system .....	271
c) Le Block-system .....	272
III. — Incidents de route .....	273

CHAPITRE XXVII. — L'ORGANISATION DU SERVICE DES TRAINS.

I. — L'économie du service des trains .....	277
II. — L'étude des horaires .....	284
III. — L'utilisation du matériel de transport .....	288

CHAPITRE XXVIII. — L'EXÉCUTION DES TRANSPORTS.

I. — Transport des voyageurs .....	298
II. — Transport des bagages et des colis par exprès .....	302
III. — Transport des marchandises .....	304
1. Transports en grande vitesse .....	305
2. Transports en petite vitesse .....	306
IV. — Services annexes des transports .....	311
1. Transport des voyageurs .....	311
2. Transport des marchandises .....	313