

MATÉRIEL ROULANT

DANS LE SYSTÈME FERROVIAIRE

Tome 1

Ouvrage dirigé par
Éric Fontanel et Reinhard Christeller

Avec le conseil de François Lacôte
et le soutien du mastère systèmes
de transports ferroviaires et urbains



Tables des matières

Sommaire	4
Avant-propos	6
Avant-propos	9
Avertissement au lecteur.....	11
Chapitre 1 Introduction au système ferroviaire	14
Une évolution technique?.....	16
1.1 Performances uniques : un aperçu	16
1.2 Les bases du système ferroviaire et sa position dans les systèmes de transport.	18
1.2.1 L'évolution dans le temps	20
1.3 Les fonctions fondamentales de la technologie ferroviaire	22
1.4 Histoire des chemins de fer et du matériel roulant.....	23
1.4.1 L'invention du boudin de roue unilatéral et son évolution/les autres types de guidage	23
1.4.2 Les locomotives et la traction.....	24
1.4.3 Les trains.....	47
1.4.4 Les composants principaux.....	70
1.4.5 Autres systèmes de transport guidés.....	77
1.5 Les systèmes ferroviaires en Europe et dans le monde.....	80
1.5.1 Infrastructure et matériel roulant	80
1.5.2 Organismes.....	83
1.5.3 L'Espace Ferroviaire Européen Unique (EFEU ou SERA).....	85
1.6 L'environnement, la santé et la sécurité	91

1.7 Quelques personnages marquants	98
1.7.1 Richard Trevithick (1771-1833)	98
1.7.2 George Stephenson (1781 – 1848) et Robert Stephenson (1803 – 1859)	99
1.7.3 Werner von Siemens (1816-1892)	103
1.7.4 George Westinghouse (1846 – 1914)	104
1.7.5 André Chapelon (1892 – 1978)	106
1.8 L'évolution de l'industrie du matériel roulant	110
1.8.1 La structure industrielle	110
1.8.2 De la fabrication sur mesure aux « plateformes de produits »	116
1.9 Un regard vers le futur	118
Chapitre 2 Les systèmes de transport ferroviaires	120
Introduction	122
2.1 Les principaux acteurs du transport ferroviaire	123
2.1.1 Autorités publiques	123
2.1.2 Acteurs économiques du système de transport ferroviaire	127
2.1.3 Acteurs facilitateurs	131
2.2 Différents systèmes de transport ferroviaires	133
2.2.1 Définitions générales	133
2.2.2 Notion de système de transport ferroviaire	135
2.2.3 Les segments du marché ferroviaire et les systèmes et services ferroviaires correspondants	140
Chapitre 3 Interopérabilité et sécurité des systèmes ferroviaires	158
Introduction	160
3.1 Directive relative à l'interopérabilité	161
3.1.1 Interopérabilité	161

3.1.2	Sous-systèmes, exigences essentielles et paramètres de base	162
3.1.3	Champ d'application	163
3.1.4	Sous-systèmes	164
3.1.5	Exigences essentielles	165
3.1.6	Paramètres fondamentaux	166
3.2	Les STI (Spécifications Techniques d'Interopérabilité)	167
3.2.1	Principes communs à toutes les STI	167
3.2.2	Le matériel roulant européen, tel que décrit par les STI	171
3.2.3	Les autres sous-systèmes structurels décrits par les STI	178
3.3	La sécurité ferroviaire	192
3.3.1	Les aspects réglementaires de la sécurité dans l'espace ferroviaire européen unique (SERA) : la directive sécurité	192
3.3.2	Les Méthodes de Sécurité Communes	197
3.3.3	À la recherche d'une association optimale du technique et de l'humain	208
3.3.4	Une sécurité qui est l'affaire de tous les acteurs	210
3.4	L'autorisation de mise en service des matériels roulants dans l'espace ferroviaire unique européen	211
3.4.1	Dualité des deux directives et superposition des STI et des règles nationales	211
3.4.2	Un progrès significatif : la notion de véhicule et la reconnaissance d'une autorisation de type	213
3.4.3	Les recommandations de la Commission concernant les procédures d'autorisation	215
3.5	L'Agence ferroviaire européenne, organisme régulateur de l'espace ferroviaire européen unique	221
3.5.1	Rôle et organisation de l'ERA	221
3.5.2	Les organismes support	222
3.5.3	Les rapports de l'ERA et les registres	223
3.5.4	Les expertises	224
3.6	Les normes ferroviaires	224
3.6.1	La « nouvelle approche »	225
3.6.2	Cas particulier du ferroviaire	225
3.6.3	L'utilisation des normes dans le cadre des contrats	226
3.6.4	Élaboration des normes ferroviaires	227

3.6.5 Quelques normes significatives	228
3.6.6 Normalisation européenne et normalisation mondiale	231
3.6.7 Les fiches de l'UIC	231
3.7 Dispositions particulières au ferroviaire urbain européen	232
3.7.1 La Plateforme ferroviaire urbaine	232
3.7.2 Procédures d'Acceptation, d'Approbation et de Certification (AAC) appliquées dans le domaine du ferroviaire urbain	233
3.8 Les autres réglementations applicables au matériel roulant ferroviaire	251
3.8.1 Autres directives et règlements européens	251
3.8.2 Autres systèmes réglementaires applicables au matériel roulant européen	257
3.8.3 Autres systèmes mondiaux	258
Annexes	263
A. L'importance de la normalisation dans la construction d'un système ferroviaire sûr	263
B. Objectifs de la norme EN 50126	268
C. Principes de la norme EN 50126	269
D. L'application de la norme EN 50126 au matériel roulant	274
E. L'analyse préliminaire des risques (APR)	277
F. L'analyse sécurité des interfaces (ASI)	280
G. Le Plan des Essais de Sécurité (PES)	284
H. L'Organisme Qualifié et Agréé (OQA) et la certification	285
I. Les évolutions futures de l'EN 50126 (ou IEC 62278)	286
 Chapitre 4 Les interfaces fondamentales	 288
 Introduction	 290
4.1 Les gabarits ferroviaires	291
4.1.1 L'écartement des rails	291
4.1.2 Le dimensionnement des infrastructures et des matériels roulants	293
4.1.3 Autres gabarits hors d'Europe	309
4.2 L'interface roue-rail	311
4.2.1 Introduction	311
4.2.2 Profils des roues et des rails et guidage sur les aiguillages et les croisements	314

4.2.4	Théorie du contact roue-rail (pseudo-glissement et efforts de pseudo-glissement)	334
4.2.5	Négociation de la courbe et déraillement dû à la montée du boudin	340
4.2.6	Géométrie de la voie, charges véhicule/voie et dommages causés à la roue et à la voie.	345
4.2.7	Gestion du frottement roue-rail.	358
4.3	Simulation dynamique des véhicules ferroviaires	359
4.3.1	Objectifs de la simulation dynamique des véhicules ferroviaires	359
4.3.2	Outils et modèles informatiques utilisés dans la dynamique des véhicules ferroviaires	360
4.3.3	Simulations dynamiques du véhicule dans le développement du matériel roulant	369
4.3.4	Simulations dans les processus d'autorisation des véhicules	376

Chapitre 5 Maintenance et maîtrise du cycle de vie d'un matériel. 380

5.1	Le coût du cycle de vie, modèle et réalité.	382
5.1.1	Une approche du cycle de vie	382
5.1.2	LCC, recettes et TVO	383
5.1.3	La prévision est un art difficile	384
5.2	La maintenance d'un matériel ferroviaire au fil du temps	385
5.2.1	Au départ la maintenance n'était qu'un acte technique	385
5.2.2	Puis, la maintenance a pris place au centre du modèle économique	386
5.2.3	Nouveaux acteurs, nouvelles responsabilités	387
5.2.4	Conséquences pour les acteurs: chacun a sa logique propre	389
5.2.5	Nécessité d'un nouveau contexte légal et réglementaire	391
5.3	Identification des objectifs poursuivis en maintenance	394
5.3.1	Un besoin étroitement lié aux conditions d'emploi et aux objectifs poursuivis.	394
5.3.2	Deux objectifs fondamentaux à atteindre	396
5.4	Maîtriser la fiabilité et la maintenabilité	397
5.4.2	Maîtrise de la fiabilité dès les phases de conception	400
5.4.3	Maîtrise de la maintenabilité dès les phases de conception	401
5.5	Ingénierie de maintenance et types de maintenance	402
5.5.1	Maintenance corrective	403

5.5.2 Maintenance préventive	404
5.5.3 Limites: maîtrise du LCC ou progrès global?	411
5.6 Exploitation et maintenance: obligatoirement complémentaires.	414
5.6.1 Parc exploité et parc en maintenance	414
5.6.2 Diminuer le besoin de maintenance	415
5.6.3 Insérer la maintenance dans les plages d'inutilisation	416
5.6.4 Diminuer les temps de traversée en centre de maintenance	419
5.6.5 Coopération mainteneur – exploitant	422
5.6.6 Diminuer l'impact des aléas	424
5.7 Une méthodologie pour définir et gérer le système de soutien:	
le Soutien Logistique Intégré (SLI)	425
5.7.1 Le système de soutien	426
5.7.2 Principes généraux du soutien logistique intégré	427
5.7.3 Composantes du processus	429
5.7.4 Application en phase de conception et d'acquisition	434
5.7.5 Application en phase d'exploitation (ou pour un matériel existant)	438
5.8 Révision, régénération et évolutions	444
5.8.1 Révision	444
5.8.2 Modifications et évolutions	445
5.8.3 Nécessité de la gestion de configuration	447
5.8.4 Obsolescence	449
5.8.5 Modernisation approfondie	454
5.8.6 Sécurité des modifications	458
Auteurs	462
Remerciements	467
Acronymes	469
Bibliographie	475