«TIME TO MARKET» DES PRODUITS FERROVIAIRES

RAPPORT

Benchmark international des délais de mise sur le marché du matériel roulant ferroviaire

fédération des industries ferroviaires

Contact – Informations
Fédération des Industries Ferroviaires
60 rue Anatole France – 92300 Levallois-Perret
fif@fif.asso.fr | 01 55 63 83 60
www.industrie-ferroviaire.fr

Préface de David Valence

David Valence, Président du Conseil d'orientation des infrastructures, ancien député des Vosges.

Le constat peut sembler paradoxal, il n'en est pas moins établi : le débat public sur les transports collectifs a longtemps ignoré le sujet des matériels roulants, en particulier pour le ferroviaire. Ce n'est qu'à une date récente que des experts et des élus ont diagnostiqué le « problème du matériel roulant » comme un des principaux freins au développement de l'offre de transport public, en réponse à « l'envie de train » des Français. L'ouverture à la concurrence des services librement organisés (SLO) puis des trains régionaux a également placé les délais de production, de livraison puis de mise en service des matériels roulants sous les feux de l'attention médiatique.

Pour une entreprise ferroviaire qui entend se positionner sur des liaisons à grande vitesse ou renouveler une partie de son parc dédié au transport de marchandises, comme pour une autorité organisatrice soucieuse de cadencer l'offre de trains entre deux villes, il est essentiel de pouvoir mieux comprendre et anticiper le cycle industriel et de sécurité qui s'ouvre avec une commande de matériel jusqu'à sa mise en circulation. Il en va de la compétitivité de nos industries ferroviaires, de la crédibilité de la parole publique comme de notre capacité à mieux relier les territoires et à rendre nos mobilités moins nocives pour la planète.

L'initiative de la Fédération des Industries ferroviaires (FIF) doit donc être saluée : dans les pages qui suivent, elle pose un diagnostic précis et identifie des leviers d'action concrets pour simplifier et accélérer l'ensemble des processus que mobilise une commande de matériel roulant jusqu'à la mise en service. J'y retrouve certains des constats formulés lors de ma dernière mission d'information parlementaire. De février à juin 2024, avec mon collègue Guy Bricout, nous avions en effet travaillé sur la question des essais de matériel ferroviaire pour la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire de l'Assemblée nationale. Lors de la présentation publique de nos conclusions, près d'un an plus tard, dissolution oblige, nous avons en particulier plaidé pour une réduction du nombre d'acteurs à solliciter en vue de réaliser des campagnes d'essais de matériel ferroviaire en France. Nous recommandions également de réaliser des tests de shuntage sur plusieurs sites et non dans le seul secteur de Plouaret, dans les Côtes d'Armor, comme c'est le cas aujourd'hui, pour des raisons qui relèvent principalement d'une forme d'habitude. Il nous apparaissait également souhaitable d'accroître le nombre des essais réalisés par simulation numérique qui puissent être considérés comme qualifiants. Nous reposions enfin, dans ce travail, la question de l'aménagement de nouveaux centres d'essais en Europe.

En France, les campagnes d'essais peuvent représenter 10% du temps global de conception d'un nouveau train et 10% de son budget. Si l'étude qui suit adopte une perspective plus large, je me réjouis qu'elle ouvre un chemin réaliste pour réduire les délais d'homologation des matériels roulants en France, sans renoncer à aucune exigence en matière de sécurité. C'est l'intérêt de toute une filière industrielle, mais aussi celui des décideurs publics… et surtout des usagers du transport public !

Préface de Patrick Jeantet

Patrick Jeantet, Président de la Fédération des Industries Ferroviaires.

Connecter les territoires et les personnes, c'est l'essence même du ferroviaire. Aujourd'hui, la filière française se trouve à la croisée des chemins : elle doit répondre à des attentes sociétales inédites, intégrer des innovations technologiques majeures, et s'adapter à un monde où la rapidité, la coopération et la capacité à anticiper deviennent des facteurs décisifs de réussite.

La transformation profonde du secteur ferroviaire, engagée sous l'impulsion du quatrième paquet ferroviaire européen, redéfinit les équilibres historiques. L'ouverture à la concurrence, la séparation des fonctions d'exploitation et d'infrastructure, et le rôle croissant des Autorités Organisatrices de la Mobilité (AOM) placent désormais les régions au cœur de la stratégie ferroviaire. Les AOM pilotent l'offre, financent et possèdent le matériel roulant, et choisissent les opérateurs via des contrats de service public, tandis que les opérateurs historiques, doivent adapter leurs modes de fonctionnement et composer avec de nouveaux entrants.

Ce nouveau paysage, qui s'ouvre et se diversifie, offre des opportunités majeures pour dynamiser l'offre ferroviaire et améliorer le service aux usagers. Mais il complexifie aussi l'organisation, multiplie les parties prenantes et fait émerger de nouveaux défis : diversité accrue des matériels, exigences territoriales spécifiques, nécessité de coordonner les investissements et d'accélérer la mise sur le marché des innovations.

C'est dans ce contexte que la Fédération des Industries Ferroviaires souhaite lancer une initiative inédite : réunir, autour d'un diagnostic partagé et d'un regard international, l'ensemble des acteurs de la filière pour réfléchir, ensemble, à la manière de simplifier, fluidifier et accélérer le « Time To Market » des matériels roulants. Ce rapport n'est pas un aboutissement, mais un point de départ. Il se veut une invitation à l'action, à l'expérimentation, à la co-construction.

Notre conviction est simple : dans un monde de plus en plus complexe, la force de notre filière résidera dans sa capacité à se rassembler, à décloisonner les expertises, à partager les expériences et à bâtir des solutions collectives. Ce travail, nourri par des comparaisons internationales et des retours d'expérience concrets, propose des pistes pour rendre nos processus plus agiles, nos référentiels plus lisibles, et nos innovations plus rapidement accessibles à tous. La création d'un groupe de travail interprofessionnel, doté d'une feuille de route claire et partagée, sera le premier jalon de cette aventure collective, celle d'une filière ferroviaire française plus agile, plus ouverte et plus compétitive.

Au nom de la Fédération, je remercie toutes celles et ceux qui ont contribué à cette démarche et j'invite l'ensemble des parties prenantes à rejoindre ce mouvement. Ensemble, ouvrons la voie à une nouvelle ère pour notre filière.

Bonne lecture à toutes et à tous,

Table des matières

Table des illustrations 7

Lexique des termes et acronymes 10

Introduction et cadre de la recherche 15

Contexte 15

Problématique : Analyse de la dérive systémique du *Time-to-Market* (TTM) 15

Méthodologie et Périmètres de l'étude 16

Typologies de matériels et périmètres géographiques 16
Approche méthodologique et contacts initiés 19
Déontologie et confidentialité 19

Analyse des cycles de mise sur le marché en France 21

Enseignements et bonnes pratiques européennes 24

Des défis structurels partagés 24

Analyse comparative de la maturité des réseaux partenaires 26

Facteurs réglementaires : STI, STI CCS et Règles Nationales (RTNN). 27
Facteurs contractuels : Le poids des exigences extra-réglementaires. 32
Facteurs opérationnels : La remise en question des campagnes d'essais. 35
Facteurs documentaires : Nature du référentiel et gestion des sources. 38

Conclusion 40

Annexes 41

Annexe A – Analyse de l'écosystème ferroviaire français 41

Contexte 41
Transports ferroviaires 46
Transports guidés 59
Sources 63

Annexe B – Analyse de l'écosystème ferroviaire allemand 64

Contexte 64
Transports ferroviaires 68
Transports guidés 78
Sources 81

Annexe C - Analyse de l'écosystème ferroviaire espagnol 83

Contexte 83
Transports ferroviaires 87
Transports guides 98
Sources 100

Annexe D – Analyse de l'écosystème ferroviaire Italien 101

Contexte 101
Transports ferroviaires 106
Transports guidés 111
Sources 111

Annexe E – Analyse de l'écosystème ferroviaire Néerlandais 113

Contexte 113
Transports ferroviaires 117
Transports guides 125
Sources 127

Annexe F – Analyse de l'écosystème ferroviaire Australien 129

Contexte 129
Transports ferroviaires 136
Transports guidés 144
Sources 146

Table des illustrations

Figure 1 : Différentes exigences requises pour constituer le dossier technique (à gauche) et interactions (à droite) 16
Figure 2 - Spécificités nationales et périmètre d'étude du benchmark 16
Figure 3 : Périmètre géographique de l'étude et types de matériel roulant pris en compte 17
Figure 4 : Tableau comparatif reprenant les caractéristiques des réseaux et de leur accidentologie 18
Figure 5 : Liste des interviews réalisées (ordre alphabétique) 19
Figure 6 : Difficultés identifiées pour le TTM des transports ferroviaires 21
Figure 7 : Schéma du cycle de mise sur le marché de matériels de transports ferroviaires : Étapes clés et points de blocage 22
Figure 8 : Schéma du cycle de mise sur le marché de matériels de transports guidés : Étapes clés et points de blocage 23
Figure 9 : Développement présérie : conception et validation du matériel roulant (transports ferroviaires) 24
Figure 10 : Développement présérie : conception et validation du matériel roulant (transports guidés) 25
Figure 11 : Bilan des tendances observées dans les autres pays 26
Figure 12 : Problématique des "zones grises" liées au remaniement des STI et RTNN 28
Figure 13 : Nettoyage des règles nationales Source : ERA, 2022 29
Figure 14 : Catégories ESC (ETCS System Compatibility) des pays étudiés 31
Figure 15: Profil du système ferré français 41
Figure 16 : Carte du réseau français 42
Figure 17 : Lignes à grande vitesse : équipement en ERTMS 43
Figure 18 : Déploiement de l'ERTMS en France 43
Figure 19 : Transport ferroviaire français : Services régionaux 44
Figure 20 : Concurrents de la SNCF sur la grande vitesse 44
Figure 21 : Acteurs de l'écosystème de l'AMM en France 44
Figure 22 : Transports guidés en France 45
Figure 23: Principaux réseaux de métro en France 45
Figure 24 : Ecosystème et organismes délivrant l'AMM 46
Figure 25 : Chronologie intégrant une étape intermédiaire avec préengagement 47
Figure 26 : Chronologie intégrant une étape intermédiaire sans préengagement 47
Figure 27 : Temporalité du TTM des trains Regio 2N 49
Figure 28 : Temporalité du TTM des trains RER NG 50
Figure 29 : Temporalité du time des essais du RER NG 50
Figure 30 : Temporalité du TTM du TGV Euroduplex 50
Figure 31 : Temporalité du TTM du TGV M 50
Figure 32 : Niveau de détails des spécifications 53
Figure 33: Réseau ferré allemand 64
Figure 34 : Profil du système ferré espagnol 65
Figure 35 : Déploiement de l'ERTMS sur le réseau allemand 65
Figure 36 : Transport ferroviaire allemand : Services régionaux 66
Figure 37 : Transport ferroviaire allemand : Services grande vitesse 66
Figure 38 : Ecosystème autour de l'AMM en Allemagne 67
Figure 39 : Réseaux de métros et trams en Allemagne 67
Figure 40 : Principaux réseaux de métro en Allemagne 67
Figure 41 : Constitution du comité de pilotage MR (Allemagne) 69
Figure 42 : Transport régional en Allemagne : modèles d'organisation des acteurs autour du MR 70
Figure 43 : Estimation des délais nécessaires pour mettre un train régional (EMU) sur le marché allemand (différents types d'autorisation, en 2012 et 2025) 72

Figure 44 : Délais nécessaires pour mettre en service l'ICE 4 (Siemens) 73
Figure 45 : Délais nécessaires pour mettre en service un train grande vitesse dans les années 2010-2016 73
Figure 46 : Délais nécessaires pour mettre en service l'ICE 4 (Siemens) 73
Figure 47 : Extrait des changements apportés autour de la STI CSS, Série de documents) 74
Figure 48 : Catégories ESC (ETCS System Compatibility) utilisées en Allemagne 75
Figure 49 : Circuits de Wildenrath (Anneau d'essai) en Allemagne 76
Figure 50 : Structure réglementaire pour les tramways et métros légers 79
Figure 51 : Exemple de liste de spécifications à respecter pour un système de "Strassenbahn" 79
Figure 52 : Répartition entre preuves publiées et autres preuves découlant des règles techniques 80
Figure 53 : Temporalité de l'homologation d'un tramway Urbos 100 / Ruhrbahn 81
Figure 54 : Temporalité de l'homologation d'un tramway Urbos 100 / Freiburg 81
Figure 55 : Réseau ferré espagnol 83
Figure 56 : Profil du système ferré espagnol 84
Figure 57 : Déploiement de l'ERTMS sur le réseau espagnol 84
Figure 58 : Transport ferroviaire espagnol : Services régionaux 85
Figure 59 : Transport ferroviaire espagnol : Services grande vitesse 85
Figure 60 : Ecosystème autour de l'AMM en Espagne 86
Figure 61 : Temporalité du TTM des trains Frecciarossa 1000 89
Figure 62 : Temporalité du TTM des trains Frecciarossa 1000 89
Figure 63 : Principe des essais à distance développés par le CEFEX (ES) et le DLR (DE) 92
Figure 64 : Comparaison des campagnes d'essais en ligne et des essais « à distance » combinés à un essai en ligne 92
Figure 65 : Essais nécessitant une voie fermée à la circulation 95
Figure 66 : Processus de certification du matériel roulant (Métro de Madrid) 99
Figure 67 : Profil du système ferré italien 101
Figure 68 : Réseau ferré italien 102
Figure 69 : Déploiement de l'ERTMS sur le réseau Italien 103
Figure 70 : Transport ferroviaire italien : Services régionaux Source : Ministère des transports et diverses 103
Figure 71 : Transport ferroviaire italien : Services grande vitesse 104
Figure 72 : Ecosystème autour de l'AMM en Italie 104
Figure 73 : carte représentant les mobilités urbaines des grandes villes, Italie (vision 2030) 105
Figure 74 : Différentes étapes de l'homologation des trains Trenitalia Rock 107
Figure 75 : Différentes étapes de l'homologation des trains Trenitalia Pop 107
Figure 76 : Différentes étapes de l'homologation des trains hybrides Blues 108
Figure 77 : Vision aérienne du site avec le circuit en rouge Source : RFI 109
Figure 78 : Profil du système ferré néerlandais 113
Figure 79 : Carte du réseau ferré néerlandais avec les différents systèmes de signalisation 114
Figure 80 : Déploiement de l'ERTMS aux Pays-Bas 115
Figure 81 : Transport ferroviaire néerlandais : Open-access 116
Figure 82 : Ecosystème autour de l'AMM aux Pays-Bas 116
Figure 83 : Laboratoire ERTMS Integration de ProRail Source : ProRail 119
Figure 84 : Temporalité du TTM des trains Sprinter New Generation Source : Ricardo 119
Figure 85 : Ligne de Hanzelijn avec les équipements en bord de voie 122
Figure 86 : Modèle de notation RIS dont le seuil de 43 détermine la nécessité de shuntage 123
Figure 87 : Système de pondération développé par Infrabel pour qualifier la capacité d'un train au shuntage 123
Figure 88 : Réseau ferroviaire géré par l'ARTC 129
Figure 89 : Lignes de transport de voyageurs en Australie 130
Figure 90 : Caractéristiques du transport ferroviaire australien 131
Figure 91 : Exemples de services de transport régional 132

Figure 92 : Implication des différentes entités 133
Figure 93 : Organismes impliqués dans l'homologation du matériel roulant en Australie 133
Figure 94 : Carte des transports urbains et surburbains en Australie 134
Figure 95 : Caractéristiques du métro de Sydney 134
Figure 96 : Services de tramways en Australie 135
Figure 97 : Plan du réseau de tramways de Melbourne 135
Figure 98 : Processus d'autorisation du matériel roulant en Australie 137
Figure 99: Calendrier de la certification du matériel roulant en Australie 138
Figure 100 : Temporalité du TTM du Metronet circulant sur deux états 140

Lexique des termes et acronymes

Terme/Acronyme	Définition
ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias Gestionnaire du réseau ferroviaire national Espagnol
ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
ADIF AV	Filiale d'ADIF pour les lignes à grande vitesse espagnoles
AEF	Agence d'Essais Ferroviaires (SNCF)
AESF	Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria – ANS espagnole
AMM [1]	Autorisation de mise sur le marché d'un véhicule Autorisation de mise sur le marché d'un véhicule Décision rendue par l'entité délivrant l'autorisation est fondée sur une assurance raisonnable que le demandeur et les entités associées à la conception, la fabrication, la vérification et la validation du véhicule se sont acquittés de leurs obligations et responsabilités respectives afin de garantir la conformité aux exigences essentielles de la législation applicable ou de garantir la conformité au type autorisé permettant la mise sur le marché de véhicule et son utilisation en toute sécurité dans le domaine d'utilisation, conformément aux conditions régissant l'utilisation et aux autres restrictions
ANSFISAA	Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie – ANS italienne
AOM	Autorité Organisatrice de la Mobilité
APC	Autorización de Pruebas en Circulación – Autorisation espagnole pour essais
Aptitude au shuntage [1]	L'aptitude au « shuntage » d'un véhicule est caractérisée par la valeur de la tension résiduelle mesurée au secondaire du transformateur d'entrée du récepteur d'une zone équipée en circuit de voie UM 71 classique choisie comme référence (mesure de la tension UR1R2). Elle se quantifie par la durée des pics de tensions résiduelles.
ARRM	Australian Rail Risk Model (outil d'évaluation des risques)
ARRM	Australian Rail Risk Model – Outil d'évaluation des risques
ARTC	Australian Rail Track Corporation
AS7501	Norme australienne d'autorisation du matériel roulant
AsBo [1]	Assessment Body - Organisme d'évaluation des risques et de la sécurité Organisation tierce indépendante désignée par un État membre de l'Union européenne pour évaluer la conformité des processus de gestion des risques et de sécurité avant la mise en service d'un système, au sens du règlement d'exécution (UE) n° 402/2013 de la Commission du 30 avril 2013
ASFA	Sistema de Ayuda a la Conducción y Frenado Automático – Système espagnol
ATB	Automische Trein Beïnvloeding – Système néerlandais
Autorisation par type de véhicule	L'autorisation par type de véhicule concerne la validation d'un ensemble de caractéristiques techniques communes à plusieurs véhicules, définies comme un « type » dans la réglementation européenne Ce « type » est enregistré au sein du Registre européen des types de véhicules autorisés (RETVA), ce qui permet d'identifier clairement chaque type de véhicule autorisé à circuler dans l'UE.
Bi-Standard	Le terme *bi-standard* désigne un équipement embarqué qui associe l'ERTMS (European Rail Traffic Management System, système européen de gestion du trafic ferroviaire, dit de classe A) à un système national de signalisation de classe B (comme le KVB ou la TVM en France), les deux systèmes étant intégrés au sein d'un même dispositif à bord du train. Ce système permet la gestion automatique et sécurisée des transitions entre les deux systèmes lors du passage d'une zone équipée en classe B à une zone équipée en ERTMS, et inversement. Cette transition est réalisée grâce à une interface interne au bi-standard, qui n'est pas standardisée comme celle d'un STM (Specific Transmission Module).

[1] Pour rester au plus près des définitions officielles nous reprenons de façon littérale donnée par l'EPSF, https://www.securite-ferroviaire.fr/sites/default/files/reglementations/pdf/2023-03/guide004-autorisation-mr-v2.pdf

Terme/Acronyme	Définition
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur Ministère allemand fédéral de Ministère fédéral des Transports et de l'Infrastructure numérique en Allemagne. Ce ministère (depuis 2021 BMDV, Bundesministerium für Digitales und Verkehr) est chargé de la politique fédérale en matière de transports (routier, ferroviaire, aérien, fluvial) ainsi que du développement des infrastructures numériques, notamment la promotion de la connectivité haut débit et la transformation digitale du pays.
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BoStrab	Réglementation allemande pour les tramways
BSN	Bundesverband SchienenNahverkehr Association des 27 AOM allemandes
BVG	Berliner Verkehrsbetriebe – Métro de Berlin
CBTC	Communication-Based Train Control – Signalisation métros
CCS	Contrôle-Commande et Signalisation
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas – Espagne Laboratoires espagnol et allemand pour essais à distance
CEEF	Centre Européen d'Essais Ferroviaires - Projet d'anneau d'essai en France abandonné, proposé par Railenium
CEM	Compatibilité Électro Magnétique
D39/D50	Détecteurs électroniques de roue
DAAT	Détection Automatique des Anomalies de Traction
DeBo	Designated Body Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN) Organisme d'évaluation de la conformité tel que défini à l'article L. 2201-1 du code des transports qui a fait l'objet d'une désignation par un État membre de l'Union européenne ou appliquant des règles équivalentes à celles de l'Union européenne en vertu d'accords conclus avec celle-ci.
Déshuntage	Absence de chute de tension ou remontée prématurée provoquant la libération intempestive d'une zone de circuit de voie malgré la présence d'au moins un essieu dans la zone de circuit de voie. Un déshuntage est un événement pouvant compromettre la sécurité des circulations.
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – Centre aérospatial allemand
DSP	Délégation de Service Public (contrat pour les services ferroviaires régionaux)
DSP	Délégation de Service Public – Contrats régionaux
EAL labs	Laboratoires allemands essais ERTMS
EF	Entreprise Ferroviaire Entité bénéficiant d'un certificat de sécurité lui permettant l'autorité d'exploiter »
EIGV	Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahmegenehmigungen für das Eisenbahnsystem Règlement sur la délivrance des autorisations de mise en service du système ferroviaire
EPSF	Établissement public de sécurité ferroviaire Autorité nationale de sécurité en France chargée de veiller au respect des règles de sécurité et d'interopérabilité du système ferroviaire, sous la tutelle du ministère chargé des Transports
EPSF Doctrine Simulation	Recommandations officielles de l'EPSF encadrant l'usage de la simulation (numérique, analytique, HIL) comme éléments de preuve dans les démonstrations de conformité et de sécurité ferroviaire, en vue notamment de la « certification virtuelle » partielle
ERETVA	Registre Européen Types Véhicules Autorisés
ERTMS	European Rail Traffic Management System Système européen standardisé de gestion du trafic ferroviaire, visant à harmoniser la signalisation et le contrôle des trains à travers l'Union européenne pour assurer l'interopérabilité des réseaux nationaux
ERTMS France / LEF	Laboratoire ERTMS France
ERTMS L3	Niveau 3 ERTMS – Sans signalisation latérale (GNSS + radio)
ESBO	Règlement sur la construction et l'exploitation des chemins de fer à voie étroite

Terme/Acronyme	Définition
ESC	ETCS System Compatibility [2] Les catégories ESC, dans le cadre de l'ERTMS, sont des "types de compatibilité système ETCS" qui servent à documenter et vérifier la compatibilité technique entre un équipement ETCS bord donné et un tronçon de l'infrastructure dans une zone d'utilisation définie. Chaque "type ESC" regroupe un ensemble de caractéristiques ERTMS pertinentes (niveau ETCS, version système, fonctions sol mises en œuvre, règles d'ingénierie, fournisseur/versions voie, etc..) et référence les contrôles à exécuter pour attester que le bord peut circuler sans restriction ou avec contraintes connues sur ce tronçon.
Euskotren	Eusko Trenbideak – Ferrocarriles Vascos S.A. Opère dans le Pays basque espagnol
Faire homologuer	« Faire homologuer » est une simplification de langage qui fait référence à la procédure nécessaire pour obtenir une AMM (Autorisation de mise sur le marché) par l'EPSF ou l'ERA ou une homologation d'un système guidé par un préfet sous le contrôle du STRMTG.
FGC	Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya, EF Espagnole, exploite des lignes en Catalogne, y compris des services de banlieue et de montagne
FN-27	Fonction nationale transition ETCS/classe B
GI	Gestionnaire d'infrastructure
GNT	Système allemand trains pendulaires
HD ERTMS	ETCS Niveau 2 DHT – Version haute densité trafic
HHA	Hamburger Hochbahn – Métro Hambourg
ICP	Independent Competent Person (organisme certifiant en Australie)
ICP	Independent Competent Person – Certifiant Australie
Italo/NTV	Nuovo Trasporto Viaggiatori – Opérateur privé italien
ITE	ITE, circuit de voie principalement utilisé en gare
ITE	Installation Terminale Embranchée – Infrastructure privée fret
KVB	Contrôle de Vitesse par Balise – Système français
LIF	Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria – Espagne
LZB	Linienzugbeeinflussung – Contrôle continu allemand
MAFEX	Association industrie ferroviaire espagnole
Metro Trains	Exploitant métro Melbourne
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat	Ministère de l'Infrastructure et de la Gestion de l'Eau Ministère néerlandais dont la mission principale est de garantir un réseau efficace d'infrastructures (routes, voies ferrées, voies navigables, aéroports) et d'assurer une gestion performante de l'eau,
MR	Matériel Roulant
MVG	Münchner Verkehrsgesellschaft – Métro Munich
NoBo[1]	Notified Body – Organisme règles européennes Organisme d'évaluation de la conformité tel que défini à l'article L. 2201-1 du code des transports qui a fait l'objet d'une notification à la Commission européenne par un État membre de l'Union européenne ou appliquant des règles équivalentes à celles de l'Union européenne en vertu d'accords conclus avec celle-ci.
NS	Nederlandse Spoorwegen – Opérateur historique néerlandais
ONRIC	Office National de Coordination Industrie Ferroviaire – Australie
ONRSR	Office of the National Rail Safety Regulator – Australie En Australie, cet organisme accrédite l'EF et le constructeur pour leur capacité respective à opérer et à construire des trains sécurisés
Open access	Services librement organisés
OQA	Organisme Qualifié Agréé – Transports guidés France
PN	Passage à Niveau
Prince2	Prince2, PRojects IN Controlled Environments
Programme d'essais	Ensemble des protocoles d'essais déroulés en vue de valider un site ou un engin de référence.
PTA	Public Transport Authority – Australie

[2] https://www.era.europa.eu/domains/european-rail-traffic-management-system-ertms/etcs-radio-system-compatibility-escrsc

Terme/Acronyme	Définition
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung – Freinage d'urgence allemand
RAIL3	Organisme allemand de certification
Railenium	Institut de recherche technologique français dédié au ferroviaire
RED D	Rodage/Pré-exploitation – Phase test RER NG
RETVA	Registre Européen de Types de Véhicules Autorisés Registre mis à disposition par l'ERA, et renseigné par l'entité délivrant l'autorisation (ANS ou ERA). Ce registre comporte les caractéristiques relatives au type, variante ou version autorisée
RFI	Rete Ferroviaria Italiana – GI italien
RISSB	Rail Industry Safety and Standards Board – Australie Office australien de régulation ferroviaire
ROSCO	Rolling Stock Operating Company – Location matériel roulant
RTNN	
SAM	Spécification d'Autorisation du Matériel
SAM X 009	Référentiel de reconnaissance d'organismes d'essais
SCONRAIL	Organisme allemand de certification
SFM	Serveis Ferroviaris de Mallorca
SIL	Safety Integrity Level
SLO	Services Librement Organisés – Open access
STI CCS	Spécification Technique d'Interopérabilité – Contrôle-Commande et Signalisation
STM	Specific Transmission Module – Interface ERTMS/national - Module de Transmission Spécifique Le STM permet à un train équipé du système standard européen ETCS de communiquer et d'opérer avec les systèmes nationaux de contrôle des trains existants, appelés systèmes de classe B. Il agit comme une interface entre l'équipement embarqué ETCS et le système national embarqué, assurant ainsi la transition fluide entre le système européen et les systèmes nationaux lors des passages de frontières ou sur des sections de voies non encore équipées en ETCS. Le STM comprend à la fois du matériel (pour connecter les capteurs et récepteurs aux signaux nationaux) et des logiciels (pour émuler les fonctions de traitement du système national sur un train ETCS). En France, il existe un STM-KVB.
STM KVB	STM-KVB désigne le module de transmission spécifique permettant à un équipement ERTMS/ETCS embarqué d'interfacer et de piloter le système national français KVB (Contrôle de Vitesse par Balises) depuis l'ETCS
STRMTG	Service des remontées mécaniques et des transports guidés Un service à compétence nationale du ministère français de la Transition écologique, rattaché à la DGITM, chargé de la sécurité et de l'expertise des transports publics guidés (métros, tramways, chemins de fer touristiques, etc.) et des remontées mécaniques, ainsi que des systèmes routiers automatisés pour certains volets techniques[3]
STRMTG	Service Technique Remontées Mécaniques Transports Guidés
Système de sécurité de classe A	Système européen de protection des trains, autrement appelé European Rail Traffic Management System (ERTMS).
Systèmes de sécurité de classe B (SSCB)	Systèmes historiques (mis en service avant le 20 avril 2001) de protection des trains, chaque État membre possédant son (ou ses) propre(s) système(s). Sur le réseau ferré national français, on dénombre deux systèmes de classe B : • Le KVB : le contrôle de vitesse par balise est déployé sur les principales lignes classiques du RFN. • La TVM : la transmission voie-machine est déployée sur les lignes à grande vitesse.
TAHE	Transport Asset Holding Entity – Propriétaire matériel Australie
TBL1+	Système belge de signalisation
Time To Market TTM	Le **Time To Market** (TTM), ou « délai de mise sur le marché », désigne le temps qui s'écoule entre la conception initiale d'un produit (ou d'un service) et sa disponibilité effective sur le marché, c'est-à-dire le moment où il devient accessible à la vente ou à l'utilisation par les clients.
Trenitalia	Opérateur historique italien

Terme/Acronyme	Définition
TVM	Transmission Voie-Machine Système de sécurité de classe B en France
UM71	Type de circuit de voie
VDB	Verband der Bahnindustrie – Industrie ferroviaire allemande
VDV	Verband Deutsche Verkehrsunternehmer – Transporteurs allemands L'association allemande des entreprises de transport qui englobe les EF allemandes mais aussi les opérateurs de bus par exemple
Velim / Wildenrath	Anneaux d'essais en Tchéquie et Allemagne
Yarra Trams	Exploitant tramway Melbourne

	Transports ferroviaires / Services régionaux
	Transports ferroviaires / Services grande vitesse
	Transports guidés / Métro
	Transports guidés / Tramway

Introduction et cadre de la recherche

Contexte

Les délais de mise sur le marché des produits ferroviaires sont jugés excessifs à l'échelle européenne, et plus particulièrement sur le marché français. Ce constat est une des conclusions de la mission d'information flash sur les tests de matériel ferroviaire, dont les députés M. David Valence et M. Guy Bricout ont été corapporteurs en 2024. En pratique, il peut s'écouler plus de sept ans entre la commande d'un nouveau matériel roulant et sa mise en service effective.

En outre, l'obtention d'une autorisation dans un autre État membre de l'Union européenne n'exclut pas des procédures complémentaires en France. À ce titre, des essais de compatibilité technique avec les spécificités du réseau national restent nécessaires. Pour des matériels déjà certifiés aux normes européennes, comme les rames Talgo de la Renfe, ces campagnes de vérification peuvent représenter jusqu'à dix-huit mois de délais supplémentaires avant la mise en service effective

Cette situation n'est pas isolée, comme l'illustre le cas de la locomotive Vectron : bien qu'autorisée dans quatorze pays européens, son processus d'homologation pour le réseau français se poursuit depuis près de six ans.

Plus largement, l'adaptation au marché national représente un défi industriel singulier. La conception d'un matériel roulant répondant aux spécificités françaises peut ainsi engendrer un coût d'ingénierie deux fois plus élevé qu'ailleurs en Europe, accompagné d'un volume d'essais environ trois fois supérieur afin de garantir la pleine conformité technique avec les infrastructures.

Problématique : Analyse de la dérive systémique du *Time-to-Market* (TTM)

C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude consacrée aux délais de mise sur le marché (Time To Market - TTM) des équipements ferroviaires.

L'étude s'articule autour de deux axes principaux :

- **Cartographie du cycle TTM en France :** L'objectif est de cartographier précisément le cycle Time To Market (TTM) pour les deux typologies de matériels ferroviaires. Il s'agit d'identifier les freins spécifiques rencontrés par les constructeurs et équipementiers français, puis d'analyser les causes de ralentissement propres à chaque catégorie de produit lors de leur mise sur le marché.
- **Analyse comparative :** Étudier si des problématiques similaires existent à l'étranger et identifier les solutions innovantes mises en œuvre par d'autres pays, afin d'en extraire des leviers d'optimisation et des bonnes pratiques exploitables.

L'application des Spécifications Techniques d'Interopérabilité (STI) pourrait laisser croire à une uniformité des processus à l'échelle européenne. Pourtant, comme l'illustre la Figure 1 : Différentes exigences requises pour constituer le dossier technique (à gauche) et interactions (à droite), la réalité est plus complexe. Si une partie des exigences repose sur des règles harmonisées au niveau communautaire (en bleu), une part prépondérante demeure strictement nationale (en vert).

Qu'il s'agisse des protocoles d'essais, des Règles Techniques Nationales Notifiées (RTNN) ou des spécificités imposées par les gestionnaires d'infrastructure, les opérateurs et les mainteneurs locaux, les contraintes de conformité sont protéiformes. En définitive, malgré l'effort d'intégration européenne, la mise en service d'un train reste largement régie par des strates réglementaires propres à chaque pays.

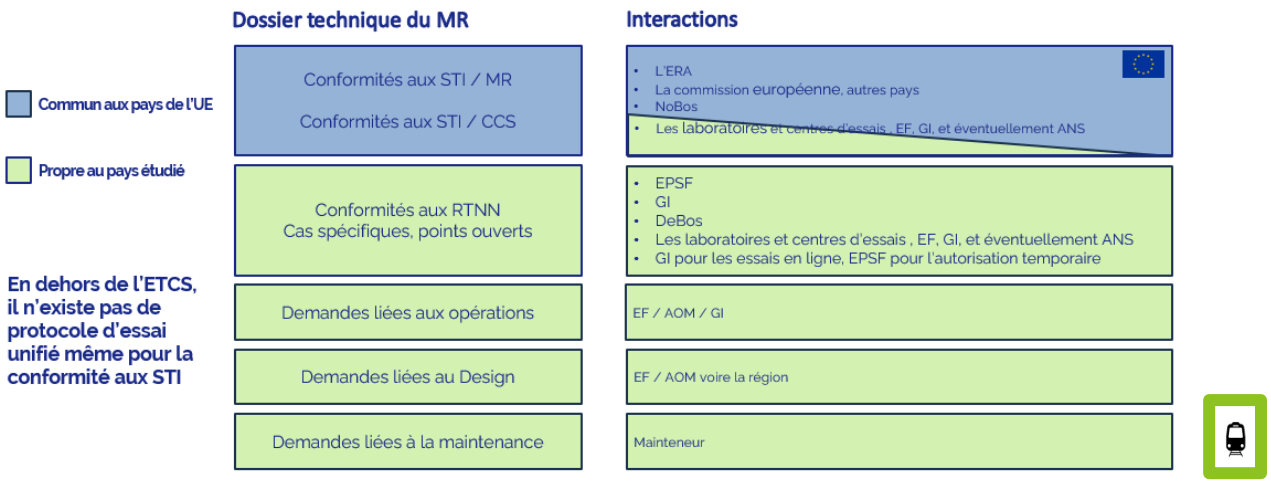


Figure 1 : Différentes exigences requises pour constituer le dossier technique (à gauche) et interactions (à droite)

Méthodologie et Périmètres de l'étude

Typologies de matériels et périmètres géographiques

Afin d'assurer une représentativité exhaustive des enjeux du secteur, l'étude segmente les équipements en deux grandes catégories de transport guidé :

- **Le transport ferroviaire conventionnel et à grande vitesse :** analyse des segments régionaux et de la Grande Vitesse (GV) ;
- **Le transport urbain et suburbain :** analyse des réseaux de métros et de tramways.

L'analyse s'appuie sur un échantillon de quatre pays européens et d'un pays hors Europe, sélectionnés pour la pertinence de leur modèle ferroviaire :

Allemagne	Premier réseau européen, caractérisé par une forte densité de lignes régionales et urbaines (nombreux systèmes de métros, de tramways et de nombreuses lignes régionales)
Espagne	Expertise en Grande Vitesse : Leader européen du réseau à grande vitesse dédié et expert reconnu en intégration de systèmes urbains.
Italie	Interopérabilité des services : Mixité de services (grande vitesse et régionaux) présentant des enjeux d'interopérabilité technologique similaires aux nôtres.
Pays Bas	Modèle d'exploitation intensive : Réseau hautement interconnecté, exemplaire pour la gestion cadencée de ses services régionaux et urbain.
Australie	Point de comparaison international pertinent dû à l'adoption croissante des standards européens (ETCS) et à l'exploitation du plus grand réseau de tramways au monde.

Figure 2 - Spécificités nationales et périmètre d'étude du benchmark

Bien que la Belgique ne fasse pas partie du périmètre d'analyse systématique de ce benchmark, des informations pertinentes nous ont été transmises lors de nos échanges. C'est pourquoi nous avons choisi d'intégrer ces éléments de manière transverse dans ce rapport, afin d'enrichir la réflexion globale sans pour autant modifier le cadre méthodologique initial.

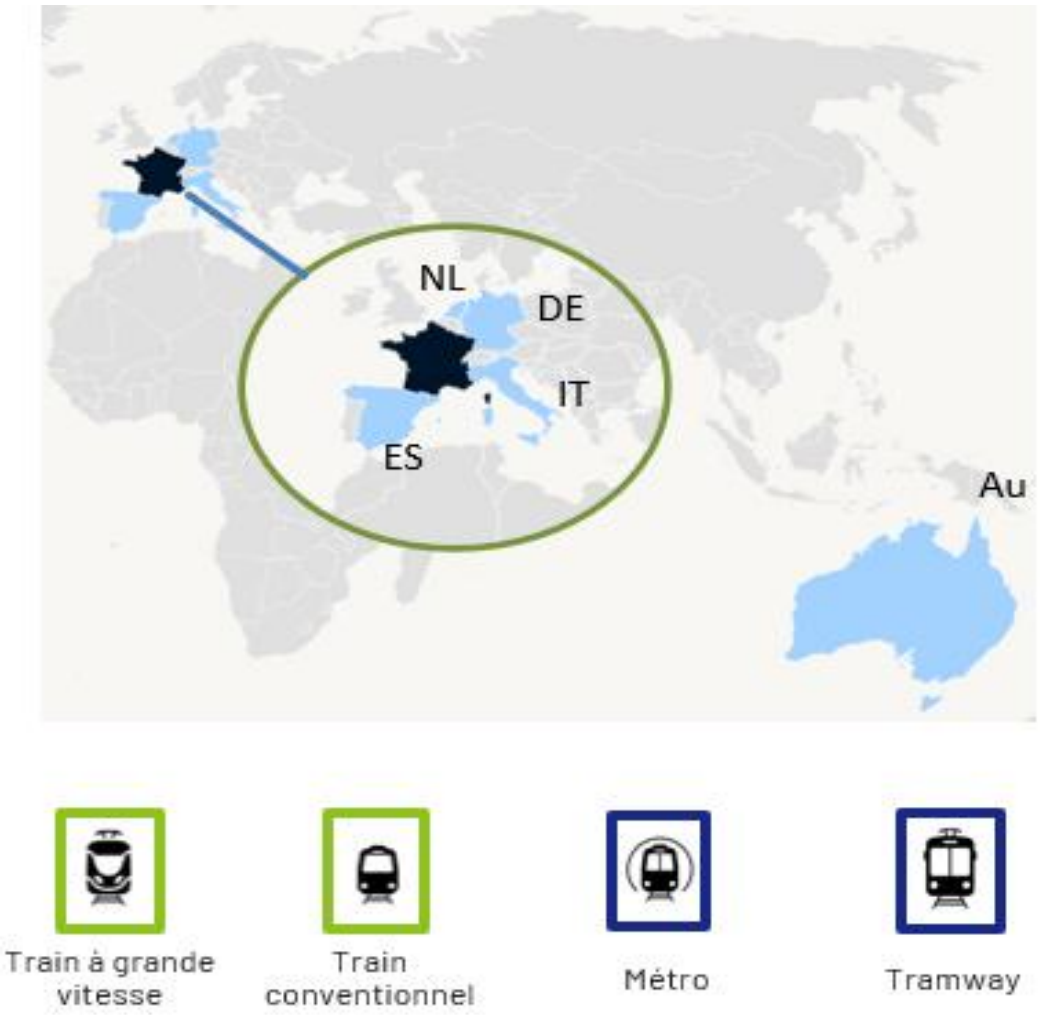


Figure 3 : Périmètre géographique de l'étude et types de matériel roulant pris en compte

La sélection de ces pays repose sur une analyse comparative croisée de la morphologie des réseaux, des systèmes technologiques en place et des niveaux d'accidentologie.

Comme l'illustre la Figure 4 : Tableau comparatif reprenant les caractéristiques des réseaux et de leur accidentologie de données, ce choix garantit un échantillon de pays dont les standards de sécurité sont comparables ou supérieurs, évitant ainsi tout biais lié à des réseaux présentant une accidentologie excessive

Dans le cadre de ce benchmark, la complexité des processus industriels observés et la grande diversité des thématiques abordées nous ont conduits à privilégier une approche par orientations stratégiques. Plutôt que de viser une comparaison exhaustive et strictement technique de chaque dispositif — comme pourraient l'être, par exemple, les protocoles spécifiques d'essais de freinage — cette étude s'attache à dégager des pistes d'exploration structurantes.

L'objectif est d'identifier des leviers de performance et des modèles d'organisation transférables, permettant ainsi d'éclairer les prises de décision sans s'enfermer dans une analyse purement descriptive de l'ingénierie de détail.

Réseaux	**France**	Allemagne	Espagne	Italie	Suède	Suisse	Pays-Bas	USA	Inde	Japon	Australie
Transport ferroviaire Nombre de passagers (millions / an) EUROSTAT (2023)	**1 226**	2 727	666	814	243	78	NC	NC 24,4 (UIC 2023)	NC 3 519 (UIC 2022)	NC 7 771,4 (UIC 2022)	NC 42,2 (UIC 2022)
Transport ferroviaire en millions passagers-km UNECE (2023)	**101 316**	NC 101 408 (Eurostat) (2023)	34 385	54 791	13 308	22 290	19 195	8 232	590 217 (2022)	214 094 (2022)	4 818
Longueur du réseau (km) World Population Review	**27 860**	39 379	15 489	18 475	10 910	5 296	3 055	293 564	65 554	27 311	36 064
Base accidentologie Accident significatif par an UIC (2023)	**146**	316	80	108	101	25	44	1 583	NC 678 < (Indian Minister)	209	124
Pour les services TGV	**+++**	++	+++	+++	+	+	+	-	-	+++	-
Pour les services Classiques	**+++**	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+++	+++	++
Métros	**+++**	+++	++	++	+	-	+	+++	+++	+++	++
Tramways	**+++**	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+	+++	+++

Figure 4 : Tableau comparatif reprenant les caractéristiques des réseaux et de leur accidentologie

.

Approche méthodologique et contacts initiés

Terminologie

La notion de **"processus d'homologation des trains"** revêt des réalités souvent disparates selon les acteurs interrogés. Afin d'assurer une parfaite cohérence dans cette analyse, nous privilégions le concept de **"Time To Market" (TTM)**, ou **"délai de mise sur le marché"**. Ce terme englobe l'intégralité du cycle de vie du projet : de la conception initiale du produit ferroviaire jusqu'à sa mise en exploitation effective au service des usagers.

Il est crucial de souligner que le TTM ne saurait se réduire à la phase finale d'autorisation réglementaire menée auprès de l'**ANS** ou de l'**ERA**. Il intègre, de manière indissociable, toutes les étapes amont (définition des besoins, R&D, tests industriels) qui, comme l'illustre ce rapport, exercent une influence déterminante sur le calendrier global de mise à disposition.

Contacts

A Afin d'étayer cette analyse, une recherche bibliographique approfondie et multilingue a été couplée à une vaste campagne de terrain. Au total, plus de 40 acteurs **de la filière (ANS & Ministères, organismes de normes, Certificateurs, NoBo[4], DeBo[5], Constructeurs, Équipementiers)** ont été sollicités, permettant la réalisation de **27 entretiens qualitatifs**

Pour les constructeurs, une attention particulière a été portée à l'interrogation de leurs filiales locales. Cette démarche méthodologique garantit une vision authentique des enjeux propres à chaque pays, en s'affranchissant d'un prisme exclusivement français pour une analyse plus objective et ancrée dans les réalités territoriales.

AESF (ANS Espagnole) (ES)	RISSB (AU)
Alstom (FR, AU, DE)	Siemens (FR, DE)
ANSFISA (ANS Italienne) (IT)	Spherea (FR, DE)
CAF (FR, ES, NL, DE)	STRMTG (FR Métro, FR tramway)
CERTIFER (FR)	Transdev (FR)
Crouzet (FR)	Universidade da Coruña (ES)
DGITM (FR)	VDB (représentant l'industrie ferroviaire allemande) (DE)
EBA (ANS Allemande) (DE)	Yarra Trams (opérateur de trams) (AU)
EPSF (FR)	
Eurailtest (FR)	
GVB (operateur Amsterdam) (NL)	
Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (IT)	
MAFEX (équivalent de la FIF) ES)	
Prorail (GI) (NL)	

Figure 5 : Liste des interviews réalisées (ordre alphabétique)

Déontologie et confidentialité

Cette étude a été initialement réalisée entre février et juin 2025 par le cabinet de conseil Jitex, sur la base de données publiques et de contacts ciblés. Par nature, les projections présentées reposent sur des hypothèses futures qui comportent une part d'incertitude, et l'ensemble des données n'a pu faire l'objet

[4] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)

[5] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)

d'une vérification exhaustive. En conséquence, la responsabilité de Jitex ne saurait être engagée quant à l'utilisation ou à l'interprétation des résultats, dont le destinataire garde l'entière responsabilité.

Afin de garantir la confidentialité des constructeurs et équipementiers, les informations issues d'entretiens sont anonymisées. Seuls les délais de mise sur le marché provenant de sources publiques sont cités précisément et référencés par pays.

Enrichi par la Fédération des Industries Ferroviaires (FIF), ce rapport dépasse le simple état des lieux pour proposer des leviers de progrès et des transformations concrètes. Il constitue désormais un outil de travail partagé, destiné à mobiliser l'ensemble de nos membres pour construire, ensemble, l'avenir de la filière ferroviaire.

Analyse des cycles de mise sur le marché en France

Le cycle de mise sur le marché, ou Time To Market (TTM), désigne l'ensemble des étapes entre la définition initiale du besoin et la mise en service effective du matériel roulant (MR).

Inspiré de l'analyse allemande de 2012, ce chapitre cartographie les goulots d'étranglement via deux schémas :

- **Transports ferroviaires** (trains régionaux/GV) : 10 points critiques (lisibilité RTNN, essais) – Figure 7 : Schéma du cycle de mise sur le marché de matériels de transports ferroviaires : Étapes clés et points de blocage.
- **Transports guidés** (métros, tramways) : Exigences locales, multiplicité d'acteurs – Figure 8 : Schéma du cycle de mise sur le marché de matériels de transports guidés : Étapes clés et points de blocage.

Ces schémas mettent en exergue les leviers d'amélioration prioritaires, dont la synthèse est présentée en Figure 6 : Difficultés identifiées pour le TTM des transports ferroviaires.

1	Donneurs d'ordre	Expression / définition du besoin (AOM/ EF) et son implication dans la prescription	
2	Donneurs d'ordre	Du matériel roulant très spécifique au marché français ou à la ville (pour le matériel urbain)	
3	Donneurs d'ordre	Présence d'exigences non réglementées (hors RTNN/STI), Exigences supplémentaires des prescripteurs ou du GI	
6 10	Caractéristiques du réseau	Une infrastructure ferroviaire avec des particularités pouvant rallonger le TTM	
4 7 8	Lisibilité et nettoyage des RTNN	RTNN : une lisibilité plus compliquée pour les constructeurs non historiques. Nettoyage des RTNN, Partage de la connaissance, Travail des DeBo	
5 6	Campagne d'essai	Une campagne d'essais à repenser ? Peu de sites dédiés et adaptés pour les campagnes d'essai sur sites. Beaucoup d'essais en ligne réalisés sur des sites propres. Beaucoup d'essais en ligne, engorgement des sites d'essai et inadaptation pour certaines signalisations, Simulation très peu utilisée.	
7	STI lisibilité et cohérences	Instabilité du référentiel de la STI contrôle-commande signalisation, Nombres de classe ESC.	
L'ensemble du processus	Nature du référentiel	La certification au niveau européen repose sur une réglementation (plutôt qu'une norme) ce qui alourdit les processus d'adaptation en cas d'innovation ou d'introduction d'une nouvelle technologie comme l'ETCS	
L'ensemble du processus	Interactions des Constructeurs, donneur d'ordre	Une masse de documents à produire importante, avec une multitude d'acteurs	

Figure 6 : Difficultés identifiées pour le TTM des transports ferroviaires

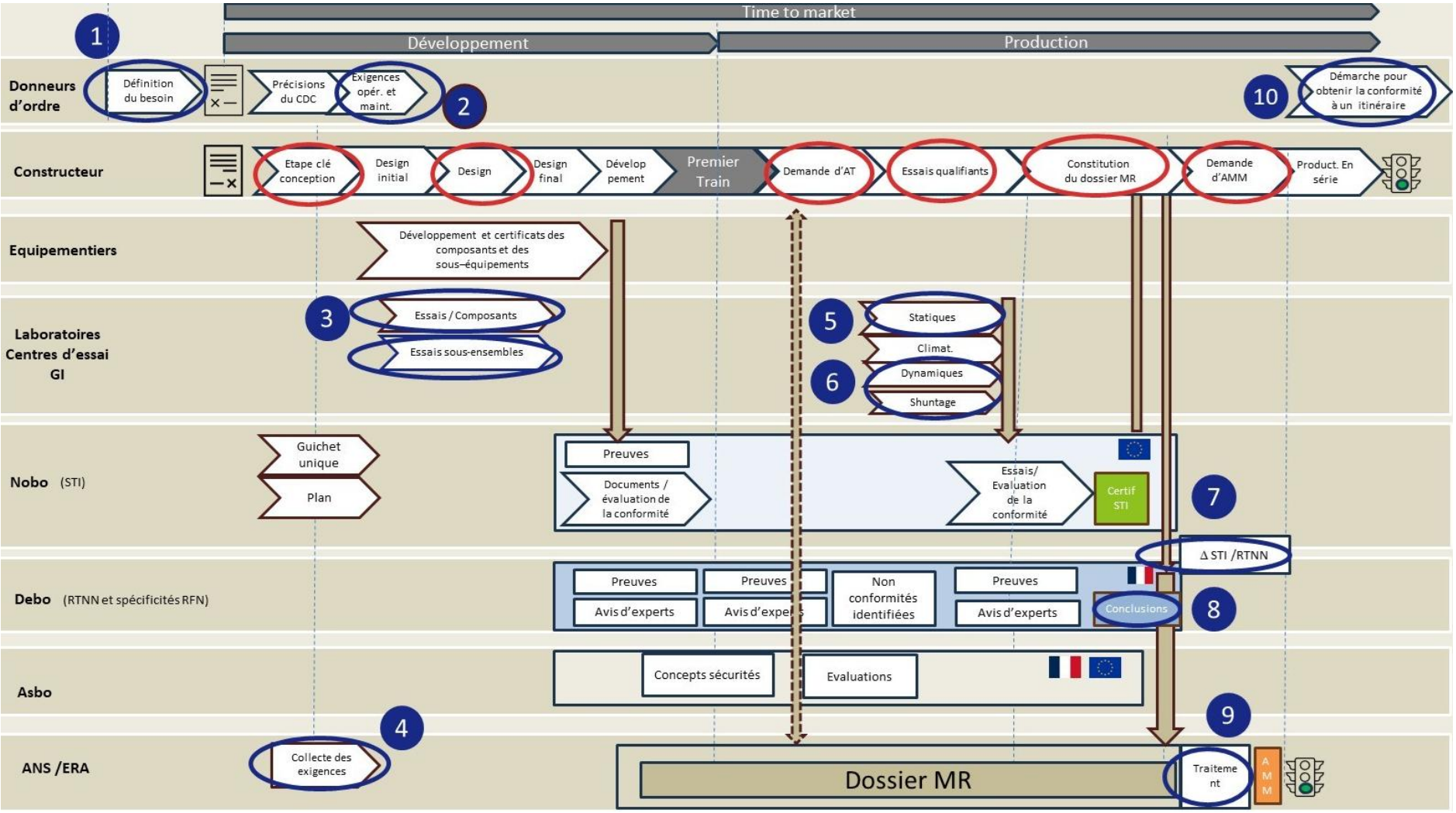


Figure 7 : Schéma du cycle de mise sur le marché de matériels de transports ferroviaires : Étapes clés et points de blocage

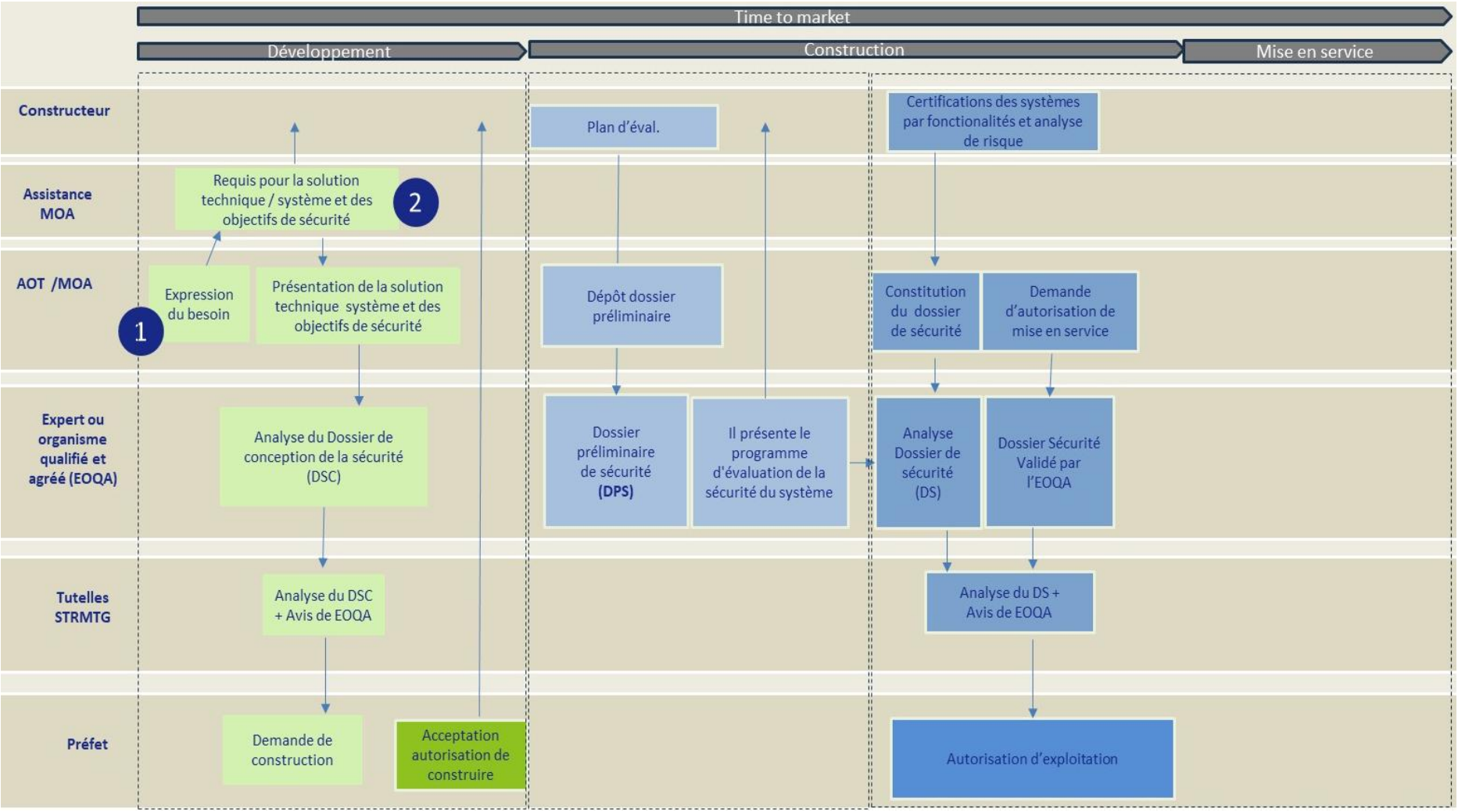


Figure 8 : Schéma du cycle de mise sur le marché de matériels de transports guidés : Étapes clés et points de blocage

Enseignements et bonnes pratiques européennes

Des défis structurels partagés

L'analyse révèle que les réseaux européens, bien que divers, se heurtent à un socle de problématiques communes qui impactent le Time To Market :

- Complexité normative : Des spécifications particulières imposées par les donneurs d'ordre et un manque de lisibilité des référentiels nationaux en constante mutation.
- Évolutions réglementaires : L'adaptation au nouveau cadre de mise sur le marché défini par le 4e paquet ferroviaire.
- Contraintes techniques et physiques : Caractéristiques propres à chaque réseau (écartement, tension) et enjeux critiques liés à l'intégration de l'ETCS sur le matériel existant.
- Saturation des infrastructures d'essais : Une disponibilité limitée des sillons pour les tests en ligne, couplée à une capacité d'accueil restreinte sur les centres d'essais dédiés.
- Freins à l'innovation : Un recours encore trop limité à la simulation numérique au profit d'essais réels jugés indispensables pour la démonstration de sécurité.

En complément, une attention particulière doit être portée à la phase de développement. Pour réduire concrètement le Time-to-Market, il est impératif d'analyser les contraintes réelles qui s'exercent entre la signature du contrat et la fabrication.

L'analyse démontre que la phase entre la signature et le premier train est le cœur du Time-to-Market. C'est ici que le concept se fige en design final, une transition rythmée par le niveau d'innovation et les exigences client.

De ce stade critique émergent deux modèles d'organisation distincts, structurant l'amont de la fabrication selon la nature des projets :

- Le modèle ferroviaire conventionnel (ci-après) : Une interaction tripartite (donneur d'ordre, constructeur, laboratoires) où l'innovation et le prototypage peuvent porter le développement jusqu'à 5 ans.

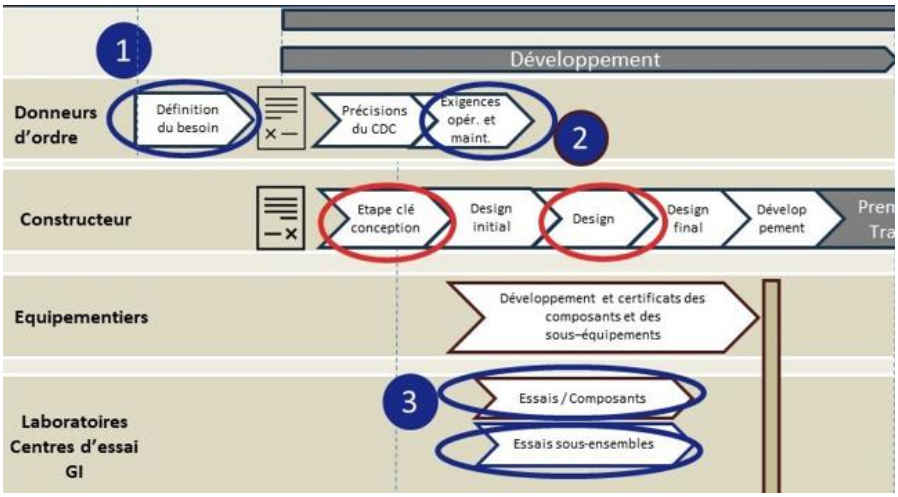


Figure 9 : Développement présérie : conception et validation du matériel roulant (transports ferroviaires)

- Le modèle des Transports Guidés (ci-après) : Une organisation axée sur la sécurité critique, associant une MOA pour les objectifs et un organisme qualifié (EOQA) pour l'analyse du Dossier de Conception de la Sécurité (DSC).

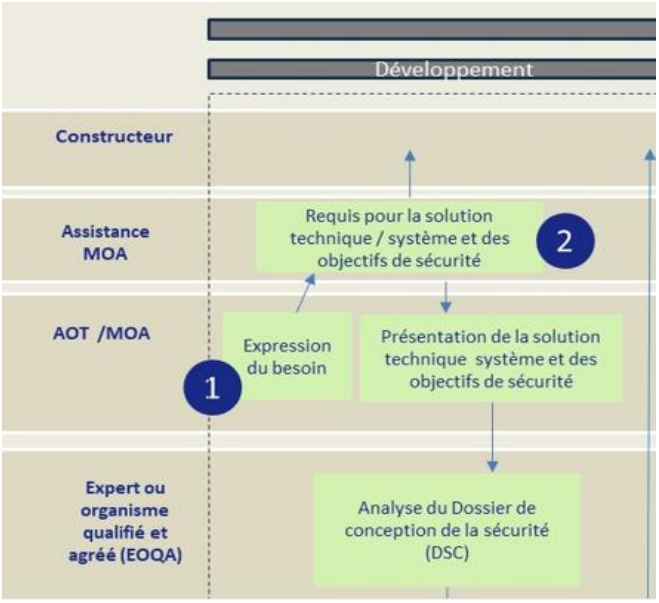


Figure 10 : Développement présérie : conception et validation du matériel roulant (transports guidés)

La phase de développement ferroviaire, dont la durée varie de 1 à 5 ans selon la complexité technologique, subit l'influence directe de facteurs structurels tels que la remise en cause tardive du design, l'intensification des essais en amont et l'allongement des cycles de préqualification contractuelle.

Cette variabilité est accentuée par les difficultés de standardisation face aux spécificités locales, où les exigences « extra-réglementaires » contraignent souvent les constructeurs à s'écarter des plateformes de série, déstabilisant ainsi le Time-to-Market.

Analyse comparative de la maturité des réseaux partenaires

L'analyse comparative des réseaux partenaires, synthétisée dans le bilan des tendances (Figure 11 : Bilan des tendances observées dans les autres pays), démontre un changement de paradigme majeur : les leviers de performance ne relèvent plus de la simple réflexion théorique, mais s'inscrivent désormais dans des stratégies opérationnelles concrètes. Ce panorama permet d'évaluer avec précision le degré de maturité des différents pays face aux défis structurels du secteur ferroviaire.

Leviers d'amélioration identifiés en France					
Expression / définition du besoin du donneur d'ordre (AOM/ EF)					
Du matériel roulant très spécifique au marché français ou à la ville (Pour le matériel urbain)					
Présence d'exigences non réglementées (hors RTNN/STI) Exigences supplémentaires des prescripteurs ou du GI					Hors EU
RTNN : une lisibilité plus compliquée pour les constructeurs non historiques et une instabilité du référentiel pendant le processus. Partage de la connaissance, Travail des DeBo.					Hors EU
Une infrastructure ferroviaire avec des particularités pouvant rallonger le TTM					
Autorisation temporaire pour essais en ligne					
Conditions d'accès au réseau pour les essais					
Conditions de réalisation des essais en ligne					
Localisation des essais sur le réseau					
Problématique de stabilité du référentiel STI contrôle-commande et système Classe B					Hors EU
La certification au niveau européen repose sur une réglementation (plutôt qu'une norme) ce qui alourdit les processus d'adaptation en cas d'innovation					
Interactions Equipementier, Constructeur, donneur d'ordre Une masse de documents à produire importante avec une multitude d'acteurs.					

Figure 11 : Bilan des tendances observées dans les autres pays

Point d'attention identifié mais sans mise en place de stratégie ni de mesures

Réflexions en cours intéressantes, structuration d'une stratégie

Pratiques mises en place et citées pendant les entretiens

Le premier constat de cette analyse est une approche pragmatique du changement. Plutôt que de tenter de supprimer des obstacles structurels souvent immuables à court terme (tels que la saturation des infrastructures ou les rigidités historiques), certains pays ont fait le choix stratégique de développer des contre-mesures d'optimisation. L'objectif est clair : ne plus subir les contraintes, mais adapter les processus internes pour les contourner ou les absorber.

Les enseignements tirés de ces modèles internationaux peuvent être répartis selon quatre axes stratégiques interdépendants :

- **Réglementaire : L'interopérabilité comme levier.** Le succès de certains partenaires repose sur une exploitation optimisée des accords d'interopérabilité. Une préparation rigoureuse en amont permet de transformer les obligations réglementaires en accélérateurs de déploiement.
- **Contractuel : La simplification des échanges.** À l'image des modèles espagnols ou néerlandais, la fluidification des relations contractuelles entre gestionnaires d'infrastructure et opérateurs est une condition *sine qua non* pour sécuriser l'accès au réseau.
- **Opérationnel : La révolution du passage au virtuel.** Le recours à la simulation s'impose comme un levier de fiabilisation essentiel. En accélérant la transition vers le virtuel, les opérateurs limitent significativement le recours aux essais en ligne, réduisant ainsi la dépendance critique vis-à-vis des sillons réels.
- **Documentaire : La levée des freins administratifs.** Pour pallier la lourdeur documentaire encore observée dans de nombreux réseaux, la digitalisation et la standardisation des preuves de sécurité deviennent des priorités pour réduire les délais de certification.

Les quatre axes stratégiques — réglementaire, contractuel, opérationnel et documentaire — se traduisent par des bonnes pratiques opérationnelles, référencées ci-après. Ces pratiques s'appuient sur l'ensemble des éléments recueillis lors d'entretiens avec les parties prenantes, dont les informations ont été synthétisées et organisées dans des fiches pays, disponibles en annexe à la fin du document.

Facteurs réglementaires : STI, STI CCS et Règles Nationales (RTNN).

Si globalement les STI ont évolué dans le sens d'une simplification, il reste des points ouverts ou des incohérences entre STI et NTTR. C'est une problématique que l'ERA d'ailleurs (Cf. schéma ci-dessous) et la filière allemande ont rapidement reconnue.

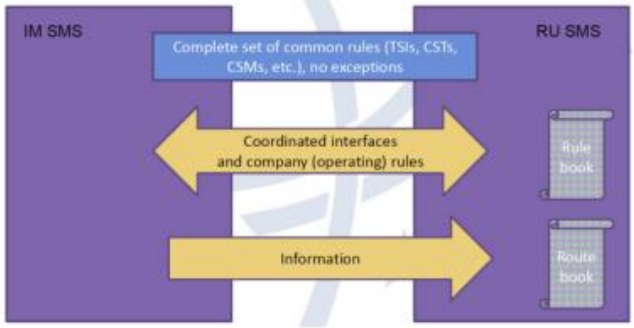


Figure 2.: Ultimate goal for safety regulatory framework in the EU

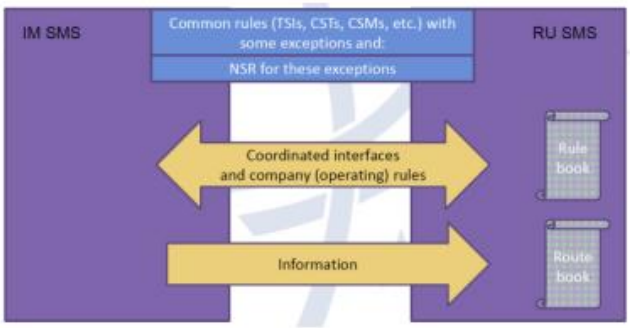


Figure 3.: Ideal situation in transition period

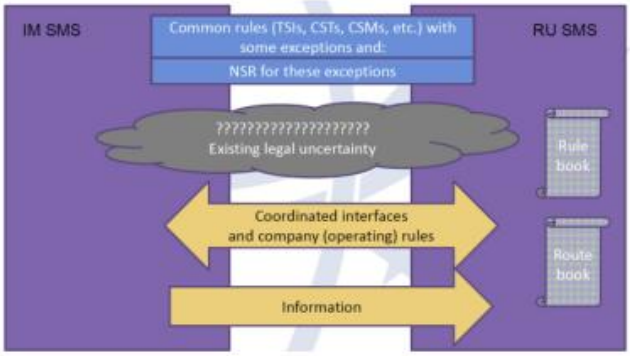


Figure 4.1: Current situation

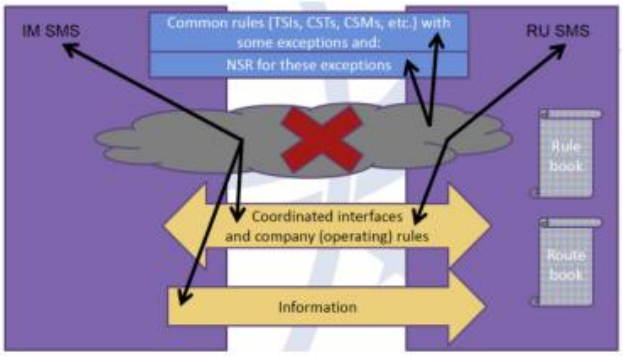


Figure 5.: How to deal with the grey zone?

Figure 12 : Problématique des "zones grises" liées au remaniement des STI et RTNN
Source : ERA

La zone grise désigne une période d'incertitude juridique et opérationnelle. Elle apparaît lorsque les anciennes règles nationales (RTNN - Règles Techniques Nationales Notifiées) sont en cours de suppression ou de modification, mais que les nouvelles règles européennes (STI - Spécifications Techniques d'Interopérabilité) ne couvrent pas encore tous les aspects spécifiques du terrain.

Même après une certification réussie, des incompatibilités peuvent survenir entre le système CCS embarqué et celui au sol, entraînant des dysfonctionnements ou des performances dégradées. Les catégories ESC, définies dans le cadre de l'ERTMS, permettent de vérifier la compatibilité technique entre un équipement ETCS à bord et un tronçon d'infrastructure donné. Chaque catégorie ESC précise les caractéristiques ERTMS (niveau ETCS, version, fonctions sol, règles techniques, etc.) et les contrôles associés pour garantir une circulation sans restriction ou sous conditions connues.

En 2024, l'ERA faisait le constat que des véhicules sollicitant une autorisation pour circuler en Italie, en France, aux Pays-Bas et en Espagne doivent faire face à un total de 105 types d'ESC. Ce n'est pas uniquement le nombre de types applicables qui influe sur le processus d'autorisation des véhicules, mais également le volume et le niveau d'exigence des vérifications associées à ces types. Il peut par ailleurs exister des domaines d'utilisation pour lesquels un seul type est requis, mais où la démonstration de conformité s'avère particulièrement exigeante.

L'ERA constate que cela conduit le secteur à une situation où la démonstration ESC (**ETCS System Compatibility)** devient de plus en plus exigeante en termes de préparation, d'efforts, de temps et de coûts. En effet, il faut prendre en compte non seulement le temps et le coût liés à la réalisation effective des ESC, mais aussi ceux associés à la phase de préparation (demande de devis, obtention de créneaux pour effectuer les vérifications, préparation de l'environnement en laboratoire ou sur site, implication de

l'ensemble des parties prenantes, etc.), ainsi qu'à l'analyse des résultats (traitement des données enregistrées, rédaction des rapports, consultation du secteur, discussion des problèmes, etc.).

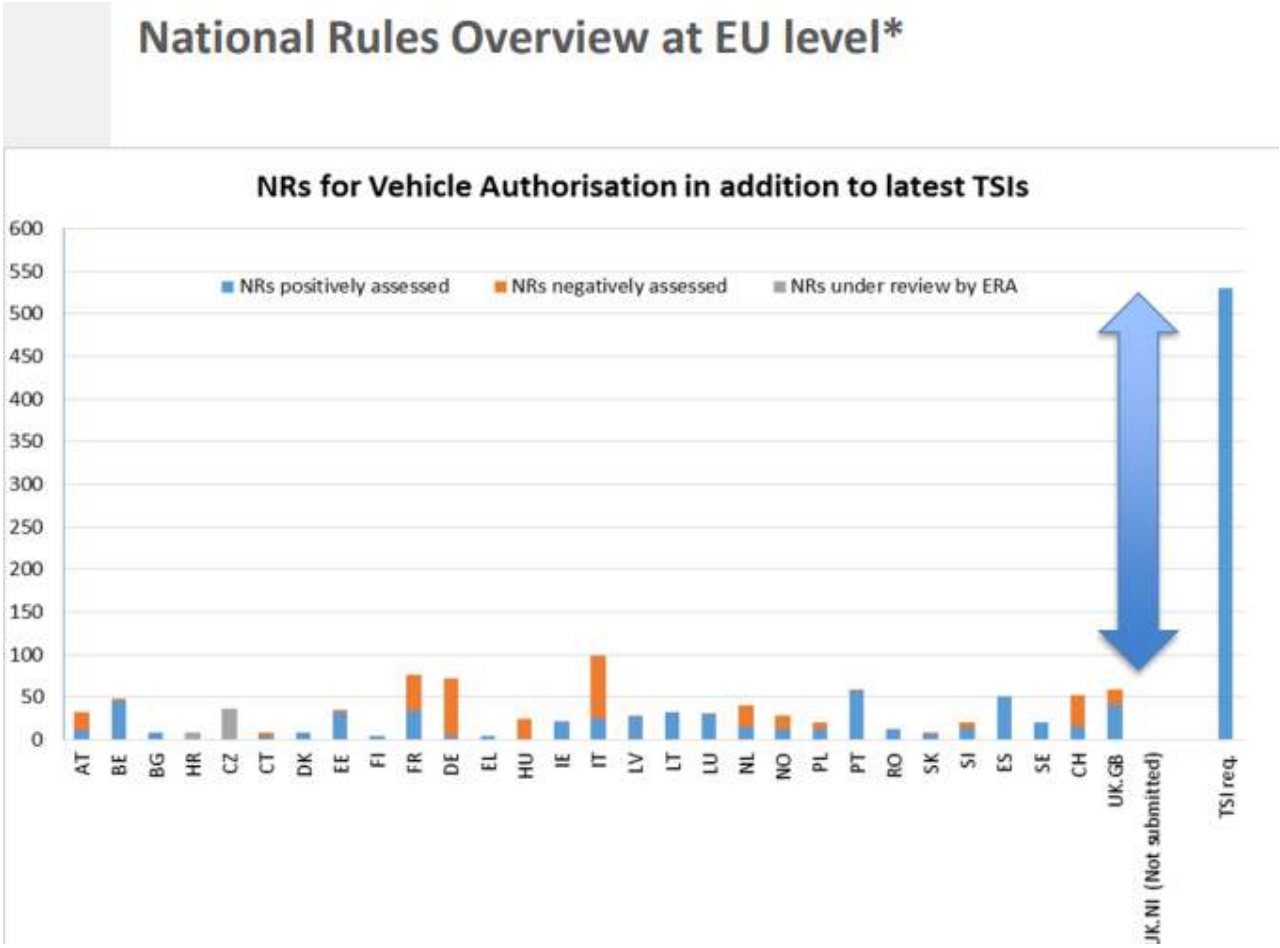
Nettoyage et lisibilité

PL - 1. Publier toutes les règles que le GI impose

Certaines règles nationales allemandes, précédemment harmonisées, sont désormais intégrées dans la compatibilité à l'itinéraire (liée à l'AMM). Le gestionnaire d'infrastructure (GI) les publie de manière transparente, comme l'a confirmé un constructeur allemand.

PL - 2. Accélérer le nettoyage des RTNN, en impliquant toute la filière, en s'appuyant sur des normes et en utilisant une approche systématique

Hors Espagne, la révision des Règles Techniques Nationales Non harmonisées (RTNN) reste inachevée dans plusieurs pays, générant des instabilités dans les référentiels nationaux ou des difficultés d'interprétation. Dans ce contexte, l'expertise et le rôle conseil du DeBo s'avèrent essentiels



En orange les règles qu'il reste à nettoyer selon l'ERA,

En bleu les règles validées par l'ERA

Figure 13 : Nettoyage des règles nationales
Source : ERA, 2022

Après la création de l'ANS en 2007, fabricants de matériel roulant, gestionnaires d'infrastructure et Renfe ont collaboré au sein de groupes de travail pour élaborer l'ETH (Especificación Técnica de Homologación). Adoptée en 2009, cette réglementation a rompu avec les anciennes pratiques en s'appuyant principalement sur les normes européennes (exigences UIC, standards EU), tout en conservant certaines spécificités nationales.

Il existe plusieurs points à retenir de l'approche espagnole concernant la gestion des RTNN :

- Une remise à plat des RTNN impliquant toute la filière y compris les constructeurs
- Une approche systématique : injecter le maximum de RTNN dans des cas spécifiques des STI.
- Un référentiel national aujourd'hui simplifié, stable et clair

Un constructeur partant d'une plateforme autorisée en Italie a pu mettre en service sa flotte un an après la construction du premier train. Cela englobe les essais en ligne et la démarche réalisée auprès de l'ANS. Renfe, dans une configuration similaire, cherchant à exploiter sur le réseau français un MR déjà homologué en Espagne, doit passer 18 mois rien que pour les essais qui donnent la conformité au réseau français (la conformité aux STI étant déjà prouvée).

PL - 3. Augmenter le nombre de DeBos à forte expérience

Pour suivre la croissance du marché régional, plusieurs pays ont choisi d'augmenter le nombre de DeBos et leur compétence.

En Allemagne, ou en Espagne, il y a suffisamment de DeBos à forte compétence. L'Allemagne s'est d'ailleurs attachée à accompagner de près la progression des compétences des DeBos.

À l'instar de l'ERA pour les NoBo[6]s, l'EBA (l'ANS allemande) organise plusieurs réunions annuelles rassemblant tous les DeBos afin d'échanger sur les retours d'expérience, les difficultés rencontrées ainsi que sur les évolutions ou nouveautés concernant les RTNN.

PL - 4. Accompagner la connaissance des demandeurs

En Italie, il n'existe pas d'offre de formation systématique pour les nouveaux demandeurs comme peut le faire SNCF Réseau en France, mais des journées d'information sont organisées dès qu'il y a des nouveautés réglementaires (au niveau RTNN ou STI d'ailleurs)

Stabilité du cadre

PL - 5. Figer le référentiel national, le temps de la procédure d'autorisation

En théorie, seule la date de dépôt de la demande d'AMM détermine les versions applicables du référentiel national. Ainsi, des preuves établies avec une version antérieure pourraient devenir obsolètes, imposant de nouveaux essais en cas de mise à jour des règles.

Pour éviter ce risque, l'EBA (équivalent allemand de l'EPSF) et le VDB (représentant l'industrie ferroviaire allemande) ont signé en janvier 2025 un mémorandum d'entente (MoU) : celui-ci fige

[6] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)

IM SMS (Infrastructure Manager) : Le système de gestion de la sécurité du gestionnaire.

RU SMS (Railway Undertaking) : Le système de gestion de la sécurité de l'opérateur.

le référentiel national en vigueur au début de la procédure, garantissant sa stabilité jusqu'à la mise en service, même en cas d'évolution ultérieure des règles.

Problématique STI CCS / ETCS

PL - 6. Organiser plusieurs groupes thématiques avec l'EBA, GI et constructeurs

4 fois par an des groupes de travail thématiques (freins, matériel roulant, contrôle et signalisation des train) travaillent pour identifier les incohérences et les points ouverts à la suite du nettoyage des RTNN. Certaines modifications concernant les règles nationales sont d'ailleurs issues de ces groupes de travail. Les constructeurs basés en Allemagne ont insisté sur le côté positif de ces échanges qui présentent deux grands avantages :

- l'avantage de mettre l'ANS, le GI et les constructeurs autour d'une table à une fréquence régulière ;
- de travailler des points très précis en choisissant des thématiques techniques.

PL - 7. Réduire les catégories ESC[7] et le nombre d'essais en ligne associés

De tous les pays considérés, la France a le plus grand nombre de catégories ESC : elle dépasse le seuil de 30 que les autres pays ne dépassent pas. Elle compte quasiment 7 fois plus de catégories ESC que l'Allemagne pourtant très proche d'un point de vue taille de réseau et nombre de passages à la frontière.

France	Allemagne	Pays-Bas	Italie	Espagne
36	5	24	18	29

Figure 14 : Catégories ESC (ETCS System Compatibility) des pays étudiés
Source : Commission Européenne, 2024

Cette différence peut s'expliquer par des choix fait par la France. La France n'a pas choisi d'agréger plusieurs catégories ESC comme le fait l'Allemagne, par exemple. La France a opté pour l'attribution d'une catégorie ESC pour des passages à la frontière. En effet, plus de la moitié des catégories ESC recensées sur le territoire français sont associées à un passage frontalier. Il est important de noter que cette démarche n'est pas imposée par l'ERA : d'autres pays, comme l'Allemagne, ont choisi de ne pas appliquer cette méthode.

PL - 8. Demander un allégement de la procédure pour l'introduction de l'ETCS dans le MR

VDB a identifié que l'introduction de l'ETCS embarqué dans la flotte existante posera un problème à terme de délais. VDB prévoit d'échanger avec la Commission européenne pour que l'actualisation de logiciel ne redemande pas une procédure complète d'autorisation.

PL - 9. Demander la stabilisation de la STI / Signalisation

La STI contrôle-commande évolue fréquemment (3 fois en 5 ans) ce qui oblige aussi le bi-standard (TVM[8]/ERTMS, KVB[9]/ERTMS ou les ERTMS connectés à un STM-KVB) à évoluer pour être en accord avec la STI.

Le principal enjeu de conformité réside ainsi dans la mise à jour de l'ERTMS connecté au STM-KVB ou de celui du bi-standard, qui dépend du constructeur du matériel. Dans certains cas,

[7] ETCS System Compatibility
[8] Transmission Voie-Machine, Système de sécurité de classe B en France, ligne grande vitesse
[9] Contrôle de Vitesse par Balise

l'équipement bi-standard est un équipement fourni dans le cadre d'un contrat séparé de celui du MR, maitrisé par l'opérateur.

VDB demande un gel de 10 ans de la STI CCS pour gagner la confiance des EF qui doivent investir dans le nouveau système ERTMS et des industriels développant les systèmes.

Systèmes de classe B

PL - 10. Faciliter la disponibilité du système de classe B

L'ART a souligné qu'il existe une asymétrie d'information historique et temporaire entre les nouveaux entrants et l'opérateur historique pour la mise en œuvre des équipements. Elle remarque que l'absence de responsable clairement identifié pour les systèmes de sécurité de classe B français complique la tâche des nouveaux entrants et entrave un accès transparent et ouvert à ces systèmes.

En Allemagne, l'EBA joue le rôle d'autorité système et publie notamment les informations nécessaires pour mettre en œuvre les systèmes de classe B allemands. En Belgique, Infrabel a rendu publiques les spécifications de la TBL1+ (le système de sécurité de classe B belge) dans un document qui décrit précisément ce système et notamment les fonctions qui doivent être assurées. Aux Pays-Bas un Blueprint du système classe B est mis à disposition (Pays-Bas) et en Espagne plusieurs constructeurs donnent l'accès au système de classe B.

Gouvernance

PL - 11. Augmenter les ressources humaines de l'ANS et son indépendance

L'ANS espagnole se distingue par son engagement actif, tant au sein des groupes de travail internationaux et nationaux qu'en matière d'accompagnement des demandeurs. Elle assure notamment un suivi réactif des sollicitations, en fournissant des clarifications précises par voie électronique.

En 2015, l'ANS a renforcé son équipe avec des experts ne venant pas de Renfe.

A l'heure actuelle l'EBA a une équipe de 25 personnes dédiée aux autorisations de matériels roulants, auxquelles s'ajoutent 8 spécialistes « essieux et freins », et 10 spécialistes uniquement dédiés à la problématique du contrôle des trains (5 à Munich et 5 à Berlin). Ce renfort d'effectif spécialisé en signalisation et en STI CCS a été mis en place pour anticiper l'intégration de l'ERTMS embarqué dans la flotte existante.

Facteurs contractuels : Le poids des exigences extra-réglementaires.

Certaines exigences (non réglementées ni par des RTNN, ni par des STI) viennent s'ajouter aux obligations réglementaires, elles sont en partie liées aux contraintes de maintenance du MR et à la stratégie de l'opérateur, parfois ce sont des exigences du GI.

En résumé, les disparités persistantes entre exploitants ferroviaires (EF) et gestionnaires d'infrastructure (GI) en Europe rendent complexe l'émergence de standards communs pour certains composants, dont les exigences varient fortement. Résultat : il est aujourd'hui difficile d'identifier des solutions capables de répondre à 60-70 % des besoins sans adaptation spécifique.

Il existe plusieurs stratégies à ce niveau pour aller à l'encontre de cette tendance :

Standardisation et "Sur étagère"

PL - 12. Atteindre une taille critique de flotte en groupant les commandes

Si une standardisation à l'échelle européenne ou nationale reste hors de portée à court terme, une approche progressive par groupes de régions pourrait d'ores et déjà faciliter l'harmonisation des exigences et accélérer les gains d'efficacité.

En Allemagne, les représentants des autorités organisatrices (BSN), et des exploitants (VDV) ont admis en mars 2025, lors de la rencontre de la filière allemande, qu'il leur faudrait lancer plus fréquemment des appels d'offres communs pour l'acquisition de véhicules en Allemagne.

En France, certaines collectivités (Besançon, Brest et Toulouse d'une part ; Brest et Dijon d'autre part) se sont associées pour faire des commandes groupées de rames de tramways.

PL - 13. Repartir de plateformes industrielles

En Allemagne, repartir d'une plateforme existante permet de réduire les délais de mise en service facilement de 2 à 3 ans. Plusieurs EF même historiques ont choisi de ne pas s'impliquer dans le développement des trains mais de repartir des plateformes disponibles des constructeurs.

Trenitalia, principal donneur d'ordres en Italie, optimise ses délais de conception en s'appuyant sur les plateformes existantes des constructeurs. Cette approche lui permet de réduire significativement le temps entre la signature du contrat et la livraison du premier train. Grâce à cette stratégie, Trenitalia a réduit les délais de conception à 24 mois pour les premiers trains des plateformes Rock et Pop. Cette efficacité a ensuite permis une livraison annuelle de matériel roulant aux différentes régions italiennes, facilitant la mise en œuvre d'un plan de renouvellement de flotte ambitieux sur un rythme accéléré.

PL - 14. Reprendre des normes européennes ou internationales

GVB, opérateur du métro et du tramway d'Amsterdam a récemment fait le choix de partir d'une plateforme existante. GVB n'a gardé que les spécificités techniques exigées par l'infrastructure utilisée ou les contraintes d'exploitation. Avec l'idée que de nouveaux développements engendrent plus de problèmes en matière de fiabilité, GVB utilise des normes largement répandues au niveau de l'Europe ou de l'international.

Il est aussi intéressant de noter que l'Espagne, seul pays considéré à avoir fini le nettoyage de ses règles nationales, s'est basé en grande partie sur des normes européennes, UIC ou international au moment de remettre à plat les règles nationales.

PL - 15. Axer les exigences sur les performances du MR plutôt que s'impliquer dans la conception

Il est constaté que les EF privées / plus petites ont tendance à être moins impliquées dans le développement du matériel roulant contrairement aux EF historiques plus importantes. Ainsi, le TTM dépend beaucoup du niveau d'exigences de l'EF.

Par exemple, des EF telles que Renfe ou FGC (Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya) ayant une ingénierie plus forte et technique ainsi qu'une bonne connaissance du secteur ferroviaire s'impliquent plus dans les process de développement. Les EF privées ont tendance à définir des spécifications plus fonctionnelles et moins détaillées, et à en contrôler le respect d'une manière moins littérale mais davantage axée sur les résultats.

Culture de la commande

PL - 16. Fédérer les AOM, EF, ROSCO, GI, constructeurs, autorités pour définir des standards au niveau du pays, chacun devant contribuer à son niveau à l'amélioration du TTM

Les besoins d'un GI, d'un mainteneur, d'un opérateur ou d'une AOM peuvent aller à l'encontre de ce qui serait optimum pour le constructeur ou l'équipementier. C'est pour cela que les Allemands ont choisi de faire travailler la filière complète pour atteindre un objectif commun : garder la compétitivité de la filière, réduire les délais de mise sur le marché (TTM) et redéfinir des standards en accord avec les budgets disponibles et les délais acceptables.

La filière allemande s'organise en groupes de travail pour trouver ensemble des solutions aux TTM qui s'allongent. En mai 2025 la représentante de VDB concluait *« Il est essentiel que chacun d'entre nous examine d'abord comment il peut contribuer à l'amélioration du processus d'acquisition des véhicules ferroviaires. Ce n'est qu'ensemble que nous pourrons faire avancer l'avenir du rail ! »*.

En Australie, l'Office de la Coordination Nationale de l'Industrie Ferroviaire (ONRIC) a travaillé en étroite collaboration avec les acteurs du secteur pour publier la première édition d'un *pipeline* national. Ce document centralise les données des appels d'offres de tous les États et territoires, marquant une première étape concrète vers l'harmonisation et la standardisation du matériel roulant à l'échelle du pays.

PL - 17. Estimer le coût du développement derrière la spécificité

Contrairement à un exploitant ferroviaire comme la Deutsche Bahn, la plupart des autorités organisatrices allemandes (AOM) ne disposent pas de services techniques internes développés.

Face à ce constat, le VDB (représentant l'industrie ferroviaire allemande), en collaboration avec le BSN (AOM) et le VDV (exploitants), a identifié un besoin critique : clarifier pour les donneurs d'ordre la frontière entre :

- Spécifications standard → sans impact majeur sur les coûts ou les délais,
- Exigences sur mesure → risquant d'entraîner des modifications profondes du design, et donc des dérives de coûts et de retards.

Pour y répondre, ces trois acteurs travaillent à l'élaboration d'un guide pratique à destination des donneurs d'ordre, visant à :

- Éviter les demandes inutiles qui complexifient les projets,
- Optimiser les processus d'acquisition,
- Sécuriser les budgets et les plannings.

En Australie, Yarra Trams, exploitant du tramway de Melbourne, a expliqué que la stratégie de spécifications des matériels roulants a évolué. En 2013, l'état de Victoria pouvait définir toutes les spécifications d'un nouveau matériel roulant, (ce qui lui coûtait très cher). Aujourd'hui la démarche vise à minimiser les surcoûts des spécifications trop lointaines des plateformes des constructeurs.

Dans un premier temps, l'État de Victoria invite les constructeurs à soumettre le matériel roulant (MR) standard disponible en catalogue qui se rapproche le plus des spécifications requises. Ceux-ci devront également fournir une estimation des travaux d'ingénierie nécessaires pour répondre pleinement aux exigences définies par Yarra Trams.

Dans un second temps, l'État de Victoria ajuste ses spécifications techniques pour les aligner sur les matériels roulants (MR) disponibles sur le marché. Cette adaptation stratégique permet de maîtriser les coûts en éliminant les exigences dont la valeur ajoutée n'est pas clairement démontrée ou justifiée par un besoin opérationnel avéré.

Maintenance et cycle de vie

PL - 18. Fédérer la filière, coopérer pour améliorer la compatibilité des composants et les processus de maintenance

En Allemagne, AOM et EF ont demandé à l'industrie davantage de compatibilité des composants entre différentes séries de véhicules et différents fabricants. Selon le consensus général, c'est la seule manière d'optimiser durablement les processus de maintenance.

Aux Pays-Bas, même s'il reste certaines particularités, le constructeur n'a pas besoin de reconcevoir une plateforme pour le métro d'Amsterdam. Les seules exigences extra-réglementaires sont liées à des contraintes de l'infrastructure (courbes, ponts). In fine GVB, en charge de la maintenance, accepte le compromis d'avoir un matériel plus standard mais moins optimisé pour la maintenance. Cela limite les exigences extra-réglementaires pour le constructeur.

Toutefois, GVB souhaite pouvoir adapter davantage la conception du matériel roulant (MR) aux contraintes liées à ses opérations de maintenance. Ces aspects sont abordés lors des revues en phase de développement, afin d'identifier des compromis permettant, dans la mesure du possible, d'ajuster la conception et les choix techniques en conséquence.

PL - 19. Impliquer les constructeurs dans la maintenance

Certaines régions comme la région de la Ruhr ou le Bade-Wurtemberg uniformisent le MR sur de grosses flottes (plusieurs réseaux) et passent des contrats sur le cycle de vie pour la maintenance avec le constructeur. Cela permet au constructeur d'avoir un volume suffisant pour créer une plateforme spécifique. En prenant en charge la maintenance, le constructeur n'a pas à prendre en compte les spécificités qui pourraient être exigées par plusieurs EF assurant chacune la maintenance de leurs flottes.

En Espagne, pour Renfe, la maintenance est réalisée par des joint-venture avec les constructeurs depuis 2014. C'est une configuration où les besoins de l'EF et du constructeur sont moins mis en opposition.

Facteurs opérationnels : La remise en question des campagnes d'essais.

Comme le concluent les députés M. David Valence et M. Guy Bricout, corapporteurs de la mission d'information flash sur les tests de matériel ferroviaire (2024), les essais ferroviaires sont longs et coûteux pour les constructeurs. Les campagnes d'essais qui se situent entre 7 et 9 mois dans les autres pays dépassent souvent les 12 mois, voire 18 mois en France. Les pays étudiés ne font pas toujours les mêmes choix que la France, et certaines pratiques semblent intéressantes à considérer.

Simplification administrative

PL - 20. Ne demander une autorisation temporaire que dans des cas précis

Contrairement à la France ou à l'Italie, où tous les essais nécessitent des autorisations temporaires, l'Agence de l'Union européenne pour les chemins de fer (ERA) ne l'impose pas systématiquement et laisse chaque pays définir sa propre procédure.

En Allemagne, certains essais en ligne peuvent être menés sans autorisation temporaire. C'est à l'exploitant ferroviaire (EF) et à DB InfraGO qu'incombe la responsabilité d'établir le concept de sécurité et le contenu des essais. Dans certains cas, une autorisation temporaire reste cependant obligatoire. Les critères déterminant la procédure applicable sont précisés dans l'EIGV.

La Belgique ne demande pas d'autorisation temporaire spécifique non plus pour les essais sur le réseau. CERTIFER peut ainsi demander en direct en Belgique un sillon d'essai.

PL - 21. Réduire le nombre d'entités impliquées dans les essais

L'organisation d'une campagne d'essais ferroviaires en France repose sur l'intervention de multiples acteurs, impliquant un haut niveau de coordination.

L'Espagne, qui a dissocié très tôt le gestionnaire d'infrastructure (GI) de l'opérateur historique, lui confère un rôle central dans l'organisation des essais ferroviaires. Le GI détermine les tronçons sur lesquels les essais en ligne sont réalisés (sans site dédié spécifique) et valide les rares cas nécessitant une autorisation temporaire. Il alloue également des créneaux réservés à la maintenance pour la réalisation de ces essais. Cette centralisation du processus permet de limiter le nombre d'interlocuteurs et d'interactions, simplifiant ainsi la coordination.

En Allemagne, certains essais en ligne peuvent être réalisés, dans la plupart des cas, sans procédure d'autorisation temporaire. C'est l'EF et DB Infrago qui définissent le concept de sécurité et le contenu des essais.

Optimisation des sites d'essais

PL - 22. Ne pas lier un essai à un site particulier

La pratique des essais de shuntage à Plouaret à des périodes de l'années restreintes n'existe pas dans les autres pays étudiés.

L'Allemagne a introduit sur son réseau des compteurs d'essieu qui à la différence des circuits de voie ne posent pas le problème du déshuntage.

Prorail (GI des Pays-Bas) a développé une autre stratégie en introduisant un système de notation du risque de shuntage. Prorail n'impose l'essai en ligne sur une ligne spécifique qu'aux matériels roulants potentiellement dangereux. Ce jugement se fait sur la base d'une note obtenue avec une pondération de caractéristiques pouvant influencer les capacités au shuntage

En Espagne, des essais sont effectués pour s'assurer du bon shuntage des circuits de voie. Cependant, à la différence de la France, il n'existe pas d'emplacement précis sur le réseau où ces essais doivent obligatoirement être réalisés. En général, les tests de shuntage réalisés sur les anneaux d'essais sont considérés comme suffisants.

La problématique des essais de shuntage qui doivent se faire sur un site unique (Plouaret) n'existe pas non plus en Italie. De façon générale (et pas seulement pour le shuntage) : il existe plusieurs sections du réseau sur lesquels un type d'essai donné peut être réalisé. En Allemagne le GI laisse une marge de négociation en cas d'engorgement d'un site pour trouver une alternative.

PL - 23. Créer des capacités d'essais sur des boucles d'essais ou des sites du GI (anciens sites transformés ou sites en location)

À l'instar de la France, l'obtention de créneaux pour réaliser des essais en ligne s'avère complexe dans tous les pays européens concernés, les opérations commerciales et de maintenance conservant systématiquement la priorité.

Mais plusieurs pays ont reporté certains essais sur les anneaux d'essais. En Allemagne, les essais CEM[10] peuvent être réalisés sur une variété de sites sur le réseau ferré mais aussi sur des anneaux d'essais tels que Velim (basé en Tchéquie) ou Wildenrath (basé en Allemagne).

La France n'a pas d'anneau adapté à la grande vitesse et les anneaux disponibles en France ne sont pas représentatif de la signalisation française. L'anneau de Velim, utilisé pour ce genre d'essais, est lui-même aussi saturé : il faut compter un an pour réserver un créneau. En outre, il faut acheminer les trains vers Velim ; ce qui entraîne un trajet de trois à quatre jours et un coût de 100 000 €.

L'Italie de son côté mise sur un anneau de plus petite taille en transformant l'ancienne gare de triage de San Donato à Bologne. C'est une mesure gagnante pour les constructeurs qui peuvent faire des essais 24h/24 mais aussi pour le GI et les opérateurs car cela permet de désengorger le réseau. En 2018, il était estimé que 150 000 trains-km attribués pour les essais pouvaient être récupérés pour les opérations, grâce à la reconversion d'un site de gare de triage en anneau d'essai.

En Espagne, la mise à disposition avec un contrat de location de sites du GI au constructeur est aussi une pratique intéressante pour pallier le manque d'anneau d'essais du pays.

Innovation technique

PL - 24. Réduire l'ambition des essais en ligne grâce à la simulation, aux essais sur circuits ou en laboratoire

En Espagne, il y a très peu de simulation et elle est surtout limitée aux cas d'évolution de matériel roulant existant déjà autorisé. Dans ce type de cas, les simulations peuvent être utilisées pour démontrer la conformité à condition qu'il y ait suffisamment de similarités avec les configurations préalablement validées. Pour les nouveaux matériels roulants avec des modifications importantes, la simulation n'est généralement pas acceptée comme une alternative aux essais sur le réseau notamment pour les aspects critiques tels que le comportement dynamique, l'interaction pantographe-caténaire, la CEM, les émissions acoustiques, la distance de freinage, la fatigue des bogies et la performance de la signalisation.

En Espagne, CEDEX, via son Laboratoire LIF réalise des tests pour l'ERTMS. Le CEDEX travaille actuellement avec le laboratoire Allemand DLR pour développer des tests à distance impliquant deux laboratoires pour alléger la procédure d'essais du système ERTMS. Si ce système ne permet pas de complètement de s'affranchir de tous les essais en ligne, il permettrait de réduire la durée des essais d'un peu plus de 7 mois et de réduire le coût des essais de 37%.

Le laboratoire ERTMS est équipé des systèmes ERTMS existants sur l'infrastructure néerlandaise, les systèmes de contrôle des processus, le GSM-R et les applications d'essai connexes, ainsi que les différentes interfaces. Cela permet de réaliser de nombreux essais hors du réseau au sein du laboratoire (seuls les essais aux frontières ne peuvent pas être faits).

Rappelons que le coût d'une journée d'essai sur le RFN s'élève à 35 000 € ; un prix élevé qui peut constituer un frein à l'arrivée de nouveaux acteurs sur le réseau.

PL - 25. Autoriser certains essais en ligne pendant que des trains opèrent sur la voie adjacente

En France, la voie adjacente doit être systématiquement neutralisée pendant les essais. En revanche, les autres pays étudiés adoptent une approche plus flexible, adaptant les mesures de sécurité en fonction du niveau de risque identifié.

[10] Compatibilité électromagnétique

Aux Pays-Bas, il n'y a pas de nécessité de bloquer la voie adjacente lors des essais, sauf pour quelques exceptions comme les essais de CEM[11].

En Espagne, en pratique, il est constaté qu'avant que les essais dynamiques et de CEM soient validés, les 2 voies (voie d'essai et voie adjacente) doivent être fermées à la circulation. En revanche, après la validation des essais dynamiques et CEM, la voie adjacente peut être ouverte à la circulation commerciale.

PL - 26. Reconnaître des résultats provenant des laboratoires des constructeurs

En Italie, les NoBos[12] et DeBos[13] doivent faire appel à des laboratoires accrédités. Ces laboratoires peuvent être les laboratoires propres aux NoBos et DeBos (comme c'est le cas par exemple pour Italcertifer), mais ce peut être aussi des laboratoires accrédités externes et en particulier les laboratoires des constructeurs s'ils sont accrédités. Cette pratique est beaucoup utilisée pour des essais réalisés sur les bogies.

VDB note d'ailleurs que le domaine de l'aéronautique fonctionne aussi sur un principe d'accréditation de laboratoire des constructeurs qui rend les démarches plus fluides.

Facteurs documentaires : Nature du référentiel et gestion des sources.

La notion de traçabilité par exemple entraîne la constitution de 800 documents environ que le constructeur doit gérer ; en effet toute modification de matériel roulant doit être justifiée et documentée ; cela demande beaucoup d'investissements en ressources humaines, voire une équipe d'ingénierie dédiée. La démonstration de conformité du matériel roulant implique de nombreuses preuves documentaires : avis et rapports d'experts ; rapports des essais dans d'autres pays éventuellement, comptes-rendus des essais sur anneaux.

Processus d'autorisation

PL - 27. Promouvoir l'utilisation d'une norme définissant la procédure d'autorisation AS7501

Selon le RISSB, en Australie la sécurité se base sur des normes et des standards. Pour améliorer l'interopérabilité entre les différents GI, l'Australie étudie actuellement la possibilité de combiner une réglementation pour assurer l'interopérabilité et des normes pour assurer la sécurité.

Aujourd'hui, l'utilisation de la norme AS7501, qui décrit la procédure d'autorisation du matériel, n'est pas obligatoire mais est utilisée sur une base volontaire. L'industrie australienne essaye de mettre en place un cadre réglementaire obligatoire pour mettre en place une reconnaissance mutuelle (mutual acceptance) : avec l'obligation pour les GI d'utiliser la norme AS7501 pour définir le même processus d'autorisation et la création d'une norme d'interface qui classerait les types de réseaux grâce à leurs caractéristiques (axles loads, gauges, force defined…). L'AS7501 fournit un processus structuré que les GI et les EF peuvent suivre, facilitant ainsi l'évaluation et la certification du matériel roulant.

PL - 28. Introduire des certificats préliminaires pour donner un feedback au constructeur très en amont

À la différence du système européen, qui n'accorde une validation qu'à l'issue de la procédure de demande d'AMM, le système australien attribue plusieurs certificats à différentes étapes du

[11] Compatibilité électromagnétique
[12] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[13] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)

processus. Grâce à l'attribution de certificats intermédiaires et provisoires ; le constructeur n'est pas obligé d'attendre la fin du procédé pour savoir que quelque chose ne va pas.

Pour le marché français, un constructeur note qu'idéalement, des avis préliminaires pour savoir en amont si les solutions techniques ont des chances d'être acceptées ou pas seraient appréciables. Il faudrait des règles plus précises ou des critères clairs pour interpréter les RTNN.

PL - 29. Accréditer la capacité des constructeurs à construire du MR et alléger la partie autorisation du matériel roulant

En Australie, l'office de sécurité national, Office of the National Rail Safety Regulator, accrédite l'EF et le constructeur pour leur capacité respective à opérer et à construire des trains sécurisés. Cela permet d'alléger le nombre de parties prenantes impliqué dans l'autorisation du MR, pour lequel il n'y a pas de « troisième » regard de ANS comme en Europe. Cela permet dans de nombreux cas de réduire le TTM en comparaison de l'Europe.

Gestion des données

PL - 30. Intégrer la supervision d'une entité nationale faisant la collecte des retours d'expérience

L'exemple français montre que l'entité nationale STRMTG joue un rôle central pour la dissémination des retours d'expérience. Pour les tramways, les bureaux du STRMTG échangent avec les agglomérations deux à trois fois par an pour partager les retours d'expérience. Les bureaux du STRMTG sont au courant des projets et des modifications en cours. Ils sont systématiquement saisis pour le matériel roulant et les automatismes, ou l'aménagement des carrefours routiers ; cela leur donne une vision des projets, quatre ou cinq mois avant les premiers dossiers.

PL - 31. Accepter des référentiels plus pertinents que les normes habituelles

En Australie, le référentiel pour la conformité à la sécurité n'est pas figé. Public Transport Authority (PTA, Australie occidentale) accorde au constructeur la possibilité « d'adopter des codes, des normes ou des spécifications internationalement reconnus, s'il peut démontrer que ce choix est plus exigeant ou plus pertinent que les normes spécifiées dans la spécification de PTA.

PL - 32. Travailler sur la cohérence des différentes bases de données

Comme le souligne l'EPSF, les évolutions réglementaires font qu'il y a de plus en plus de documents. Sur les pays étudiés, nous n'avons pas identifié de pratiques profondément différentes de celles de la France. Le manque de cohérence des différentes bases de données nous a été mentionné ainsi que le travail à mettre en place pour centraliser les données, évitant d'avoir à uploader plusieurs fois les mêmes documents sur des bases différentes.

Conclusion

L'étude menée par la Fédération des Industries Ferroviaires met en lumière les défis majeurs qui pèsent sur le « Time To Market » (TTM) des matériels roulants en France, dans un contexte de transformation profonde du secteur ferroviaire, marqué par la mise en œuvre du quatrième paquet ferroviaire, l'ouverture à la concurrence, et le rôle croissant des Autorités Organisatrices de la Mobilité (AOM), aux côtés des opérateurs historiques.

Constats clés du rapport :

- Les délais de mise sur le marché restent parmi les plus longs d'Europe, avec des phases d'homologation qui peuvent dépasser 7 ans pour un nouveau matériel roulant.
- La diversité des exigences : l'évolution continue du cadre réglementaire et des référentiels construits sur un long retour d'expérience, associée à la pluralité des acteurs impliqués et à l'importance des processus documentaires, renforce les exigences de coordination et peut limiter la capacité d'innovation.
- Les spécificités locales, la diversité des matériels et la montée en puissance des AOM, qui financent et possèdent désormais une grande partie du matériel roulant, accentuent la nécessité de coordonner les investissements et d'adapter les processus d'homologation.
- Les comparaisons internationales montrent que d'autres pays (Allemagne, Italie, Espagne, Pays-Bas, Australie) ont su mettre en place des solutions plus agiles : mutualisation des commandes, standardisation des plateformes, recours accru à la simulation, clarification des référentiels, groupes de travail filière, reconnaissance croisée des essais, implication des constructeurs dans la maintenance, etc.

Pistes d'action pour la filière française :

1. **Simplifier et clarifier les référentiels** : accélérer le nettoyage des RTNN, stabiliser les règles pendant toute la durée des projets, réduire le nombre de catégories ESC, et favoriser l'adoption de standards européens ou internationaux.
2. **Optimiser l'organisation des essais** : développer de nouveaux sites d'essais ou transformer des sites existants, encourager la reconnaissance des essais en laboratoire ou par simulation, et faciliter la portabilité des résultats entre projets et pays.
3. **Fédérer les acteurs autour de plateformes communes** : mutualiser les commandes, standardiser les solutions techniques, et associer les AOM, opérateurs, constructeurs, équipementiers et autorités à la définition de standards adaptés aux besoins réels.
4. **Fluidifier les processus documentaires et administratifs** : mettre en place un guichet unique digitalisé, centraliser les données, alléger la charge administrative et renforcer la transparence des règles nationales et locales.
5. **Encourager l'expérimentation et l'innovation** : promouvoir l'utilisation de la simulation numérique, organiser des retours d'expérience réguliers, et accompagner la montée en compétence des nouveaux entrants et des AOM.
6. **Renforcer la coopération interprofessionnelle** : créer des groupes de travail thématiques, s'inspirer des bonnes pratiques internationales, et anticiper collectivement les évolutions technologiques, réglementaires et industrielles.

En conclusion, la performance collective de la filière dépendra de sa capacité à simplifier, à mutualiser et à innover, dans un esprit d'ouverture et de coopération. La Fédération invite l'ensemble des parties prenantes à s'engager dans cette dynamique, à travers la création d'un groupe de travail interprofessionnel doté d'une feuille de route claire, pour faire du « Time To Market » (TTM) un véritable levier de compétitivité, d'attractivité et de réussite pour la filière ferroviaire française.

Annexes

Annexe A – Analyse de l'écosystème ferroviaire français

Contexte

Transports ferroviaires

Réseau ferré et son gestionnaire

SNCF Réseau est le gestionnaire d'infrastructure du réseau ferré national, société anonyme du groupe SNCF depuis 2020. L'État français, en tant que propriétaire du réseau, en est actionnaire à 100 %.

Généralités sur le pays	Superficie (km2)	551 695 km²
	Habitants	68 millions
Gestionnaires d'infrastructure	Réseau ferré national	SNCF Réseau ; société du groupe SNCF (2015)
	LISEA, concessionnaire de la ligne à grande vitesse Sud Europe Atlantique	Entreprise privée ayant signé un contrat de concession avec SNCF Réseau
Généralités du réseau	Longueur totale du réseau en exploitation	27 624 km
	Lignes à grande vitesse (LGV)	2 700 km
	Part des LGV dans le réseau	10%
	Réseau électrifié	16 802 km
	Lignes non électrifiées (diesel)	10 822 km
	Longueur totale de réseau équipé de l'ERTMS	1 024 km
	Ancienneté du réseau	9,6% de réduction de la longueur du réseau entre 2013 et 2023 Age du réseau : en moyenne 29 ans
Infrastructure physique	Écartement des voies	1 435 mm (à l'exception de quelques lignes à voie métrique)
Electrification et caténaires	Tension d'alimentation	1,5 kV DC 25 kV AC
	Types de caténaires	Polygonale Midi
Systèmes de contrôle et sécurité	Systèmes de sécurité nationaux	Crocodile KVB TVM 300 (LGV), TVM 430 (LGV) KVBP, KCVP, KCVB, NEXTEO (région parisienne) DAAT
	Systèmes européens déployés	ERTMS (niveaux ETCS 1 & 2) 1 000 km

Figure 15: Profil du système ferré français
Source : SNCF Réseau ; 2024

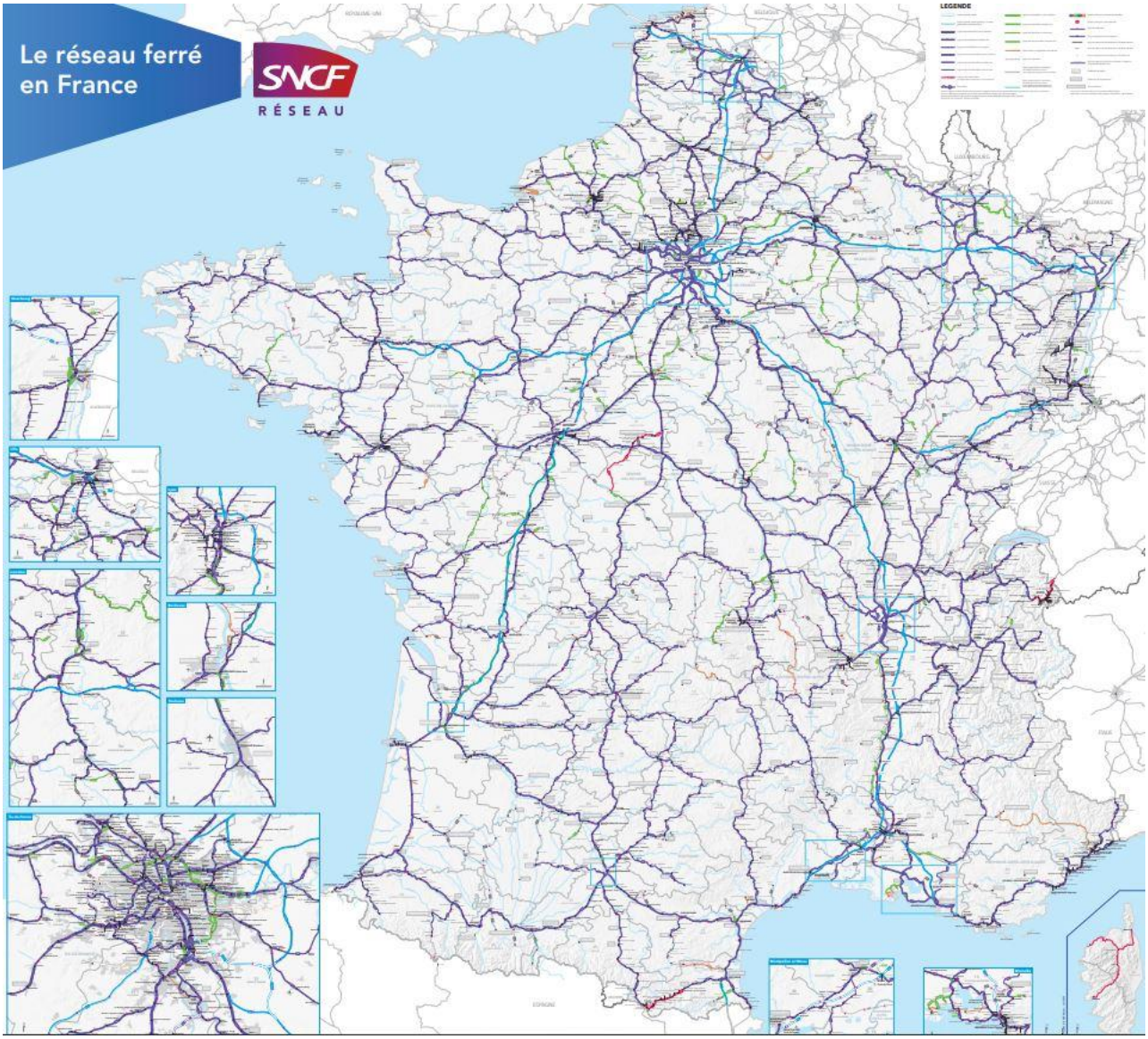


Figure 16 : Carte du réseau français
Source : SNCF, avril 2025

Développement de l'ERTMS

En France, les lignes récemment construites sont déjà équipées de l'ERTMS. Les nouvelles lignes le seront également. Pour les lignes plus anciennes, le déploiement est en cours ou planifié, souvent couplé avec des travaux de modernisation préalables. 1 066 km étaient équipés fin 2023 (dont 1 000 km de LGV). En novembre 2024, le déploiement de l'ERTMS était projeté sur près de 6 100 km d'ici 2044 et prévoit l'équipement de 11 points frontières, dont 3 sur des lignes à grande vitesse (LGV) :

Selon l'ART, le déploiement de l'ERTMS en France apparaît en retard par rapport aux réseaux ferrés des pays voisins et sera vraisemblablement très progressif, en raison notamment des coûts importants et de la fiabilité des systèmes historiques français.

Ligne	Mise en service	Longueur	Niveau ERTMS
LGV Perpignan-Figueras	2010	44 km[62]	1
LGV Est	2016[63]	406 km	2
LGV SEA	2017	302 km	2
LGV BPL	2017	182 km	2
CNM	2017	86 km	1

Figure 17 : Lignes à grande vitesse : équipement en ERTMS
Source : ART, juillet 2022

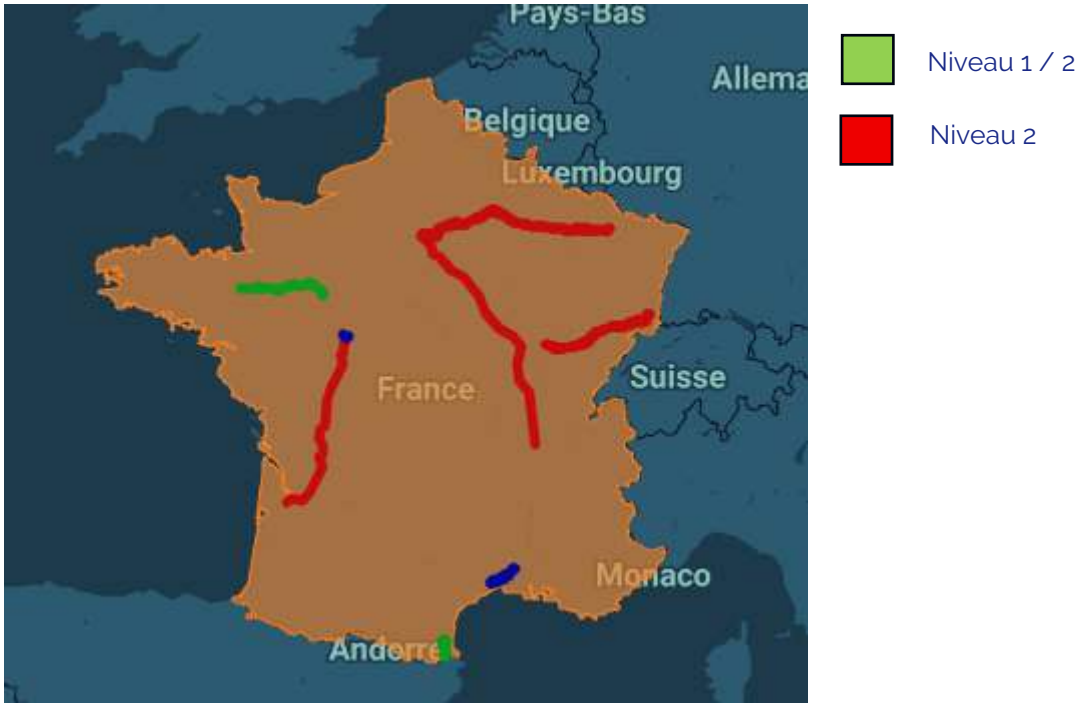


Figure 18 : Déploiement de l'ERTMS en France
Source : ERTMS, 2025

Services régionaux

La mise en concurrence de services ferroviaires conventionnés est obligatoire en France depuis le 25 décembre 2023. Fin 2024, sept lots d'offre ferroviaire conventionnée ont été attribués à l'issue d'un processus de mise en concurrence : quatre à SNCF ; deux à Transdev et un à RATP Cap Île-de France. Plus de 40 lots conventionnés feront l'objet d'une mise en concurrence d'ici 2034.

SERVICES REGIONAUX (France)	
Nature du marché	Conventionné
Libéralisation des services régionaux	Effective depuis 2020 Obligatoire sur tout le territoire depuis le 25 décembre 2023
EF autres que SNCF	SNCF Voyageurs Transdev (2021) RATP Cap Île-de-France (2024)
Principaux constructeurs	Alstom Bombardier (aujourd'hui Alstom) CAF

Figure 19 : Transport ferroviaire français : Services régionaux
Source : SNCF. Les Échos

Services Grande Vitesse

En 2023 comme en 2022, l'activité ferroviaire librement organisée (SLO) reste largement dominée, en France, par SNCF Voyageurs, (85 % de parts de marché), suivie par Eurostar (6 %), Lyria (4 %), et le partenariat de SNCF avec la Deutsche Bahn (3 %) ; Trenitalia France et Renfe Viajeros représentaient chacun moins d'1 % des parts de marché.

SERVICES GRANDE VITESSE (France)		
Nature du marché	Open access	
Libéralisation des services	Ouverture en 2020, libéralisation en 2021	
Opérateurs concurrents de SNCF	Trenitalia	Paris-Lyon-Milan (2021)
		Paris-Lyon-Marseille (2025)
	RENFE	Barcelone-Lyon (2023)
		Madrid – Marseille (2023)
Constructeurs	Hitachi Rail Italy (Frecciarossa) Alstom (AVE Série 100)	

Figure 20 : Concurrents de la SNCF sur la grande vitesse
Source : variées

Ecosystème & Organisme délivrant l'AMM

ECOSYSTÈME AUTOUR DE L'AMM (France)	
Agence nationale de sécurité	EPSF : Établissement public de sécurité ferroviaire
Organisme notifié (NoBo)[14]	CERTIFER Bureau Veritas
Organisme désigné (DeBo)[15]	CERTIFER France, CERTIFER Belgique Bureau Veritas TÜV
Laboratoires et centres d'essais	AEF (SNCF) Eurailtest (SNCF/RATP) LEF (SNCF)
Anneaux d'essai	Petite Forêt

Figure 21 : Acteurs de l'écosystème de l'AMM en France
Source : Variées

[14] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[15] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)

Transports guidés

Services de Métro

Figure 22 : Transports guidés en France
Source : Urban.Net, 2025

Paris	246 km	1900	RATP	16
Lyon	34 km	1974	RATP Dev	4
Marseille	23 km	1977	RTM	2
Lille	44 km	1983	Ilévia	2
Toulouse	28 km	1993	Tisséo Voyageurs	2

Figure 23: Principaux réseaux de métro en France
Source : variées

Services de Tramway

Il existe 31 réseaux de tramway en France ; dont la longueur varie de 2 km (Annemasse) à 197 km (Paris). 22 d'entre eux sont équipés de véhicules Alstom Citadis. Les autres constructeurs des tramways français sont Bombardier (aujourd'hui Alstom), CAF, Stadler et Translohr. En 2020, les réseaux de tramway en France exploitent environ 1360 rames. Les AOM (dans ce cas précis, les villes et agglomérations) commandent le matériel roulant par le biais d'appels d'offres. Certaines collectivités (Besançon, Brest et Toulouse d'une part ; Brest et Dijon d'autre part) se sont associées pour faire des commandes groupées de rames de tramways.

Ecosystème & Organismes délivrant l'AMM

Ecosystème & Organismes délivrant l'AMM (France)	
STRMTG[16]	Service des remontées mécaniques et des transports guidés
Préfectures	La préfecture est l'organisme qui délivre in fine l'autorisation du système après avoir pris en compte l'avis du STRMTG
AOM	Autorités organisatrices de la mobilité, demandeur de l'autorisation
OQA	Organismes qualifiés agréés. Indépendants, les OQA procèdent à l'évaluation de la sécurité de la conception, de la réalisation ou de l'exploitation de systèmes de transport public guidés. Ils doivent être agréés par le STRMTG[17] Certifer, Bureau Veritas, Audisafe, Geste Engineering, Systra, TüV, Socotel

Figure 24 : Ecosystème et organismes délivrant l'AMM

Transports ferroviaires

Bilan

Le bilan des leviers d'amélioration de la filière française est résumé en début de rapport dans la partie dédiée aux leviers d'amélioration de la filière française en page **Erreur ! Signet non défini.**.

Autorité Nationale de Sécurité

L'Établissement public de sécurité ferroviaire (EPSF) est l'autorité nationale de sécurité en France, sous tutelle opérationnelle du ministère des transports et sous tutelle financière de Bercy. L'EPSF délivre les autorisations nécessaires à l'exercice des activités ferroviaires, et en particulier les autorisations par type et de mise sur le marché (AMM) des véhicules ferroviaires.

Le processus d'autorisation de la mise sur le marché est « encadré » par la loi et EPSF a l'obligation de délivrer l'autorisation en **4 mois et demi**. Par ailleurs certaines démarches se font via l'ERA et sur ce type de dossier les autorités françaises n'ont pas d'influence pour raccourcir le délai.

Ressources humaines

L'EPSF compte au total cent personnes. La Direction des autorisations rassemble **30 personnes dont 7 à 8 à la Division Matériel Roulant**. En moyenne il y a **50 essais à instruire** et **100 autorisations** de matériel roulant à donner par an.

Nature des échanges

En phase très amont du projet, l'EPSF indique qu'une ou deux sollicitations (réunions, échanges divers etc.) peuvent avoir lieu dans ce contexte et faire l'objet d'une traçabilité (compte-rendu, courriel, etc.).

Les échanges entre le demandeur et l'EPSF avant le dépôt d'un préengagement sont limités dans le temps. L'agence recommande donc de faire usage du **préengagement** et d'une **phase intermédiaire**. Cela permet de dégrossir les questions du demandeur surtout si l'EPSF a à faire à de nouveaux entrants, à des constructeurs avec peu d'expérience française ou à des constructeurs proposant du MR très innovant.

Dans le processus de délivrance de l'AMM décrit plus loin, L'EPSF propose une **phase intermédiaire** où elle discute avec les constructeurs. Cette étape n'est pas cadrée de façon réglementaire et n'existe pas dans les autres pays étudiés. Quand cette étape est engagée, le compteur officiel est arrêté. Cette étape

[16] Un service à compétence nationale du ministère français de la Transition écologique, rattaché à la DGITM, chargé de la sécurité et de l'expertise des transports publics guidés (métros, tramways, chemins de fer touristiques, etc.) et des remontées mécaniques, ainsi que des systèmes routiers automatisés pour certains volets techniques

[17] https://www.strmtg.developpement-durable.gouv.fr/liste-des-organismes-agrees-a394.html

n'est pas décomptée dans la durée légale de 4 mois et demi. Pour l'EPSF, c'est une manière d'échanger, voire de s'engager sur certains points en cas d'innovation ; cela permet d'aborder des points de singularité. Au niveau du pré-engagement certains points de sécurité ne sont pas abordés ; l'étape intermédiaire donne la possibilité d'accompagner les demandeurs sur leurs points d'interrogation. C'est une proposition de la part de l'EPSF qui est une **prestation de conseil rémunérée** par les demandeurs.

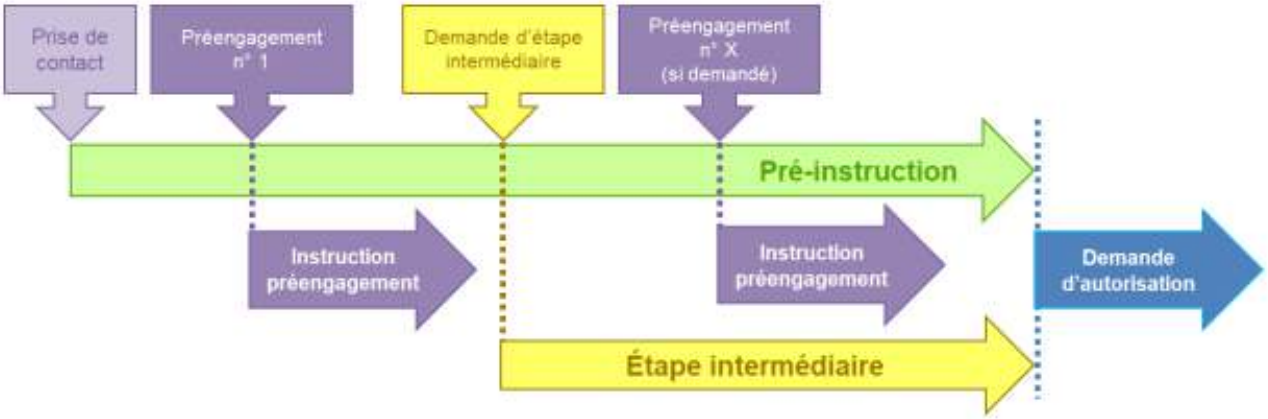


Figure 25 : Chronologie intégrant une étape intermédiaire avec préengagement
Source : EPSF

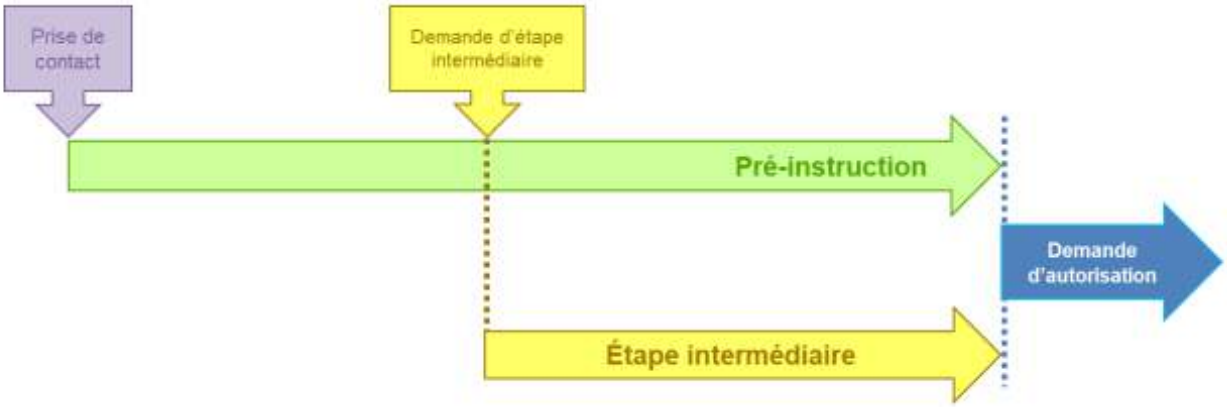


Figure 26 : Chronologie intégrant une étape intermédiaire sans préengagement
Source : EPSF

Les évolutions réglementaires font qu'il y a de plus en plus de documents. L'EPSF comme toutes les ANS se plie à la réglementation européenne.

Travail de coordination

L'EPSF a fait un guide des essais et un guide pour l'AMM, mais ne publie pas de note de clarification. L'Agence ferroviaire européenne a également rédigé un guide de l'AMM ; beaucoup plus complet et un guide des STI et elle rédige aussi des notes de clarification.

Les ANS européennes, L'EPSF et l'ERA partagent les bonnes pratiques afin d'harmoniser les façons de procéder. Cela évite qu'une agence ne soit pas plus ou pas moins sévère que les autres.

Comme L'ERA intervient pour le matériel roulant circulant sur plusieurs pays européens, elle demande l'avis de l'EPSF pour la conformité aux RTNN françaises quand le train circule en France. L'EPSF peut être plus ou moins exigeant que l'ERA, s'il y a des divergences ils en discutent

Nature du référentiel

Les étapes de l'autorisation de mise en circulation commerciale des matériels roulants ferroviaires en France (et dans l'Union européenne) sont encadrées par des réglementations européennes, notamment la directive (UE) 2016/797 sur l'interopérabilité et le règlement (UE) 2016/796 relatif à l'Agence de l'Union européenne pour les chemins de fer (ERA).

- Par le passé, le demandeur était en grande partie l'EF Historique mais cette tendance change. De plus en plus le constructeur est amené à faire la demande surtout quand il s'associe avec une EF non historique comme Transdev par exemple.

Les principales étapes sont les suivantes :

Il y a 3 niveaux de regard : en premier lieu celui de l'industriel, des organismes qualifiés (NoBo[18], DeBo[19], AsBo[20]) puis au final l'ANS et/ou l'ERA.

Le processus de demande d'autorisation de mise sur le marché peut être décrit ainsi :

- **Auto-évaluation industrielle** : l'industriel procède à sa propre analyse en élaborant un plan de preuves et d'essais, constituant ainsi le premier niveau d'examen.
- **Evaluation par les organismes qualifiés (DeBo, NoBo)** : les organismes d'évaluation interviennent pour effectuer une expertise indépendante, représentant le second niveau de contrôle.
- Validation par l'ANS / l'ERA, dernier contrôle.

Une autorisation de mise sur le marché est donnée globalement en pensant que le matériel roulant va circuler sur une infrastructure à l'état nominal. L'ANS va l'autoriser sur le RFN et ensuite il y a une notion de compatibilité d'itinéraire que devra obtenir l'EF. Cette autorisation d'itinéraire prend en compte l'état réel du réseau ; par exemple certains ponts ne sont pas aptes à supporter un train très rapide

Ces évaluations sont encadrées par différents niveaux par des référentiels de différentes natures :

- **Des réglementations obligatoires** au niveau européen (TSI) ou national (RTNN)
- **Des normes** soient citées dans les réglementations, soient intégrées dans les spécifications du donneur d'ordre.
- **Des codes de bonnes pratiques / règles techniques** des donneurs d'ordre, du GI ou des **protocoles d'essais** définis par les laboratoires et centres d'essai

Le caractère réglementaire et non normatif des STI alourdit les démarches lors de modifications. Un équipementier constate la nécessité et la charge associée au fait de devoir requalifier complètement un sous-système lors du changement d'un composant (un switch électrique par exemple). Ce type de pratique fige le marché. Une norme/référentiel pour ce composant permettrait de changer le fournisseur sans nécessiter une requalification complète des équipements qui intègrent ces composants.

A l'international on voit que le référentiel utilisé pour certifier la conformité d'un MR n'est pas forcément une réglementation / loi comme les STI, cela peut être porté par une norme qu'il est plus facile d'adapter. Pour les STI, il faut que tous les états membres valident.

[18] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[19] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)

[20] Organisme d'évaluation des risques et de la sécurité

Donneurs d'ordre

Fin 2023, le parc du matériel roulant en France compte plus de 4 000 véhicules moteurs (automoteurs et locomotives) et atteint presque 27 ans d'âge en moyenne. Le nombre de TGV de l'opérateur historique s'élève à plus de 360 rames, en forte baisse depuis 2019 où il dépassait 400 rames.

Trains régionaux

L'achat des trains pour les liaisons de type transport express régional est à la charge des régions. Les AOM lancent des appels d'offre en exprimant leurs besoins.

La DGITM précise qu'il existe un code de la commande publique qui empêche d'avoir des cahiers des charges trop précis car il y aurait un risque de favoriser un matériel roulant plutôt qu'un autre ;

En pratique le DGITM constate qu'il n'y a donc pas vraiment de commande de produits sur étagère ou de train standard. Plusieurs constructeurs de trains régionaux, qui utilisent les mêmes plateformes sur plusieurs pays européens, ont néanmoins développé une plateforme différente et spécifique au marché français. Les 2 plateformes homologuées en France pour le marché régional, doivent elle-même s'adapter à la diversité des besoins/exigences des AOM : la plate-forme Regio 2N de Bombardier Alstom existe en cinq longueurs et huit versions ; le Régiolis de CAF France (ex-Alstom) existe en trois longueurs et huit versions.

L'expression du besoin par les élus est parfois complexe, trop « haute couture ». Dans l'exemple du RER NG, il s'est écoulé 3 ans et demi pour la phase de conception et de construction d'un premier train, cette phase n'a été que de 2 ans dans le cas de Regio 2N (commande lancée en 2010). Les exigences des AOM encore novices dans l'exercice de l'achat de matériel roulant peuvent se révéler un peu irréalistes et vont compliquer la réalisation d'un planning raisonnable. **Transdev confirme que les régions anticipent encore mal les délais nécessaires à la fabrication du MR : elles annoncent des plannings très serrés et sans marge qu'il n'est possible de tenir qu'en utilisant du matériel roulant déjà homologué en France.**

Le paysage de la commande de matériel roulant pour le transport ferroviaire régional est en pleine évolution. Certaines régions choisissent elles-mêmes leur matériel roulant, d'autres confient à l'EF le soin de le faire. Les régions vont probablement peu à peu se réapproprier le matériel roulant comme on le voit en Allemagne ; ce ne sera probablement pas forcément la SNCF qui spécifiera le train ;

Les EF entrant sur le marché français n'auront pas forcément une ingénierie aussi forte que celle de la SNCF ; Transdev a d'ailleurs confirmé qu'ils sont moins impliqués dans la conception/design du train et qu'ils ont moins d'exigences spécifiques. **Les EF laisseront les constructeurs leur proposer des trains et retrouver la maîtrise de la chaîne de conception du matériel roulant d'autant plus si elles leur confient la maintenance des trains**. L'implication des EF dans la maintenance a tendance à augmenter les spécifications.

Un équipementier note néanmoins qu'au final, il reste beaucoup de disparités entre les EF européennes, il est très compliqué d'avoir un standard ferroviaire sur certains composants où les requis sont très variables. Il est difficile de trouver un produit qui couvre 60-70% des demandes.

Train régional sur le marché français Regio 2N	
Etapes	
Signature du contrat	24 février 2010 (1ère commande)
Premier train	Janvier 2012
Essais	Juillet 2012
Mise en service (ou livraison officielle)	Octobre 2014

Figure 27 : Temporalité du TTM des trains Regio 2N
Source : SNCF

Train régional sur le marché français RER NG	
Etapes	
Signature du contrat (255 rames)	Janvier 2017
Premier train (à être testé à Velim)	Août 2020
Essais à quais (RER E) débutent	Février 2023
Essai dynamiques (7 mois)	Avril – octobre 2023
Mise en service (RER E)	Novembre 2023
Rodage / Pré-exploitation (RED D)[21]	Avril 2024

Figure 28 : Temporalité du TTM des trains RER NG
Source : Transilien, Alstom

Figure 29 : Temporalité du time des essais du RER NG
Source : IDFM

Trains grande vitesse

L'achat de matériel roulant des trains à grande vitesse est du ressort des opérateurs se positionnant sur le marché en Open Access (SLO). D'une manière générale, la SNCF, principal opérateur sur le RFN, a la réputation de concevoir dans le moindre détail tous ses matériels roulants, ce qui entraîne, selon un constructeur, trois fois plus de spécifications qu'ailleurs en Europe ; mais ces spécifications ne sont pas figées, ce qui complique le travail des industriels sur le marché français.

Train Grande Vitesse sur le marché français (TGV Euroduplex)	
Etapes	
Signature du contrat	Juin 2007
Premier train	Avril 2010
Essais (début)	Avril 2010
Mise en service (ou livraison officielle)	Décembre 2011

Figure 30 : Temporalité du TTM du TGV Euroduplex
Source : Alstom

Train Grande Vitesse sur le marché français (TGV M)	
Etapes	
Signature du contrat	2018
Premier train	Septembre 2022
Essais (début des essais sur le RFN)	Juin 2023
Mise en service (ou livraison officielle)	Juin 2026

Figure 31 : Temporalité du TTM du TGV M

Un constructeur souligne d'ailleurs : « il faut donc peut-être se poser la question sur l'expression du besoin, de remettre en question des spécifications dans le cahier des charges dont la valeur ajoutée n'est pas évidente. Si on s'écarte trop des produits sur étagère, on risque d'allonger les délais de mise sur le marché. »

[21] Rodage / Pré-exploitation (RER NG)

RTNN : Nettoyage et lisibilité

Comme le remarque David Valence, en moyenne il existe 40 RTNN par pays en Europe ; Cela peut devenir très contraignant sur un projet donné en particulier au moment des essais. Comme dans les autres pays européens, l'ensemble des règles nationales françaises est en cours de nettoyage.

Nettoyage des SAM

Pour se préparer à l'ouverture à la concurrence, l'EPSF a pris la responsabilité des SAM. L'EPSF interagit régulièrement avec l'ERA pour mettre en place le nettoyage des RTNN. En 2022, il restait encore un nombre important de RTNN évaluée négativement par l'ERA.

Il y a eu une nouvelle mouture des STI en 2023 ; les SAM concernées sont en cours d'amendement. L'EPSF, qui est responsable des SAM ; explique qu'il est normal que les spécifications historiques se soient appuyées sur le référentiel SNCF. Mais aujourd'hui il est normal que les SAM soient amendées et que tous les acteurs de la filière puissent s'exprimer à ce sujet.

Pour l'EPSF, si on ne peut pas dénier l'influence historique de la SNCF dans les SAM, il serait faux de dire que cette influence de SNCF perdure. L'EPSF souligne que certaines spécifications SNCF ont été éliminées mais que d'autres exigences extra-réglementaires SNCF peuvent aussi être utiles sur certains points de sécurité. Pour la SAM captage, il y a eu des choix historiques sur les caténaires en France, cela doit être conservé pour avoir des trains conformes pour tout le réseau.

En France, des accidents ou des incidents dimensionnent parfois les RTNN : de nouvelles règles sont créées et viennent s'ajouter au référentiel existant ; car on soustrait très rarement des règles.

Si le nettoyage des RTNN a été salué comme une tendance globalement positive ainsi que le guichet unique mais il subsiste des incohérences entre les publications des listes descriptives (publiées par Ricardo pour le compte de l'UNIFE et celles publiées par l'ERA).

Interprétation des RTNN

Du côté des constructeurs, les modalités d'interprétation des RTNN peuvent manquer de clarté, ce qui est susceptible de générer des itérations supplémentaires, telles que des adaptations de conception ou des évolutions logicielles.

Un feedback des DeBo parfois trop tardif

Il est difficile de trouver en amont des interlocuteurs appropriés pour éviter ce type de mauvaise interprétation. La mauvaise interprétation des RTNN n'est souvent décelée que tardivement. Il n'y a pas d'avis préliminaires et les échanges informels positifs avec les DeBo ne sont pas une garantie d'une validation positive in fine.

L'EPSF note de son côté que la qualité des rapports provenant des DeBo n'est pas toujours au niveau des attentes de l'ANS.

Idéalement, des avis préliminaires pour savoir en amont si les solutions techniques ont des chances d'être acceptées ou pas, seraient appréciables. Il faudrait des règles plus précises ou des critères clairs pour interpréter les RTNN. Cette tendance est beaucoup plus marquée pour les RTNN que pour les STI.

Un réseau lui-même très peu conforme aux STI

À partir du moment où une rame est conforme aux STI (cf. plus loin STI CSS) elle peut circuler sur une ligne STI ; le problème en France c'est qu'il y a très peu de lignes totalement conformes aux STI d'infrastructure, donc il faut faire beaucoup d'essais pour répondre à la conformité des RTNN ; et le prix

français des essais est très supérieur à la moyenne de l'Union européenne ; ce qui ajoute une contrainte supplémentaire.

Points ouverts avec les STI

Il existe des points ouverts dans les STI. Ce sont des domaines pour lesquels aucun consensus n'a encore été trouvé entre les états membres. Ces points ouverts sont alors traités par une règle nationale.

Dans certains cas, il peut arriver qu'un point ouvert ait été oublié et qu'il n'y ait ni STI, ni RTNN pour réglementer un certain domaine. Le constructeur est alors confronté à faire des choix dans un référentiel flou.

STI Contrôle Commande

Le réseau national français est encore en partie non conforme aux STI, le déploiement de l'ERTMS y est encore limité et oblige les constructeurs à introduire deux systèmes : l'ERTMS et le système national (classe B). Le bi—standard permet la gestion automatique et sécurisée des transitions entre les deux systèmes lors du passage d'une zone équipée en classe B à une zone équipée en ERTMS, et inversement. Cette transition est réalisée grâce à une interface interne au bi-standard, qui n'est pas standardisée comme celle d'un STM (Specific Transmission Module).

Le bi-standard est un équipement fourni, dans certains cas, dans le cadre d'un contrat séparé de celui du MR, et maitrisé par l'opérateur.

Or la STI contrôle-commande change souvent (3 fois en 5 ans, 2017) ce qui oblige le bi-standard (TVM[22]/ERTMS, KVB/ERTMS, ou les ERTMS connectés à un STM-KVB à évoluer pour être en accord avec la STI. La mise à jour de l'ERTMS assurée par leur constructeur, constitue parfois le chemin critique pour la conformité.

Dans un rapport d'audit récent, l'ART note :

« Le positionnement du Laboratoire ERTMS France (LEF), qui dispose notamment de bancs d'essais pour valider le bon comportement des architectures de sécurité ERTMS sur le RFN, au sein de l'ingénierie du matériel de SNCF Voyageurs contraste avec les solutions retenues dans d'autres pays européens. Il apparaît donc nécessaire de veiller à ce que les nouveaux entrants puissent y faire appel dans des conditions transparentes, équitables et non discriminatoires ou bien à ce que des solutions alternatives et indépendantes soient disponibles. »

Par ailleurs l'ART a souligné qu'il existe une asymétrie d'information historique et temporaire entre les nouveaux entrants et l'opérateur historique pour la mise en œuvre des équipements. Elle remarque que l'absence de responsable clairement identifié pour les systèmes de sécurité de classe B français complique la tâche des nouveaux entrants et entrave un accès transparent et ouvert à ces systèmes.

En France, l'ART conclut que la mise en œuvre d'une architecture conforme aux objectifs fixés par les textes européens relatifs à l'interopérabilité (soit organisée autour de l'ERTMS) est entravée par l'absence de STM-TVM.

Catégories ESC (ETCS System Compatibility)

Avec la mise en œuvre du 4ème paquet ferroviaire européen, les catégories ESC (ETCS System Compatibility) ont émergé. L'ESC correspond aux preuves à apporter pour démontrer la conformité avec

[22] Transmission Voie-Machine, Système de sécurité de classe B en France, ligne grande vitesse

le système contrôle-commande, le système de reconnaissance par les balises. Ce sont les GI qui définissent les catégories ESC. En France il y a 36 catégories ESC.

Ce nombre élevé d'ESC est problématique pour les constructeurs mais aussi pour les opérateurs. Pour chaque ESC, il y a une démonstration de conformité à faire. Quelques pays demandent aussi bien des essais sur site que de la simulation. La France demande sur certaines ESC des simulations faites en laboratoire et des démonstrations avec des essais sur site, cela revient à alourdir le processus d'homologation.

Exigences non réglementées (hors RTNN/STI)

À côté des réglementations STI et RTNN, il existe des règles non réglementées : elles peuvent être de plusieurs natures (normes européennes, règles techniques et autres standards)

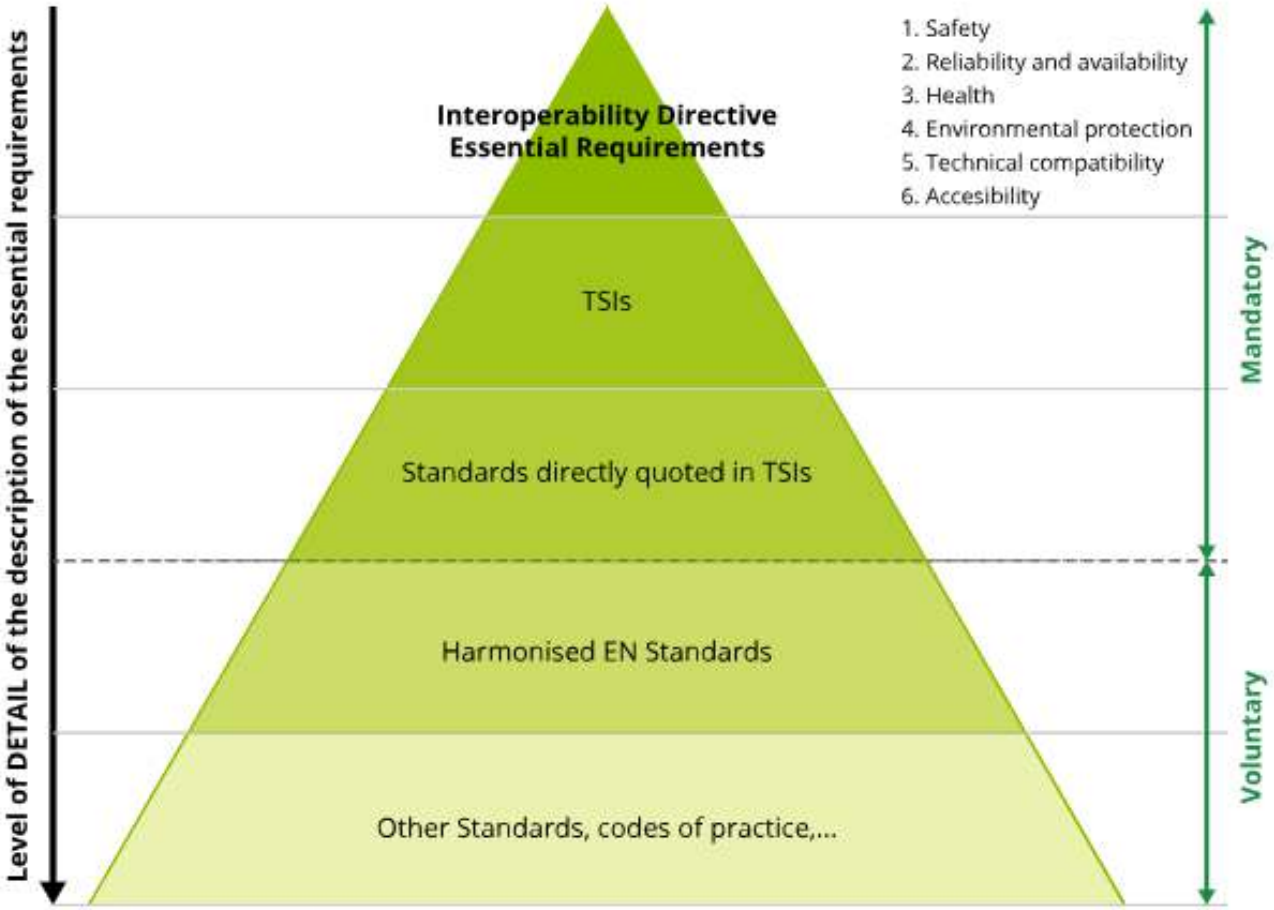


Figure 32 : Niveau de détails des spécifications
Source : UNIFE, 2025

Ainsi les spécifications peuvent faire référence à des normes ferroviaires européennes ou internationales, parfois même encore françaises (NF) :

- soit que les STI ou les RTNN renvoient vers ces normes ;
- soit que le donneur d'ordre rajoute des spécifications supplémentaires qui font référence à ces normes.

On retrouve par exemple les normes EN 50155 pour le matériel électrique, EN 45545 pour les exigences Feu-Fumée. Ces normes évoluent et les opérateurs historiques peuvent demander la requalification de matériaux. Cette requalification de matériau peut avoir un impact très important pour l'équipementier

d'autant que les laboratoires qualifiés pour les problématiques de Feu-Fumée ont parfois des disponibilités réduites. Ces surcouches de spécificités de la SNCF ou de la RATP ne sont pas toujours anticipées par les équipementiers et cela se répercute sur la planification des tests dans les laboratoires. La SNCB et la DB ont des exigences plus légères et se reposent sur ce qui est fait notamment en France. Il en est de même pour la Renfe.

Parfois certaines spécifications font référence à des normes françaises ce qui peut à termes poser des problèmes d'approvisionnement sachant que la tendance des fournisseurs est plus de suivre des normes harmonisées européennes.

Pour les équipementiers, cela se traduit par des allers-retours entre leurs clients (les opérateurs) et eux-mêmes ; il y a notamment beaucoup d'évolutions de documentation qui font perdre beaucoup de temps et d'argent.

Il arrive que l'équipementier se retrouve avec un produit qui n'est plus bon car il y a eu un changement de niveau d'exigences au niveau de la norme : surqualifications par exemple sur le Feu-Fumée ou même sur la CEM. Ainsi, cela nécessite de reprendre la piste de qualification avec des exigences qui n'ont pas forcément été prises en compte lors de la conception.

Il arrive également que les habitudes d'utilisation créent des exigences qui vont au-delà des normes mais que les équipementiers doivent néanmoins respecter.

Au-delà des exigences que l'on retrouve dans les normes nationales et internationales ou relevant des STI/RTNN, les équipementiers du ferroviaire doivent se plier aux exigences qu'imposent notamment certaines EF pour faciliter leurs opérations de maintenance. Une EF avec une forte ingénierie et impliquée dans les opérations de maintenance pourra demander à introduire un cycle de validation plus lourd des plans techniques et autres, ce qui rallonge les étapes de conception d'un train.

Quand un requis d'ingénierie de EF exige par exemple de doubler les composants pour augmenter la fiabilité, ce n'est pas un choix qui a été dicté par la sécurité mais par ces choix stratégiques en matière de maintenance et d'opérations.

Caractéristiques du réseau

Le réseau français est marqué par une forte hétérogénéité à plusieurs niveaux.

Une des caractéristiques du RFN est qu'il y a 3 différents types d'infrastructure en fonction des niveaux de tension d'alimentation de traction et du type de caténaires

- 25kV AC avec caténaire de type « polygonale »
- 1500 V DC avec caténaire de type « midi »
- 1500 V DC avec caténaire de type « polygonale »

Pour certains paramètres, la vérification de la compatibilité technique peut nécessiter l'emploi du processus d'évaluation des risques selon le règlement (UE) n° 402/2013.

Il s'agit de sujets techniques, qui ne sont pas couverts par les STI et les règles nationales, tels que :

- transition des EQS (équipements de sécurité) ;
- détecteurs électroniques de roue autres que D39/D50 ;
- circuits de voies différents des UM 71 ;
- boucles d'aide au shuntage, scrubbers ou autre dispositif ;
- MR qualifié avec une pose de rail au 1/40 ;
- pantographes racleurs ;
- équipement de signalisation français avec une électrification en 15 ou 3 kV ;

- captage par troisième rail ;
- délais d'annonce avec les PN ;
- frein à courant de Foucault ;
- nouveaux modes de traction (hydrogène, batteries d'accumulateurs, gaz, etc.).

Sur le RFN, en signalisation au sol, l'espacement des trains de même sens est assuré par le block automatique par l'intermédiaire de circuits de voie ou de compteur d'essieux. En TVM, la signalisation est réalisée techniquement par l'envoi d'informations continues au train par le biais des circuits de voie, et par des balises d'informations ponctuelles. En ETCS, un système de détection des trains au sol s'appuie sur l'existence des circuits de voie pour localiser un train aval sur un canton.

Le matériel roulant doit s'interfacer avec les familles de circuits de voie suivants du RFN :

- UM71, type de circuit de voie, (qui représente la majorité, installé entre les gares) ;
- ITE, circuit de voie principalement utilisé en gare ;
- circuits de voie sans joint courts (principalement utilisés aux passages à niveaux) ;
- circuits de voie 50 Hz (pour les zones du RFN en 1500 V DC) ;
- circuits de voie 83 Hz (pour les zones du RFN en 25 KV).

Essais ferroviaires et simulations

Anneaux d'essai

De l'avis des principaux acteurs français, il serait souhaitable d'avoir des alternatives aux essais en ligne. Les constructeurs notent que si l'on faisait plus d'essais qualifiants sur les anneaux d'essais, cela allègerait la procédure globale.

En France en matière d'anneau d'essai il n'y a que le site de Petite-Forêt. Ce site est malheureusement saturé. Un projet d'extension avait été envisagé pour ce site, mais il a rencontré l'opposition des riverains. **Par ailleurs l'anneau d'essai européen Railenium, également appelé Centre Européen d'Essais Ferroviaires (CEEF) a été abandonné en 2015. Ce projet a été porté notamment par l'IRT Railenium, l'État, la région Nord-Pas-de-Calais, et d'autres partenaires industriels et académiques**

L'anneau de petite Forêt manque de représentativité de ce que l'on retrouve sur le réseau français (tensions du réseau, etc..). Cela limite le report des essais en ligne sur cet anneau.

Le site de Velim en contraste a une offre très importante (tensions de 25 kV, 1.5 kV, CC, etc..). Il dispose également de la possibilité de basculer entre différents systèmes électriques européens, ce qui le rend particulièrement adapté aux tests d'interopérabilité. Par ailleurs, Il faudrait pouvoir faire de **la grande vitesse en France**. Le CEF de Valenciennes est un centre d'essais performant pour les métros ou les trains de banlieue, mais la France n'a pas, contrairement à l'Allemagne ou à la République tchèque, de circuits d'essais pour les trains grandes lignes.

Pour la grande vitesse il y a l'anneau de Velim en République tchèque, qui autorise des vitesses élevées (jusqu'à 210 km/h pour les trains classiques et 230 km/h pour les trains pendulaires). **L'anneau de Velim est lui aussi saturé, il faut un an pour réserver un créneau. En outre, il faut acheminer les trains vers Velim ; ce qui entraîne un trajet de trois à quatre jours et un coût de 100 000 €.**

Les anneaux d'essai ne sont pas la solution à tous les essais mais ils sont d'une grande aide pour faire des sauts de configuration. Par ailleurs ils apportent une solution pour contrôler les délais avec une disponibilité 24h/24h et permet aussi de sortir des problématiques d'être dépendant de la disponibilité des sillons, des dépôts SNCF pour instrumenter le train.

Autorisation temporaire pour les essais sur le réseau

Il y a 30 ans le train d'essais en France « faisait ce qu'il voulait », il était prioritaire et pouvait entrer dans un dépôt SNCF s'il y avait un problème. Cette possibilité de s'arrêter aux dépôts SNCF n'existe plus aujourd'hui. On a donc augmenté les exigences en matière de fiabilité : Il faut que le train « roule » et pour cela une autorisation temporaire est exigée, le train doit être instrumenté.

Les autorisations d'essais sont temporaires et bornées dans le temps et l'espace ; les laboratoires d'essais doivent être qualifiés.

Afin que le résultat d'un essai soit acceptable, il doit provenir d'un organisme d'essais reconnu compétent :

- directement par son accréditation ou un audit. Dans ce cas, il convient de faire appel à un organisme d'essais accrédité par le COFRAC dont la portée d'accréditation reprend explicitement l'essai considéré ;
- à défaut d'organisme d'essais accrédité NF EN ISO /CEI 17025 en Europe (dont la preuve doit être apportée par le demandeur), il peut être fait appel à un organisme d'essai certifié ISO 9001 (dont le demandeur doit prouver la compétence), ou à un autre organisme dont les critères de reconnaissance sont définis dans la SAM X 009[23], 2012.

L'organisation d'une campagne d'essais ferroviaires en France implique de multiples acteurs, ce qui alourdit les phases de préparation et de pilotage. Le constructeur qui doit mener une campagne d'essais pour un nouveau matériel roulant doit d'abord s'adresser à CERTIFER, organisme français chargé d'évaluer la conformité des essais aux STI et aux RTNN. Ensuite CERTIFER organise et planifie les campagnes d'essais chez Eurailtest ou tout autre intermédiaire commercial ; puis pour les essais en ligne, CERTIFER adresse, pour le compte du constructeur, via Eurailtest, un dossier d'autorisation temporaire de circulation à des fins d'essais à l'AEF. L'AEF transmet cette demande à SNCF Réseau qui examine le programme d'essai et la demande d'autorisation qu'il renvoie à l'EPSF qui accepte ou rejette la demande ; si l'EPSF l'accepte, l'AEF réserve alors les sillons et mobilise des conducteurs d'essai. D'autres pays comme l'Allemagne ou la Belgique ne demandent pas d'autorisation temporaire spécifique pour les essais sur le réseau. CERTIFER peut ainsi demander en direct en Belgique un sillon d'essai.

Accès au réseau

Il y a très peu de sillons libres en France ; en outre il y a une dispersion géographique des sites dédiés aux essais en ligne. Cela complique l'organisation de la campagne d'essais. Les essais de shuntage se font en Bretagne ; d'autres sites sont en Alsace, d'autres à Vierzon, etc…Par ailleurs ce sont parfois des zones très denses en termes de trafic, et auquel viennent se rajouter créneaux attribués aux travaux. Il ne reste souvent que les week-ends et la nuit alors qu'un anneau d'essai est disponible en trois*huit.

La réservation des sillons doit être faite à priori **40 jours en amont.** Mais des aléas peuvent impacter le calendrier et ce délai donne moins de flexibilité. Il y a parfois des reprogrammations de dernière minute ; cela dépend de la souplesse des personnes avec qui l'on travaille. Parfois comprimer la campagne d'essais dans un temps plus court pose des problèmes de ressources humaines.

Si un constructeur doit rallonger la campagne d'essais, cela a un impact sur le planning. Ainsi, il faut réserver beaucoup plus largement en amont mais cela revient beaucoup plus cher. Si les dates réservées pour les sillons d'essai sont dépassées, il faudra réserver à nouveau, ce qui alourdit le processus. Il existe aussi une procédure de sillons de dernière minute qui fonctionne bien.

[23] Référentiel de reconnaissance d'organismes d'essais

Les infrastructures du RFN sont d'abord vouées aux circulations commerciales : le train d'essais n'est jamais prioritaire, c'est toujours le train de voyageurs, puis le train de fret. Il arrive que l'état du réseau perturbe le bon déroulement des essais mais cela reste marginal.

Il se pose aussi fréquemment le problème de la disponibilité des conducteurs d'essai de la SNCF.

Il y a beaucoup plus de contraintes aujourd'hui pour rentrer sur le RFN : beaucoup de dispositifs de surveillance à mettre en place (surveillance de la dynamique ferroviaire, de la CEM, de la réjection des harmoniques, ...). Pour les constructeurs, il devient difficile de faire rouler des trains d'essais sur le réseau national.

En France les essais dynamiques sont réalisés sur une ligne commerciale sans autre circulation ; en Belgique les essais se déroulent sur une voie adjacente à une voie commerciale ; il est donc plus intéressant de faire l'essai en Belgique qu'en France si les preuves sont comparables.

Le coût d'une journée d'essai sur le RFN s'élève à 35 000 € ; un prix élevé qui peut constituer un frein à l'arrivée de nouveaux acteurs sur le réseau.

Site spécifique à un essai particulier

Il faut cartographier la réservation des essais dans le planning, il faut les organiser : le shuntage ne peut pas être testé par temps de pluie. **L'essai de shuntage doit être le premier et il décale le planning final.**

Il existe des DeBo qui exigent que les essais de compatibilité électromagnétique se fassent sur une ligne donnée parce que c'est là que la sous-station a l'impédance la plus caractéristique du réseau.

Essais ERTMS

Il y a une certaine souplesse en Belgique pour les essais d'ERTMS ; ils ne sont pas toujours obligés d'en référer à leur ANS, CERTIFER Belgique peut représenter l'ANS pour certaines activités d'essais.

La France et les Pays-Bas ont choisi de définir une classe d'essais ESC (ETCS System Compatibility) à chaque passage de frontière afin qu'on puisse juste certifier pour un seul passage. Cette règle impose s des contraintes importantes pour les tests : i l'on veut autoriser un type pour la France, il faut faire un essai à chaque passage de frontière. D'autres pays ont regroupé en faisant des classes d'équivalence d'essais ESC.

Essais de shuntage

Au regard des particularités techniques du système ferroviaire français et du retour d'expérience, l'application de la seule réglementation européenne ne permet pas de garantir un niveau de sécurité suffisant vis-à-vis du risque de déshuntage des véhicules. L'EPSF a émis une recommandation qui précise les dispositions nationales pour la vérification de l'aptitude au shuntage des véhicules neufs, renouvelés ou réaménagés amenés à circuler sur le système ferroviaire français.

Cette exigence d'apporter des preuves du bon shuntage du MR sur un site unique (Plouaret) n'existe pas dans d'autres pays en Europe (comme en Allemagne, aux Pays-Bas et en Italie) et reste donc une spécificité française liée à l'infrastructure et au choix de l'ANS pour la définition de la nature de l'essai à réaliser.

Essais de freinage

En Espagne les essais de freinage sont jugés plus faciles qu'en France par un constructeur. Il semble que les essais de freinage aillent deux fois plus vite aux Pays-Bas qu'en France, le GI des Pays-Bas imposant moins d'essais de freinage que SNCF Réseau.

Essais en laboratoire

Les équipementiers n'interagissent pas en direct avec les évaluateurs NoBo[24] / DeBo[25] mais passent par l'intermédiaire du constructeur sauf si le client direct est RATP / SNCF. Parfois les laboratoires sont imposés : ces laboratoires ne sont pas nombreux sur certaines applications et peuvent présenter des indisponibilités.

C'est surtout la requalification Feu-Fumée qui pose un problème car il y a environ 5-7 laboratoires qui conviennent et il faut trouver le bon au bon moment et au bon prix. La charge de travail de ces laboratoires est très cyclique. Quand il y a beaucoup de projets, ils ont plus de charge. Aussi, il peut y avoir des déphasages quand des industriels matériaux visent des projets dans une certaine temporalité (2-3 ans) et lancent de nombreuses requalifications de leurs matériaux, ce qui peut entraîner des retards, d'autant difficiles à estimer que la charge d'activité des laboratoires est inconnue des demandeurs.

Le LEF apporte une capacité de faire des essais préparatoires en laboratoire pour éviter que les essais en ligne ratent dès la première fois ; il faudrait en faire plus mais les contraintes informatiques sont importantes et la reproduction de toutes les spécificités de l'infrastructures est difficile.

La France préfère les essais en grandeur nature alors que le RFN est saturé. Les essais en survitesse notamment sont difficiles à organiser. La France n'utilise pas assez les moyens de simulation et de modélisation alors qu'il n'y a déjà pas assez d'anneaux.

Simulation

Malgré le potentiel de la simulation numérique pour réduire le nombre d'essais physiques, son adoption en France reste freinée par une certaine prudence réglementaire. Les moyens de calcul sont performants. Pour la dynamique ferroviaire, le captage, l'aérodynamique, les constructeurs pourraient en faire plus en simulation.

Il faudrait maximiser les essais en usine via la simulation numérique de façon à réduire au maximum les essais sur voie. L'EPSF a d'ailleurs écrit une doctrine[26] sur la simulation numérique et fait du conseil auprès des industriels sur leur stratégie d'essais.

Mais chez certains DeBos, il y a une certaine frilosité à reconnaître qu'on peut remplacer les essais par la simulation ; les constructeurs préféreraient la simulation mais ils estiment que l'effort de convaincre les DeBos est coûteux.

On pourrait imaginer qu'entre les campagnes, on indique au constructeur ce qu'il faut réussir à montrer pour que la simulation soit reconnue à la place de l'essai pour la prochaine campagne d'essais (de quoi doit être capable le simulateur en comparaison des essais, dans quelles configurations). L'utilisation de la simulation par les constructeurs et les ANS est « dictée » par leurs pratiques mais n'est pas imposé par une réglementation, une directive. Les pratiques se justifiaient à une époque à cause des capacités de calculs très limitées.

---

[24] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[25] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)

[26] Recommandations officielles de l'EPSF encadrant l'usage de la simulation (numérique, analytique, HIL) comme éléments de preuve dans les démonstrations de conformité et de sécurité ferroviaire, en vue notamment de la « certification virtuelle » partielle https://www.securite-ferroviaire.fr/reglementation/recommandations-relatives-lusage-de-la-simulation-numerique-dans-les-demonstrations-de-conformite

Interactions Equipementier, Constructeur, donneur d'ordre

La consultation du dossier et la documentation technique prennent du temps ; sept mois en moyenne. La notion de traçabilité par exemple entraîne la constitution de **800 documents** environ que le constructeur doit gérer ; en effet toute modification de matériel roulant doit être **justifiée** et documentée ; cela demande beaucoup **d'investissements** en ressources humaines, voire une équipe d'ingénierie dédiée. La démonstration de conformité du matériel roulant implique de nombreuses preuves documentaires : avis et rapports d'experts ; rapports des essais dans d'autres pays éventuellement, comptes-rendus des essais sur anneaux.

Les allers-retours entre constructeurs et équipementiers ainsi que les évolutions de documentation font perdre du temps et augmenter les coûts ; les constructeurs ont parfois des exigences internes en termes de documentation. Sur un projet d'ampleur, un équipementier doit prévenir le client deux semaines en avance qu'il y a un document à relire. Du côté du constructeur, il y a un délai de prévenance auprès du client final (opérateur) qui peut être de 3 semaines. 5 semaines au total est énorme pour un projet et empêche toute avancée technique ou documentaire du projet. De plus, il y a aussi le temps de relecture du client final. C'est en partie pour cela que les projets ferroviaires durent des années. Ces délais de prévenance ne découlent pas de normes mais de besoins spécifiés. Ce type de contraintes n'est pas rencontré sur les projets pour l'étranger.

Les processus de validation des documents techniques concernent toutes les étapes d'un projet ; il y a des validations sur les spécifications fonctionnelles, techniques, revues des plans et le Design freeze ; pour ses projets la SNCF demande systématiquement la validation de tous les documents ; et il peut y avoir jusqu'à dix versions d'un même document. Ces validations continuent aussi dans les processus de fabrication. Les EF qui n'ont pas une ingénierie aussi forte transfèrent plus de responsabilités aux fournisseurs et cela induit moins de surcouches d'exigences spécifiques et donc moins de documentation.

La SNCF a l'avantage de disposer de beaucoup de REX et offre une vraie valeur ajoutée dans la présentation du dossier pendant la constitution du dossier technique d'accompagnement de la demande.

L'introduction du guichet unique (ERA) est un plus. Cela a permis de structurer le dossier de la demande.

Il faut considérer le cas particulier des AOM en tant que demandeur, qui doivent apporter des preuves, et n'ont pas forcément de service technique et/ou s compétences pour cela et doivent donc recourir à la sous-traitance mais le demandeur assure la responsabilité juridique de la véracité des informations communiquées à l'Agence de sécurité. Cela veut dire qu'il assume que le dossier est complet.

Transports guidés

Bilan

Le bilan des leviers d'amélioration de la filière française est résumé en début de rapport dans la partie dédiée aux leviers d'amélioration de la filière française en page **Erreur ! Signet non défini.**.

Nature du référentiel

L'autorisation d'un tramway ou d'un métro est donné par le préfet qui suit un avis émis par le STRMTG à la suite de l'analyse de sécurité faite par la maîtrise d'ouvrage et validée par l'EOQA.

La voie, la caténaire, le matériel roulant et la signalisation sont traités par des « safety cases ». Il y a des évaluations de probabilité d'occurrence et des réponses aux moyens de baisser le risque. Chaque véhicule est conçu pour le système auquel il est destiné.

Il y a **plusieurs référentiels** pour ce processus :

- **les normes européennes de conception** (Feu-Fumée, compatibilité électromagnétique, risques d'électrocution…) ;
- un document spécifique au tramway, **un guide de conception édité par le STRMTG** qui traduit les normes ferroviaires avec les spécificités du tramway : distances d'arrêt courtes par exemple ; c'est un guide d'application des normes ; il y a des discussions périodiques entre le STRMTG et les AOM ce qui permet d'actualiser ce document ave des REX ;
- **la norme EN 50128** qui définit la manière dont on construit un safety case, comment une étude de sécurité doit être menée ; le gestionnaire d'infrastructure a son rôle à jouer car il faut la compatibilité avec l'infrastructure.

Il y a quatre regards pour le matériel roulant urbain : le constructeur, l'OQA, l'évaluateur du système, le STRMTG.

L'approche pour le matériel urbain est plus axée sur le système (MR + infrastructure). Le produit est beaucoup moins spécifié que dans les transports ferroviaires. Cela simplifie toutes les étapes : de la conception des safety cases, aux regards apportés par l'OQA, le SRTMTG et la préfecture.

Pour le tramway l'approche est fonctionnelle, on regarde les risques associés à une fonction ; la conception doit faire face à son analyse fonctionnelle. Le safety case n'a pas besoin d'être parfait mais il faut faire un dossier complet et montrer que c'est bien cohérent.

Donneurs d'ordre

Les tramways sont commandés par les municipalités ou AOM qui peuvent avoir des exigences très pointues, très différentes d'une ville à l'autre, nécessitant parfois de la reconception. Il arrive que le STRMTG travaille sur les cahiers des charges (CCTP) si l'AOM est d'accord. Cela permet d'identifier s'il y a des manques dans les prérequis. Il arrive également que l'exploitant rédige lui-même le CCTP. Les EF sont impliquées dans le processus dans le sens où elles veillent à ce qu'il y ait une cohérence au niveau du MR et que leur expérience d'exploitation peut être prise en compte.

En Île-de-France la RATP commande le matériel roulant pour le compte de l'AOM Île-de-France Mobilités. Pour le futur réseau du Grand Paris, la SGP a passé les commandes de matériel roulant, qui sera financé par Île-de-France Mobilités qui en sera le propriétaire. À Lyon SYTRAL Mobilités, AOM des territoires lyonnais, commande le matériel roulant dont elle est propriétaire. À Toulouse, Tisséo Collectivités commande le matériel roulant et a engagé une agence pour accompagner Alstom, fournisseur de la future troisième ligne de métro, pour la conception intérieure des trains.

Systèmes de tramway

À Paris mais aussi aux Pays-Bas ou en Belgique les assistances à maîtrise d'ouvrage (pour l'urbain) sont très intrusives et exigeantes ; et il y a un impact sur la définition du produit, et donc sur la démonstration de sécurité et le dossier d'homologation qui lui est associé. Dans d'autres villes en France ce sera différent. D'une manière générale, les niveaux d'exigences des métros lyonnais et marseillais ou des opérateurs de tramways en province sont moindres qu'en Île-de-France, où la RATP peut avoir des exigences très spéciales, des niveaux de sécurité très élevés et des exigences extra-réglementaires.

En fonction du niveau de maturité ferroviaire il peut y a voir plus ou moins d'implication de la maîtrise d'ouvrage. Dans la conception du MR, RATP par exemple est assez regardante ; **plus le client a une ingénierie intégrée puissante, moins la portabilité d'un projet de tramway à l'autre est possible**.

Dans le domaine des tramways, il existe plusieurs gammes de MR donc sur la partie présentation des caractéristiques des véhicules, dans la mesure où il y a reproduction des principes de conception et des fonctionnalités, les dossiers vont être les mêmes et il y a une assez bonne portabilité des dossiers même si certaines spécificités subsistent; Si entre deux projets, les écarts sont bien identifiés et que l'on peut

justifier que ça n'impacte pas la démonstration de sécurité : il y aura une bonne portabilité du projet à condition que la description de ces écarts soit bien intégrée dans les dossiers déposés.

Systèmes de métros

La portabilité des projets de métro demeure plus limitée que celle des projets de tramway. Les volumes concernés, les architectures systèmes et les interfaces avec l'infrastructure varient fortement d'un réseau à l'autre, ce qui réduit les possibilités de réutilisation directe des solutions existantes.

Si le recours à la simulation peut être envisagé en théorie, il apparaît dans la pratique que la réalisation d'essais demeure souvent plus efficiente, compte tenu de la nécessité de modéliser finement les interfaces avec l'infrastructure. À titre d'exemple, les caractéristiques des réseaux de métro de Marseille et de Lyon présentent des différences significatives qui nécessitent des démonstrations spécifiques.

L'une des spécificités du métro, c'est qu'il y a de plus en plus souvent de pilotage automatique ; il y a des normes de développement logiciel pour assurer le niveau SIL 4 exigé. Tout le processus de démonstration du SIL4 doit être réalisé. On ne peut pas tester la défaillance logicielle ; il faut s'appuyer sur des démonstrations normatives. Il faut une évaluation indépendante, spécifique et non portable. La sensibilité du niveau de SIL à une modification est un vaste sujet.

Si un matériel roulant pour le métro par exemple doit rouler sur plusieurs lignes, il y a une autorisation du véhicule et une démonstration pour chaque ligne car elles ont chacune leurs spécificités : interfaces avec les quais par exemple ; il y a un gabarit type défini par RATP Infrastructures et une volonté d'homogénéiser les lignes ; mais il y a toujours une approche ligne par ligne et une autorisation pour exploiter un véhicule sur une ligne, et la démonstration que la ligne peut accueillir ce véhicule ; c'est pareil dans les autres villes, c'est un système défini par l'AOM (ville ou région) qui définit ses exigences.

Essais

Les essais finaux des tramways se font sur voie interceptée et protégée.

Les essais nécessaires à l'AMM des métros et tramways sont autorisés à vide (sans voyageur) ; les essais réalisés chez le constructeur sur ses propres voies sont reconnus s'ils ont été réalisés dans les mêmes conditions.

Il y a un **dossier spécifique d'autorisation des essais dynamiques** sur voies destinées à l'exploitation qui a pour vocation de couvrir les risques pour les tiers ; c'est plus un dossier pour les tramways, les métros fonctionnant en tunnel. Il y a beaucoup d'essais de qualification sur le site du constructeur mais il y a des essais qu'on ne peut pas faire chez le constructeur, comme le freinage d'immobilisation sur la plus grande pente, le gabarit.

Le STRMTG intervient au niveau des essais, avant l'AMM ; il y a le dossier d'autorisation des tests et essais qui a un délai réglementaire aussi : le constructeur doit dire comment il va couvrir les risques pendant les essais sur une infrastructure vis-à-vis des tiers avec un MR qui n'est pas encore en phase nominale : protéger un carrefour du tramway par exemple.

Les constructeurs ne proposent pas beaucoup de simulations. Il n'y a jamais eu de demande de démonstration entièrement basée sur de la simulation, il y a toujours une partie essai. Il y a des travaux de normalisation sur le sujet, auxquels le STRMTG participe ; en tramway ce n'est pas trop le cas, ce sont surtout des essais sur site. Il n'y a pas de démonstration des objectifs fixés réalisée entièrement par simulation. Quand il y aura une norme cela fera un référentiel sur lequel s'appuyer.

Interactions entre les parties prenantes

Pour les métros, Il y a deux dossiers principaux à réaliser, processus définis par le décret 2017-440.

Dossier préliminaire de sécurité (DPS) : ; c'est l'équivalent du permis de construire ; il définit ce que le demandeur veut faire ; il doit être validé pour réaliser le système et le construire. Le DPS n'est pas spécifique au MR, il est plutôt prévu pour les infrastructures du projet, s'il y a des travaux substantiels ou la construction d'une nouvelle ligne avec nouveau MR. Si le dossier n'est que pour l'acquisition pure d'un nouveau MR, il y a un DPS seulement s'il y a des modifications substantielles des infrastructures.

Dossier de sécurité (DS) : une fois instruit et validé par le préfet qui promulgue un arrêté préfectoral pour construire + un arrêté préfectoral pour exploiter.

Les deux dossiers conduisent à mener des instructions : l'AOM et le STRMTG interagissent. Une fois l'appel d'offres lancé l'AOM choisit son constructeur et écrit un cahier des charges qui alimente le DPS, ou un **dossier de conception de sécurité** (DCS) ciblé sur le véhicule (si les infrastructures existent déjà), validé pour autoriser la construction, avec les interfaces avec le système existant le cas échéant. Les dossiers sont évalués par des organismes agréés par le STRMTG.

Le STRMTG échange et partage avec les diverses parties en amont avant même d'avoir les dossiers ; ils peuvent identifier des points bloquants ou litigieux, suggérer des choses qui ont été acceptées sur un réseau ailleurs par exemple ou dire que tel concept ne pourra être validé.

Pour les tramways, les bureaux du STRMTG échangent avec les agglomérations deux à trois fois par an et sont au courant des projets en cours, des modifications en cours. Ils sont systématiquement saisis pour le matériel roulant et les automatismes, ou l'aménagement des carrefours routiers ; cela leur donne une vision des projets, quatre ou cinq mois avant les premiers dossiers.

L'AOM dépose le dossier complet avec les avis de l'OQA et le STRMTG va l'instruire en considérant les travaux de l'OQA et aussi les dossiers, du point de vue technique ; il le transmet avec avis au préfet, qui a ses propres services, pour le point de vue administratif ; ces services mettront en forme l'arrêté sur la base de l'avis du STRMTG et de certaines commissions départementales sur la sécurité ou l'accessibilité ou les risques biologiques ; le préfet pourra ensuite prendre l'arrêté sur la base de tous ces avis pour donner l'AMM. En effet, le préfet peut consulter d'autres avis, par exemple, ceux des pompiers.

Délais

Il peut y avoir des suspensions de délai d'instruction parce que les projets ne sont pas prêts, souvent en raison d'un défaut de planning des constructeurs. Le STRMTG estime que le procédé est assez simple, que la possibilité de suspension de délai d'instruction sur demande de l'AOM ou du préfet donne de la souplesse.

Dans le DCS le niveau de détail de la conception doit être très fin ; sinon le STRMTG va demander des études supplémentaires, de la documentation et des précisions et cela va retarder le processus. Si le DCS est parfait, ils pourront engager le processus tout de suite.

Il y a trois mois d'instruction et deux mois de complétude, plus les signatures au niveau du département. Pour les demandes d'autorisation d'essai (DAE), il y a un mois de complétude et deux mois d'instruction. Ils sont souvent déposés au même moment que le DS. Le DAE est valable pour plusieurs essais.

À cause des demandes de suspension il arrive qu'une instruction dure trois ans pour un métro ; pour le tramway c'est moins fréquent. Cela implique leur plan de charge aussi. La suspension permet de ne pas refaire un dossier.

La réglementation permet de déposer le DS cinq mois avant la mise en service et ensuite de verser pendant l'instruction les derniers résultats des tests et essais.

Sources

- Guide à l'usage des demandeurs d'autorisation par type et de mise sur le marché de véhicule ferroviaire, https://www.securite-ferroviaire.fr/sites/default/files/reglementations/pdf/2023-03/guide004-autorisation-mr-v2.pdf
- Aptitude au shuntage des matériels roulants : Règles de conception, 2015, https://www.securite-ferroviaire.fr/sites/default/files/reglementations/pdf/2023-03/sam-s004-v2-mac.pdf
- Aptitude au shuntage des véhicules, décembre 2024, https://www.securite-ferroviaire.fr/sites/default/files/reglementations/pdf/2024-12/CCS-RECO-006-V3_04122024.pdf
- L'homologation des trains, un processus à revoir en France selon une mission parlementaire, https://www.ville-rail-transports.com/ferroviaire/lhomologation-des-trains-un-processus-a-revoir-en-france-selon-une-mission-parlementaire/
- https://www.securite-ferroviaire.fr/reglementation/aptitude-au-shuntage-des-vehicules
- https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Characteristics_of_the_railway_network_in_Europe#Railway_lines_equipped_with_ERTMS
- https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/202411%20Consultation%20DGITM%20-%20ERTMS.pdf
- https://www.securite-ferroviaire.fr/sites/default/files/reglementations/pdf/2023-03/sam-x009-v2-mac.pdf
- https://www.autorite-transports.fr/wp-content/uploads/2020/07/bilan-ferroviaire-2019_chiffres_mi-annee.pdf
- https://www.autorite-transports.fr/wp-content/uploads/2024/12/bilan_ferroviaire_2023_essentiel.pdf
- https://www.urbanrail.net/eu/fr/france.html
- https://www.sncf-reseau.com/fr/louverture-concurrence-marche-ferroviaire
- https://mobilinpulse.com/2017/01/11/le-rer-ng-sera-polyvalent/#:~:text=Le%20contrat%20des%20RER%20NG%20pass%C3%A9%20avec,les%20lignes%20D%20et%20E%20du%20Transilien%2C
- https://investir.lesechos.fr/budget/vie-pratique/rail-francais-un-rapport-qui-accable-la-sncf-et-letat-1924415
- https://cercledeseluslocaux.fr/2023/04/rapport-senateur-stephane-sautarel-les-autorites-organisatrices-de-mobilite-aom/
- https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/0/02/Characteristics_of_the_railway_network_in_Europe_updated_04Feb2025.xlsx
- Annex 11.1 - List of CCS Class B systems.pdf
- https://www.transbus.org/dossiers/tramway.html
- https://www.autorite-transports.fr/wp-content/uploads/2022/07/080722_etude-sse_lgv_rapport-final_publication-vinternet.pdf
- https://www.transilien.com/fr/page-presse/premier-voyage-rer-ng-nouvelle-generation#:~:text=Cette%20p%C3%A9riode%20de%20mise%20en,optimale%20pour%20les%20voyageurs%20franciliens
  - https://www.iledefrance-mobilites.fr/agenda-du-rer-ng
- https://www.transilien.com/fr/page-presse/premier-voyage-rer-ng-nouvelle-generation
- https://www.vladanfoto.cz/clanky-xtrapolis-cityduplex-vuz-velim-cz.html
- https://www.securite-ferroviaire.fr/reglementation/recommandations-relatives-lusage-de-la-simulation-numerique-dans-les-demonstrations-de-conformite

Annexe B – Analyse de l'écosystème ferroviaire allemand

Contexte

Transports ferroviaires

Réseau ferré et son gestionnaire

Le réseau ferré allemand est principalement géré par DB InfraGO, une filiale à 100% de la Deutsche Bahn AG (DB), entreprise publique dont le capital est détenu par l'État fédéral allemand. Jusqu'en 2023, la gestion des infrastructures était assurée par DB Netz, mais cette filiale a fusionné avec DB Station & Service pour devenir DB InfraGO.

En dehors de DB InfraGo, il existe aussi environ 150 gestionnaires de réseau en Allemagne (port, ITE, réseau local, etc..) gérant environ 5700 km de voies.

Le réseau Allemagne se distingue par une organisation maillée autour de grandes villes (maillage moins marqué dans le nord) et un écartement l'écartement standard UIC (1 435 mm) sur la grande majorité de son réseau. Les écartements étroits sont en majorité métrique.

Figure 33: Réseau ferré allemand
Source :DB InfraGO, 2025

Généralités sur le pays	Superficie (km²)	357.592
	Habitants	84,7
Gestionnaires d'infrastructure	Réseau ferré national	DB InfraGo (2024) fusion de l'ancien DB Netz (1998) et DB Station & Service (1999)
	Autres Réseaux	150 autres GI (port, ITE, réseau local, etc.) gérant environ 5700 km de voies.
Généralités du réseau	Longueur totale du réseau en exploitation	39 200 km dont 33 400 km géré par DB InfraGo
	Lignes à grande vitesse (LGV)	8 556 km dont 1 163 km uniquement dédiée à la grande vitesse
	Part des LGV dans le réseau	22 %
	Réseau électrifié	21 297 km
	Lignes non électrifiées (diesel)	17 539 km
	Longueur totale de réseau équipé de l'ERTMS	835 km
	Ancienneté du réseau	0,1% d'augmentation de la longueur du réseau entre 2013 et 2023 17 ans en moyenne
Infrastructure physique	Écartement des voies	1435 mm principalement 1000 mm (réseaux secondaires) > 1000 mm (touristiques)
Electrification et caténaires	Tension d'alimentation	15 kV, 16,7 Hz
	Types de caténaires	Pas de diversité caténaire polygonale/midi
Systèmes de contrôle et sécurité	Systèmes de sécurité nationaux	PZB 90 LZB (LZB L72, LZB L72 CE I et LZB L72 CE II) GNT (lignes pour train pendulaires)
	Systèmes européens déployés	ERTMS (niveaux ETCS 1 & 2)

Figure 34 : Profil du système ferré espagnol
Source : DB, Allianz Pro Schiene, Eurostat, 2023-2024

Développement de l'ERTMS

Niveau L1 / L2

Niveau L2

Figure 35 : Déploiement de l'ERTMS sur le réseau allemand
Source : DB, ERTMS.Net, 2025
Services régionaux

- Le marché régional allemand est l'un des marchés les plus importants d'Europe, libéralisé depuis plus de 30 ans. Selon l'agence fédérale allemande des réseaux (Bundesnetzagentur) 123 EF sont actives dans ce domaine (2023). A noter néanmoins : la gestion de systèmes S-Bahn (équivalent au RER français) restent encore largement dominée par l'opérateur historique (Deutsche Bahn).

SERVICES REGIONAUX (Allemagne)	
Nature du marché	Conventionné (DSP)
Libéralisation des services régionaux	1993 mais première license en 1997
Autres EF que DB	Transdev, Netinera, (ex : Abellio) Benex, Go-Ahead, National express, Eurobahn Keolis GmbH, filiale allemande du groupe français Keolis, n'a plus d'activités en Allemagne depuis le 31 décembre 2021, après 21 ans de présence.
Principaux constructeurs	Siemens, Alstom/Bombardier, Stadler, Pesa, Skoda, CAF

Figure 36 : Transport ferroviaire allemand : Services régionaux
Source : Mofair, Bundesnetzagentur
Services Grande Vitesse

Le marché de la grande vitesse est essentiellement dominé par DB Fernverkehr qui réalise encore 96% des train-kilomètres de ce type de service. En 2018 Flixtrain se positionne en low-cost service sur les axes Cologne-Hambourg et Stuttgart – Berlin et vient de commander 65 trains Talgo.

La Deutsche Bahn a travaillé avec Siemens et Alstom pour définir le train du futur (horizon 2030).

SERVICES GRANDE VITESSE (Allemagne)	
Nature du marché	Open Access (SLO)
Ouverture à la concurrence	1993, première license en 1997
Arrivée de Flixtrain	2018
Principaux concurrents de DB Fernverkehr	Flixtrain, Westbahn, Sur les trains transfrontaliers, ÖBB, Eurostar, SBB
Principaux constructeurs	Siemens, Talgo

Figure 37 : Transport ferroviaire allemand : Services grande vitesse
Source : Mofair, Bundesnetzagentur

Ecosystème & Organisme délivrant l'AMM

ECOSYSTEME AUTOUR DE L'AMM (Allemagne)	
Agence nationale de sécurité	EBA (Eisenbahnbundesagentur)
Organisme notifié (NoBo[27])	TÜV SÜD, TÜV Rheinland Eisenbahn-CERT (EBC), Rail³ GmbH, Railway Approvals Germany GmbH, SCONRAIL GmbH
Organisme désigné (DeBo[28])	TÜV SÜD, TÜV Rheinland, TÜV Nord, Rail³ GmbH Railway Approvals Germany GmbH
Laboratoires et centres d'essais	Pour que les rapports d'essais soient acceptés par l'EBA, les laboratoires doivent être accrédités selon la norme DIN EN ISO/IEC 17025 par le DAkkS (Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH). TÜV Süd Rail, DB System, EMCC (test CEM) **ERTMS Labs** : Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Institute of Transportation Systems (EAL labs)
Anneaux d'essai	Prüf- und Validationcenter Wegberg-Wildenrath (Siemens)

[27] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[28] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales

Figure 38 : Ecosystème autour de l'AMM en Allemagne
Source : EBA 2025 et diverses sources (cf. chapitre source)

Offre de services

Figure 39 : Réseaux de métros et trams en Allemagne
Source : UrbanRail.net, 2025

Services de Métro

Les systèmes de métro classique se retrouvent principalement dans les trois grandes villes de Munich, Hambourg, Berlin.

Réseau	Longueur de lignes	Exploitant	Nombre de lignes
Berlin	147 km	BVG	9
Hambourg	104 km	HHA	4
Munich	107	MVG	8

Figure 40 : Principaux réseaux de métro en Allemagne
Source : BVG, HHA, MVG

Services de Tramway

En Allemagne les systèmes de tramway et de « métro léger » (Stadtbahn) sont bien développés. Après la guerre, la reconstruction et la modernisation des réseaux de tramways ont été prioritaires, surtout en Allemagne de l'Est où le tramway est resté central. En Allemagne de l'Ouest, de nombreux réseaux ont été démantelés au profit du métro ou du bus, avant un retour à partir des années 1980. C'est le cas par exemple de la ville de Hambourg qui avait abandonné son système de tramway en 1978.

Transports ferroviaires

Bilan stratégique

☑ LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS	⚠ POINTS DE VIGILANCE ET RISQUES
Standardisation & "Produit sur étagère L'utilisation de plateformes industrielles éprouvées (y compris transfrontalières) permet de réduire le TTM de 2 à 3 ans,	Impasse des appels d'offres (cas de l'ICE 5) Bien que deux constructeurs aient été présélectionnés, aucune offre conforme aux critères de la Deutsche Bahn n'a été déposée dans les délais. Cette situation s'explique par la combinaison d'exigences techniques ambitieuses, de calendriers de développement très contraignants et de conditions économiques jugées peu attractives par les industriels.
Modèles contractuels "Cycle de Vie" (LCC) Des AOM (LNVG, VVR) confient la maintenance au constructeur. Cela aligne les intérêts : l'industriel optimise la conception du train pour en faciliter sa propre maintenance future.	Morcellement de la Maîtrise d'Ouvrage La régionalisation a multiplié les petits donneurs d'ordre. L'hétérogénéité de leurs compétences techniques et de leurs besoins complexifie la réponse standardisée des industriels.
Gouvernance Collaborative ("Lenkungskreis") Un Comité de Pilotage National réunit trimestriellement toute la filière (AOM, EF, ROSCO, Constructeurs) pour résoudre collectivement les blocages normatifs et adapter les règles.	Inertie des Projets Complexes (Grande Vitesse) Malgré l'optimisation, les projets lourds restent longs : l'ICE 4 a nécessité 6,5 ans de TTM, soulignant la lourdeur structurelle de ce segment.
Dissociation Acquisition / Exploitation En commandant le matériel avant de choisir l'exploitant, les AOM sécurisent le temps nécessaire au développement d'innovations (Hydrogène, Batteries) sans pression opérationnelle.	
Anticipation Institutionnelle (EBA) L'Autorité Nationale (EBA) recrute et forme proactivement des experts signalisation pour absorber le pic de charge à venir lié au rétrofit ERTMS.	

Caractéristiques du réseau

Compatibilité du système ETCS (catégories ESC)

En Allemagne, il y a 7 moins d'ESC (ETCS System Compatibility) qu'en France : 5 contre 36 et donc beaucoup moins d'essais à faire et de preuves à apporter ; il n'y a pas un essai sur site à faire pour chaque transition de frontière comme en France

Autorité nationale de sécurité

L'EBA (Einsenbahnbundesamt/ l'Office fédéral des chemins de fer) intervient comme ANS en Allemagne. Au même titre que l'EPSF, cette agence est impliquée dans les processus d'autorisation de mise sur le marché des matériels roulants. Tandis que l'EBA a compétence uniquement sur les transports ferroviaires, les autorités de transport régionales ou locales (TAB / Technische Aufsichtsbehörde / « autorité technique) sont responsables de la sécurité des transports guidés.

Ressources humaines

A l'heure actuelle l'EBA a une équipe de 25 personnes dédiée aux autorisations de matériels roulants, auxquelles s'ajoutent 8 spécialistes « essieux et freins », et 10 spécialistes uniquement dédiés à la problématique du contrôle des trains (5 à Munich et 5 à Berlin). Ce renfort d'effectif spécialisé en signalisation et en STI CCS a été mis en place pour anticiper l'intégration de l'ERTMS embarqué dans la flotte existante.

Groupes de travail

Plusieurs groupes de travail se sont mis en place au fil des années.

Le groupe appelé « Lenkungskreisfahrzeug », littéralement « comité de pilotage/véhicules), existe depuis plus de 20 ans. Ce groupe a été créé autour de 2002.

A côté de ces rencontres, le comité national de « pilotage matériel roulant », créé en 2002, est composé de représentants de toute la filière du ferroviaire allemand, les autorités, les EF historiques ou privées (transports voyageurs et fret), les constructeurs et équipementiers, mais aussi les GI, un représentant central des « notified bodies ») mais aussi l'agence des réseaux. Ce comité se retrouve 4 fois par an en sous-groupes de travail pour travailler sur les règles techniques précises et thématiques (freins, matériel roulant, contrôle et signalisation des trains, etc..).

Constitution du comité de pilotage « matériel roulant »	
Catégories	Entités
Ministère	BMDV **ministère fédéral** du numérique et des transports
Autorité	EBA
Equivalent de l'ART	Bundesnetzagentur
Notified Body (NoBo[29], DeBo[30], AsBo[31])	EisenbahnCert
EF privés	VDV Verband Deutsche Verkehrsunternehmer (entreprises de transport)
EF historique	Deutsche Bahn
GI	DB InfraGo et les représentants des autres GI
Propriétaire de wagon fret	VPI
Association de l'industrie ferroviaire	VDB

Figure 41 : Constitution du comité de pilotage MR (Allemagne)
Source : EBA, 2025

Nature du référentiel

Dans le principe identique à celui de la France, l'EBA (Eisenbahnbundesbahn) prenant le rôle de l'EPSF.

Donneurs d'ordre

Services régionaux

Après 30 ans d'ouverture à la concurrence de l'Allemagne, il n'existe pas une politique d'achat qui se soit imposée sur l'ensemble de l'Allemagne. La politique d'achat du MR varie beaucoup d'un Land à l'autre et dépend beaucoup de l'importance des flux de passagers transportés, de la taille des flottes mais aussi du choix du modèle d'acquisition du matériel (via l'EF, l'AOM, une Rosco privée ou appartenant à une région/Land) et de l'attribution des opérations de maintenance (à l'EF, ou au constructeur).

La régionalisation et l'introduction de la concurrence ont fait apparaître de nouvelles typologies de donneurs d'ordre aux compétences techniques, niveaux d'implication et expression du besoin très différents.

À côté du modèle d'acquisition historique où l'EF gère l'acquisition du matériel roulant et sa maintenance, certaines AOM comme VRR (région de Düsseldorf) ont choisi d'adopter des modèles basés le cycle de vie du matériel roulant. Dans ce type de modèle, le constructeur est chargé des opérations de maintenance sur une durée de 30 ans. Ce type de modèle développé pour des flottes importantes (82 trains dans le cas du RRX) repose sur une optimisation du train sur sa durée de vie. Le constructeur introduit lui-même des modifications pour optimiser des opérations de maintenance qu'il réalisera dans un nouvel atelier dédié à la nouvelle flotte. Il est aussi intéressant de noter qu'en dissociant les appels

[29] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[30] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales
[31] Organisme d'évaluation des risques et de la sécurité

d'offre des opérations et de l'acquisition du matériel roulant, les AOM ont pu se donner plus de temps pour le développement de matériel roulant innovant.

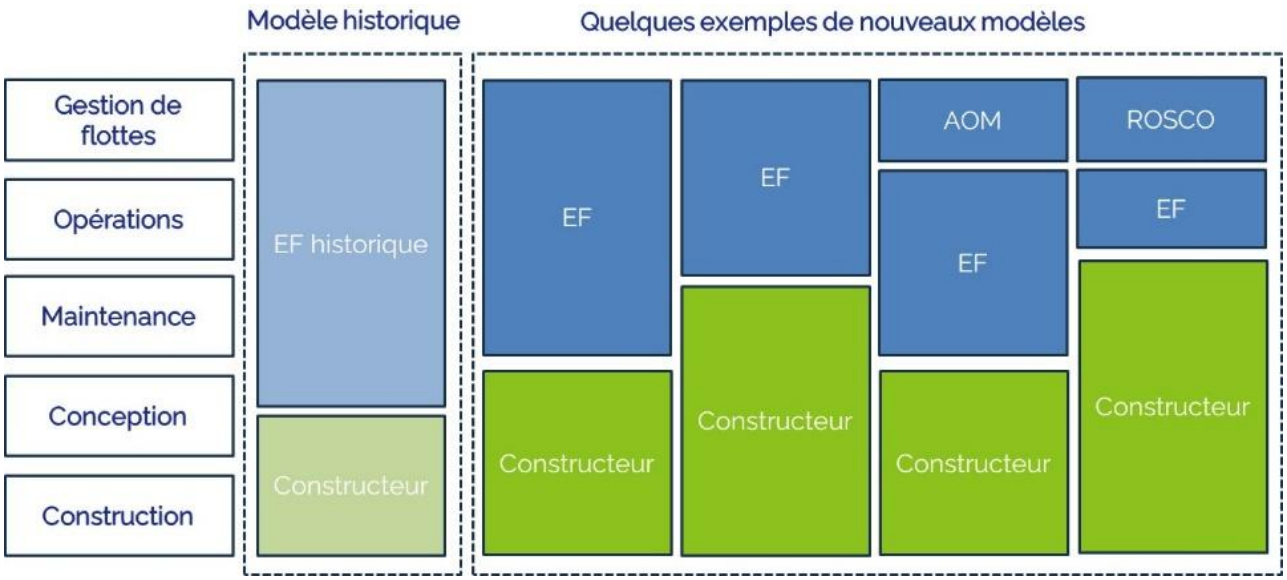


Figure 42 : Transport régional en Allemagne : modèles d'organisation des acteurs autour du MR

Dans cette évolution du paysage des donneurs d'ordre, les Allemands ont identifié le risque d'avoir des demandes aussi variées que les donneurs et de ne pas pouvoir standardiser le matériel roulant. Une telle configuration empêcherait de répartir d'une plateforme existante, qui pourtant permet d'économiser entre 1 et 2 ans, parfois 3 ans. Du côté des donneurs, il y avait le risque de ne pas avoir le matériel à temps au début de la concession. En 2012, plusieurs groupes de travail ont été mis en place avec l'ensemble de la filière pour définir ensemble les responsabilités de chacun dans les délais de mise en service des trains, de définir les délais raisonnables (cf. tableaux de la page suivante).

Deux types de groupe de travail a été mis en place : le groupe de travail Fahrzeuglenkungskreis qui travaille sur les aspects techniques et le Lenkungskreis qui travaillent sur les aspects réglementaires.

On note d'ailleurs que certaines plateformes de constructeur sont utilisées sur plusieurs régions et même utilisées en dehors de l'Allemagne (Pays-Bas, etc..). Un autre point intéressant : les offres de ROSCO comme Railpool ont pu se développer en Allemagne.

« Il n'y a plus de cohérence entre ce que les AOM demandent en termes de spécificités, les délais, les budgets qui sont mis en face»

VDB

« Si l'on part d'un type déjà autorisé on peut passer d'un time to market de 4-5 ans à 2 ans»

Constructeurs

Néanmoins, avec l'introduction du 4ème paquet ferroviaire qui a complexifié les démarches, **les délais ont été rallongées en moyenne de 5 mois.**

La réflexion de mettre en œuvre une standardisation du MR au niveau national s'est donc renforcée car il s'est avéré que tous les constructeurs prenaient du retard sur les délais de mise en service.

En mars 2025, des échanges ont été organisés à Kassel par l'association des AOM allemandes (BSN[32]) lors d'un colloque technique « Fahrzeuge » (véhicule). Plus de 120 participants issus de l'ensemble de la filière ferroviaire y ont assisté : autorités organisatrices, industriels, sociétés de financement, Rosco et associations ferroviaires (dont VDB) ont débattu ensemble pendant deux journées.

[32] Association allemande des AOM impliquées dans le transport régional

Le thème central de ces échanges a été le souhait partagé de tous les acteurs d'instaurer des **standards communs** pour les véhicules. Les participants ont également élargi leur réflexion en s'inspirant, par exemple, des méthodes de standardisation dans l'industrie aéronautique.

L'établissement de standards unifiés pour les véhicules apporte des avantages à l'ensemble des parties prenantes et permet d'optimiser :

- les chaînes de production et d'approvisionnement des constructeurs ;
- les processus d'acquisition et de maintenance des autorités organisatrices et des opérateurs ;
- les processus de fabrication qui pourraient être rationalisés, rendant l'achat et l'exploitation des véhicules plus simples et moins coûteux pour tous les clients.

Cependant, les représentants des constructeurs ont souligné que cela nécessiterait que les commanditaires s'accordent entre eux sur des équipements unifiés pour les véhicules. Les adaptations spécifiques ne seraient alors possibles que dans une mesure limitée. Les représentants des autorités organisatrices et des exploitants ont reconnu ce point et ont admis qu'il leur faudrait, par exemple, **lancer plus fréquemment des appels d'offres communs pour l'acquisition de véhicules**. Ils ont également demandé à l'industrie **davantage de compatibilité des composants entre différentes séries de véhicules et différents fabricants**. Selon le consensus général, c'est la seule manière d'optimiser durablement les **processus de maintenance.**

Train régional (EMU) sur le marché allemand (nouveau développement) (2012 et 2025) *	
Etapes	Temporalité
Dépôt du plan des preuves à l'EBA	Point 0
Etape de conception entre le dépôt du plan des preuves et la livraison du premier train (Passage du design initial au design final pour arriver à la livraison)	+ 24-36 mois (2012)
Campagne d'essais	+ 5-7 mois (2012)
Emission des certificats STI	+ 2 mois (2012)
Analyse et contrôle de l'ANS (EBA) et émission d'une AMM	+ 4 mois (2012)
Total (2012)	+ 35 – 49 mois (2012)
Complexification liée aux STI (4ème Paquet ferroviaire)	+ 5 mois
Total (2025)	+ 40 – 54 mois (2025)

Train régional (EMU) sur le marché allemand (autorisation de type) (2012 et 2025) *	
Etapes	
Dépôt du plan des preuves à l'EBA	Point 0
Etape de conception entre le dépôt du plan des preuves et la livraison du premier train (Passage du design initial au design final pour arriver à la livraison du premier train)	+ 24 mois (2012)
Campagne d'essais	+ 7-9 mois (2012)
Emission des certificats STI	+ 2 mois (2012)
Analyse et contrôle de l'ANS (EBA) et émission d'une autorisation de type	+ 4 mois (2012)
Total (2012)	+ 37 – 39 mois (2012)
Impacts des STI sur les processus d'autorisation (4ème Paquet ferroviaire)	+ 5 mois
Total (2025)	+ 42 – 44 mois (2025)

Train régional (EMU) sur le marché allemand (Modification d'un type déjà autorisé) *	
Etapes	Temporalité
Dépôt du plan des preuves à l'EBA	Point 0
Etape de conception du delta	+ 12 mois (2012)

(Entre le dépôt du plan des preuves et la livraison du premier train)	
Campagne d'essais (parfois il n'est pas utile de refaire une campagne d'essai)	(+ 5-7 mois (2012))
Emission des certificats TSI	+ 2 mois (2012)
Analyse et contrôle de l'ANS (EBA) et émission d'une AMM	+ 4 mois (2012)
Production en série (exemple pour 20 véhicules)	+ 8 mois (réf. 2012)
Total (2012)	+ (2012)
Impacts des STI sur les processus d'autorisation (4ème Paquet ferroviaire)	+ 5 mois
Total (2025)	+ 50 – 61 mois (2025)

Figure 43 : Estimation des délais nécessaires pour mettre un train régional (EMU) sur le marché allemand (différents types d'autorisation, en 2012 et 2025)
Source : EBA (2012) et sur la base d'entretiens

Sarah Stark, directrice générale de l'Association de l'industrie ferroviaire allemande (VDB), a tiré un bilan positif du colloque de l'association des AOM allemandes BSN : « Il est essentiel que chacun d'entre nous examine d'abord comment il peut contribuer à l'amélioration du processus d'acquisition des véhicules ferroviaires. Ce n'est qu'ensemble que nous pourrons faire avancer l'avenir du rail ! ». Volker M. Heepen, membre du présidium de la BSN, a également dressé un bilan positif de ce colloque de deux jours à Cassel, en Hesse du Nord : « La principale conclusion est la suivante : nous devons réagir ensemble aux évolutions du marché et définir les projets réussis comme nouveaux standards, afin de renforcer la concurrence dans tous les domaines. »

Services grande vitesse

Pour l'ICE 4 : le TTM s'est monté à 6 ans et demi après deux ans de planifications avant l'appel d'offre.

- longueur maximale de 375 mètres (12 voitures à 346 m et (13 voitures à 375 m) ;
- capacité entre 830 places assises et 900 places ;
- vitesse de pointe d'au moins 250 km/h.

Pour le projet ICE 5, la Deutsche Bahn (DB) visait à développer une nouvelle génération de trains à grande vitesse pour remplacer les ICE 1 et ICE 3, avec des exigences ambitieuses :

- 95 rames à un étage ;
- longueur maximale de 400 mètres ;
- capacité d'environ 940 places ;
- vitesse de pointe d'au moins 300 km/h.

Deux constructeurs étaient présélectionnés pour ce projet : Alstom et Siemens. Cependant, aucune offre n'a été déposée par Alstom ou Siemens répondant aux critères de la DB dans le délai imparti. Plusieurs raisons expliquent cet échec :

- Exigences techniques et contractuelles très élevées : la DB voulait un train innovant, très accessible (nombreuses entrées de plain-pied), énergétiquement efficace et fiable, avec un intérieur repensé.
- Délais de livraison jugés trop ambitieux : la DB souhaitait des prototypes dès 2031, avec une première livraison entre 2032 et 2034, ce qui, selon certains experts, était difficilement réalisable vu la complexité du projet.
- Conditions financières et contractuelles peu attractives pour les constructeurs, notamment le prix proposé par la DB, qui aurait été trop bas par rapport aux attentes du marché.

Train grande vitesse (Allemagne) 2010	
Etapes	Temporalité
Planification de l'appel d'offre	2008-2010
Signature du contrat (130 trains)	Mai 2011
Développement et construction	2011-2013
Début de la présérie	A partir de 2013
Livraison du premier train	Début 2015
Essais et obtention de l'AMM	2015-2016
Pré-opérations	Octobre 2016
Mise en service commercial	Décembre 2017

Figure 44 : Délais nécessaires pour mettre en service l'ICE 4 (Siemens)
Source : Siemens, Railway Gazette

Train grande vitesse (Allemagne) 2010	
Etapes	Temporalité
Phase de conception (Entre la signature du contrat et la livraison du premier train)	+ 46 mois
Essais et obtention de l'AMM	+ 12 mois
Pré-opérations jusqu'à la mise en service commercial	+ 12 mois

Figure 45 : Délais nécessaires pour mettre en service un train grande vitesse dans les années 2010-2016
Source : Siemens, Railway Gazette

Train grande vitesse (Allemagne) 2023	
Etapes	Temporalité
Pré-développement (Alstom et Siemens en compétition)	2023
Dépôt d'un appel d'offre pour le développement, la construction et l'autorisation d'un	Depuis décembre 2023
Délai limite de dépôt des offres : aucune offre ne correspondait à la demande de la DB	Automne 2024

Figure 46 : Délais nécessaires pour mettre en service l'ICE 4 (Siemens)
Source : Siemens, Railway Gazette
RTNN : Nettoyage et lisibilité

Le comité de pilotage évoqué plus haut travaille par exemple au nettoyage de RTNN, adapte les règles nationales aux prescriptions européennes, supprime les exigences déjà contenues dans les STI ou qui ne sont plus nécessaires, ou clarifie les formulations d'exigences afin d'éviter des interprétations divergentes. Le site de l'EBA publie régulièrement les changements dans ce domaine, qui sont regroupés par thématiques (page suivante changements autour de la STI-CSS, extrait)

Thema: Fahrzeuge

Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung

Nachstehend finden Sie abrufbare Informationen zum Thema "Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung"

LISTE DER ANGEBOTENEN DOWNLOADS

Titel	Kurztext	Datum
Bekanntgabe 09 – AK ZZS, Ausgabe 8.0 (PDF, 444KB, Datei ist nicht barrierefrei)	Regelwerk zu den Anforderungen an fahrzeugseitige ZZS-Komponenten und deren sichere Integration	18.01.2024
TR Display-Anzeigen Hauptheft (PDF, 4MB, Datei ist nicht barrierefrei)	Technische Regel (TR) Display-Anzeigen der ZZS-Systeme PZB und LZB	11.01.2024
TR Display-Anzeigen Anhang 0 (PDF, 198KB, Datei ist nicht barrierefrei)	Technische Regel (TR) Display-Anzeigen der ZZS-Systeme PZB und LZB, Anhang 0 - Übergangsregelung	11.01.2024
TR Display-Anzeigen Anhang 1.1 (PDF, 822KB, Datei ist nicht barrierefrei)	Technische Regel (TR) Display-Anzeigen der ZZS-Systeme PZB und LZB, Anhang 1.1 – PZB-Betrieb im Betriebsprogramm PZB 90 Standard	11.01.2024

Figure 47 : Extrait des changements apportés autour de la STI CSS, Série de documents)
Source : EBA, 2025

STI Contrôle Commande

Alors que l'Allemagne a une position géographique centrale et de nombreux passages à la frontière, l'Allemagne n'a que 2 catégories ESC, contre 36 en France.

ESC type Identifier	Member State / Infrastructure Manager	Document	Date of latest update	Status	Notes
ESC-DE-02-B3_L2	Germany / DB InfraGO AG	Testfallkatalog_ESC-DE_L2_v1.6 Anlage ESC-DE-02.zip	02/09/2024	Valid	Currently is valid for the following routes: 6135: section Neuhof (bei Zossen) - Rückersdorf 4813: section Ulm Hbf - Wendlingen Rübholz 4615: Wendlingen Rübholz - Wendlingen 3601: section Darmstadt Süd - Laudenbach (Bergstr)
ESC-DE-03-B3_L1LS	Germany / DB InfraGO AG			Reserved	
ESC-DE-05-B3-L2	Germany / DB InfraGO AG	Testfallkatalog_ESC-DE_L2_v1.6 Anlage ESC-DE-05.zip	26/11/2024	Valid	Currently is valid for the following routes: 4000: Section Abzw Gundelfingen – Haltingen 4280: Section Abzw Schliengen Nord – Haltingen
ESC-DE-08-B3_L2	Germany / DB InfraGO AG	Testfallkatalog_ESC-DE_L2_v1.6 Anlage ESC-DE-08.zip	02/09/2024	Valid	Currently is valid for the following routes: 6207: section Horka Gbf – Knappenrode 4010: section Walldorf – Mannheim-Waldhof
ESC-DE-01-B2_L2	Germany / DB InfraGO AG	Testfallkatalog_ESC-DE_L2_v1.6 Anlage ESC-DE-01.zip	02/09/2024	Valid	Currently is valid for the following routes: 5919: section Leipzig Messe - Breitengüßbach 6340: section Halle Hbf - Halle Ammendorf 6394: section Halle Ammendorf - Halle Planena 6340: section Erfurt Hbf - Eisenach 6291: section Erfurt Hbf - Neudietendo

Figure 48 : Catégories ESC (ETCS System Compatibility) utilisées en Allemagne
Source : EBA, 2024

Laboratoire ERTMS

Le laboratoire accrédité ERTMS dépend d'un centre de recherche public fédéral, le Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique (Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt). Ce Laboratoire a travaillé avec le laboratoire espagnol pour développer des tests en laboratoire qui permettent de réduire le nombre d'essais en ligne.

Classe B

En Allemagne l'EBA (« Eisenbahn-Bundesamt », l'autorité nationale de sécurité) joue le rôle d'autorité système et publie notamment les informations nécessaires pour mettre en œuvre les systèmes de classe B allemands

Amender la STI CSS

VDB (représentant l'industrie ferroviaire allemande) a identifié que l'introduction de l'ETCS embarqué dans la flotte existante posera un problème en termes de délais. VDB prévoit d'échanger avec la Commission européenne pour que l'actualisation de logiciel ne redemande pas une procédure complète d'autorisation.

Exigences non réglementées (hors RTNN/STI)

Certaines règles nationales en Allemagne que l'on a nettoyées se retrouvent dans la compatibilité avec l'itinéraire (qui suit l'AMM). Le GI publie ces règles de façon claire comme nous l'a confirmé un constructeur basé en Allemagne.

Essais ferroviaires et simulations

Anneau d'essai

Siemens possède un centre d'essai à Wildenrath sur un terrain de 44 hectares.

Les caractéristiques de ce site sont les suivantes :

- deux circuits ;
- 30 km de voie ;
- écartement UIC et métrique ;
- véhicules : trains, tram, métros ;
- une boucle extérieure de 6,1 km permettant d'atteindre des vitesses jusqu'à 160 km/h,
- une seconde boucle permettant des essais jusqu'à 100 km/h ;
- multiples modes d'alimentation : caténaire (courant alternatif et continu), troisième rail (système allemand ou britannique), alimentation tramway, permettant de simuler toutes les conditions européennes ;
- signalisation et télécommunications : dont l'ERTMS, ETCS, GSM-R, systèmes de signalisation classiques et spécifiques à chaque pays.

En Allemagne, les essais CEM[33] peuvent être réalisés sur une variété de sites sur le réseau ferré mais aussi sur des anneaux d'essais tels que **Velim (basé en Tchéquie) ou Wildenrath (basé en Allemagne).**

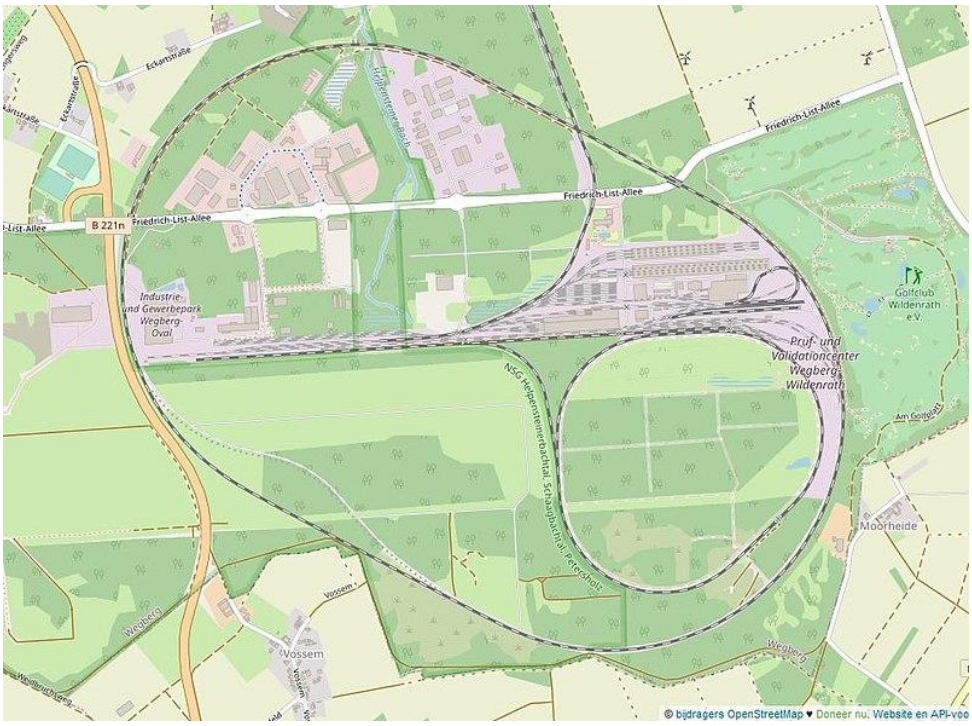


Figure 49 : Circuits de Wildenrath (Anneau d'essai) en Allemagne
Source : Siemens

Autorisation temporaire pour les essais sur le réseau

Il y a deux principes pour les essais sur le réseau :

[33] Compatibilité électromagnétique

- des essais qui peuvent être sans procédure d'autorisation (c'est l'EF et DB Infrago qui définissent le concept de sécurité) ;
- des essais qui demandent l'autorisation temporaire des essais.

Les paramètres qui permettent de définir quelle procédure est à retenir sont précisés dans la EIGV (§15)

Un constructeur note que si une autorisation temporaire est exigée, elle peut nécessiter jusqu'à 13 mois.

Accès au réseau

Il y a une obligation légale pour DB InfraGo de faire les essais en ligne dans un délais de 3 mois. Ce délai est en général bien respecté.

En Allemagne le GI laisse une marge de négociation en cas d'engorgement d'un site pour trouver une alternative.

Site spécifique à un essai particulier

Pour tester les pantographes, les règles nationales prévoient un bout de ligne particulier où les essais sont à faire mais comme il y a des engorgements (tout le monde doit faire des essais sur ce site), l'EBA et le DeBo proposent d'autres solutions sur des parties du réseau comparables.

Essais de shuntage

Ce type d'essai n'existe pas en Allemagne, car le réseau est essentiellement équipé de compteurs d'essieux. Il existe en revanche des essais très spécifique à l'Allemagne et en lien avec la charge des essieux. Cette règle est apparue après un accident grave en Allemagne (Eschde). En Autriche, de la même façon les exigences à la résistance au feu ont été introduites après un accident grave.

Essais de freinage

Il existe une contrainte très particulière à l'Allemagne qui prend en compte une distance de 1000 m entre la signalisation principale et secondaire. Néanmoins, l'ampleur des essais en ligne à faire pour le freinage est moins importante qu'en France.

Simulation

Dans certains cas la simulation est utilisée pour alléger les essais à faire en ligne et traiter certains scénarii. C'est le cas par exemple des essais à faire sur les essieux ou des essais ERTMS.

Transports guidés

Bilan

☑ LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS	⚠ POINTS DE VIGILANCE ET RISQUES
Un référentiel normatif à plusieurs niveaux Pour gérer la diversité de ses réseaux (tramways et métros légers), l'Allemagne utilise un système pyramidal combinant le cadre national BOStrab, les normes internationales (ISO) et européennes (DIN-EN). Cette structure permet d'avoir une base réglementaire commune tout en s'adaptant aux spécificités techniques de chaque infrastructure.	L'exigence de règles techniques additionnelles Au-delà de la "Check-list" standard fournie par l'autorité locale, chaque opérateur dispose de la liberté d'imposer ses propres règles techniques spécifiques. Cela oblige les constructeurs à une vigilance accrue, car les preuves de conformité peuvent varier sensiblement d'un projet à l'autre.
Une simplification des dossiers administratifs Afin d'alléger les procédures d'homologation, les preuves concernant les règlements techniques sans enjeux de sécurité critiques ne sont pas exigées dans le dossier final. Cette distinction entre conformité technique et sécurité opérationnelle permet de fluidifier les échanges avec les autorités de transport locales.	La fragmentation des spécifications opérateurs Malgré le cadre unificateur du BOStrab, chaque exploitant tend à définir ses propres standards, à l'image du modèle français. Cette hétérogénéité rend difficile la création de bancs d'essais universels, ce qui limite les opportunités de réduire les tests réels sur les lignes.
	La variabilité importante du "Time To Market" Les délais de mise en service pour une même plateforme de véhicule peuvent varier de manière spectaculaire selon le donneur d'ordre. En fonction de la complexité des phases de conception et d'essais propres à chaque client, le délai peut s'étirer de 31 à 48 mois, impactant directement la rentabilité du projet.

Nature du référentiel

BOStrab

Si l'homologation des tramways et métros légers est encadrée par l**es autorités de transport régionales ou locales** (TAB / Technische Aufsichtsbehörde / « autorité technique de surveillance ») sous la supervision du ministère des transport, elle repose sur une réglementation fédérale BOstrab (Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen), valable sur l'ensemble du territoire allemand. Il n'existe pas d'organisme équivalent au STRMTG.

Si la réglementation Bostrab est valable sur tout le territoire allemand, elle ne réglemente pas tout en détail ; chaque autorité de transport locale pourra compléter les exigences du Bostrab en s'appuyant sur des normes européennes ou internationales (Normen DIN EN, ISO) et des règles techniques (Technischen Regeln). À cela peuvent s'ajouter d'autres exigences « règles techniques reconnues » qui ne sont pas publiées dans la check-list de l'autorité.

Figure 50 : Structure réglementaire pour les tramways et métros légers
Source : Bezirksregierung Düsseldorf, 2025

Dans l'exemple de NRW, les exigences (Anforderung) touchent 22 domaines fonctionnels (traction, construction du véhicule, essieux, freins, pantographe, fenêtres, etc.) et vont souvent au-delà du BOStrab comme le montre l'extrait de la check-list publiée par l'autorité de transport de Düsseldorf ; elles peuvent s'appuyer aussi sur des normes allemandes, européennes ou parfois ISO.

Technische Aufsichtsbehörde NRW — **Checkliste Fahrzeuginbetriebnahme** — Bezirksregierung Düsseldorf

Nr.	Beschreibung	Anforderung	Einzureichende Unterlagen
0.	Allgemeine Anforderungen		
0.1.	Allgemeine Unterlagen		
0.1.1.	Nachweis Qualitätsmanagementsystem		Nachweis QM-System: Hersteller / Herstellerkonsortium
0.1.2.	Erklärung des Unternehmers und des Betriebsleiters		Abschließende Bewertung zum sicheren Fahrgastbetrieb auf dem vorgesehenem Streckennetz
0.1.3.	Ausgewählte Unterlagen	BOStrab § 3 (1) BOStrab § 5 (3)	ggf. Vorlage ausgewählter Unterlagen aus dem gesamthaften Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an Sicherheit und Ordnung zur Durchführung von Plausibilitätsprüfungen
0.1.4.	Technische Unterlagen		Fahrzeugdatenblatt, Fahrzeugübersichtszeichnung, Drehgestellübersichtszeichnung
0.2.	Messung und Dokumentation des fertiggestellten Fahrzeuges		
0.2.1.	Radaufstandskraft	DIN EN 15663 (TR-BR)	Angabe der zulässigen Radaufstandskraftabweichung mit Darstellung der Herleitung dieses Grenzwertes Messung der Rad- und Radsatzaufstandskräfte: Messprotokoll, u.a. mit: Gesamtmasse (t), Massemanagement, Radkraft (kN), Radsatzkraft (kN). Diese Angabe dient zur Verifizierung der Lastannahmen der Checklistenpunkte 1, 2, 4, 5 und 6
0.2.2.	Instandhaltung	BOStrab § 4 (2) BOStrab § 57	Erklärung des Betreibers über eine mit dem Hersteller abgestimmte Fahrzeuginstandhaltung (Instandhaltungskonzept, Instandhaltungsplan, Instandhaltungshandbuch, usw.)
0.3.	Themenübergreifende Normen		
0.3.1.	Anforderungen für städtische Schienenbahnfahrzeuge	DIN 5643	Bestätigung des gesamtheitlichen Nachweises auf Basis der zu Grunde liegenden Normenlage. Nicht zu erfüllende sicherheitsrelevante Bereiche sind mit der TAB abzustimmen.
0.4.	Anti-Surf-Schutz (Schutz gegen unerlaubtes Mitfahren am Fahrzeug)		
0.4.1.	Kupplungsbereich		Der Bereich zwischen gekuppelten Fahrzeugen ist gegen eine missbräuchliche Nutzung zum Schutz von Personen in diesem Bereich zu überwachen.
0.4.2.	Bereich zwischen einzelnen Wagenteilen		Bei der Nutzung eines Drehgestells von zwei Wagenteilen, ist der äußere Gelenkbereich bis zum Drehgestell mit einer geeigneten Abdeckung zu versehen.
1.	Fahrtechnik		
1.0.	Allgemein	BOStrab § 35 DIN EN 14363 (TR-Sp)	Einhaltung der Anforderung bezüglich Fahrsicherheit Berechnung und Simulation der Entgleisungssicherheit Betrachtung der Auswirkung von Seitenwind **Bewertung durch Gutachter**
2.	Fahrzeugaufbau		
2.0.	Allgemein	BOStrab § 33 (1-2) BOStrab § 3 (1 Nr.1) DIN EN 12663-1 DIN EN 15663 DIN EN 15227	Berechnung und Versuchstechnischer Nachweis der statischen Wagenkastenfestigkeit: - Prüfbericht durch Prüfverantwortlichen der Prüfstelle - Betrachtung Anbauteile (incl. Anbindung an das Drehgestell) **Bewertung durch Gutachter**
3.	Kupplungseinrichtung		
3.0.	Allgemein	BOStrab § 42	Technische Beschreibung Nachweis zur Funktionalität und Belastbarkeit Unpenutzte Kupplungen müssen hinter der Fahrzeugverkleidung liegen.

Figure 51 : Exemple de liste de spécifications à respecter pour un système de "Strassenbahn"
Source : Bezirksregierung Düsseldorf, 2025

Cette combinaison d'un cadre national réglementaire « BOStrab » au niveau et de normes européennes (DIN—EN) ou ISO permet de s'adapter à la multitude des systèmes de tramway et métros légers, le cadre réglementaire n'allant pas dans les détails des spécifications qui seront réglés par des normes EN ou ISO.

A côté des preuves à fournir répertoriée dans la Check liste par l'autorité locale, il est possible que d'autres règles techniques soient exigées par l'opérateur. Pour ces preuves (comme la fixation de distributeurs

automatiques de billets dans les tramways) qui ne sont pas explicitement mentionnées dans la checklist, le TAB NRW n'exige pas de contrôler les justificatifs. Ainsi l'opérateur prend la responsabilité de ne pas fournir les preuves liées aux règlements techniques (pas d'enjeux sécuritaires) dans le dossier déposé à l'autorité de transport local. Cela permet de ne pas alourdir les démarches.

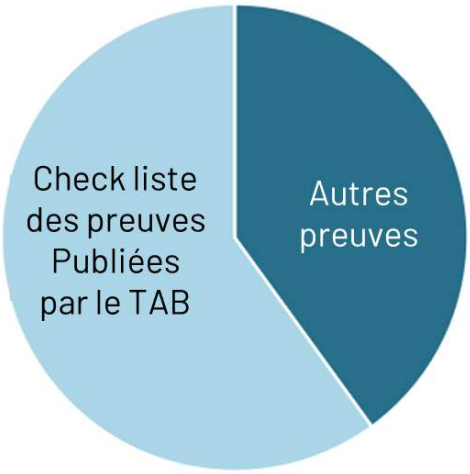


Figure 52 : Répartition entre preuves publiées et autres preuves découlant des règles techniques
Source : Bezirksregierung Düsseldorf, 2025

Il est à noter que la modification des logiciels est gérée par une demande spécifique.

ESBO

A côté du Bostrab (Strassenbahn), de l'EBO (système ferroviaire classique), l'Allemagne a introduit un troisième référentiel : l'ESBO (Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen) pour les systèmes ferroviaires à écartement étroit (métrique ou en dessous). L'ESBO s'appuie sur l'EBO (réglementation des chemins de fer à écartement standard), en reprenant ses définitions et principes.

Mais tandis que l'EBO (système ferroviaire classique) vise l'uniformisation au niveau national et international, l'ESBO offre davantage de flexibilité pour les réseaux locaux techniquement incompatibles avec le RFN. La plupart de ces réseaux sont des trains touristiques ou de fret privé.

L'ESBO détaille de nombreuses prescriptions, mais pour les aspects non explicitement couverts, elle renvoie aux « Règles reconnues de la technique » (*Anerkannte Regeln der Technik*), un concept juridique plus restreint que « l'état de l'art technologique » (*Stand der Technik*).

Donneur d'ordre

Si le Bostrab encadre de nombreux aspects réglementaires, comme en France chaque opérateur de tramway ou de métros légers à la tendance de définir ses propres spécifications.

Dans ce contexte, il est compliqué de développer des bancs d'essais qui pourraient alléger les essais en ligne.

Par ailleurs on constate que les délais de mise sur le marché pour la même plateforme de tramway peuvent être différents. D'un donneur d'ordre à l'autre la phase de conception et de d'essai peut être allongées faisant passer le TTM de 31 mois à 48 mois.

Etapes	Temporalité
Signature du contrat	Juin 2021
Livraison du premier véhicule Et début des essais	Juillet 2024
Mise en service	Début 2025

Figure 53 : Temporalité de l'homologation d'un tramway Urbos 100 / Ruhrbahn
Source : Ruhrbahn

Etapes	Temporalité
Signature du contrat	Mai 2021
Discussion des détails techniques	Eté 2021
Livraison du premier véhicule Et début des essais	Septembre 2023
Essais en ligne	Décembre 2023
Mise en service	8 décembre 2023

Figure 54 : Temporalité de l'homologation d'un tramway Urbos 100 / Freiburg
Source : vag-freiburg

Sources

https://www.spnv-nord.de/artikel/pressemitteilung-impuls-fuer-einheitliche-fahrzeug-standards-x

https://www.vrr.de/de/aktuelles/magazin/wie-der-arbeitsalltag-eines-instandhalters-in-der-rrx-werkstatt-aussieht/

https://data.bundesnetzagentur.de/Bundesnetzagentur/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Eisenbahn/Unternehmen_Institutionen/Veroeffentlichungen/Marktuntersuchungen/MarktuntersuchungEisenbahnen/MarktuntersuchungEisenbahnen2023.pdf

https://geoviewer.deutschebahn.com/maps/#/context/ISR/275618

https://www.ertms.net/wp-content/uploads/2021/06/27.-ERTMS-in-Germany.pdf

https://www.ertms.net/deployment-world-map/

https://data.bundesnetzagentur.de/Bundesnetzagentur/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Eisenbahn/Unternehmen_Institutionen/Veroeffentlichungen/Marktuntersuchungen/MarktuntersuchungEisenbahnen/MarktuntersuchungEisenbahnen2024.pdf

https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/transports/trains-keolis-quitte-l-allemagne-apres-21-annees-de-presence_AV-202112230293.html

https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/bahnservices/qualification-services/certified-test-and-validation.html

https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:d9c588fe-5bcc-46cd-8243-3dcb99e23d6a/PL2123702-Ubersicht-der-durchgefuhrten-Verfahren-im-flexiblen-Geltungsbereich.pdf

https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/EN/BNetzA/PressSection/ReportsPublications/2022/RailwayMarketAnalysisGermany2022.pdf?__blob=publicationFile&v=1

https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Fahrzeuge/Sachverstaendige/sachverstaendige_node.html

https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Fahrzeuge/Sachverstaendige/Listen/listen_node.html

https://dmg-bahn.de/data-matrix/uploads/2022/06/DMG_E2_2024_Vortrag_StrabZulAufsicht_Reschke-final_2S.pdf

https://www.urban-transport-magazine.com/erster-caf-stadtbahnwagen-bei-der-ruhrbahn-eingetroffen/

https://www.vag-freiburg.de/fileadmin/vag_freiburg_media/downloads/facetten/VAG_Facetten_2024_01.pdf

https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Fahrzeuge/Fahrzeugtechnik/ZZS/zzs_node.html;jsessionid=172ED8505ED4C2D5673550C5F69239E5.live11291

https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Fahrzeuge/Fahrzeugtechnik/ZZS/zzs_node.html;jsessionid=172ED8505ED4C2D5673550C5F69239E5.live11291

Annexe C - Analyse de l'écosystème ferroviaire espagnol

Contexte

Réseau ferré et son gestionnaire

Le réseau ferré espagnol est principalement géré par l'ADIF (*Administrador de Infraestructuras Ferroviarias*), qui supervise la quasi-totalité des infrastructures ferroviaires du pays, les lignes à grande vitesse (AVE) étant gérées par sa filiale ADIF ALTA VELOCIDAD.

C'est un des pays européens où le GI n'est pas une filiale du groupe ferré historique mais bien une entité publique distincte. A son origine (2005) **une partie du personnel de l'ancienne RENFE a été transférée vers ADIF**, principalement ceux dont les fonctions étaient liées à la gestion et à la maintenance de l'infrastructure ferroviaire. Mais depuis l'ADIF dispose de ses propres processus de recrutement et n'emploie pas exclusivement d'anciens salariés de Renfe.

Avec plus de 3 000 km, reliant Madrid à Barcelone, Valence, Séville, Malaga, Alicante, l'Espagne possède le plus vaste réseau à grande vitesse d'Europe et le deuxième au monde après la Chine.

Le réseau espagnol se distingue par une organisation en étoile centrée sur Madrid et par la coexistence de plusieurs types d'écartement des voies :

- l'écartement ibérique ou conventionnel (1 668 mm) sur la grande majorité du réseau ;
- l'écartement standard UIC (1 435 mm) pour la grande vitesse ;
- des écartements étroits en majorité métrique (1 000 mm).

Figure 55 : Réseau ferré espagnol
Source : ministère des Transports espagnol, 2022

Généralités sur le pays	Superficie (km²)	505 965
	Millions d'habitants	48,6
Gestionnaires d'infrastructure	Réseau ferré national (*)	ADIF (2005)
	Réseau ferré à grande vitesse (*)	ADIF ALTA VELOCIDAD (2013)
	Autres (*)	ETS (2004) Serveis Ferroviaris de Mallorca (1994) Linea Figueras Perpignan (2016)
Généralités du réseau	Longueur totale du réseau en exploitation	15 648,5 km (ADIF & ADIF AV)
	Lignes à grande vitesse (LGV)	3 343 km (ADIF & ADIF AV)
	Lignes à écartement ibérique	11 200 km (ADIF)
	Part des LGV dans le réseau	21,4%
	Réseau électrifié	10 466 km (ADIF & ADIF AV)
	Lignes non électrifiées	5 956 km
	Longueur totale de réseau équipé de l'ERTMS	3 598 km
	Ancienneté du réseau	5,2% d'augmentation de la longueur du réseau entre 2013 et 2023
Infrastructure physique	Écartement des voies	1 000 mm 1 435 mm 1 668 mm
Electrification et caténaires	Tension d'alimentation	25 kV AC (réseau grande vitesse) 3 kV DC (réseau conventionnel) 1,5 kV DC (réseau à écartement métrique)
	Types de caténaires	Pas de diversité caténaire polygonale/midi
Systèmes de contrôle et sécurité	Systèmes de sécurité nationaux (Classe B)	ASFA EBICAB 900 LZB
	Systèmes européens déployés	ERTMS (niveaux ETCS 1 & 2)

Figure 56 : Profil du système ferré espagnol
Source : ADIF & Eurostat, 2023-2024 Développement de l'ERTMS
(*) Date de création

L'Espagne est le pays européen ayant le plus haut niveau de déploiement du système européen de signalisation ERTMS (European Rail Traffic Management System). Plus de 3 000 kilomètres du réseau espagnol sont équipés de ce système. De plus, l'Espagne possède la plus longue ligne interopérable d'Europe : il s'agit de la liaison entre Barcelone et Malaga, où des trains équipés de l'ERTMS circulent sur une infrastructure fournie par quatre fabricants différents.

Figure 57 : Déploiement de l'ERTMS sur le réseau espagnol
Source : ERTMS.NET, 2025

Offre de Services

Services Régionaux

L'organisation du marché régional en Espagne ressemble beaucoup à celui de la France il y a quelques années : avec un opérateur historique (Renfe) encore sans concurrence sur les services DSP. Sur le service « Media distancia » (équivalents des services TER), Renfe reste jusqu'ici sans concurrence. Des changements à l'horizon 2026 avaient été annoncés par le ministère des transports espagnol avec la libéralisation pilote de 3% des services ferroviaires soumis à des Obligations de Service Public (contrat aujourd'hui attribué à Renfe). Cette libéralisation pilote a été reportée à janvier 2028 faute d'avoir déterminé les services concernés par cette ouverture.

En parallèle, certaines petites lignes sont opérées par des opérateurs locaux comme FGC en Catalogne ou Euskotren au Pays basque espagnol.

Le processus de délivrance d'une Autorisation de mise en service sur le marché et de compatibilité avec l'itinéraire suivent les mêmes étapes que celles décrites pour la France.

SERVICES REGIONAUX (Espagne)	
Nature du marché	Conventionné (DSP)
Date d'ouverture	Ouverture partielle prévue à l'horizon de 2026 reportée à 2028 (3% de la valeur du contrat passé avec Renfe). Plusieurs petites lignes locales opérées depuis plusieurs années par des EF locales.
Autres EF que Renfe	Opérateurs locaux opérant de petites lignes Comme FGC (Catalogne), Euskotren (Pays basque Espagnol)
Principaux constructeurs	CAF, Alstom, Stadler

Figure 58 : Transport ferroviaire espagnol : Services régionaux
Source : Ministère des Transports et diverses[34], 2024

Services Grande Vitesse

La libération du transport des services grandes vitesses voyageurs en Espagne est effective depuis 2021 avec l'arrivée des opérateurs Ouigo (Groupe SNCF) et Iryo (Groupe Trenitalia).

Le processus de délivrance d'une Autorisation de mise en service sur le marché et de compatibilité suivent les mêmes étapes que celles décrites pour la France.

SERVICES GRANDE VITESSE (Espagne)	
Nature du marché	Open Access (SLO)
Ouverture à la concurrence	2005
Arrivée de Ouigo et D'Iryo (Trenitalia)	2021
Principaux concurrents de Renfe	Ouigo (SNCF), 16 rames TGV Euroduplex, Alstom Iryo (Trenitalia), 23 rames Frecciarossa 1000, Hitachi (ETR 1000)
Principaux constructeurs	Talgo, consortium Hitachi-Bombardier, Alstom

Figure 59 : Transport ferroviaire espagnol : Services grande vitesse
Source : Ministère des transports et diverses4, 2024

Services de Métro

Les métros les plus importants sont ceux de Madrid et de Barcelone. Les autres villes dotées de systèmes de métro sont Valence, Bilbao, Palma de Majorque, Séville, Malaga et Grenade.

[34] Précisées à la fin du chapitre « sources »

Services de Tramway

Les systèmes de tramway les plus importants en Espagne se trouvent principalement dans les grandes villes et jouent un rôle essentiel dans la mobilité urbaine. Les réseaux majeurs sont ceux de : Alicante, Barcelone, Bilbao, Madrid, Saragosse, Séville, Valence.

Ecosystème autour de l'AMM

ECOSYSTEME AUTOUR DE L'AMM (Espagne)	
ANS	AESF
NoBo[35] pour l'Espagne	AEGIS, DNV (matériel roulant et CCS) Bureau Veritas, Cetren, DNV, SGS (tous les sous-systèmes)
DeBo[36]	AEGIS, DNV (matériel roulant et CCS) Bureau Veritas, Cetren, DNV, SGS, Ricardo, TÜV Rheinland (tous les sous-systèmes)
Laboratoires et centres d'essais	La norme de référence pour l'accréditation d'un laboratoire d'essais est la norme UNE-EN ISO/IEC 17025. En Espagne, les laboratoires d'essai sont accrédités par l'ENAC. CETEST, TECNALIA, VIRLAB ERTMS Labs : CEDEX
Anneaux d'essai	L'anneau d'essai (dédié à la grande vitesse) prévu à Malaga pour les essais à grande vitesse a été abandonné en 2016 Site d'essai de CAF

Figure 60 : Ecosystème autour de l'AMM en Espagne
Source : AESF 2025 et diverses sources (cf. chapitre source)

L'Espagne possède de nombreux métros, tramways et trains légers qui cumulent une longueur totale de près de 1 000 kilomètres.

[35] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[36] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)

Transports ferroviaires

Bilan des forces et faiblesses

☑ LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS	⚠ POINTS DE VIGILANCE ET RISQUES
Pilotage centralisé par le Gestionnaire d'Infrastructure (GI) Le GI espagnol gère seul les essais en ligne et loue ses voies de maintenance aux constructeurs. Cette centralisation réduit les intermédiaires et compense efficacement l'absence de centres d'essais dédiés.	Pression temporelle et pénalités Les donneurs d'ordre imposent des délais de mise sur le marché extrêmement courts, descendant parfois jusqu'à 24 mois. Ce calendrier serré s'accompagne de pénalités financières lourdes en cas de retard, augmentant la prise de risque pour les industriels.
Relation contractuelle standardisée Les opérateurs privilégient des cahiers des charges précis plutôt qu'un développement conjoint avec les constructeurs. Cette approche simplifie les responsabilités et accélère la soumission de solutions industrielles matures.	Complexité des tests de compatibilité (ESC) Contrairement aux pays qui optimisent les validations en laboratoire, l'Espagne multiplie les catégories d'essais ESC (ETCS System Compatibility) directement sur le réseau. Cette approche augmente considérablement les coûts et allonge le temps nécessaire à l'homologation de la signalisation.
Optimisation des essais ERTMS Le centre d'études CEDEX a développé des protocoles simplifiés pour les tests de signalisation européenne. Ces méthodes permettent de valider les systèmes plus rapidement tout en garantissant une sécurité maximale.	Lenteurs administratives et accès aux voies L'obtention des consignes de sécurité peut prendre jusqu'à 3 mois, auxquels s'ajoutent 5 mois de validation au guichet unique de l'ERA. Ces délais administratifs, cumulés à la capacité limitée des infrastructures pour les tests, créent des goulots d'étranglement majeurs
Refonte collaborative du référentiel (RTNN) L'Espagne a stabilisé son cadre technique en impliquant toute la filière pour intégrer les règles nationales aux normes européennes (STI). Ce référentiel clair et partagé offre une visibilité précieuse aux industriels.	
Pragmatisme de l'Autorité Nationale de Sécurité L'approche réaliste de l'ANS espagnole favorise une mise en service fluide du matériel roulant. Sa gestion simplifiée des dossiers réglementaires constitue un levier majeur pour le respect des délais.	

Autorité Nationale de Sécurité

L'AESF (Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria) agit comme ANS pour l'Espagne. Elle ne porte aucune responsabilité concernant les métros ou tramways, à l'exception de trams-trains qui empruntent aussi le réseau ferré d'intérêt général.

Ressources humaines

AESF dispose de 7 fonctionnaires pour traiter les demandes d'autorisation pour le matériel roulant ferroviaire. Mais elle fait aussi appel à des entreprises externes pour des charges de travail ponctuelles notamment pour des révisions spécifiques. En 2023, l'AESF a émis :

- 130 décisions qui ont autorisé la mise sur le marché de 186 véhicules.
- 20 décisions pour autoriser 20 types de véhicules.

Chaque année, l'AESF émet environ 100 notifications concernant des demandes de modifications qui ne nécessitent pas de nouvelle autorisation. De plus, pour les demandes traitées par l'ERA, elle évalue la partie concernant les RTNN espagnoles.

La majorité des demandes examinées par l'AESF portent principalement sur du matériel roulant voyageur ou des véhicules spéciaux. Au cours des dernières années, de nombreuses EF ont fait leur entrée sur le marché SLO espagnol, ce qui a entraîné l'arrivée de nouveaux matériels roulants, qu'ils soient neufs ou modifiés. Toutefois, certaines demandes concernent également de nouveaux trains. Le matériel d'Ouigo

España était considéré comme modifié, car il avait déjà reçu une autorisation en France ; des ajustements ont été réalisés, tels que l'ajout du système de classe B.

En théorie, les demandes portant sur un type modifié devraient conduire à des délais d'autorisation plus courts ; dans la pratique, ce n'est pas systématiquement le cas. Si la conformité aux STI peut être partiellement allégée, certaines parties ayant déjà été démontrées, l'application de la méthode de sécurité commune et l'évaluation des risques alourdissent néanmoins le processus. La justification d'un type modifié suppose par ailleurs une connaissance approfondie du modèle de référence, afin de vérifier que la modification reste cohérente, du point de vue de la sécurité, avec l'ensemble du système existant.

L'association de l'industrie ferroviaire espagnole MAFEX présente comme un avantage le fait que l'AESF adopte constamment une approche pragmatique et réactive face aux besoins de l'industrie. En effet, l'AESF fait attention aux délais et à l'urgence tout en appliquant les réglementations avec un esprit pratique contrairement à d'autres ANS européennes qui ont tendance à être moins flexibles et plus bureaucratiques, rallongeant les procédures sans valeur rajoutée ou d'amélioration de la sécurité.

Donneurs d'ordre

En Espagne, dans le secteur ferroviaire, les entreprises ferroviaires (EF) sont responsables de la commande du matériel roulant. Par exemple, l'opérateur historique Renfe assume ce rôle de donneur d'ordre. En ce qui concerne l'autorisation de mise sur le marché, c'est généralement le constructeur du matériel roulant qui en fait la demande : ainsi, il prend en charge la demande d'autorisation et pilote l'ensemble de la procédure, en coordination avec les différents intervenants comme les NoBo[37], DeBo[38] et AsBo[39]. En France, la situation peut être différente : on observe que c'est généralement la SNCF qui porte le dossier d'autorisation de mise sur le marché et se charge de l'interaction avec les DeBos. En Espagne, l'opérateur Renfe peut également endosser le rôle de demandeur d'autorisation mais le constructeur qui gère la procédure et soumet les demandes au nom de la Renfe.

En Espagne, pour l'acquisition de matériel roulant ferroviaire, les entreprises ferroviaires ont davantage tendance à solliciter les constructeurs afin qu'ils répondent à leurs cahiers des charges et soumettent leurs propositions. Contrairement à la SNCF ou à la DB, notamment dans le domaine de la grande vitesse, il n'existe pas d'initiatives visant un développement conjoint.

En Espagne, Il est possible d'adapter des matériels roulants issus de plateformes standards pour répondre aux spécificités du réseau ferroviaire espagnol, notamment à l'écartement ibérique.

Cela a notamment été le cas pour les rames destinées à la ligne Madrid-Barcelone (Ouigo) : les TGV Euroduplex d'Alstom. Ces trains ont été modifiés par Alstom et la SNCF afin de pouvoir circuler sur le réseau à grande vitesse espagnol. Il a fallu 17 mois pour adapter et homologuer les quatre premières rames sur cet axe.

Cependant, il existe également du matériel roulant qui n'est pas issu de plateformes standards, en raison des particularités du réseau ferroviaire espagnol (écartement des voies, caractéristiques des circuits de voie, classe de température, spécificités des systèmes de signalisation et de contrôle-commande de classe B, etc.), ou pour répondre à des exigences spécifiques de la Renfe.

Un constructeur observe qu'il n'y a pas de différence majeure en matière de TTM entre le matériel standard et les produits plus spécifiques.

L'association de l'industrie ferroviaire espagnole MAFEX souligne que les donneurs d'ordre fixent des délais maximums pour chaque phase d'exécution du contrat incluant la production et la mise en service.

[37] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[38] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales
[39] Organisme qui évalue les aspects sécuritaires

Toute réduction de ces délais est notée positivement durant les procédures d'appel d'offre. Cependant, les délais sont devenus de plus en plus courts, parfois même réduits à 2 ans. La difficulté d'avoir des produits avec un niveau convenable de standardisation (type, variante, version) pour accélérer le TTM ainsi que la complexité de toute la procédure d'autorisation de mise en service représentent des défis importants pour respecter les engagements contractuels sans encourir de pénalités.

Sur le marché de services librement organisés, ILSA, une filiale de Trenitalia en consortium avec Air Nostrum, a fait homologuer des trains Frecciarossa 1000 des constructeurs Hitachi Rail et Bombardier. Ces trains sont des versions adaptées des Frecciarossa 1000 utilisés en Italie. Les premiers essais ont été réalisés sur la ligne Figueras-Perpignan, ensuite sur les lignes Madrid-Barcelone, Madrid-Valence et Madrid-Séville. Des essais ont dû être réalisés avec les systèmes de signalisation ASFA, ERTMS et LZB.

Train grande vitesse sur le marché espagnol / plateforme adaptée au marché italien	
Etapes	Temporalité
Signature du contrat entre ILSA et Hitachi	Août 2020
Achèvement préengagement avec l'AESF	Novembre 2020
Essais dynamiques anticipés en Italie	Juillet – Novembre 2021
Premier train en Espagne	Septembre 2021
Essais dynamiques en Espagne avec deux trains d'essai	Septembre 2021 – Avril 2022 (estimation de 7-8 mois)
Demande d'AMM à l'AESF	Mai 2022 (prévision)
Début de pré-exploitation & formation des agents de conduite	Juin 2022 (prévision)
Début d'exploitation	Novembre 2022 (initialement prévu en septembre 2022)

Figure 61 : Temporalité du TTM des trains Frecciarossa 1000
Source : Trenvista, Trenitalia

Train grande vitesse sur le marché espagnol / plateforme adaptée au marché italien	
Etapes	Temporalité
Préengagement	Point 0
Etape de conception (Entre préengagement et construction du premier train)	+ 11 mois
Etape de validation (Premier train -campagne d'essais, interactions pour obtenir les dernières preuves et obtention de l'AMM)	+ 10 mois
Etape de pré-exploitation (Depuis l'AMM à la mise en service)	+ 7 mois

Figure 62 : Temporalité du TTM des trains Frecciarossa 1000
Source : Trenvista, Trenitalia

RTNN : Nettoyage et lisibilité

Lors de la séparation entre le gestionnaire d'infrastructure (ADIF) et l'entreprise ferroviaire (Renfe) en 2005, Renfe a conservé l'essentiel des connaissances relatives aux exigences applicables au matériel roulant. En 2007, la Dirección General de Ferrocarriles (DGF) a été créée en tant qu'entité intégrée au Ministère. À cette période, des groupes de travail réunissant des représentants des constructeurs de matériel roulant, du gestionnaire d'infrastructure, de Renfe, de l'ANS et des sociétés de maintenance ont collaboré à la rédaction d'un nouveau référentiel national (nouvelles règles nationales). Celles-ci ont été officiellement adoptées en 2009 sous l'appellation ETH (*Especificación Técnica de Homologación de material rodante ferroviario*).

Le groupe de travail a fait en grande partie table rase des anciennes pratiques en repartant sur de nouvelles bases inspirées de normes utilisées à l'échelle européenne (exigences de UIC, normes européennes) mais en gardant aussi quelques spécifications nationales. Depuis cette refonte des RTNN, l'Espagne travaille avec d'autres groupes européens, et partage de l'information sur différents aspects avec les fabricants et les GI.

La gestion des RTNN était initialement portée par la Dirección General de Ferrocarriles. Depuis 2015, ce rôle d'ANS est assumé par l'AESF, qui dispose désormais de davantage de ressources humaines, de connaissances et d'une plus grande indépendance, n'ayant plus besoin de recourir à l'aide des compagnies historiques. L'AESF a intégré des fonctionnaires du Ministère par le biais de procédures rigoureuses incluant des examens. La loi espagnole impose cette méthode de sélection pour le recrutement du personnel de l'AESF, garantissant ainsi des équipes hautement qualifiées.

Avant l'introduction du 4ème paquet ferroviaire, l'Espagne avait déjà entamé une procédure intense de nettoyage des règles nationales, procédure qui demeure toujours en cours. Cela s'est traduit par la suppression des RTNN applicables aux wagons et la réduction des RTNN concernant les rames, locomotives et voitures-voyageurs, désormais regroupées dans un document unique. Ainsi, le référentiel ETH a été remplacé par l'Instrucción Ferroviaria. Par ailleurs, l'AESF poursuit actuellement une nouvelle phase de simplification. Ainsi, dans quelques années, le nombre de règles nationales aura encore diminué. En effet, comme dans les autres pays européens, tout ce qui est désormais couvert par les STI ne relève plus des règles nationales. Les RTNN ont été réduites à l'essentiel.

MAFEX considère que l'Instrucción Ferroviaria demeure globalement stable même si l'AESF a été amenée, à certains moments, à apporter des clarifications et des modifications.

À ce jour, il n'existe pas de guide officiel pour la mise en œuvre des RTNN en Espagne, mais cela n'est pas perçu comme un obstacle, car les RTNN sont jugées suffisamment concises et généralement explicites dans leur formulation, ne nécessitant donc pas de documents d'interprétation supplémentaires.

MAFEX note que d'autres pays n'ont pas de guide formel alors que leurs RTNN ne sont pas très lisibles. Cette situation nécessite un dialogue continu et de la clarification auprès de l'ANS dudit pays. Cette nécessité d'échanger directement avec l'ANS peut représenter des difficultés pour le TTM surtout que l'ANS peut avoir une disponibilité ou disposition à échanger limitée. La disponibilité des documents en anglais faciliterait le travail des fournisseurs étrangers.

L'AESF a adapté au mieux l'ensemble des RTNN en faisant

- soit le choix d'établir des spécificités pour des cas particuliers décrits dans les RTNN (c'est par exemple l'exemple des véhicules spéciaux ne circulant qu'en Espagne, pour lesquels les STI ne s'appliquent pas) ;
- soit en intégrant dans les STI des cas particuliers (par exemple, les STI peuvent intégrer de cette façon des spécificités concernant l'écartement ibérique).

La plupart des RTNN sont d'ailleurs dédiées aux véhicules spéciaux qui ne sont exploités qu'au sein de l'Espagne.

Les RTNN sont publiques et sont notifiées à l'ERA, ce qui fait que théoriquement il n'y a pas d'exigences « cachées » pour les demandeurs. Pour les constructeurs de matériel roulant, il est possible de rencontrer certaines difficultés de compréhension sur certains aspects des RTNN mais il est possible de poser des questions au DeBo ou à l'ANS. En effet, il est possible d'avoir des réunions pour obtenir des clarifications auprès de l'AESF qui est toujours ouverte aux demandes d'information.

MAFEX note quelques inconvénients dans le système espagnol :

- l'AESF met à jour les standards pour les DeBo sans mentionner explicitement une période de grâce ou permettre une conformité à la version précédente des standards. Les régimes de transition sont souvent trop courts et restrictifs surtout pour les systèmes de contrôle, commande et signalisation. Ces difficultés rendent la standardisation difficile en pratique ;

- contrairement à d'autres ANS ou l'ERA, l'AESF demande tous les documents déjà évalués par les NoBo40/ DeBo41 pour qu'elle puisse faire son évaluation, ce qui rallonge les temps de traitement et oblige parfois à obtenir de nouveaux certificats.

STI Contrôle Commande

Il n'y a pas de problèmes d'intégration ou de développement de STM ASFA car il n'existe pas de module de transmission spécifique / STM pour le système de détection ASFA digital. ASFA Digital est la dernière version de l'ASFA (système de classe B) mis en œuvre par l'ADIF depuis 2005 pour renouveler le système ATP. Un matériel visant à être interopérable sur l'ETCS et l'ASFA devra être équipé des 2 équipements indépendants.

Pour réaliser une transition dynamique entre les 2 systèmes de signalisation il faut suivre la fonction nationale FN-27 qui spécifie la transition entre le système ETCS et le système national de classe B.

En Espagne, il existe plusieurs fournisseurs de systèmes embarqués ASFA pour le matériel roulant : Siemens, Indra et Sepsamedha, ce qui donne un contexte différent de celui de la France.

Un irritant identifié par MAFEX est le fait que l'ASFA digital, malgré étant un système de classe B, continue d'évoluer au lieu d'être progressivement remplacé par l'ERTMS, ce qui rajoute de la complexité aux procédures d'autorisations.

Système radio

En Espagne, tous les trains sont équipés d'un même système analogue de radio bord-sol fourni par un seul fabricant. Ce système est maintenant requis pour respecter les exigences de certifications au niveau des équipements de manière semblable aux équipements interopérables pour les STI. Cependant, ce fabricant n'a toujours pas encore démontré sa conformité complète, ce qui fait basculer le risque et la responsabilité sur les constructeurs de matériel roulant.

Laboratoire ERTMS

Contrairement à la France où le laboratoire ERTMS est entre les mains de la SNCF et de la RATP (via Eurailtest), l'Espagne a choisi une autre stratégie qui évite les conflits d'intérêt reprochés à la France par l'ART.

En Espagne, la mission de créer un « laboratoire d'interopérabilité ferroviaire » a été confiée au CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, « Centre d'études et d'expérimentation des travaux publics »), une institution publique dépendant du gouvernement espagnol. Le CEDEX, via son Laboratoire LIF (Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria), réalise des tests pour l'ERTMS (European Rail Traffic Management System).

Le CEDEX travaille avec le laboratoire allemand DLR pour développer des tests à distance impliquant deux laboratoires (cf. schéma ci-dessous) pour alléger la procédure d'essais du système ERTMS.

[40] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[41] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)

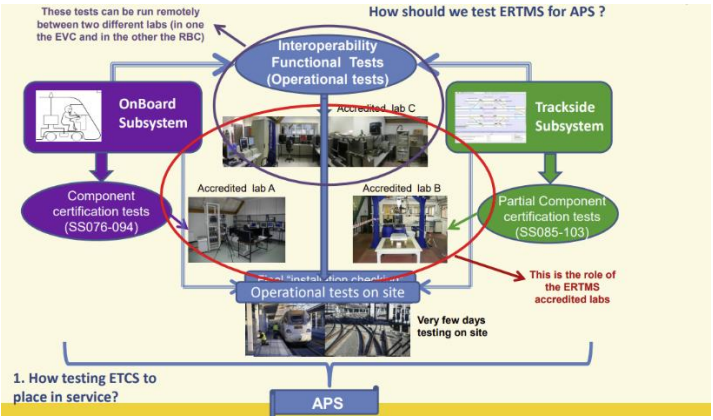


Figure 63 : Principe des essais à distance développés par le CEFEX (ES) et le DLR (DE)
Source : ERA

Scenario . Test campaign with 3 OBUs	Cost (k€)	Duration (months)	Duration after construction end
1.- Test campaign only on track	1,328	10,5	10,5
2.-Test campaign only at lab	180 (13%)	3	0
3.- Test campaign first in the lab (debugging) and later on track	824 (62%)	5	2

Figure 64 : Comparaison des campagnes d'essais en ligne et des essais « à distance » combinés à un essai en ligne
Source : ERA

Exigences non réglementées (hors RTNN/STI)

Les exigences des donneurs d'ordres pour le matériel roulant varient en fonction de chaque projet et du porteur de projet. Néanmoins, il est constaté que les EF privées / plus petites ont tendance à être moins impliquées dans le développement du matériel roulant contrairement aux EF historiques plus importantes. Ainsi, le TTM dépend beaucoup du niveau d'exigences de l'EF. Par exemple, des EF telles que Renfe ou FGC (Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya) ayant une ingénierie plus forte et technique ainsi qu'une bonne connaissance du secteur ferroviaire s'impliquent plus dans les processus de développement. Les EF privées ont tendance à définir des spécifications plus fonctionnelles et moins détaillées, et à en contrôler le respect d'une manière moins littérale mais davantage axée sur les résultats. Ces EF privées tendent à avoir une expertise technique plus limitée notamment à cause de leur expérience limitée avec une flotte plus réduite de trains.

L'association de l'industrie ferroviaire espagnoles MAFEX observe une augmentation du niveau de spécification dans les appels d'offres qui va au-delà des besoins imposés par l'infrastructure. Ce niveau de spécification donne lieu à un besoin de conception sur mesure de trains pour chaque projet, ce qui ne permet pas l'utilisation de solutions déjà certifiées et oblige d'augmenter les interactions entre le client et les organismes d'évaluation. De plus, les exigences documentaires établies en phases initiales de projet ne correspondent pas avec la nature de cycle long des projets ferroviaires, ce qui donne lieu à des évolutions avec de nouveaux besoins fonctionnels et technologiques pendant la phase de conception.

Caractéristiques du réseau

Compatibilité du système ETCS (ESC)

En Espagne il y a 29 catégories d'ESC (ETCS System Compatibility) mais l'ERTMS a été beaucoup plus déployé contrairement à la France. Il y a beaucoup de catégories ESC[42] car il y a une variété de technologies provenant de divers fabricants (niveau L1/L2, fournisseurs Thales, Hitachi, Siemens, Alstom, CAF). En effet, presque chaque ligne a sa propre catégorie d'ESC afin de prouver que l'ETCS embarqué est compatible avec l'ETCS sur la voie. Cette situation empêche la réutilisation des résultats obtenus sur une ligne pour une autre ligne.

Un constructeur a indiqué qu'il est particulièrement difficile de faire approuver un véhicule ferroviaire pour toutes les catégories ESC d'autant plus que ces essais de compatibilité doivent être réalisés sur le réseau et ne sont pas réalisables dans un laboratoire.

Le GI n'autorise pas la réalisation de ces essais en laboratoire et il n'existe aucun laboratoire adapté pour ce type d'essais. Par conséquent, une locomotive destinée à circuler sur tout le réseau national devra être testée sur presque toutes les lignes du réseau. À la différence d'autres pays qui ont rationalisé la catégorisation des ESC (validation en laboratoire, catégorie ESC unique ou regroupée, regroupement par ligne, etc.), l'Espagne maintient une multitude de catégories ESC et impose des essais sur le réseau, ce qui entraîne une augmentation des coûts et du temps nécessaires à ces essais.

Heureusement, il est possible de faire approuver un véhicule ferroviaire pour certaines catégories ESC uniquement. Cependant, la Renfe exige que le matériel roulant soit adapté à l'ensemble des catégories, afin que ses trains puissent circuler librement entre les différentes régions.

Hétérogénéité du réseau

En Espagne, il y a des systèmes d'écartement différents, il est plus compliqué d'avoir à autoriser des trains qui roulent sur les 2 systèmes, par exemple, les trains Talgo 250 qui roulent aussi bien sur le réseau à écartement de 1 435 mm que le réseau à écartement de 1 668 mm.

Pour les caténaires, il n'y a pas de 2 types comme c'est le cas en France mais il existe 3 différents types de tensions.

Pour les circuits de voie, un type est compatible avec les STI alors que l'autre ne l'est pas.

Il existe plusieurs types de circuits de voie sur le réseau ferré espagnol :

- Sur le réseau alimenté en courant continu (1,5 kV ou 3 kV) : 13 types de circuits de voie.
- Sur le réseau alimenté en courant alternatif (25 kV) : 9 types de circuits de voie.

De plus, il existe d'autres circuits de voie qui ne réagissent pas aux interférences générées par le matériel.

Essais ferroviaires et simulations

Anneau d'essai

Comme mentionné précédemment le projet d'anneau d'essai à Malaga a été abandonné en 2016. MAFEX juge que l'Espagne manque d'un anneau dédié aux essais et que, même si des anneaux d'essai à l'étranger peuvent être utilisés dans une certaine mesure, ces derniers ne permettent pas d'avoir toutes les caractéristiques du réseau ferré espagnol notamment les écartements et les tensions de caténaire.

[42] ETCS System Compatibility

Ainsi, il est obligatoire de faire une bonne partie des essais sur le réseau incluant tous les essais dynamiques. Un constructeur a d'ailleurs mentionné le site de Velim.

CAF dispose d'un site comprenant une petite ligne permettant de réaliser des essais surtout pour des tramways ou du métro (CAF TTC) mais aussi le ferroviaire. À la suite d'un appel d'offre de l'ADIF, CAF a obtenu la concession d'une durée de 20 ans pour exploiter ce site d'essai.

En l'absence d'anneau d'essai en Espagne, la majorité des essais doivent être réalisés sur le réseau ferré. Cependant, MAFEX note des lacunes en matière de mise à jour des informations dans le registre des infrastructures. En effet, les valeurs fournies peuvent diverger des valeurs mesurées durant les essais, ce qui peut parfois forcer des répétitions non planifiées et peut nécessiter plus d'un mois à clarifier.

Autorisation temporaire pour les essais sur le réseau

De manière générale, aucune autorisation provisoire n'est requise pour la réalisation d'essais sur le réseau sauf à l'exception de certaines situations particulières. En effet, l'AESF n'intervient que dans des cas bien définis :

- Essais de compatibilité ESC/RSC (Radio System Compatibility).

Dans le cadre d'essais nécessaires pour l'AMM, c'est le seul essai qui nécessite une validation de la part de l'AESF (APC - Autorización de Pruebas en Circulación). Selon la règlementation européenne, l'ANS endosse la responsabilité d'accepter les essais de compatibilité ESC/ RSC. Pour ces tests de compatibilité relevant des STI CCS, le rôle de l'AESF est seulement administratif car l'AESF demande préalablement l'autorisation du GI ; cela se fait rapidement.

- Doutes sur un véhicule ayant déjà fait l'objet de vérifications

Il émet une autorisation provisoire pour les essais à réaliser sur le réseau pour ce type de véhicule. Mais ce type de cas reste rare.

Accès au réseau

La situation concernant la capacité du réseau pour la réalisation d'essais est particulièrement complexe en Espagne, car le grand nombre de demandes de capacité pour effectuer des essais entraîne des difficultés pour l'attribution des sillons nécessaires. Toutefois cela varie en fonction de la localisation du projet et d'autres paramètres. Selon la réglementation, il est nécessaire de déposer une demande de sillons au moins un mois à l'avance. Cependant, en réalité, ce délai est souvent supérieur à un mois.

Site spécifique à un essai particulier

Contrairement à la France, il n'y a pas de sites spécifiques où doivent être réalisés les différents essais ferroviaires. Ainsi, il y a différentes possibilités de sites pour réaliser les essais même de shuntage et il en est de même concernant les essais de CEM. C'est le GI qui définit où doivent se faire les essais en ligne.

Autrement, les essais requis dans le cadre des procédures d'autorisation sont menés uniquement avec l'accord du GI, qui établit les consignes de sécurité. En Espagne, il a été choisi de maintenir le rôle du GI en ce qui concerne la délivrance des autorisations provisoires pour la réalisation de tests sur l'infrastructure. Le GI est considéré comme l'acteur le mieux placé, par rapport à l'ANS, pour accorder ces autorisations, partager les informations relatives aux conditions opérationnelles, ainsi qu'aux règles spécifiques, etc. Toutefois, MAFEX critique une procédure qui, contrairement à ce qui se pratique dans d'autres pays, ne se limite pas à un simple formulaire standardisé à compléter ni à une liste fixe de documents à fournir.

Accès au réseau

Comme il y a de nombreuses demandes pour avoir des sillons pour faire des essais et le réseau ne permet pas cela, de nombreux essais sont souvent réalisés le weekend et durant la nuit. En effet, le GI n'a pas de capacité spécifique pour les essais de matériel roulant avec des voies fermées à la circulation. Pour faciliter ces essais, ADIF autorise l'utilisation de sillons réservés pour des tâches de maintenance sur différentes lignes, généralement des créneaux entre 0h00 et 5h00 durant la nuit de samedi à dimanche ou de dimanche à lundi, les seuls jours où la maintenance régulière est réduite mais il est possible que certaines circonstances exceptionnelles puissent nécessiter certains travaux de maintenance. MAFEX juge que l'accès aux lignes équipées d'ETCS sont celles qui sont plus difficiles à accéder car elles font l'objet de plus de demande et le GI ADIF met à disposition peu de sillons.

Tous les essais sont généralement réalisés sur des voies fermées à la circulation. En général, lors des essais, la voie adjacente n'est pas exploitée avec des services commerciaux mais en fonction des essais à réaliser et du niveau de vérification de la conformité aux STI cette exigence peut évoluer. Ainsi, en pratique, il est constaté qu'avant que les essais dynamiques et de CEM soient validés, les 2 voies (voie d'essai et voie adjacente) doivent être fermées à la circulation. Après la validation des essais dynamiques et CEM, la voie adjacente peut être ouverte à la circulation commerciale. Pour des essais ne relevant pas de la procédure d'autorisation, par exemple pour des demandes du client, les essais peuvent être réalisés ensemble avec le trafic ferroviaire.

Type de tests nécessitant une fermeture de la voie à la circulation
Essais de prototypes de matériel moteur/tracteur
Essais de validation des modifications de train
Essais de type/série pour l'homologation du matériel moteur/de traction
Essais de couverture et de qualité de service pour le réseau GSM-R
Essais d'approbation/validation de l'équipement embarqué ERTMS, ASFA Digital, etc.
Essais d'autres équipements embarqués

Figure 65 : Essais nécessitant une voie fermée à la circulation
Source : ADIF

Site spécifique à un essai particulier

De plus, il est envisageable d'effectuer les essais sur des voies autres que celles des lignes où le train sera exploité. Néanmoins, certains essais doivent obligatoirement être réalisés sur les lignes concernées par les opérations. Des accords sont établis entre le GI et l'EF/constructeur en fonction des essais à effectuer et des exigences à respecter. En fonction des essais souhaités et des exigences à vérifier (type d'écartement, tension d'alimentation et d'autres critères techniques), le GI détermine quelles lignes représentatives sont adaptées à la réalisation des essais. Le constructeur indique sur quelle ligne le matériel roulant sera exploité, tandis que le GI précise sur quelle ligne les essais peuvent être menés. L'AESF ne prend pas part à ces échanges.

Essais de shuntage

En Espagne, il existe des essais à réaliser pour vérifier le bon shuntage de circuits de voie. Contrairement à la France, il n'y a pas de site spécifique sur le réseau où cet essai doive être réalisé en début de campagne des essais. Normalement, les tests de shuntage sur les anneaux d'essais peuvent même être suffisants.

Simulation

En Espagne, il y a très peu de simulation et elle est surtout limitée aux cas d'évolution de matériel roulant existant déjà autorisé. Dans ce type de cas, les simulations peuvent être utilisées pour démontrer la

conformité à condition qu'il y ait suffisamment de similarités avec les configurations préalablement validées. Pour les nouveaux matériels roulants avec des modifications importantes, la simulation n'est généralement pas acceptée comme une alternative aux essais sur le réseau notamment pour les aspects critiques tels que le comportement dynamique, l'interaction pantographe-caténaire, la CEM, les émissions acoustiques, la distance de freinage, la fatigue des bogies et la performance de la signalisation.

Pour les essais dynamiques, s'il y a déjà un mode validé, un constructeur juge que, sous certaines conditions, la simulation pourrait être utilisée pour réduire les campagnes d'essais. Mais pour les autres cas cela n'est pas encore une réelle possibilité et donc il faut faire les tests sur le réseau. Pour le constructeur, afin de faire évoluer la situation et permettre la simulation, il faut que les standards (notamment les STI) puissent permettre d'en faire.

Interactions Equipementier, Constructeur, donneur d'ordre

En Espagne, on trouve une large gamme d'organismes certificateurs expérimentés. Dans le secteur ferroviaire, il est particulièrement avantageux de disposer de plusieurs options en matière de certification. Cette diversité permet de mieux répartir la charge de travail entre les différents acteurs du marché, tout en favorisant le développement de compétences accrues parmi les organismes certificateurs.

Le constructeur de matériel roulant est chargé d'identifier les essais à effectuer ainsi que les éléments de preuve à fournir pour démontrer la conformité aux exigences. Il soumet d'abord une proposition initiale, que les organismes notifiés (NoBo[43]/DeBo[44]) peuvent examiner et commenter. Les normes précisent généralement les essais à réaliser, mais en cas d'incertitude, il est possible de solliciter l'avis des certificateurs ou de l'AESF.

L'AESF maintient contact avec les différents DeBo. En cas de doute d'interprétation sur les RTNN (ce qui n'est pas commun), ces derniers peuvent demander une clarification à l'AESF. Il y a une relation ouverte, tout en respectant l'indépendance de chacun. L'AESF est ouverte aux questions mais cela se fait plutôt par échange bilatéral entre l'AESF et un DeBo. Parfois, ce type d'échange peut représenter aussi l'opportunité d'amender les RTNN espagnols par la suite. Cependant, la procédure pour modifier les RTNN n'est pas rapide ou facile car cela nécessite un ordre ministériel et il y a une procédure à suivre. Dans certains cas où l'AESF a observé des incertitudes ou des erreurs, l'AESF publie certains moyens acceptables de conformité afin d'apporter des clarifications.

Il y a aussi des discussions particulières et du partage d'informations entre l'AESF et les entités d'accréditation des entités pour l'évaluation des DeBo[45] & NoBo[46]. Dans des cas particuliers, l'AESF peut enquêter quand elle a des doutes sur les capacités sur un DeBo.

L'association de l'industrie ferroviaire espagnole MAFEX perçoit positivement la volonté de l'AESF de clarifier les éventuels doutes et de suggérer les actions possibles. De plus, l'AESF est ouverte à la perspective de faciliter l'inclusion de différentes catégories ESC/RSC pendant les procédures d'évaluation d'une autorisation par type. Cependant, MAFEX note qu'il y a des marges d'améliorations et de simplification notamment en matière de démarche administrative, des longs temps de traitement et de l'engorgement au niveau des organismes NoBo, DeBo et AsBo[47].

De plus, malgré l'avancement vers un cadre commun pour les autorisations à l'échelle européenne, MAFEX affirme que les exigences nationales représentent toujours un obstacle pour l'autorisation au-delà des frontières et que les initiatives européennes ont ainsi un impact limité sur la réduction du temps

[43] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[44] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)
[45] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)
[46] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[47] Organisme qui évalue les aspects sécuritaires

d'autorisation de mise en service. Au contraire, dans certains cas, la coordination complexe entre les ANS et l'ERA ont pu donner lieu à des délais de 5 à 6 mois supplémentaires par rapport aux procédures antérieures.

Transports guides

Bilan

☑ LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS	⚠ POINTS DE VIGILANCE ET RISQUES
Simplification de la chaîne d'autorisation L'organisation administrative réduit le nombre d'acteurs et d'étapes de validation par rapport au secteur ferroviaire classique. Cette structure allégée permet de raccourcir significativement le délai de mise sur le marché (Time To Market).	Hétérogénéité des régulations locales L'absence d'un cadre national (type BOStrab) ou d'une autorité centrale (type STRMTG) entraîne une fragmentation des règles par communauté. Chaque ville impose son propre modèle d'autorisation, ce qui complique la standardisation des solutions techniques et multiplie les démarches spécifiques.
Reconnaissance mutuelle des essais (ISO 17025) L'accréditation des laboratoires selon la norme ISO/IEC 17025 garantit une acceptation croisée des résultats d'essais entre les différents organismes. Ce standard international évite la répétition inutile de tests coûteux et accélère l'homologation technique.	

Nature du référentiel

L'ANS espagnole (AESF) n'est concernée que par le matériel roulant qui emprunte le réseau ferré d'intérêt général (RFN), ce qui inclut les trains-trams, par exemple celui de Cadix. L'AESF ne peut ni réglementer, ni dicter les règles, ni superviser la sécurité des métros ou des tramways.

Les matériels utilisés pour les transports guidés classiques, tels que les métros ou les tramways, ne requièrent pas d'autorisation d'un organisme autre que le donneur d'ordre (comme Metro de Madrid) ou de l'autorité régionale compétente. Il n'existe pas, en Espagne, d'organisme national équivalent au STMRTG français pour apporter un avis en soutien à l'autorité locale. De fait, le TTM est plus court que pour le matériel roulant ferroviaire.

L'octroi de l'autorisation du matériel roulant pour les transports guidés dépend du cadre mis en place par les autorités locales (notamment les communautés autonomes). La communauté de Valence dispose de sa propre agence de sécurité (Agencia Valenciana de Seguridad Ferroviaria). Pour Metro de Madrid, dont l'administration de tutelle est la Communauté de Madrid, ce sont des règles internes de l'opérateur qui s'appliquent.

Donneur d'ordre

Autorisation du métro chez Metro de Madrid

Le schéma page suivante décrit la procédure d'autorisation du matériel roulant interne à l'organisation du Metro de Madrid. Par exemple, pour une acquisition de matériel roulant, Metro de Madrid, se fera accompagnée par un prestataire qui pourra agir :

- comme entité d'évaluation pour certifier que le matériel roulant et les systèmes qui le composent remplissent toutes les exigences définies dans la documentation contractuelle pour la fourniture du matériel roulant ;
- comme assistant et conseiller pour la gestion, la coordination et la supervision du projet de matériel roulant sur toutes ses phases.

Le Metro de Madrid définit lui-même les exigences auxquelles le prestataire doit se conformer : indépendance, impartialité, certifications (telles que UNE ISO 55000, UNE-EN ISO/IEC 17065, etc.), ressources, etc. Par exemple, Metro de Madrid demande que l'entité d'évaluation ait des connaissances

de base des fonctions de NoBo[48], DeBo[49] et AsBo[50]. Par conséquent, seul Metro de Madrid ou ses prestataires sont habilités à valider et autoriser l'exploitation du matériel roulant ; aucune autre entité ou autorité n'a ce pouvoir.

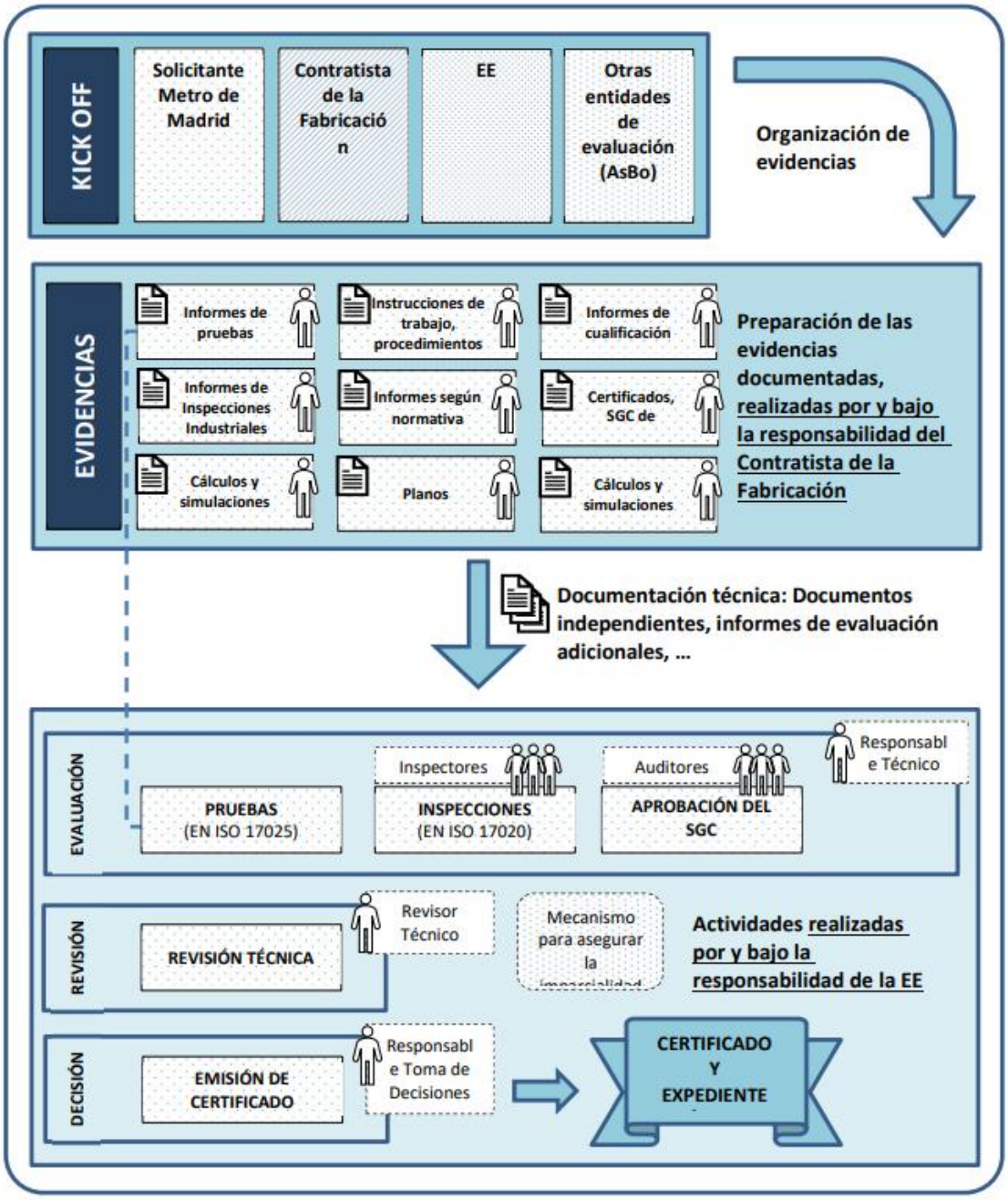


Figure 66 : Processus de certification du matériel roulant (Métro de Madrid)
Source : Metro de Madrid

Metro de Madrid fait la demande de certification auprès de l'entité d'évaluation qui réalise au minimum les évaluations des essais, des inspections et une approbation du système de qualité. Conformément à la norme UNE-EN ISO/IEC 17065, le réviseur technique examine toutes les informations et tous les

[48] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[49] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)
[50] Organisme d'évaluation des risques et de la sécurité

résultats liés à l'évaluation. Ensuite, la décision finale concernant la certification du produit est prise par un responsable indépendant, n'ayant pas participé à la phase d'évaluation.

Pour Metro de Madrid, les tests effectués par un laboratoire d'essais accrédité conformément à la norme UNE-EN ISO/IEC 17025 (ou équivalent) qui donne généralement une acceptation croisée et n'ont généralement pas besoin d'être répétés.

L'ISO/IEC 17025 établit des exigences pour garantir la compétence technique et l'impartialité des laboratoires. Lorsqu'un laboratoire est accrédité selon cette norme, ses résultats bénéficient d'une reconnaissance grâce à des accords de reconnaissance mutuelle entre organismes d'accréditation.

Sources

- https://cdn.transportes.gob.es/portal-web-transportes/ferroviario/observatorio/OFE-2023.pdf
- https://www.gtai-exportguide.de/resource/blob/1797016/3d3d671ba4e13ef069551c0edac1c466/Handout_ZMA_GAB_Bahnindustrie_Portugal_Spanien_2024_final.pdf
- https://www.linkedin.com/posts/laurent-fauviau-92242070_espagne-le-minist%C3%A8re-des-transports-activity-7330871308659879937-OjBz/?originalSubdomain=fr
- https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/mapa-trenes-espana/
- https://mediarail.wordpress.com/2023/03/05/une-entreprise-detat-pour-louer-des-trains-le-cas-de-norske-tog-2/
- https://mediarail.wordpress.com/2019/04/24/la-grande-vitesse-espagnole-officiellement-liberalisee/
- https://mediarail.wordpress.com/2022/11/25/le-troisieme-operateur-iryo-debute-ses-operations-commerciales-ce-vendredi/
- https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/eu-countries/spain_fr
- https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/mapa-trenes-espana/
- https://www.alstom.com/fr/press-releases-news/2021/5/mise-en-service-de-rames-euroduplex-adaptees-par-alstom-pour-le-reseau
- https://www.seguridadferroviaria.es/agentes-sector-ferroviario/organismos-certificacion-y-evaluadores/organismos-notificados
- https://www.geotren.es/blog/anillo-ferroviario-de-pruebas-de-antequera-trazado-definitivo/
- https://cdn.transportes.gob.es/portal-web-transportes/ferroviario/observatorio/OFE-2023.pdf
- https://www.elsaltodiario.com/comunidad-madrid/metro-madrid-circula-una-ley-seguridad-ferroviaria-autonomica
- https://contratos-publicos.comunidad.madrid/sites/default/files/PCON/2024-05/6012400179_ppt_signed.pdf
- https://mediarail.wordpress.com/2019/04/24/la-grande-vitesse-espagnole-officiellement-liberalisee/
- Novales, 2019
- ADIF
- Entrevista a Fabrizio Favara y Víctor M. Bañares de ILSA - Trenvista
- https://www.cifi.it/UplDocumenti/Milano14032022c.pdf
- https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2009-13539
- https://www.era.europa.eu/system/files/2022-11/ccrcc_2017_remote_operational_tests_cedex_en.pdf
- https://www.adif.es/documents/20124/41522171/20250228_01+NS_Adif_book_2025.pdf/0c42b94b-8d3e-a4fe-0af4-8115b749e237?t=1742234812027

Annexe D – Analyse de l'écosystème ferroviaire Italien

Contexte

Transports ferroviaires

Réseau ferré et son gestionnaire

Le réseau ferroviaire italien est principalement géré par RFI (Rete Ferroviaria Italiana), filiale du groupe public Ferrovie dello Stato Italiane. RFI est responsable de la gestion de l'infrastructure ferroviaire nationale, y compris le réseau à grande vitesse.

Les lignes à grande vitesse italiennes relient notamment Turin, Milan, Bologne, Florence, Rome, Naples et Salerne. La structure du réseau italien est hiérarchisée autour de grandes lignes interurbaines et d'un ensemble de lignes régionales.

Le réseau ferroviaire italien est en écartement standard UIC (1 435 mm) sur l'ensemble de ses lignes principales.

Généralités sur le pays	Superficie (km²)	301 340
	Millions d'habitants	58,9
Gestionnaires d'infrastructure	Réseau ferré national	RFI filiale du groupe FS (2001)
	Autres Réseaux	Ferrovie del Sud Est (opérateur régional de transport)
Généralités du réseau	Longueur totale du réseau en exploitation	16 879 km
	Lignes à grande vitesse (LGV)	1 097 km
	Part des LGV dans le réseau	6,5 %
	Réseau électrifié	12 277 km
	Lignes non électrifiées	4 602 km
	Longueur totale de réseau équipé de l'ERTMS	1 188 km
	Ancienneté du réseau	0,5% d'augmentation de la longueur du réseau entre 2013 et 2023 Plus de 300 km en construction
Infrastructure physique	Écartement des voies	1 435 mm (standard)
Electrification et caténaires	Tension d'alimentation	25 kV, 50 Hz 3 kV pour les LGV anciennes 15 kV, 16,7 Hz pour les liaisons avec l'Autriche
	Types de caténaires	Caténaire classique
Systèmes de contrôle et sécurité	Systèmes de sécurité nationaux	SCMT (Sistema di Controlo della Marcia del Treno)
	Systèmes européens déployés	ERTMS
	Niveau d'ETCS déployé	Niveau (ETCS 1 et ETCS 2) Niveau ETCS 3 en expérimentation/pilote

Figure 67 : Profil du système ferré italien
Source : Rete Ferroviaria Italiana & Eurstats, 2023-2024

Figure 68 : Réseau ferré italien
Source : Rete Ferroviaria Italiana, 2025

Développement de l'ERTMS

L'Italie est l'un des pays pionniers dans l'installation de l'ERTMS (European Rail Traffic Management System), en particulier sur ses lignes à grande vitesse et, plus récemment, sur des lignes conventionnelles.

L'ERTMS de niveau 2 est déjà opérationnel sur toute la dorsale AV/AC Turin–Milan–Bologne–Rome–Naples–Salerno, soit environ 1 000 km, ainsi que sur d'autres axes majeurs comme Florence–Bologne et Milan–Bologne.

En 2024, l'Italie comptait 1 042 km de lignes équipées en ETCS niveau 2 (environ 3% du réseau total) et 146 km en niveau 1 (moins de 1%). Un plan ambitieux vise à équiper plus de 6 000 km de lignes conventionnelles d'ici 2030, avec 4 000 km attendus pour 2026.

C'est aussi un des rares pays européens qui ont testé l'ERTMS L3 Regional sur la ligne Avezzabo-Roccasecca (80 km).

Figure 69 : Déploiement de l'ERTMS sur le réseau Italien
Source : ERTMS.Net, 2025

Services régionaux

Les services ferroviaires régionaux italiens sont organisés principalement dans le cadre de contrats de service public attribués à Trenitalia et à d'autres opérateurs régionaux. L'ouverture à la concurrence varie selon les régions.

On retrouve par exemple des opérateurs comme Trenord sur le marché régional de Lombardie.

SERVICES REGIONAUX (Italie)	
Nature du marché	Conventionné (DSP)
Libéralisation des services régionaux	Officiellement en 2005. En pratique, le recours à des appels d'offres dépend des régions et le plus souvent des concessions sont attribuées à Trenitalia ou à des entreprises historiques locales
Autres EF que Trenitalia	Trenord, Arenaways, Ferrovie Appulo Lucane, EAV
Principaux constructeurs	Alstom, Hitachi Rail, Firema

Figure 70 : Transport ferroviaire italien : Services régionaux
Source : Ministère des transports et diverses

Services Grande Vitesse

Le transport grande vitesse en Italie est ouvert à la concurrence. Trenitalia (Frecciarossa) et Italo (NTV) sont les deux principaux opérateurs sur les lignes à grande vitesse. SNCF Voyages Italia est le troisième et dernier acteur sur le marché de la grande vitesse italien.

SERVICES GRANDE VITESSE (Italie)	
Nature du marché	Open Access
Ouverture à la concurrence	2003
Arrivée d'Italo	2012
Principaux concurrents de Trenitalia	Italo – NTV/ Nuovo Trasporto Viaggiatori, 25 rames AGV et 26 Pendolinos d'Alstom INOUI (SNCF) 15 rames de TGV M adaptés à l'infrastructure italienne (horizon 2026)
Principaux constructeurs	Alstom, AnsaldoBreda, consortium Hitachi-Bombardier, Fiat Ferroviaria

Figure 71 : Transport ferroviaire italien : Services grande vitesse
Source : Italo & diverses

Ecosystème autour de l'AMM

ECOSYSTEME AUTOUR DE L'AMM (Italie)	
ANS	ANSFISA
NoBo[51]	CERTIFER Italia S.r.l, Italcertifer, IIS CERT, Rina Service, ISARail SpA, Bureau Veritas Italia
DeBo[52]	Italcertifer, CERTIFER, IIS CERT, TÜV Italia, Bureau Veritas Italia, ISARail SpA , Vericert SRL, Rina Service
Laboratoires et centres d'essais	Laboratoire Osmannoro d'Italcertifer **ERTMS** : Italcertifer et RINA SERVICES S.P.A. ont un laboratoire accrédité dans ce domaine
Anneaux d'essai	Circuit San Donato

Figure 72 : Ecosystème autour de l'AMM en Italie
Source : ERA & diverses

[51] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[52] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)

Transports guidés

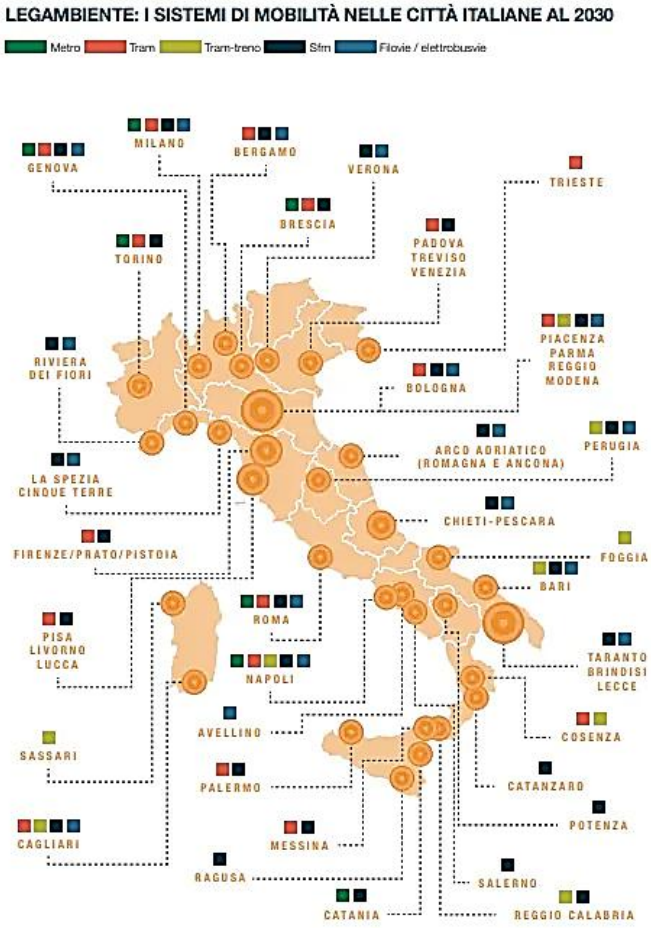


Figure 73 : carte représentant les mobilités urbaines des grandes villes, Italie (vision 2030)
Source : milanocittastato
Services de Métro

L'Italie dispose de plusieurs réseaux de métro, principalement dans les grandes villes comme Rome, Milan, Naples et Turin et aussi à Brescia.

Services de Tramway

A côté des systèmes de métro, plusieurs grandes villes (Milan ayant le plus grand réseau) possèdent un système de tram et ce système de transport continue à être développé dans les villes de Bologne et Brescia. Grâce aux financements du Plan national de relance et de résilience (PNRR), un investissement de 5,4 milliards d'euros est actuellement mobilisé pour développer 250 kilomètres supplémentaires de lignes de tramway, ce qui représente une augmentation de 63% du réseau existant.

Ecosystème & Organismes délivrant l'homologation

L'homologation des tramways est régie par le Décret Législatif 14 mai 2019, n. 57 et par le Décret ANSF n. 1/2019, qui définissent les normes techniques et les standards de sécurité applicables aux réseaux isolés du reste du système ferroviaire.

Transports ferroviaires

Bilan

☑ LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS	⚠ POINTS DE VIGILANCE ET RISQUES
Valorisation d'infrastructures d'essais dédiées La reconversion de la gare de triage de San Donato en anneau d'essais permet des tests 24h/24, libérant ainsi 150 000 km de sillons sur le réseau commercial. Ce site polyvalent accueille aussi bien des matériels innovants (train hybride Blues) que des véhicules de travaux à vitesse réduite.	Dualité des autorisations pour les essais La réalisation de tests sur le réseau nécessite l'obtention de deux validations distinctes auprès de l'ANS italienne : une autorisation technique et une autorisation temporaire. Ce double processus administratif peut rallonger les délais de préparation des campagnes d'essais en ligne.
Adoption de plateformes constructeurs standards Le donneur d'ordre Trenitalia privilégie l'achat de plateformes industrielles existantes plutôt que des développements sur-mesure. Cette stratégie réduit le délai de conception à seulement 24 mois (ex: rames Rock et Pop), accélérant massivement le renouvellement des flottes.	
Flexibilité géographique des essais de shuntage Contrairement au modèle français centralisé, l'Italie autorise les essais de shuntage sur plusieurs sections du réseau national. Cette décentralisation évite les goulots d'étranglement logistiques et réduit les délais de validation technique.	
Reconnaissance des laboratoires constructeurs Les organismes de certification (NoBo/DeBo) s'appuient sur des laboratoires accrédités, incluant potentiellement ceux des constructeurs eux-mêmes. Cette reconnaissance mutuelle des capacités de test internes fluidifie le processus d'homologation et limite les transports de matériel.	

Autorité Nationale de Sécurité

L'ANSFISA (*Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie e delle Infrastrutture Stradali e Autostradali*) agit comme ANS pour l'Italie. Elle a été créée en 2018 avec le décret de Gênes, en tant qu'organisme public doté d'une autonomie réglementaire, administrative, patrimoniale, comptable et financière, qui opère sous la supervision et la direction du ministère des Infrastructures et des Transports. Elle devient opérationnelle en 2020 et démarre toutes les activités nécessaires à la stabilisation de son organisation interne, au dimensionnement du personnel et aux processus de régulation et de planification de l'activité, dont la consolidation organisationnelle est toujours en cours.

Ressources humaines

Elle est responsable des autorisations de matériel roulant ferroviaire, ainsi que des tramways et métros (via une direction spécifique) et compte 22 agents dédiés à l'instruction des demandes d'autorisation de véhicules. En 2024, elle a traité 339 demandes selon son rapport annuel officiel.

L'ANS forme actuellement un certain nombre d'agents sur la problématique des systèmes ETCS embarqué et la STI CCS. Dans les prochaines années, de nombreuses autorisations devront être mis en place.

Nature des échanges

Au niveau des échanges avec les demandeurs, Il n'existe pas d'offre de formation systématique pour les nouveaux demandeurs, mais des journées d'information sont organisées dès qu'il y a des nouveautés réglementaires.

Des échanges ont lieu chaque semaine et cela sous plusieurs formes : appels téléphoniques, réunions Teams, courriels, guichet OSS (One Stop Shop), et courriers électroniques certifiés PEC (Posta Elettronica Certificata). Pour les autorisations de type, une réunion est presque systématiquement organisée.

Les pré-demandes sont fréquentes, notamment dans les projets complexes nécessitant un cadre réglementaire spécifique. Les documents sont collectés via l'OSS pour les véhicules interopérables ou via PEC et zone de téléchargement pour les véhicules non interopérables.

Donneurs d'ordre

Trenitalia reste le plus grand donneur d'ordre de l'Italie. Trenitalia s'appuie beaucoup sur les plateformes des constructeurs ce qui réduit les délais de conception (délais entre signature du contrat et la finalisation du premier train). Ces délais se limitent à 24 mois par exemple pour les plateformes Rock et Pop. Cela permet de mettre en place très rapidement un plan de renouvellement des flottes ambitieux (600 trains).

Pour les trains régionaux, il passe en 2016 un contrat cadre avec Alstom pour la livraison de 150 rames basées sur une plateforme modulable. Cette solution est adaptée à différentes configurations et exigences de capacité des régions ou des villes. Les différentes régions commandent des contingents qui sont appelés dans le cadre du contrat-cadre. De la même façon, en 2016, Trenitalia lance un vaste plan de renouvellement de sa flotte régionale et signe un accord-cadre avec Hitachi Rail pour la fourniture de jusqu'à 300 trains.

Train régional sur le marché Italien		
Etape	Temporalité	
Signature du contrat	Juin 2016	
Premiers essais à Vélim sur le premier train	Avril 2018	
Début des essais sur voie du premier train	Eté 2018	
Livraison en région Émilie-Romagne	Juin 2019	
Livraison en région de Piémont	2019	
Mise en service des premiers traine en Lombardie	Décembre 2021	

Figure 74 : Différentes étapes de l'homologation des trains Trenitalia Rock
Source : piacenzasera, railway gazette, Trenitalia

Train régional sur le marché Italien		
Etape	Temporalité	
Signature du contrat	Juin 2016	
Début des essais sur voie du premier train	Eté 2018	
Livraison en région Émilie-Romagne	Juin 2019	
Livraison en région de Vénétie (31 rames)	2020	
Livraison en région de Vénétie (15 rames)	2020	

Figure 75 : Différentes étapes de l'homologation des trains Trenitalia Pop
Source : piacenzasera, railway gazette, Trenitalia

Les temps d'homologation restent aussi raisonnables pour les trains innovants. En 2018, Trenitalia attribue à Hitachi un marché cadre de fourniture de trains hybrides Blues fonctionnant en mode électrique ou des batteries ou du diesel. Le tableau suivant récapitule les grandes étapes pour aboutir à sa première mise en service. Il est intéressant de noter que ce matériel roulant a été largement testé sur les anneaux ferroviaires en Tchéquie et en Italie.

Train Grande vitesse sur le marché Italien		
Etape	Temporalité	
Attribution du contrat	Fin 2018	
Première rame transportée au laboratoire d'Italcertifer à Osmannoro	Novembre 2020	
Première rame en test sur le circuit de Velim	Avril – Décembre 2021	
Rames #2 et #3 en test sur le circuit de San Donato	Mai 2021 – Janvier 2022	

Livraison de rame en Sicile	Août 2022
Mise en service sur la ligne Palermo - Messina	20 décembre 2022

Figure 76 : Différentes étapes de l'homologation des trains hybrides Blues
Source : Railvolution, Trenitalia

Nature du référentiel

Idem France

RTNN : Nettoyage et lisibilité

L'Italie a récemment finalisé le processus d'harmonisation de ses règles nationales avec les Spécifications Techniques d'Interopérabilité (STI) européennes, dans le cadre du processus de nettoyage conduit avec l'ERA.

Ce travail a conduit à :

- la suppression des règles déjà couvertes au niveau européen ;
- la modification de certaines règles pour les aligner sur le cadre communautaire ;
- l'introduction de règles complémentaires lorsque des exigences n'étaient pas couvertes par les STI.

La nouvelle version des RTNN sera prochainement publiée. Elle marque une phase de stabilisation importante du référentiel national, désormais mieux structuré et plus cohérent.

L'ANS italienne estime que la réglementation nationale italienne est claire et compréhensible, sans poser de problèmes d'interprétation particuliers. Le nettoyage avec l'ERA a permis d'en renforcer la lisibilité, en éliminant les doublons et en uniformisant la structure des textes. Les RTNN sont, dans ce sens, accessibles publiquement et structurées en fonction d'un modèle unique.

Le processus d'autorisation implique systématiquement les organismes de certification (NoBo[53], DeBo[54], AsBo[55]), qui jouent un rôle central dans l'évaluation des projets. Les interactions sont étroites entre demandeurs, certificateurs et autorités (notamment l'ANSFISA), **dès les phases amont** des projets. C'est un point très important.

Les règles nationales concernant les essais ferroviaires sont consignées dans une norme.

STI Contrôle Commande

En Italie, il existe 4 fournisseurs différents de système ETCS.

Le gestionnaire d'infrastructure italien RFI pilote la mise en œuvre de l'ERTMS en Italie via des contrats-cadres avec quatre fournisseurs. RFI a également défini tous les ESC (ETCS System Compatibility) nécessaires pour assurer la compatibilité technique avec les différentes lignes équipées de l'ETCS.

Certaines parties des essais peuvent être menées en laboratoire mais il y a toujours une partie des essais qui devra se faire en ligne. Parfois il est possible de faire reconnaitre les essais ESC réalisés sur des véhicules d'un type similaire.

Exigences non réglementées (hors RTNN/STI)

Aucun constructeur sollicité n'a répondu à notre demande.

[53] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[54] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)
[55] Organisme d'évaluation des risques et de la sécurité

Caractéristiques du réseau

Compatibilité ESC

En Italie, il y a 18 catégories ESC. La stratégie adoptée en Italie a été d'essayer de consolider les catégories ESC par fournisseur contrairement à d'autres pays comme l'Espagne qui a plutôt tendance à avoir une catégorie ESC par ligne.

Essais ferroviaires et simulations

Anneau d'essai

Circuit San Donato

En 2017, l'ancien site de la gare de triage San Donato à Bologne a entamé sa transformation pour accueillir des essais de matériel roulant, ainsi que de systèmes et de composants destinés à l'infrastructure.

Le circuit de San Donato a notamment vocation à être utilisé pour la certification et l'autorisation de matériel roulant. Ce circuit permet de réaliser des tests 24h/24 sans perturber la circulation sur le réseau ferré. En 2018, il était estimé que 150 000 trains-km attribués pour les essais pouvaient être récupérés pour les opérations.

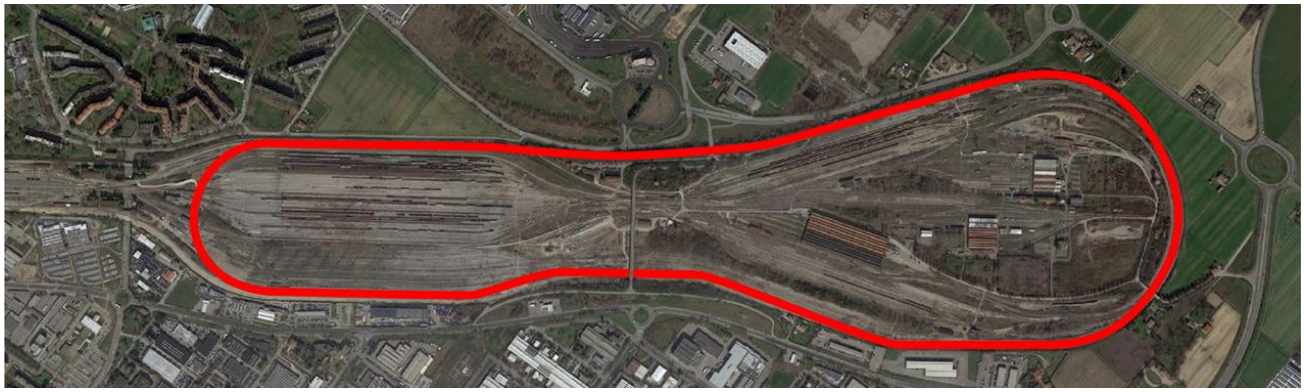


Figure 77 : Vision aérienne du site avec le circuit en rouge
Source : RFI

Le circuit a les caractéristiques suivantes :

- Une longueur de 5 759 m de voie dont 2 000 m en voie double.
- La vitesse maximale en ligne droite est de 120 km/h.
- Courbes avec des rayons de 600, 350 et 200 m avec des vitesses maximales de 105, 95 et 75 km/h respectivement.
- Caténaire avec alimentation de 3 kV DC avec 3 différentes sections présentes sur le réseau ferré italien : 320, 440 et 540 mm2.
- Equipement en Eurobalise SCMT, TAG SSC (Sistema di supporto alla condotta, un système de protection des trains surtout utilisés sur les petites lignes) et ERTMS.

Ainsi, le circuit peut être utilisé pour les différents essais (liste non exhaustive) :

- Essais de compatibilité électromagnétique avec les compteurs d'essieux BCA (Blocco Conta Assi).
- Essais de pantographe.
- Essais de signalisation.
- Essais de freinage.
- Essais d'intégration entre le système bord et voie.

Le catalogue de services offerts par cette installation a été structuré sur la base d'un benchmark réalisé sur le circuit de Velim en Tchéquie.

Par exemple, le train Blues de Hitachi (famille Masaccio) a été testé sur le circuit de San Donato. Plus précisément, les trains #2 et #3 ont été testés sur le circuit de San Donato et les lignes de RFI sur la période de mai 2021 et janvier 2022.

Il est intéressant de noter que ces anneaux sont aussi utilisés pour les véhicules de travaux qui par définition ont une vitesse réduite.

Laboratoires accrédités

Les NoBo[56]s et DeBo[57]s doivent faire appel à des laboratoires accrédités. Ces laboratoires peuvent être les laboratoires propres aux NoBos et DeBos (comme c'est le cas par exemple pour Italcertifer), mais ce peut être aussi des laboratoires accrédités externes et en particulier les laboratoires des constructeurs s'ils sont accrédités. Cette pratique est beaucoup utilisée pour des essais réalisés sur les bogies.

En 2012, Italcertifer est une entité détenue par Ferrovie dello Stato Italiane mais complètement indépendante de FS. En 2012, Italcertifer a été fondé grâce au transfert du personnel et des installations de Trenitalia « Expérimentation ». Fort de cette expertise héritée de plusieurs années d'expérience, Italcertifer est une référence pour la réalisation d'essais et de mesures pour la caractérisation et la certification de systèmes et composants ferroviaires.

Sur un site de 5 hectares avec 3 grands bâtiments d'une surface totalisant 20 000m², les laboratoires ferroviaires Osmannoro d'Italcertifer sont utilisés pour réaliser des essais électriques et mécaniques sur des matériaux, composants et sous-systèmes électriques. Ils disposent aussi des bancs d'essai pour tester du matériel roulant et sont utilisés pour évaluer le comportement dynamique du train. Ces laboratoires sont aussi utilisés comme base logistique pour les essais en ligne.

Par exemple, en 2017, après des essais sur le circuit de Żmigród en Pologne, les trains ETR 322 du constructeurs Newag ont subis des tests statiques dans les laboratoires Osmannoro avant de réaliser des essais sur le réseau de RFI. Aussi, le train Blues de Hitachi a été équipé par les laboratoires Osmannoro pour les essais de certifications et d'ingénierie à réaliser sur le réseau de RFI.

Autorisation temporaire pour les essais sur le réseau

Les essais en ligne sont encadrés par la directive ANSFISA n° 1/2019 et nécessitent une autorisation temporaire pour les essais en ligne pour s'assurer que les essais en ligne seront faits avec des risques contrôlés.

Il y a deux types autorisations :

- d'un côté une autorisation concernant le matériel roulant et sur la base d'un dossier technique à fournir. Cette autorisation établit aussi que le MR est suffisamment mûr d'un point de vue technique ;
- de l'autre une autorisation temporaire (APL) à conduire les tests en ligne qui est accordée à l'Organisme Indépendant Ferroviaire (NoBo ou DeBo) mandaté par le demandeur pour la conception et la réalisation des essais. Les essais peuvent utiliser les ressources de laboratoires internes (comme Italcertifer) ou externes.

[56] Organisme qui évalue la conformité aux règles européennes (STI)
[57] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)

Suivant les types d'essai et de véhicules à autorisé, les essais peuvent être réalisés ou non en parallèle du trafic commercial. Une analyse de risque doit être étudiée pour chaque activité d'essais en prenant en compte tous les scénarios, les caractéristiques du véhicule et les conditions des tests.

Réservations des sillons / capacités sur le réseau

La capacité d'essai est globalement suffisante, même si certaines réservations doivent être faites à l'avance. Les essais sont encadrés par la norme UNI 11748 (avril 2019) (Modalità per la gestione ed effettuazione delle prove dei veicoli sull'infrastruttura ferroviaria).

En général, les goulots d'étranglement sont évités grâce à la coordination entre le GI et les parties prenantes.

Les organismes de certification jouent un rôle essentiel (NoBo, DeBo, AsBo) et sont impliqués dans toutes les étapes des projets. Des échanges réguliers ont lieu avec les demandeurs.

Sites spécifiques

Il existe des sections spécifiques du réseau national italien pour différents types d'essais, ainsi qu'un un anneau d'essai appartenant à RFI (cf. plus loin).

La section choisie pour réaliser les essais doit avoir certaines caractéristiques précises. En fonction de ces données, RFI le gestionnaire d'infrastructure va identifier la section ad hoc.

Contrairement à la France, l'Italie n'impose pas de site unique (comme Plouaret) pour les essais de shuntage. Plusieurs sections du réseau peuvent être utilisées, ce qui réduit les délais.

Simulation

La simulation peut être utilisée conformément aux règles en vigueur.

Transports guidés

Bilan

Nous n'avons pas eu de retour de l'ANSIFA, ni des constructeurs ou opérateurs italiens de transports guidés.

Nature du référentiel

L'homologation des tramways est régie par le **Décret Législatif 14 mai 2019, n. 57** et par le **Décret ANSF n. 1/2019**, qui définissent les normes techniques et les standards de sécurité applicables aux réseaux isolés du reste du système ferroviaire.

Sources

- La libéralisation du transport ferroviaire, Andrea Giuricin
- https://www.rfi.it/it.html
- https://www.italcertifer.com/
- Network Statement 2025
- https://www.cifi.it/UplDocumenti/Bologna11122018/Fedeli.pdf
- https://www.clustertotem.fr/wp-content/uploads/27_01_23_presentation_marche_ferroviaire_italien.pdf
- https://mediarail.wordpress.com/2022/05/30/la-grande-vitesse-italienne-fete-aussi-ses-30-ans/
- https://www.ertms.net/wp-content/uploads/2021/06/4.-ERTMS-in-Italy_SIRTI.pdf

- https://webgate.ec.europa.eu/single-market-compliance-space/notified-bodies/notified-body-list?filter=legislationId:31,countryId:380,notificationStatusId:1,productId:158912,tsDetId:142081
- https://www.milanocittastato.it/evergreen/per-l-italia/metro-e-tram-nelle-citta-ditalia-le-grandi-novita-in-arrivo-entro-il-2030/
- https://www.ansfisa.gov.it/infopoint/-/asset_publisher/g3JwulyjTNku/content/consultazione-pubblica-su-norme-per-l-autorizzazione-e-per-l-esercizio-dei-veicoli-tram-treno
- https://www.teamfrance-export.fr/fiche-marche/mobilite-et-logistique/transports-ferroviaires-et-urbains/IT
- https://www.railpassion.fr/materiel-actualites-rp/alstom-livre-nouveaux-trains-regionaux-italie/
- https://www.railwaygazette.com/traction-and-rolling-stock/trenitalias-first-rock-rolls/46327.article
- https://www.alstom.com/sites/alstom.com/files/2019/11/13/20191113_Alstom%20d%C3%A9bute%20la%20livraison%20de%20ses%20nouveaux%20trains%20r%C3%A9gionaux%20en%20V%C3%A9n%C3%A9tie%20et%20Ligurie_V2_FR.pdf
- https://www.piacenzasera.it/2018/06/treno-pop-entrera-servizio-emilia-romagna/256580/
- https://www.cifi.it/UplDocumenti/Firenze21042022/Il%20nuovo%20treno%20ibrido%20per%20Trenitalia.pdf
- https://ferrovieappulolucane.it/wp-content/uploads/2023/05/1015-FAL_SGS_P15-Rev-01-AMIS-autorizzazione-di-messa-in-servizio-signed.pdf
- https://www.globalrailwayreview.com/article/141060/rfi-trackside-approval-process-etcs-ertms/
- https://www.railtech.be/fr/infrastructure/2021/10/07/letcs-3-regional-teste-en-italie/
- https://www.rfi.it/content/dam/rfi/rfi_en/railway-infrastracture/ns-2025-march-2024/Network_Statement_2025_March%202024.pdf

Annexe E – Analyse de l'écosystème ferroviaire Néerlandais

Contexte

Transports ferroviaires

Réseau ferré et son gestionnaire

Le réseau ferré néerlandais est détenu par Railinfratrust BV et sa filiale ProRail agit en tant que gestionnaire d'infrastructure pour la construction, la maintenance, la gestion, la sécurité et la gestion de la capacité. C'est en 2002 que Railinfratrust est séparé du groupe NS et à partir de 2003 le nom commercial « ProRail » est introduit.

Le réseau ferré néerlandais comporte quelques lignes spécifiques :

- La ligne à grande vitesse HSL-Zuid dont la gestion quotidienne et la maintenance est confiée à Infraspeed BV, une société créée spécialement pour financer, concevoir et construire cette ligne.
- La ligne Betuweroute entre Rotterdam et l'Allemagne dédiée au transport de fret.

Généralités sur le pays	Superficie (km²)	41 865
	Millions d'habitants	18,4
Gestionnaires d'infrastructure	Réseau ferré national	ProRail (2003)
Généralités du réseau	Longueur totale du réseau en exploitation	3 041 km
	Lignes à grande vitesse (LGV)	125 km
	Part des LGV dans le réseau	4 ,1%
	Réseau électrifié	2 265 km
	Lignes non électrifiées	776 km
	Longueur totale de réseau équipé de l'ERTMS	303 km
	Ancienneté du réseau	0,9% d'augmentation de la longueur du réseau entre 2013 et 2023. Réseau ferroviaire avec le trafic le plus dense de l'UE.
Infrastructure physique	Écartement des voies	1 435 mm
Electrification et caténaires	Tension d'alimentation	1,5 kV DC 25 kV DC (HSL-Zuid & Betuweroute – ligne dédiée au fret)
	Types de caténaires	1 type
Systèmes de contrôle et sécurité	Systèmes de sécurité nationaux (système de classe B)	ATB première génération ATB nouvelle génération Crocodile, PZB (frontières)
	Systèmes européens déployés	ERTMS (niveaux ETCS 1 & 2)

Figure 78 : Profil du système ferré néerlandais
Source : ProRail & Eurostat, 2023-2024

Développement de l'ERTMS

Les Pays-Bas avaient initialement prévu un déploiement massif et rapide de l'ERTMS, principalement au niveau 2, sur l'ensemble de leur réseau, afin de remplacer le système ATB vieillissant installé depuis les années 1950. Ce choix visait à moderniser d'un seul coup le réseau, mais s'est révélé trop ambitieux à cause de la complexité de l'intégration avec l'ancien système, des coûts élevés et de la nécessité de moderniser tout le matériel roulant en même temps. Aujourd'hui il existe environ 300 km équipés d'ERTMS.

Figure 79 : Carte du réseau ferré néerlandais avec les différents systèmes de signalisation
Source : ProRail

Niveau 1

Niveau 1 / 2

Niveau 2

Figure 80 : Déploiement de l'ERTMS aux Pays-Bas
Source : ERTMS.Net, 2025

Services régionaux

Presque tous les services de transport ferroviaire de voyageurs font l'objet de concessions :

- Les lignes régionales, gérées par les provinces, sont soumises à la concurrence via des appels d'offres pour leur exploitation.
- Le réseau principal de transport ferroviaire est géré par une concession attribuée directement par le ministère des Transports. Cette concession a été attribuée à NS pour la période 2025-2033, sans ouverture à la concurrence.

Le processus de délivrance d'une Autorisation de mise en service sur le marché et de compatibilité avec l'itinéraire suivent les mêmes étapes que celles décrites pour la France.

SERVICES REGIONAUX (Pays-Bas)	
Nature du marché	Conventionné
Libéralisation des services régionaux	Sur les lignes régionales, depuis 1996 ouverture à la concurrence avec des concessions attribuées par les autorités provinciales. Sur le réseau principal, attribution directe de la concession d'exploitation par le Ministère responsable du transport à l'EF historique, NS.
Principaux acteurs sur les services conventionnés, soumis à appel d'offre	Keolis NL Connexxion (Transdev) Qbuzz Arriva (DB)
Principaux constructeurs	CAF, Alstom, Stadler

Services Open-Access

En matière de services librement organisés (open access), des services TGV (Eurostar) ou des trains de nuit (par exemple, European Sleeper, ÖBB Nightjet) sont disponibles.

Le processus de délivrance d'une Autorisation de mise en service sur le marché (AMM) et de compatibilité avec l'itinéraire suivent les mêmes étapes que celles décrites pour la France.

SERVICES OPEN-ACCESS (Pays-Bas)	
Nature du marché	Open access

Libéralisation des services en open access	Pour les services internationaux, possibilité de services en open access
Principaux acteurs sur les services en open accès	NS Eurostar European sleeper (train de nuit) ÖBB Nighjet (train de nuit)
Principaux constructeurs	Alstom, Siemens

Figure 81 : Transport ferroviaire néerlandais : Open-access
Source : Diverses entreprises ferroviaires

Ecosystème & Organisme délivrant l'AMM

ECOSYSTEME AUTOUR DE L'AMM (Pays-Bas)	
ANS	ILT
NoBo[58]	Dekra Rail B.V. TÜV SÜD Nederland TÜV Rheinland CERTIFER HHC/DRS Ricardo Certification B.V.
DeBo[59]	Dekra TÜV SÜD Nederland CERTIFER HHC/DRS Ricardo TÜV Rheinland
Laboratoires et centres d'essais	ERTMS Integration Lab - Prorail
Anneaux d'essai	-

Figure 82 : Ecosystème autour de l'AMM aux Pays-Bas
Source : ProRail, Dekra, Ricardo & diverses

Transports guidés

Services de Métro

Aux Pays-Bas il existe deux réseaux de métro à Amsterdam et Rotterdam ainsi qu'un réseau de train léger à La Haye.

Services de Tramway

Des lignes de tramway existent dans les villes d'Amsterdam, de Rotterdam, d'Utrecht et de La Haye. A l'exception d'Utrecht où le tramway a été supprimé et réintroduit en 1983, les autres villes ont maintenu leurs réseaux de tramway depuis leur création.

[58] Organisme qui évalue la conformité aux STI
[59] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales (RTNN)

Transports ferroviaires

Bilan

☑ LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS	⚠ POINTS DE VIGILANCE ET RISQUES
Adoption de plateformes européennes éprouvées L'opérateur NS privilégie désormais l'achat de plateformes de matériel roulant déjà développées pour d'autres marchés européens, notamment l'Allemagne. Cette stratégie réduit les risques de conception et accélère l'intégration de flottes modernes et fiables.	Contraintes CEM liées au système ATB Le système de signalisation historique (Classe B / ATB) impose des exigences de compatibilité électromagnétique très strictes, difficiles à atteindre pour les trains modernes à forte puissance. Ces difficultés techniques entraînent régulièrement un allongement imprévu des campagnes d'essais.
Synergie maintenance et assistance constructeur NS conserve une forte implication dans la maintenance de ses rames tout en sécurisant l'exploitation par des contrats d'assistance technique avec les constructeurs. Ce modèle hybride garantit un suivi optimal des performances durant tout le cycle de vie du train.	Absence de classes d'équivalence aux frontières À l'instar de la France, les Pays-Bas exigent une classe d'essais spécifique pour chaque passage de frontière au lieu de regrouper les tests par équivalence. Ce choix réglementaire multiplie les validations redondantes et complexifie l'homologation des matériels transfrontaliers.
Gestion pragmatique du risque de shuntage ProRail utilise un système de notation pour limiter les tests en ligne aux seuls matériels à haut risque. Pour compenser des essais allégés, des mesures opérationnelles strictes sont imposées, comme l'obligation de circuler en unité double en automne pour garantir la détection des trains.	
Flexibilité des sites d'essais CEM Les tests de compatibilité électromagnétique (CEM) bénéficient d'une grande liberté géographique, pouvant être réalisés sur diverses sections du réseau national ou sur des anneaux d'essais européens (Velim, Wildenrath). Cette souplesse logistique évite la saturation de sites spécifiques.	
Optimisation de la capacité réseau durant les tests Contrairement à d'autres pays, les Pays-Bas n'imposent pas le blocage systématique de la voie adjacente lors des campagnes d'essais, sauf cas critiques. Cela permet de maintenir un trafic commercial fluide tout en menant les validations techniques nécessaires.	
Laboratoire ERTMS Le laboratoire national reproduit l'intégralité de l'infrastructure numérique néerlandaise (systèmes sol, GSM-R, interfaces). Il permet de réaliser la quasi-totalité des tests de signalisation hors réseau, limitant les essais réels aux seules zones de frontières.	

Autorité Nationale de Sécurité

Aux Pays – Bas l'ANS est l'ILT. L'ILT joue aussi un rôle de support technique aux autorités locales dans leur rôle d'autoriser le matériel roulant pour le métro et le tramway.

Donneurs d'ordre

Aux Pays-Bas, l'opérateur NS est chargé de l'acquisition du matériel roulant pour l'exploitation de la concession du réseau principal. En ce qui concerne les lignes régionales, la responsabilité de l'attribution des concessions revient aux provinces, et ce sont alors les entreprises ferroviaires attributaires qui procèdent à l'achat du matériel roulant.

Pour le ferroviaire classique, NS a pour habitude de laisser au constructeur la responsabilité de porter l'autorisation.

RTNN : Nettoyage et lisibilité

Il y a eu un certain nettoyage des RTNN néerlandaises, le RIS, notamment avec la suppression de certaines exigences qui ont été jugées caduques. Par exemple, auparavant il y avait une évaluation de la sécurité passive concernant l'absence d'arêtes ou d'angles qui pourraient couper ou présenteraient un risque de coupure. Comme cette exigence n'était pas demandée au niveau européen, elle a été supprimée.

En 2020, les RTNN néerlandaises, le RIS, a été mis à jour à la suite de travaux de révision menés par un ensemble d'acteurs comprenant le ministère de l'Infrastructure et de la gestion de l'eau (*Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat)*, ProRail, NS, ILT et Ricardo Nederland BV. D'autres acteurs ont aussi pu faire part de leurs avis sur l'évolution du RIS. Les exigences au niveau du RIS ont été réduites par rapport à l'ancienne version mais globalement l'effort pour l'autorisation de matériel roulant a à peine changé car il y a eu surtout un transfert d'exigences vers les STI. Néanmoins, il faut noter que le RIS a été enrichi avec des annexes plus détaillées.

STI Contrôle Commande

Concernant le système de signalisation de classe B, il y a un blueprint du STB ATB qui est fabriqué par NS et il n'y a pas besoin d'aller solliciter un constructeur tiers ; il y a simplement une licence à acheter.

ProRail ERTMS Integration Lab

Le GI Prorail a un laboratoire (ERTMS Integration Lab) qui permet de réaliser plusieurs tests notamment :

- Tests d'intégration entre l'équipement embarqué dans le train et les équipements de voie incluant les tests de comptabilité ESC
- Tests de la performance de connexion GSM-R
- Tests de transition (entre ERTMS et ATB, vice versa)
- Tests de configuration
- Formation et démonstrations.

Ce laboratoire est équipé des systèmes ERTMS existants sur l'infrastructure néerlandaise, les systèmes de contrôle des processus, le GSM-R et les applications d'essai connexes, ainsi que les différentes interfaces. Il est situé au Railcenter à Amersfoort, un lieu où l'industrie ferroviaire travaille en coopération pour développer un système ferroviaire plus sûr et plus fiable.

Durant les tests de compatibilité ESC, l'intégration entre l'équipement embarqué dans le train et les équipements de voie est testée selon des règles établies par ProRail (RLN00445). Comme seulement les sous-systèmes pour l'infrastructure néerlandaises sont disponibles, tous les tests ne sont pas possibles dans ce laboratoire ; certains tests pour les traversées de frontières ne peuvent pas y être réalisés.

Il faut réserver le laboratoire avec certains délais ; il faut donc réserver à temps en tenant compte de la disponibilité. Avant un test est réalisé, il faut déterminer ce que souhaite démontrer le demandeur et donc les tests précis à être réalisés.

NS ne demande pas la compatibilité avec toutes les catégories ESC.

Figure 83 : Laboratoire ERTMS Integration de ProRail
Source : ProRail

Exigences non réglementées (hors RTNN/STI)

NS, qui développait dans le passé son matériel roulant en interne, utilise maintenant des plateformes de matériel roulant de grands constructeurs qui sont adaptés à ses besoins ; par exemple, les trains Double-decker New Generation à partir de la plateforme Civity Duo de CAF.

Il faut noter aussi que le matériel roulant a évolué avec beaucoup plus de systèmes informatiques à bord et l'introduction de nouvelles exigences européennes ou de l'ANS ILT. Tout cela nécessite aujourd'hui un programme d'essais plus important pour permettre l'autorisation de la mise sur le marché.

Par exemple, pour le train Sprinter New Generation, le contrat avec CAF a été signé fin 2014 et les premiers trains ont obtenus leurs autorisations et acceptations par le client mi-2018. Le tableau suivant récapitule les dates clés de la fabrication et des essais pour ce matériel roulant.

	Rame de 3 voitures	Rame de 4 voitures
Signature de contrat	Fin 2014	
Désignation des NoBo[60], DeBo[61] et AsBo[62]	Mars 2015	
Début de fabrication du 1er train	Novembre 2015	Avril 2016
Début d'essais en usine	Janvier 2017	Mai 2017
Début d'essais en composition couplée à Velim	Mai 2017	
Début d'essai du 1er train à Vélim	Juillet 2017	Juillet 2017
Début d'essai dynamique sur le réseau en Tchéquie	Aout 2017	-
Début d'essai dynamique du 1er train aux Pays-Bas	Octobre 2017	Octobre 2017
Autorisation et acceptation client du 1er train	Mi-2018	Mi-2018

Figure 84 : Temporalité du TTM des trains Sprinter New Generation
Source : Ricardo

[60] Organisme qui évalue la conformité aux STI
[61] Organisme qui évalue la conformité aux règles nationales
[62] Organisme d'évaluation des risques et de la sécurité

NS a capitalisé sur ses différentes expériences d'acquisition de matériel roulant et mis en place plusieurs mesures pour l'acquisition de matériel roulant, parmi lesquelles :

- L'application de l'approche de l'ingénierie des systèmes à la spécification et à la validation (le modèle en V) ;
- Utilisation de technologies éprouvées et sélection de fournisseurs compétents ;
- Attention particulière à la coopération (interculturelle) avec les fournisseurs ;
- Application des normes de gestion des programmes et des projets (y compris Prince2, PRojects IN Controlled Environments)
- Focus sur les contrôles non techniques, à la fois dans les relations avec les fournisseurs et dans les programmes ;
- Conduite régulière d'audits.

Ainsi, au moins une fois par an, chaque programme d'acquisition de matériel roulant est soumis à un audit surtout durant les phases de lancement d'appel d'offre, de développement du matériel et les préparatifs de l'EF pour son arrivée. L'approche de base d'un audit repose sur la roue de Deming (PDCA - plan-do-check-act). Ainsi il y a une amélioration continue pour le projet de NS et l'approche adoptée n'est pas figée. Le cadre pour chaque audit est réalisé sur mesure. Une attention particulière est portée sur les risques du projet et comment l'audit peut apporter de la valeur ajoutée.

La réalisation d'audit et un suivi plus rapproché étaient des recommandations d'un rapport réalisé à la suite de l'échec du projet de train à grande vitesse Fyra. Pour rappel le train Fyra construit par AnsaldoBreda, avait eu de nombreux problèmes techniques graves et récurrents (faible résistance aux intempéries et à la neige, perte d'une tôle pendant les opérations, surchauffe des batteries, freinage inadapté, etc..) en partie liés à des défauts de conception.

Comme la SNCF, NS est très impliqué dans la maintenance de ses trains. Au sein de NS, le service Engineering, Maintenance et modernisation des trains (qui inclue NS Components Company) est responsable de la maintenance des trains. Ces départements font partie de l'entreprise NedTrain B.V filiale de NS. Toutefois il est intéressant de noter que pour le contrat de NS pour la commande de 60 rames à deux niveaux de CAF inclut une assistance technique pour la maintenance qui sera assurée par NS.

Caractéristiques du réseau

Compatibilité ESC ((ETCS System Compatibility)

Aux Pays-Bas, il existe 24 catégories ESC sur l'ensemble du réseau ferré incluant la ligne Betuweroute dédiée au transport de fret. Comme la France, les Pays-Bas ont fait le choix de définir une classe d'essais à chaque passage de frontière et n'ont pas regroupé en faisant des classes d'équivalence d'essais.

Compatibilité CEM

Aux Pays-Bas, la question de la compatibilité électromagnétique (CEM) revêt une dimension particulière. L'augmentation des besoins en puissance des trains engendre des difficultés croissantes avec le système de signalisation de classe B, l'ATB. Lors de la procédure d'autorisation, il est nécessaire de démontrer que les courants d'interférence de 75 Hz, ainsi que tout autre courant susceptible d'induire indirectement ces courants de 75 Hz dans la sous-station, ne conduisent pas à un dépassement des seuils réglementaires autorisés.

Les essais CEM (Compatibilité électromagnétique) peuvent être réalisés sur une variété de sites sur le réseau ferré ou sur des anneaux d'essais tels que Velim ou Wildenrath. NS constate que les constructeurs rencontrent des difficultés avec ces exigences purement néerlandaises d'interférence de courant.

En particulier, un constructeur constate que la CEM était sa plus grande difficulté aux Pays-Bas. Lors des essais, il ne parvenait pas à satisfaire les exigences en raison de nombreux dépassements. Si le nombre de dépassements devenait trop élevé, il était nécessaire d'interrompre la campagne d'essais. Cela a conduit à la réalisation de nombreux tests supplémentaires et à un allongement de la campagne d'essais. Un autre constructeur a dû apporter des adaptations aux logiciels du matériel. Cette difficulté s'est présentée à cause de la conception du train et des exigences des RTNN néerlandaises, le RIS.

Essais ferroviaires et simulations

Anneau d'essai/ sites dédiés

Il n'y a pas d'anneau d'essai aux Pays-Bas.

Autorisation temporaire pour les essais sur le réseau

Une autorisation provisoire (temporary use permit) est requise de la part d'ILT pour réaliser des essais sur le réseau.

Accès au réseau

L'accès au réseau pour faire les essais se fait surtout la nuit quand le trafic est réduit. Il faut réserver en avance et les créneaux dépendent des travaux ou des opérations de maintenance, de la saisonnalité. Il faut réserver les sillons environ 13 semaines en avance. En effet, ProRail a l'obligation de fournir les meilleurs efforts pour permettre la réalisation d'essais dans un délai de 3 mois. Les essais sont réalisés sur des voies fermées à la circulation en début de campagne d'essais et quand le protocole d'essai oblige le train d'essai à ne pas respecter la signalisation ou les feux rouges.

Il n'y a pas de nécessité de bloquer la voie adjacente lors des essais, sauf exceptions (par exemple, pour les essais de CEM). En effet, cela est basé selon le niveau de risque et les mesures à prendre pour sécuriser les différents essais. Au fil de l'avancement, les essais sont possibles en journée.

Etant donné la densité du trafic sur le réseau néerlandais, un constructeur affirme devoir faire des réunions de manière quotidienne pour être sûr que ce qui est planifié sera bien disponible. En effet, il faut planifier en avance et réaliser un travail considérable pour que l'objectif soit atteint.

Par exemple pour les trains ICNG pour NS, les tests ont été réalisés ainsi :

- début de test sur la ligne Groningen-Zwolle ;
- essai de vitesse sur la ligne Hanzelijn ;
- de mi-juin 2020 à avril 2021 sur la ligne LGV ;
- 10 -20 essais nocturnes par semaine sur la ligne Hoofddorp et Rotterdam étalés sur les nuits de jeudis, vendredis et samedis ;
- jusqu'à 20 essais nocturnes par semaine entre Rotterdam et Hazeldonk sur les nuits de vendredi et samedis, entre 00 :00 et 06 :00 quand la ligne LGV est fermée au transport de voyageurs ;
- de février 2021 à l'été 2021, réalisation de 1 650 essais en journée entre les trains commerciaux.

Malgré l'absence de barrières anti-bruit et les nuisances, les essais ont été réalisés durant la nuit pour ne pas retarder le projet de matériel roulant et s'adapter aux limites de capacités sur le réseau.

Site spécifique à un essai particulier

Il n'y a pas de sites/ lignes spécifiques pour réaliser les différents essais à l'exception de deux cas qui sont à réaliser sur la ligne de Hanzelijn :

- des essais de shuntage (quand ils sont nécessaires, cf. détails plus loin) ;

- des essais pour s'assurer de la détection par les compteurs d'essieux.

Comme le réseau ferré de Prorail comprend 4 différents types de compteurs d'essieux, les nouveaux véhicules devaient être testés sur plusieurs sites dans le pays. Prorail a mis en place une mesure pour ne plus avoir à faire des tests géographiquement dispersés.

Depuis 2017, ProRail met à disposition un endroit spécifique pour réaliser les essais de détection par compteur d'essieux. Ce site a été choisi car la ligne n'était pas très occupée et il existait une sous-station électrique à proximité. Ce site représente le cas le plus défavorable. En plus des 4 catégories de compteurs d'essieux, le site dispose d'équipement pour la mesure des émissions électromagnétiques du véhicule.

Cependant comme la ligne de Hanzelijn a aussi ses propres contraintes en matière de desserte de transport de voyageur, ProRail et des acteurs du secteur réfléchissent pour trouver des sites alternatifs.

Figure 85 : Ligne de Hanzelijn avec les équipements en bord de voie
Source : ProRail

Essais de shuntage

Pour les essais de Shuntage, Prorail a mis en place un système de notation en amont des essais. La note donnée au train fait la pondération de plusieurs facteurs influençant les capacités de shuntage du train (type de traction, profil de la roue, système de frein, charge à l'essieu, nombres d'essieux) (cf. figure ci-dessous)

Traction	5	Electric	3	
		Otherwise	1	
Wheel profile	5	In accordance with the requirements stated for this component in index 22.1 in Appendix 1 S1002	3	
		Otherwise	1	
Brake pads that apply full braking power to the wheel	3	Only cast iron	3	
		Non-cast iron or absent	1	
Axle load	2	<5 tons	1	
		5-10 tons	2	
		10-15 tons	3	
		15-20 tons	4	
		>20 tons	5	
Axle	1	N axles	N	
Total score				

Figure 86 : Modèle de notation RIS dont le seuil de 43 détermine la nécessité de shuntage
Source : https://wetten.overheid.nl/BWBR0043393/2024-08-01 (traduction automatique en anglais)

Les pondérations et les points attribués à chaque critère ont été définis de façon entièrement empirique par Prorail. Cette méthodologie a été adoptée par l'ILT (Inspectie Leefomgeving en Transport – Autorité Nationale de Sécurité néerlandaise) pour l'autorisation des matériels roulants.

Elle est appliquée de la manière suivante :

- si le score obtenu par un matériel est supérieur à 43, il est automatiquement accepté ;
- si le score est inférieur à 43, des essais complémentaires doivent être réalisés (10 mesures).

Ces essais, quand ils sont nécessaires, sont alors menés sur une voie « propre » empruntée quotidiennement par 150 trains, Hanselijn. Les caractéristiques de shuntage de tous les trains circulant sur ce tronçon instrumenté sont alors mesurées.

En consultation avec le GI, des exceptions peuvent être faites pour le matériel roulant comparable à d'autres matériels roulants autorisés en matière de la qualité de détection du train sur les voies.

Il est possible que certaines exigences en matière d'essais soient compensées par des contraintes imposées en phase opérationnelle. Afin d'assurer que le train soit détecté par le circuit de voie durant l'automne où il y a des feuilles mortes sur la voie, il y a une exigence d'ILT pour que les trains soient exploités en composition double afin d'avoir plus d'essieux et faire en sorte que le train soit détecté.

Un système similaire a été développé en Belgique (cf. ci-dessous)

5.1 Appendice 1 : exemple de points calculés en fonction du matériel roulant existant.

Les exemples suivants permettent de vérifier que les 173 points sont pertinents en regard des diverses configurations existantes.

Paramètre	Pondération	Facteur d'influence	Score	GE diesel: PH37ACai	GE diesel+ shunt ass	HLE18	nb de points min	nb de points max	essieux non-conforme mais tout le reste au max	roue non-conforme mais tout le reste au max
Résistivité essieux	10	Conforme	10	1	1	1	0	1	0	1
		non-conforme	1	0	0	0	1	0	1	0
Profil roue	5	Conforme	10	1	1	1	0	1	1	0
		non-conforme	1	0	0	0	1	0	0	1
Shunt assistor	5	Equipé	3	0	1	0	0	1	1	1
		non-équipé	1	1	0	1	1	0	0	0
Type de frein	3	Sur bandage & ferreux	6	0	0	0	0	1	1	1
		Sur bandage & non ferreux	1	1	1	0	1	0	0	0
		Sur disque & ferreux	4	0	0	1	0	0	0	0
		Sur disque & non ferreux	4	0	0	0	0	0	0	0
Masse	2	< 5 t	1	0	0	0	1	0	0	0
		5 ≤ à < 8 t	2	0	0	0	0	0	0	0
		8 ≤ à < 15 t	3	0	0	0	0	0	0	0
		15 ≤ à < 22,5 t	4	0	0	0	0	0	0	0
		≥ 22,5 t	5	1	1	1	0	1	1	1
			Score total	168	178	177	25	193	103	148

Figure 87 : Système de pondération développé par Infrabel pour qualifier la capacité d'un train au shuntage
Source : Infrabel

Essais de freinage

Les essais de frein vont deux fois plus vite aux Pays-Bas qu'en France : le GI des Pays-Bas impose moins d'essais de freinage que SNCF Réseau.

Simulation

Interactions Equipementier, Constructeur, donneur d'ordre

Le constructeur a la possibilité de solliciter l'ANS ILT ou des organismes comme DeBo ou NoBo pour poser des questions et obtenir des informations. Aux Pays-Bas, peu de DeBo disposent d'une expérience significative, Ricardo Rail demeurant le DeBo le plus expérimenté.

L'accompagnement et le soutien de certains acteurs comme Ricardo peut aller plus loin avec la spécification des essais requis et l'établissement d'un programme complet requis par les autorités. Ce type d'accompagnement a été réalisé pour les essais du Stadler Flirt.

Transports guides

Bilan

☑ LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS	⚠ POINTS DE VIGILANCE ET RISQUES
Priorité aux standards industriels GVB privilégie l'utilisation de normes largement répandues pour s'appuyer sur des plateformes constructeurs existantes. En évitant les nouveaux développements, l'opérateur réduit drastiquement les risques de fiabilité et dispense les constructeurs d'une reconception lourde.	Déséquilibre entre standardisation et maintenance GVB reconnaît que la priorité donnée aux plateformes standards crée des lacunes opérationnelles. L'enjeu actuel est de mieux affiner les spécifications du matériel roulant pour qu'elles correspondent davantage aux pratiques réelles et aux besoins spécifiques de leurs équipes de maintenance.
Sobriété des spécifications locales L'opérateur limite ses exigences aux seules contraintes physiques incontournables de l'infrastructure (courbes, ponts). En refusant la surspécification, GVB accepte un matériel moins optimisé pour la maintenance en échange d'une réduction majeure des exigences extra-réglementaires.	
Valorisation des validations antérieures Dans certains cas, si une plateforme est déjà validée sur un autre réseau européen, GVB autorise une réduction du programme d'essais. Cette approche pragmatique repose sur la réutilisation des preuves de conformité pour accélérer l'homologation des systèmes communs.	

À Amsterdam, pour le métro et le tramway, c'est l'opérateur qui assume la responsabilité de l'acquisition du matériel roulant.

Autorisation de matériel roulant pour le métro et le tramway

Pour le transport guidé, qu'il s'agisse du métro ou du tramway, l'autorité locale est chargée de délivrer l'autorisation de mise en service du matériel, avec l'appui technique de l'ILT, qui exerce également le rôle d'ANS pour le secteur ferroviaire. L'autorité locale pourrait solliciter le soutien technique d'une autre entité mais habituellement c'est ILT qui endosse ce rôle de référent technique à la demande de l'autorité. Cette autorisation de mise en service est aussi nécessaire pour du matériel roulant modifié de manière significative. Ces obligations découlent de la réglementation néerlandaise du chemin de fer local.

En principe, l'opérateur est responsable et demandeur de l'autorisation et le fabricant de matériel roulant de son côté est responsable des essais. Il y a plusieurs étapes durant le projet d'acquisition de nouveau matériel roulant :

- par exemple, dossier d'information revu par l'autorité pour la conception ;
- autorisation pour la réalisation des essais en surface ;
- possibilité de faire des essais en journée sans voyageur à la suite de l'intégration et la certification du système de sécurité. La procédure pour le tram et le métro est la même. Néanmoins, un opérateur de transport juge que l'intégration avec le système de signalisation est plus compliquée pour le métro surtout quand le fournisseur de l'équipement en voie n'est pas le même que le fournisseur de matériel roulant.

Donneur d'ordre (Cas de GVB)

L'opérateur local est responsable de l'acquisition du matériel roulant métro ou tram. Pour le métro M7 de GVB, le calendrier prévisionnel avait les ambitions suivantes :

- Signature de contrat – début des essais : 24-26 mois

- Essais et intégration au réseau : 12 – 14 mois

Finalement, au lieu de 40 mois, il a fallu 48 mois entre la signature du contrat et la mise en service. Il y a certes eu des impacts Covid qui a contribué au retard mais il y a aussi eu des difficultés concernant l'intégration du matériel roulant avec le système CBTC. En effet, il y a eu certains ajustements en matière d'exigences en particulier au niveau de la fiabilité ; il a été constaté pendant la phase de production que les exigences de fiabilité n'étaient pas suffisantes et il a fallu du temps pour rectifier cela.

Les projets de matériel roulant démarrent toujours d'une plateforme de constructeur mais celle-ci est adaptées selon les spécificités requises par GVB notamment à cause du réseau : gabarit selon les limites de hautes à cause des ponts, courbes serrées des voies, cabine de vente de billets à bord et système de gestion de flux de voyageurs dans le tram, entre autres.

Pour les projets de matériel roulant de GVB, le fabricant de matériel roulant mandate un certificateur et ce choix de certificateur est validé par GVB. Ce sont des sociétés d'expérience telles que TÜV SUD ou TÜV Rheinland qui portent cette responsabilité de certificateur. Ainsi, GVB obtient tous les documents de certification pour le train et les sous-systèmes ainsi que les déclarations du certificateur. Toute cette documentation est soumise à l'autorité locale de sécurité qui, avec le soutien d'ILT, vérifie que toutes les exigences sont respectées. Ensuite, GVB peut commencer les essais.

Normes et exigences

Il n'y a pas de normes néerlandaises. GVB utilise principalement des normes européennes mais dans certains cas, GVB peut faire référence au BOStrab (réglementation allemande), ou à d'autres documents (Eurospecs, UIC) s'ils sont jugés réalistes ou pertinents.

L'objectif de GVB est d'utiliser des normes largement répandues afin que les plateformes de matériel roulant puissent être utilisées. Même s'il y a certaines particularités qui restent à être spécifiées (exigences liées à l'infrastructure), le constructeur n'a pas besoin de reconcevoir une plateforme. GVB juge que la reconception entraine aussi des sujets de fiabilité et rallonge le TTM.

GVB souhaite avoir un véhicule fiable, ce qui est considéré comme un sujet clé. Ainsi, elle part de ce principe et utilise donc des produits aussi standards que possible. Pour GVB, les produits nouvellement développés présentent plus de problèmes en début d'exploitation, ce qui nécessite des redéveloppements et l'apport de modifications. Souhaitant limiter ce type de problèmes, GVB pousse le marché à utiliser des normes EN. Par exemple, pour le tramway 15G qui utilise la plateforme CAF Urbos, des bogies et une traction standard ont été utilisées. La carrosserie a dû être adaptée à cause des contraintes que présente l'infrastructure : courbes, ponts. Aussi, il y a des spécificités concernant certaines fonctionnalités : fonctionnement des portes, exploitation par le conducteur, etc. Les fonctionnalités et l'intégration sont spécifiques mais des composants standards sont utilisés. En matière de sécurité, il peut y avoir des spécificités propres à GVB, par exemple, concernant la sécurité dans les tunnels.

Exigences extra-réglementaires

GVB dispose d'une équipe d'ingénierie limitée en taille ; mobiliser des équipes auprès des prestataires travaillant sur la conception est déjà un objectif satisfaisant. En effet, il y a une collaboration entre GVB et le constructeur pour les revues intermédiaires et finales du matériel roulant ; jusqu'où le projet peut avancer, les décisions finales à prendre, etc. L'objectif de GVB de transporter les voyageurs et pas, en soi, de réaliser de nouveau développement pour le matériel roulant ou une nouveauté. GVB challenge la conception du constructeur, vérifie le respect par rapport aux normes européennes mais n'émet pas de exigences extra-réglementaires.

Les équipes de maintenance de GVB sont impliquées dans le développement du matériel roulant mais les projets de nouveau matériel roulant ne sont pas leur priorité. Des exigences générales existent concernant la maintenabilité du matériel roulant : accès aux équipements/ pièces, charges selon les

limites, etc. Ces sujets de maintenance et de maintenabilité sont discutés pendant les revues en phase de développement. Cependant, il reste de la marge pour mieux adapter la conception du matériel roulant à la maintenance. Finalement l'opérateur en charge de la maintenance accepte le compromis d'avoir un matériel plus standard mais moins optimisé pour la maintenance.

Essais

Même s'il peut y avoir quelques simulations, par exemple, aspects mécaniques, déraillement ou la vérification du gabarit du véhicule, la majorité des essais sont à réaliser sur le réseau. En effet, il faut faire rouler le véhicule sur le réseau pour vérifier l'intégration avec l'infrastructure et l'interface avec les autres systèmes de l'opérateur tels que le système d'information voyageur. En effet, il est essentiel de conduire le véhicule d'un point A à un point B sur le réseau pour connaître réellement ce qui se passe sur le terrain. De plus, beaucoup de systèmes avec lesquels l'intégration doit être vérifiée se trouvent uniquement sur le réseau de l'opérateur. Le constructeur a ses installations de fabrication pour faire des essais, par exemple des essais de freinage et de traction sur son site. Mais finalement il devra aussi faire des essais sur le réseau.

Si la plateforme du matériel roulant est déjà validée pour un autre réseau, en fonction des fonctionnalités et des systèmes, il est possible de réduire les essais. Par exemple, le matériel de métro M7 a un équipement à l'avant du train qui a aussi été utilisé à Bruxelles et GVB a accepté cet équipement. Mais ce type d'acceptation croisée reste malgré tout une exception.

En règle générale, l'ensemble du système doit être testé, car il est nécessaire de vérifier si la fonctionnalité demandée présente des différences d'un opérateur à l'autre, ce qui implique également la réalisation d'essais. Pour les tests en usine, l'acceptation croisée est facilitée quand les mêmes équipements sont utilisés pour, par exemple, le moteur, l'équipement de traction ou l'onduleur.

GVB ne refait pas les essais de certification d'équipements ou de sous-systèmes. Quand le fabricant réalise des essais, GVB peut assister à ces essais ou peut mandater des spécialistes externes. GVB et le constructeur s'entendent sur le protocole et il doit y avoir une acceptation sur les tests à réaliser, par exemple, étanchéité à l'eau ou résistance à telle température. GVB assiste aux essais et considère ainsi que les résultats réalisés sont fiables. Mais en cas d'éléments en suspens, des essais peuvent être réitérés.

Les installations d'essais dont dispose GVB sont limitées ; une voie dédiée existe au dépôt, utilisable par le constructeur. Toutefois, le principal site d'essais demeure le réseau lui-même.

Sources

- Ricardo Certification
- Dekra
- Railistics
- Ministry of Infrastructure and Water Management
- https://www.spoorpro.nl/
- https://wetten.overheid.nl/
- https://www.ilent.nl
- https://essay.utwente.nl/86065/1/Zwanenburg_MA_BMS.pdf
- https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/rail_if_line_tr__custom_13662618/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=55e4c88f-d8fa-4e53-b9b9-c27a5208956a
- https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Characteristics_of_the_railway_network_in_Europe#Railway_lines_equipped_with_ERTMS
- https://transport.ec.europa.eu/document/download/fdaa26ed-671b-4202-95c4-a5305efe1b06_en?filename=nip-ccs-tsi-netherlands-en.pdf
- https://www.dekamer.be/doc/CCRA/pdf/53/ac765.pdf

- https://www.rtbf.be/article/la-sncb-va-casser-le-contrat-avec-le-constructeur-italien-du-fyra-8007328
- https://www.ville-rail-transports.com/ferroviaire/caf-livrera-la-prochaine-generation-de-trains-a-deux-niveaux-neerlandais/
- https://infrabel.be/sites/default/files/wysiwyg-files/SI%20(TVP,TraCi--RoSto,z)%20shunting%20capacity%20CNT%20NLS%20F_1.pdf
- https://infrabel.be/sites/default/files/wysiwyg-files/SI%20(TVP,TraCi--RoSto,z)%20shunting%20capacity%20CNT%20NLS%20F_1.pdf
- Appendix 6 - https://wetten.overheid.nl/BWBR0043393/2024-08-01i
- https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2020-21421.html#d17e3124

Annexe F – Analyse de l'écosystème ferroviaire Australien

Contexte

L'Australie est un État fédéral constitué de six États et dix territoires. Douzième puissance économique mondiale, le pays est fortement urbanisé et la population se concentre sur la côte Est. La grande majorité des transports s'effectuent par la route. Mais l'Australie a lancé un plan ambitieux pour redévelopper le transport ferroviaire de voyageurs et en particulier un réseau grande vitesse entre les grandes villes.

Aujourd'hui Le réseau ferroviaire australien regroupe :

- des **réseaux inter-étatiques,** généralement gérés par **Australian Rail Track Corporation** (ARTC). (Figure 88) ;
- et un ensemble de **réseaux intraétatiques** (généralement gérés par des entités détenues ou exploitées par les États et des entités privées) (Figure 89).

Transports ferroviaires

Réseau ferré et gestionnaires

ARTC est une agence appartenant au gouvernement fédéral créée en 1997 qui possède, loue, entretient et contrôle la majorité des lignes ferroviaires à écartement standard des lignes principales du continent australien, connues sous le nom de *Designated Interstate Rail Network (DIRN).*

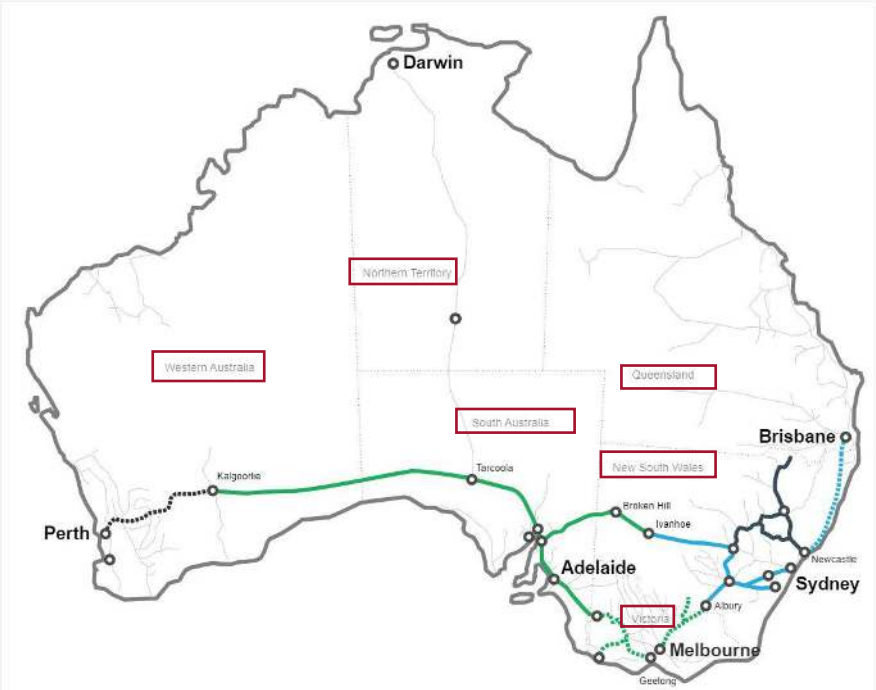


Figure 88 : Réseau ferroviaire géré par l'ARTC
Source : ARTC, février 2025

Au total, le réseau ferroviaire australien est composé de 29 réseaux distincts parcourus par 197 opérateurs accrédités. Il existe 15 autorités de réseau qui prennent les décisions qu'elles estiment nécessaires pour leur réseau. Il n'y a pas de règlementation qui les oblige à considérer les opérations en dehors de leur réseau, même si des EF opèrent sur des réseaux différents. Il n'y a pas encore interopérabilité entre les différents états australiens.

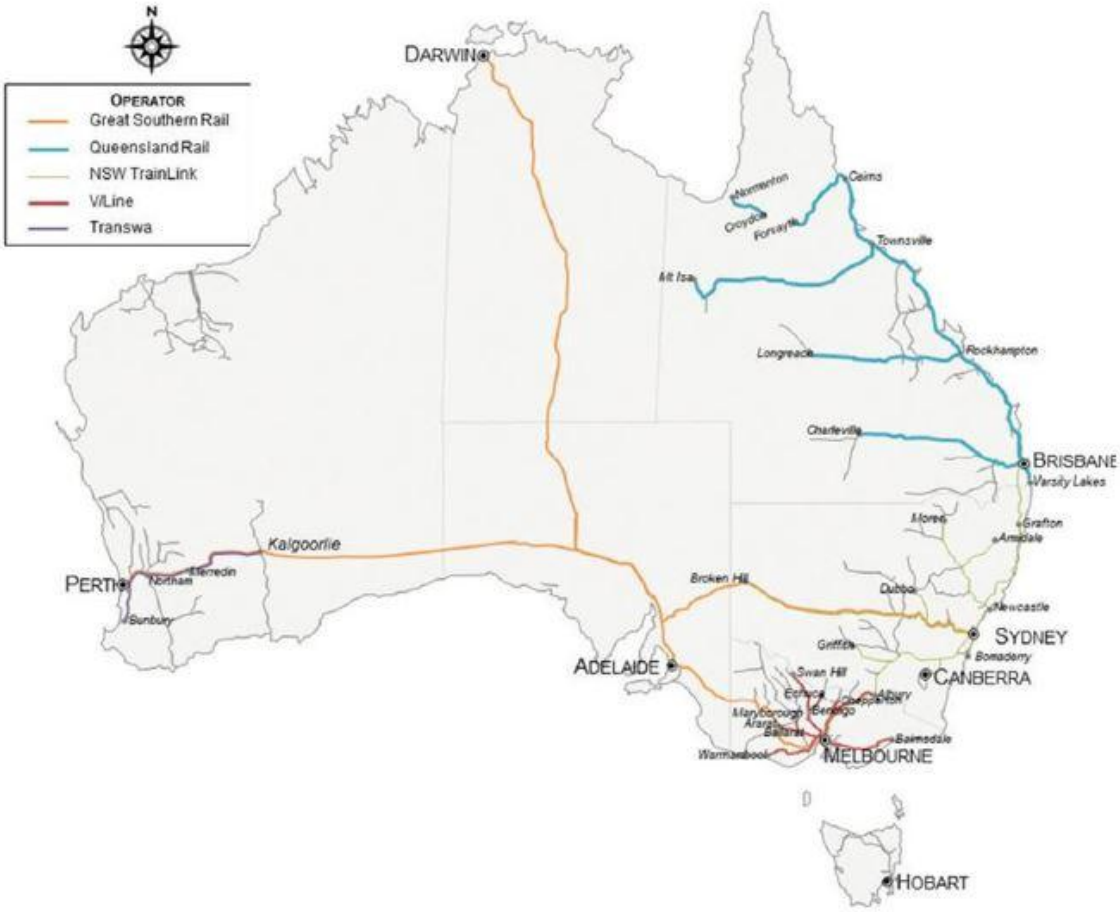


Figure 89 : Lignes de transport de voyageurs en Australie
Source : BITRE, 2019

Les systèmes de signalisation ferroviaire diffèrent aussi selon les états et sont principalement inspirés des systèmes britanniques et américains. Cependant, certains états ont investi dans l'installation de l'ETCS : le ministère des transports du Queensland a décidé par exemple sa mise en œuvre progressive sur le réseau de Queensland Rail, entre 2020 et 2030, et le ministère de la Nouvelle-Galles du sud le fait installer sur le réseau de Sydney.

Généralités sur le pays	Superficie (m²)	7 741 000 km²
	Population	27 millions d'habitants
Gestionnaires d'infrastructure	Réseau ferré national	Australian Rail Track Corporation (1998) Gère 8500 km de voies
du réseau	Longueur totale du réseau en exploitation (2022)	32 929 km
	Lignes à grande vitesse (LGV)	0
	Part des LGV dans le réseau	0
	Réseau électrifié	3 448 km
	Lignes non électrifiées (diesel)	29 000 km
	Longueur totale de réseau équipé de l'ERTMS	4 200 km environ
	Ancienneté du réseau	1ère ligne pour voyageurs en 1854
Infrastructure physique	Écartement des voies	1 435 mm : 18 007 km 1 600 mm : 2 685 km 1 067 mm : 11 914 km
Electrification et caténaires	Tension d'alimentation	Nouvelle-Galles du sud : 1 500 V DC (rail lourd) ; 600 VDC (rail léger)
		Queensland : 25 kV 50 Hz AC
		Australie du sud : 25 kV 50 Hz AC (rail lourd) ; 600 V DC (tramway)
		Victoria : 1 500 V DC (rail lourd) ; 600 VD C (tramway)
		Australie occidentale : 25 kV 50 Hz AC (rail lourd) ; 600 VDC (tramway)
		Territoire de la capitale australienne : 750 V DC (rail léger)
	Systèmes de sécurité nationaux	Advanced Train Management System (réseau de fret) Train Protection & Warning System (Victoria) TPWSATP (Australie occidentale)
Systèmes de contrôle et sécurité	Systèmes européens déployés	ETCS CBTC

Figure 90 : Caractéristiques du transport ferroviaire australien
Source : variées

Services régionaux

Le secteur du transport ferroviaire de voyageurs se caractérise par une forte concentration du marché, les trois principaux acteurs représentant 84 % du chiffre d'affaires du secteur. Les principaux acteurs du marché sont des entités publiques qui exploitent directement des services ferroviaires de voyageurs ou les acquièrent par le biais de franchises :

- Le ministère des Transports de Nouvelle-Galles du Sud (par exemple, Sydney Trains, NSW TrainLink, etc.) avec des services de tramway franchisés et des services de métros ;
- Queensland Rail (entité intégrée verticalement détenue à 100 %) qui gère et entretient plus de 6 600 km de réseau ;
- L'Autorité de développement des transports publics de Victoria / **Public Transport Victoria (PTV)**. (Par exemple, V/Line et, via une franchise, MTM).

Services régionaux (Australie)			
Nom	Service	Opérateur	Concession
Sydney Trains, Nouvelle-Galles du sud	Services locaux (neuf lignes) et régionaux (cinq lignes) dans l'agglomération de Sydney	Sydney Trains est une agence de transport placée sous l'autorité de Transport for NSW. Sydney Trains exploite et entretient le matériel roulant.	Le réseau est géré par Transport for NSW, l'agence du gouvernent de Nouvelle-Galles-du sud chargée des transports. Le matériel roulant appartient à TAHE.
Queensland Rail	Services locaux, régionaux et intercités (9 000 km de voies dont 1 000 km électrifiés)	Queensland Rail possède, exploite et entretient tout le système ferroviaire de l'état du Queensland	Queensland Rail est une société publique dépendant du ministère des Transports du Queensland.
Metro Train Melbourne, Victoria (Sous contrat avec Public Transport Victoria)	430 km de lignes électrifiées desservant la région de Melbourne	Metro Trains Melbourne est une JV entre MTR, John Holland et UGL Rail qui a obtenu le contrat d'exploitation sur décision de Public Transport Victoria sur la période 2009-2026	Les voies, les infrastructures et le matériel roulant appartiennent à Victrack qui les loue à Public Transport Victoria qui les sous-loue à la JV, responsable de la maintenance de la flotte et de l'exploitation
Adelaide Metro, Australie méridionale	Réseau de banlieue de 131 km et six lignes	Keolis Downer exploite et entretient le réseau de banlieue d'Adelaide pour la période 2021-2029	Le Department of Infrastructure and Transport de l'Australie méridionale a accordé le contrat après appel d'offres. Le réseau appartient à l'état d'Australie méridionale
Transperth, Australie occidentale	Réseau de banlieue et de rail lourd de huit lignes et 270 km	Public Transport Authority possède, exploite et entretient le réseau et le matériel roulant	Public Transport Authority (PTA) est une autorité statutaire qui supervise le fonctionnement de tous les transports publics en Australie occidentale.

Figure 91 : Exemples de services de transport régional
Sources : variées

Le secteur de la fabrication et de la réparation de matériel roulant ferroviaire en Australie est principalement dominé par trois fournisseurs : CIMIC Group, Alstom-Bombardier et Downer.

Services grande vitesse

Il n'y a pas de trains à grande vitesse au sens européen du terme en Australie ; la vitesse maximale sur le réseau ferroviaire australien est de 160 km/h.

Ecosystème & Organisme délivrant l'AMM

Comme détaillé plus loin, les parties prenantes impliquées dans les processus de certification et d'autorisation du MR sont : l'EF (RSO) ; le GI (RIM) et l'entité indépendante (ICP).

Le RISSB, de son côté, émet des normes australiennes dans le domaine ferroviaire. Ces normes peuvent encadrées la procédure de certification ou la sécurité, mais elles sont utilisées sur une base volontaire, il n'existe pas encore de loi australienne rendant leur utilisation obligatoire.

Role	Rail Safety Accreditation of SMS	Access Agreement	Rail Safety Interface Agreement	Certification / registration of vehicle	Approval of train
RSO	✓	✓	✓	✓	✓
RIM	✓	✓	✓	✓	✓
ICP[3]	×	×	×	✓	✓
Owner	×	×	×	✓	×
ONRSR	✓	×	✓	×	×

Figure 92 : Implication des différentes entités
Sources : RISSB

ECOSYSTEME AUTOUR DE L'AMM / (certification / Approval of trains) (Australie)	
RSO / Rolling Stock Operator	L'EF est chargée de déterminer les normes selon lesquelles le matériel roulant sera conçu et construit. Elle est également responsable de la nomination de l'ICP et de l'obtention de l'accord du GI pour cette nomination
RIM / Rail Infrastructure Manager	Le GI vérifiera que le train peut circuler de manière sûre et efficace sur l'infrastructure et sur des itinéraires particuliers Le GI doit aussi donner son accord pour le choix de l'ICP
ICP (Independent Competent Person)	Organisme indépendant, pour évaluer la conformité des véhicules aux normes
Rail Industry Safety and Standards Board (RISSB) :	Le RISSB travaille avec le secteur ferroviaire australien afin de fournir les outils essentiels dont les organisations ferroviaires ont besoin : normes de bonnes pratiques, codes de bonnes pratiques, lignes directrices et règles. Le RISSB est le seul organisme accrédité d'élaboration de normes pour le secteur ferroviaire en Australie.

Figure 93 : Organismes impliqués dans l'homologation du matériel roulant en Australie

Il faut bien noter que **l'ONRSR** (Office of the National Rail Safety Regulator) n'intervient pas au niveau de la certification et de registre du MR (Certification/registration of vehicle). C'est un organisme indépendant chargé de promouvoir et d'améliorer la sécurité des transports ferroviaires au niveau national. Il est impliqué dans le processus **d'accréditation des opérateurs et des constructeurs de MR, procédure qui se fait en parallèle de l'autorisation du matériel**. Dans ce cadre et dans le cas de l'introduction d'un nouveau matériel roulant, l'ONRSR examine et approuve les systèmes de gestion de la sécurité et la conformité technique de la construction des trains.

Transports guidés

Figure 94 : Carte des transports urbains et surburbains en Australie
Source : Urban Rai ; 2025

Services de Métro

Réseau	Propriétaire / exploitant	Lignes / longueur	Matériel roulant	Fréquentation
Sydney Metro	Le Gouvernement de Nouvelle-Galles du sud possède le réseau. Transport for NSW a accordé le contrat sur la période 2014-2029 après appel d'offre à Metro Trains Sydney (JV entre MTR, John Holland et UGL Rail).	1 / 52 km	Alstom Metropolis Siemens Inspiro. Le matériel roulant appartient à TAHE	23,2 millions / an

Figure 95 : Caractéristiques du métro de Sydney
Source : Alstom, Sydney Metro

Services de Tramway

Le réseau de Melbourne avec son réseau de 250 km est reconnu comme le plus vaste réseau au monde par plusieurs organismes, dont l'Union Internationale des Transports Publics (UITP).

Réseau	Propriétaire / exploitant	Lignes / longueur	Matériel roulant	Fréquentation
Yarra Trams, Melbourne	Victrack / Yarra Journey Makers (JV entre Transdev et John Holland)	24 lignes / 250 km	520 tramways Comeng, Alstom et Siemens	155 millions / an
Adélaïde, Australie méridionale	Adelaide Metro / Torrens Connect	4 km	15 Bombardier Flexity, 9 Alstom Citadis	9 millions / an
Gold Coast Light Rail (Glink), Queensland	Translink / Keolis Downer	20 km	23 Bombardier Flexity	11 millions / an

Figure 96 : Services de tramways en Australie
Sources : variées

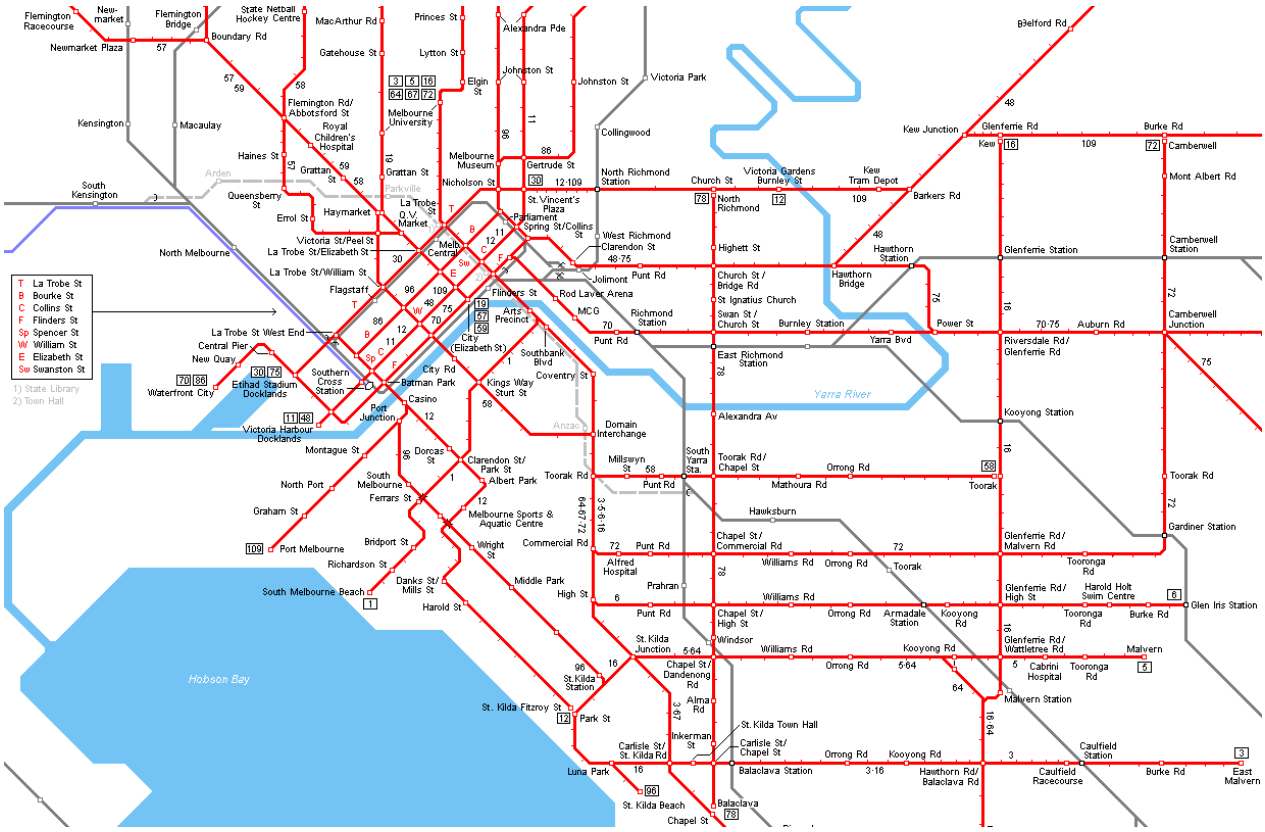


Figure 97 : Plan du réseau de tramways de Melbourne
Source : Urban Net, 2025

Transports ferroviaires

Bilan

☑ LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS	⚠ POINTS DE VIGILANCE ET RISQUES
Un cadre normatif structurant (AS 7501) La norme nationale AS 7501 standardise les demandes d'autorisation de matériel roulant. Elle définit clairement les exigences à remplir et les preuves de conformité à fournir, offrant un cadre prévisible et homogène pour tous les acteurs.	Caractère facultatif de la norme AS 7501 Bien que structurante, l'application de la norme AS 7501 repose sur une démarche volontaire et non sur une obligation légale. Cette absence de contrainte peut limiter son efficacité comme standard national unique et maintenir des disparités dans les dossiers d'autorisation.
Responsabilisation et accréditation directe L'autorité nationale (ONRSR) accrédite directement les constructeurs et opérateurs pour leur capacité à concevoir et exploiter des systèmes sûrs. Ce modèle de confiance évite l'intervention systématique d'une agence de sécurité tierce, simplifiant ainsi le processus d'autorisation.	Absence d'accréditation des organismes de validation Les ICP (Independent Competent Persons), qui certifient la conformité, ne font l'objet d'aucune accréditation officielle par les autorités fédérales ou étatiques. Ce manque de reconnaissance formelle peut soulever des questions sur l'homogénéité des niveaux d'exigence et de compétence entre les différents intervenants
Ouverture aux standards internationaux Le référentiel de sécurité n'est pas rigide : des autorités comme la PTA permettent aux constructeurs d'utiliser des normes internationales si elles sont jugées plus pertinentes ou exigeantes. Cette flexibilité facilite l'importation de technologies mondiales performantes.	Fragmentation des homologations par type La diversité des normes locales empêche la reconnaissance mutuelle des tests entre les différents réseaux. Chaque nouveau projet impose une procédure d'homologation par type spécifique, ce qui génère des surcoûts, freine la concurrence industrielle et crée d'importants retards de livraison.
Régulation par la performance L'État ne prescrit pas de normes techniques rigides, mais fixe des exigences de résultats. Cette approche basée sur la performance laisse aux acteurs la liberté d'innover pour atteindre les niveaux de sécurité requis sans contraintes administratives inutiles.	Fragmentation des homologations par type La diversité des normes locales empêche la reconnaissance mutuelle des tests entre les différents réseaux. Chaque nouveau projet impose une procédure d'homologation par type spécifique, ce qui génère des surcoûts, freine la concurrence industrielle et crée d'importants retards de livraison.
Harmonisation et reconnaissance mutuelle Face à la multiplicité des gestionnaires d'infrastructure, l'industrie travaille sur un cadre obligatoire de reconnaissance mutuelle. L'objectif est de supprimer les preuves redondantes et de standardiser le matériel roulant à l'échelle nationale.	
Collaboration et adaptation du marché Le succès repose sur des échanges constants entre donneurs d'ordre, constructeurs et certificateurs pour fluidifier l'homologation. À l'image de l'État de Victoria, les spécifications sont activement adaptées pour correspondre au mieux aux solutions déjà disponibles sur le marché.	

Certification et autorisation des matériels roulants ferroviaires

Principe général

En Australie, pour qu'un MR soit autorisé à rouler sur le réseau, il faut que deux procédures soient validées en parallèle (cf. Figure 98) :

- D'un côté l'accréditation en sécurité ferroviaire (Rail Safety Accreditation) qui nécessite l'accréditation à la fois de l'utilisateur (EF ou AOM) et l'accréditation du constructeur de MR. Cette partie est sous la responsabilité de l'ON.
- De l'autre la certification qui nécessite le rapport d'un organisme certifiant indépendant validant la conformité du matériel aux standards de sécurité (Independent Competent Person / ICP), l'enregistrement du MR (Rolling Stock Registration), et l'obtention de certificats de sécurité (safety certificate) auprès du GI.

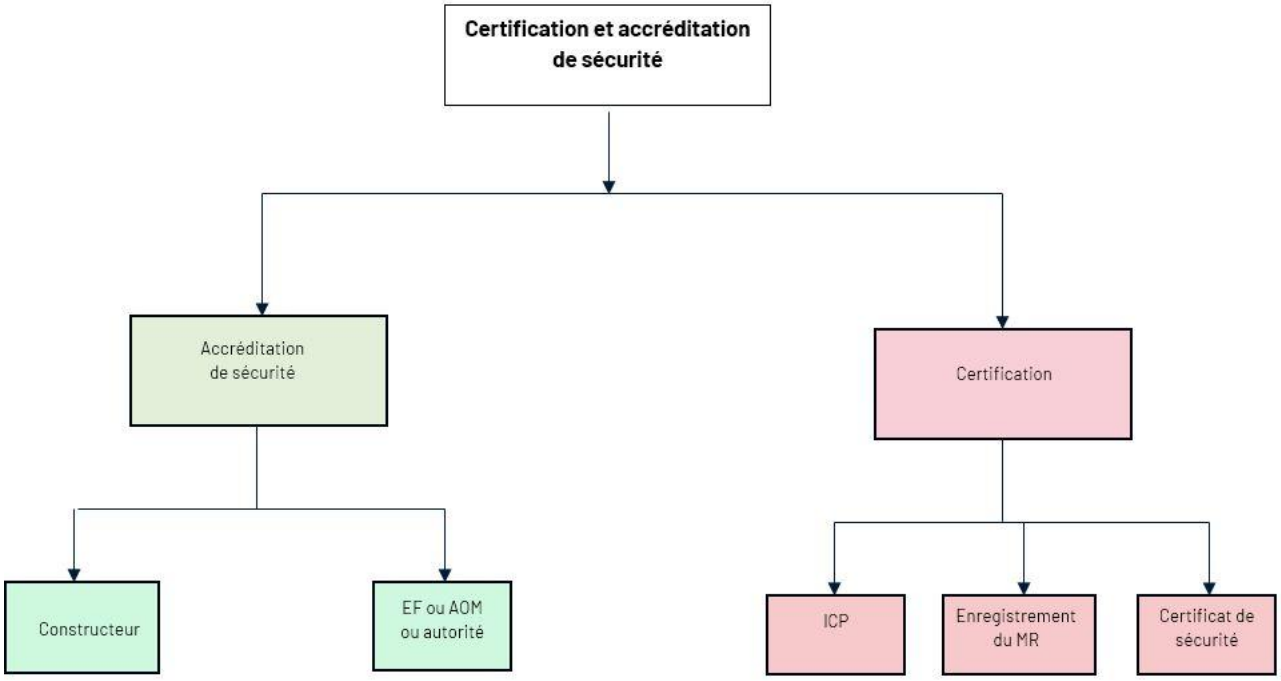


Figure 98 : Processus d'autorisation du matériel roulant en Australie
Source : Alstom, 2025

Processus d'autorisation du matériel

Le processus d'autorisation du matériel roulant inclut plusieurs étapes (partie en rose du schéma ci-dessus) :

- la certification de la conception, la certification de la construction des véhicules par un organisme Independent (ICP) avec les essais et la conformité avec les normes et à d'autres exigences liées au réseau ;
- l'enregistrement du MR (registre) ;
- la délivrance de certificats de sécurité qui autorise les trains à rouler sur le réseau envisagé.

Il n'existe pas en Australie d'agence équivalente à l'EPSF qui vérifierait que chaque organisme impliqué a effectué correctement son travail, l'ONRSR n'étant (comme indiqué plus haut) pas impliqué dans la certification, ni l'autorisation des trains.

Certification du MR

La certification est effectuée au niveau du véhicule ferroviaire par classe ou « type » de véhicule. Le processus de certification garantit que le véhicule roulant répond à toutes les normes nécessaires en matière de matériel roulant et d'interface, ainsi qu'aux exigences du réseau. La certification confirme qu'une unité de matériel roulant a été conçue, construite et testée conformément aux normes applicables. Les processus de certification incluent le matériel roulant nouveau, modifié et existant proposé pour être exploité sur un réseau sur lequel la classe de matériel roulant n'a jamais été exploitée auparavant.

À la différence du système européen, qui n'accorde une validation qu'à l'issue de la procédure de demande d'AMM, le système australien attribue plusieurs certificats à différentes étapes du processus. Grâce à l'attribution de certificats intermédiaires ; le constructeur n'est pas obligé d'attendre la fin du procédé pour savoir que quelque chose ne va pas.

Un « plan de certification » peut se résumer ainsi :

- Phase de **conception** à l'issue de laquelle le constructeur obtient un « Design compliance Certificate » provisoire ;
- Phase de **construction du MR** à l'issue de laquelle le constructeur obtient le « Construction compliance certificate » provisoire et l' « acceptance on Track Testing certificates » (autorisation d'essai provisoire avant les tests dynamiques), auprès d'un vérificateur indépendant ;
- Phase **des tests statiques** à l'issue de laquelle le constructeur reçoit un certificat final pour réaliser les tests dynamiques. L'EF (ou l'autorité) doit obtenir de son côté une accréditation l'autorisant à opérer des trains pendant les essais dynamiques ;
- Les **tests dynamiques** sur le site du constructeur si possible et sur le réseau.

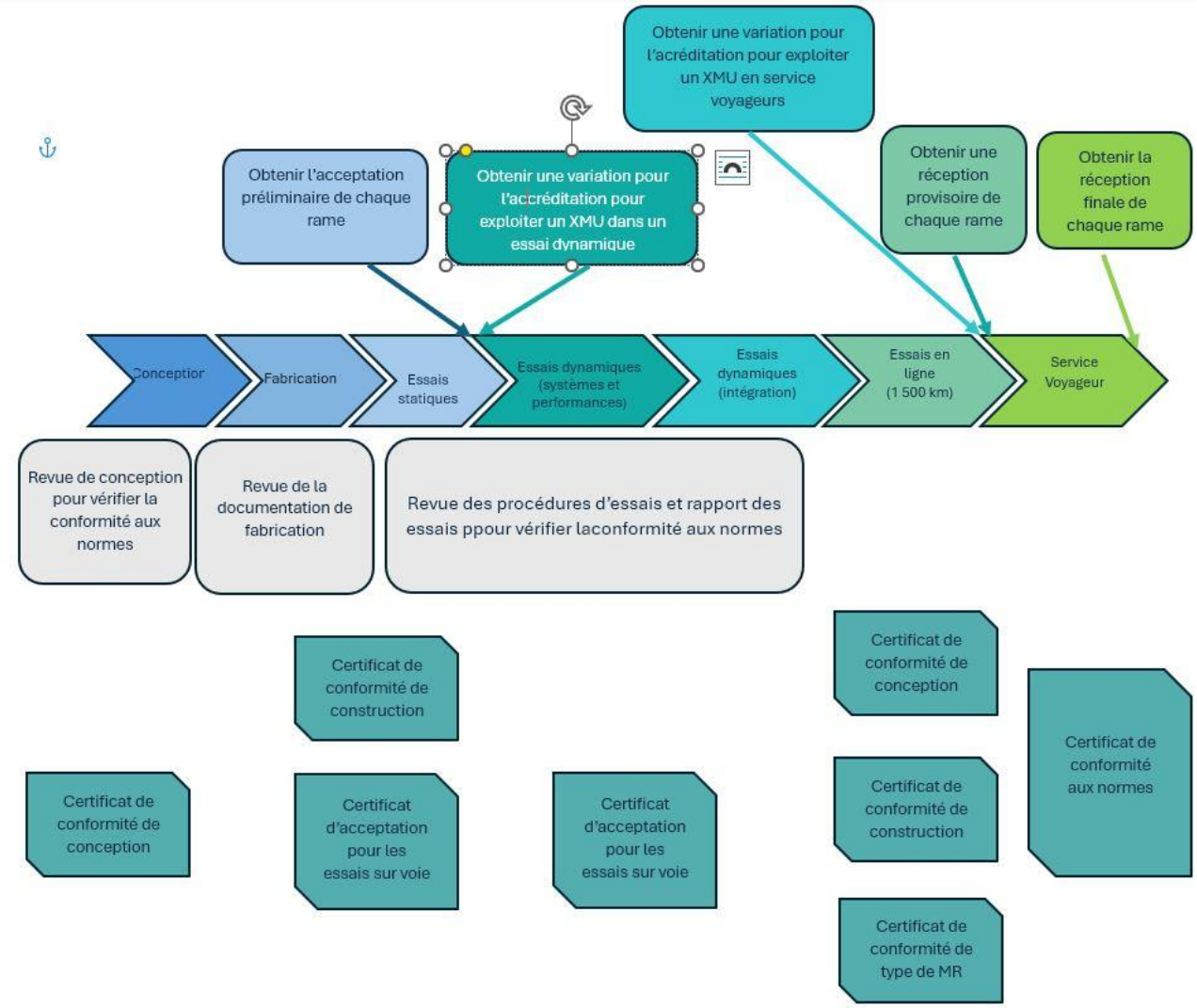


Figure 99: Calendrier de la certification du matériel roulant en Australie
Source : Alstom, 2025

Registre du MR

Le registre du MR permet d'identifier rapidement, par la suite, si un véhicule ferroviaire peut circuler en toute sécurité **sur un réseau spécifique**. L'enregistrement consiste à consigner les caractéristiques d'un véhicule afin qu'elles puissent être partagées avec les parties intéressées. Les caractéristiques du véhicule peuvent inclure le statut de certification, le type, les caractéristiques physiques du véhicule, les caractéristiques de performance, les limitations d'utilisation, la propriété et l'assurance.

L'obtention de certificat de sécurité

L'enregistrement effectué, les EF peuvent demander au GI d'approuver la configuration d'un train (constitué de plusieurs véhicules) en vue de son exploitation sur le réseau du GI concerné. Le GI vérifiera que le train peut circuler de manière sûre et efficace sur l'infrastructure et sur des itinéraires particuliers. L'homologation par le réseau concerne un train composé d'un ou de plusieurs véhicules. Certaines configurations de véhicules certifiés et immatriculés peuvent ne pas être compatibles avec un réseau lorsqu'elles sont formées dans certaines configurations. Dans le cadre de l'homologation d'un réseau, il est important de tenir compte de l'effort de traction et de la pente de la ligne.

Organisme Indépendant (ICP)

L'approche de certification proposée conformément à la norme AS7501 est le recours systématique à **un ICP (Independent Competent Person),** un organisme indépendant, pour évaluer la conformité des véhicules aux normes. Les **ICP sont acceptés par les GI** pour s'assurer que les véhicules ferroviaires sont conformes aux normes. Il n'existe pas d'organisme qui vérifie si l'ICP a correctement réalisé son travail. Les ICP ne sont pas accrédités par le gouvernement fédéral ni par le gouvernement d'un état.

Donneurs d'ordre

Politique d'acquisition

Il n'y a pas de politique unifiée d'acquisition du matériel roulant en Australie. Les politiques et le mode de propriété varient donc d'un état à l'autre. Il n'y a pas non plus d'achats groupés de matériel roulant par plusieurs états, les infrastructures, les règlementations pour les achats publics et les priorités de chacun d'entre eux étant trop dissemblables.

L'Office of National Rail Industry Coordination a lancé le National Rolling Stock Procurement Pipeline dans le but de soutenir l'industrie ferroviaire australienne en améliorant la visibilité des achats ferroviaires. Il a pour objectifs d'accroître la **coordination**, la coopération et la transparence des projets d'acquisition de matériel roulant. Le Pipeline présente les acquisitions **actuelles** et futures de matériel roulant. L'industrie ferroviaire australienne et les États et territoires australiens peuvent l'utiliser pour visualiser un aperçu des projets.

Le gouvernement australien a lancé en 2023 une stratégie nationale d'acquisition et de fabrication pour le transport ferroviaire (National Rail Procurement and Manufacturing Strategy) ; cette stratégie décrit comment le gouvernement australien travaillera avec les parties prenantes pour :

- développer une approche plus collaborative pour l'approvisionnement en matériel roulant ;
- contribuer à développer un secteur de **fabrication** ferroviaire plus compétitif à l'échelle mondiale.

Différentes approches des EF

L'EF est chargée de déterminer les normes ou standards selon lesquels le matériel roulant sera conçu et construit. Elle est également **responsable de la nomination de l'ICP** et de l'obtention de l'accord du GI pour cette nomination. L'EF (et l'ICP) s'assurent que la conception et la construction sont conformes aux normes. L'ICP doit être consulté sur l'adéquation aux normes référencées. L'EF (avec l'assistance de l'ICP) produit une documentation de certification (par rapport aux normes) à présenter aux GI pour qu'ils l'acceptent sur leurs réseaux. Le GI examine le déroulement du processus décrit par la norme AS7501 ou par ses propres règles techniques. S'il est satisfait, il délivre un certificat de sécurité du matériel roulant.

N.B. Les échanges réguliers entre les diverses parties prenantes (EF ou plus généralement donneur d'ordre, constructeur, certificateur) sont très importants pour accélérer et fluidifier le processus d'homologation, voire le raccourcir.

Il faut noter encore une fois que la nature et l'intensité de ces échanges varient avec les états.

Par exemple, Public Transport Authority (PTA, Australie occidentale) accorde au constructeur la possibilité « d'adopter des codes, des normes ou des spécifications internationalement reconnus, s'il peut démontrer que ce choix est plus exigeant ou plus pertinent que les normes spécifiées dans la spécification de PTA ». Cependant, PTA se réserve le droit d'accepter ou de refuser toute proposition visant à appliquer des standards différents, à sa discrétion. En conséquence le constructeur peut proposer des preuves, si le matériel roulant a été accepté ailleurs par exemple, et PTA les acceptera. PTA peut aussi discuter avec le constructeur pour définir les façons d'apporter les preuves de conformité.

Dans l'état de Victoria, c'est MTM (Metro Train Melbourne) qui définit le cadre du processus. Les négociations se font avec le certificateur indépendant qui a une position plus forte. Dans le cas de Melbourne, l'opérateur de transport n'est pas impliqué dans des interactions directes avec le constructeur. Si l'ICP considère que son client manque d'expérience, des rencontres sont mises en place mais avec toutes les parties.

Train régional EMU sur le marché australien	
Etapes	Temporalité
Lancement de la préqualification	Juin 2018
Signature du contrat d'acquisition	Décembre 2019
Premier train	Avril 2021
Fin des tests dynamiques	Juin 2022
Livraison des premiers trains pour la mise en service	Décembre 2023
Première opération Series C	Avril 2024

Figure 100 : Temporalité du TTM du Metronet circulant sur deux états
Source : PTA, Alstom

Nature du référentiel

Norme AS7501

La norme **AS7501:2019** est la norme nationale pour la certification de la conformité du matériel roulant en Australie : comme évoqué plus haut, **son utilisation se fait sur une base volontaire** ; **AS7501:2019** est la deuxième version de cette norme, l'Australie ayant beaucoup moins de projets que l'Europe, cette norme évolue lentement ; certains passages sont inspirés des normes UK (avant l'introduction des STI).

La norme AS7501 couvre la conception, la construction et les essais des différents éléments du matériel roulant. La norme fournit un processus générique pour évaluer la conformité du matériel roulant avec les normes de matériel roulant désignées par l'EF et la norme d'interface désignée par le GI. **L'AS7501 fournit un processus structuré que les GI et les EF peuvent suivre, facilitant ainsi l'évaluation et la certification du matériel roulant.**

Même si l'interprétation de certaines demandes des GI est différente, **la norme permet de structurer de la même façon les demandes (exigences à remplir, comment apporter les preuves).** Cela permet d'avoir la vision de comment les preuves vont être apportées et à quel niveau elles vont être apportées, si des tests, des simulations, doivent être réalisés. En revanche il n'existe pas de guide qui explique comment doivent se faire l'interprétation des exigences. Certaines EF vont avoir plus d'exigences techniques que d'autres.

Diversité des processus d'approbation du matériel roulant

La multiplicité des gestionnaires d'infrastructure entraîne celle des processus d'autorisation du matériel roulant[63]. L'examen de huit formulaires de demande d'approbation du matériel roulant par huit GI différents montre que :

- Les informations demandées par les GI sont très variées et diffèrent largement entre les Etats et à l'intérieur même des Etats.
- La plupart des GI publient des formulaires d'approbation du matériel roulant.
- Peu de réseaux s'informent sur le statut d'approbation préalable du matériel roulant, que ce soit par un autre opérateur ou sur un autre réseau
- Il y a 1 021 exigences d'information différentes chez les GI et dans les formulaires de demande.
- Il y a peu d'exigences spécifiques qui soient communes à tous les GI.
- La norme australienne utilisée de façon volontaire pour la certification de la conformité du matériel roulant (AS7501) ou des éléments de celle-ci, n'est pas systématiquement référencée dans les formulaires de demande ou les processus de certains GI, tandis que certains formulaires font référence à leurs propres standards.

Flexibilité des référentiels

Pour déterminer leurs normes ferroviaires, les GI et les EF participent à la co-régulation dans le cadre de la loi nationale sur la sécurité ferroviaire (RSNL). Dans le cadre de la co-régulation et de la RSNL, **les gouvernements australiens ne prescrivent pas directement, ne mandatent pas et ne font pas respecter les normes spécifiques selon lesquelles les GI et les EF doivent opérer**. Ils fixent une **exigence de performance pour que les chemins de fer fonctionnent en toute sécurité,** permettant aux GI et aux EF d'élaborer, d'examiner et de mettre en œuvre les normes qu'ils jugent nécessaires pour répondre à ces exigences. L'ONRSR vérifie que les normes adoptées par les GI et les EF sont conformes aux exigences de performance d'une manière cohérente au niveau national.

En raison du régime de co-régulation mis en place par la RSNL en Australie, les différents réseaux du pays sont souvent soumis à des normes spécifiques qui ne régissent que les systèmes, les processus et les technologies de ce réseau, et qui sont souvent incompatibles avec les systèmes, les processus et les technologies d'autres réseaux. Cette situation peut accroître la complexité opérationnelle du réseau ferroviaire australien de transport de marchandises et de voyageurs, étant donné qu'une décision prise par un GI peut entraîner des répercussions sur les GI opérant sur plusieurs réseaux.

En particulier, des normes différentes entraînent des procédures d'homologation par type (Type Approval) et non mutuellement reconnues, ce qui augmente les coûts, réduit l'efficacité, freine la concurrence et crée de l'incertitude et des retards.

Harmonisation et mutual acceptance

Pour remédier à la situation créée par la multiplicité de GI, la National Transport Commission, le RISSB, l'ARTC et l'Association des industries ferroviaires australiennes (ARA) ont financé un projet de recherche sur l'harmonisation des normes ferroviaires.

Les ministres australiens de l'infrastructure et des transports et le cabinet national ont donc chargé la Commission nationale des transports (NTC) de mettre en œuvre le plan d'action national pour le rail. Ce programme de réformes adopte une approche nationale du rail en Australie en fixant des normes et des

[63] Dans certaines configurations géographiques, pour un trajet de deux heures il peut y avoir quatre GI impliqués avec des exigences et des écarts de voie différents

pratiques essentielles pour améliorer la sécurité, la productivité et l'efficacité du rail et stimuler la compétitivité.

Parmi les options envisagées pour une harmonisation des normes, il y aurait une harmonisation obligatoire des normes ferroviaires dans les domaines où les avantages sont importants, assortie de spécifications techniques. Cela ne s'appliquerait qu'aux nouveaux équipements et systèmes et comportera une série de zones de dérogation approuvées. Une période de transition structurée et tenant compte des exceptions le cas échéant est envisagée. Cette option a été fortement influencée par l'expérience de l'UE en matière de mise en œuvre de l'harmonisation des normes obligatoires, par le biais des STI. La mise en œuvre complète de cette option prendrait environ cinq à dix ans, et les avantages ne se concrétiseraient que 25 à 30 ans après la mise en œuvre, compte tenu de la longue durée de vie des actifs ferroviaires

Une autre option consisterait en une transition progressive d'un mandat strict pour l'harmonisation des normes ferroviaires à la fois pour les nouveaux équipements ferroviaires et pour certains équipements existants, avec des dispositions minimales de maintien des droits acquis pour les domaines où les normes sont les plus avantageuses. Des niveaux élevés de financement public seront nécessaires. La mise en œuvre complète de cette option prendrait environ cinq ans, et les avantages ne se concrétiseraient que 20 ans après la mise en œuvre.

Chaque autorité ferroviaire australienne dispose d'un processus unique d'approbation de type pour examiner et approuver les produits destinés à être utilisés sur son réseau. Cette situation exacerbe les problèmes déjà difficiles liés à l'existence de normes, de règles d'exploitation et de systèmes de communication et de contrôle différents pour chaque réseau. En outre, il n'existe que peu ou pas de reconnaissance mutuelle des produits, ni d'approche commune pour traiter les exceptions et les non-conformités.

La Commission nationale des transports (NTC) travaille avec l'industrie et les gouvernements dans le cadre du Plan d'action ferroviaire national (NRAP) pour faciliter la mise sur les rails de nouveaux trains plus innovants. Il s'agit d'un programme de deux ans pour simplifier et rationaliser les processus d'approbation du matériel roulant, qui comprend trois projets :

- Création de lignes directrices sur l'assurance de la sécurité du matériel roulant
- Piloter un processus de candidature national unique
- Identifier les moyens d'harmoniser les exigences et les emplacements des tests du matériel roulant.

Caractéristiques du réseau

L'Australie est composée de nombreux États différents, chacun avec son propre gouvernement, de nombreux opérateurs différents, de nombreux gestionnaires d'infrastructure différents, et des caractéristiques de réseau variables, en termes d'écartement des voies et de système d'électrification notamment, mais aussi de signalisation.

Il n'y a pas de STI, donc chaque propriétaire de réseau a ses propres exigences et spécifications. Si un train doit circuler dans plusieurs États, ce train doit être immatriculé séparément dans chaque État. Le risque pour l'exploitation d'une locomotive est perçu différemment par chaque exploitant, et chacun d'eux identifie clairement certaines exigences, ce qui fait qu'une locomotive peut éventuellement circuler dans plusieurs États et devoir attendre dix-huit mois pour avoir le droit de circuler dans un autre.

Il y a actuellement des travaux en Australie pour aboutir à ce qu'une réglementation nationale fournisse des lignes directrices sur le niveau acceptable de garantie de sécurité.

Essais ferroviaires et simulations

La plupart des installations d'essais sont proches des sites de fabrication des constructeurs : Alstom a des sites propres en Australie méridionale pour les trains Il n'y a pas d'installations d'essais au niveau national. Les essais sur les voies sont parfois compliqués. Alstom a dû réaliser certains de ses essais à La Rochelle.

Certains états réclament que les essais de locomotive soient faits entièrement sur leur réseau ; notamment en cas de pentes particulièrement difficiles.

Les simulations peuvent être utilisées pour les crash-tests mais aussi pour extrapoler des conditions qu'il serait compliqué de « reproduire » (les fameux « Worst Cases »). Le constructeur part de tests faits dans certaines conditions et simule dans des conditions encore plus difficiles. PTA (Public Transport Authority) a accepté ce type de fonctionnement et de négociation pour les trains de Melbourne.

Interactions Equipementier, Constructeur, donneur d'ordre

Le RISSB a mis à la disposition des EF le modèle ARRM (Australian Rail Risk Model), un outil quantitatif qui fournit des informations sur les risques spécifiques à chaque organisation, que les utilisateurs peuvent interroger de multiples façons via une interface pour produire une vaste gamme de rapports. Il permet de comparer les niveaux de risque aux informations agrégées et anonymisées d'autres organisations ferroviaires similaires. Les informations sur les risques de l'ARRM peuvent aider à identifier les axes d'amélioration, soutenir les initiatives de sécurité et/ou être présentées à la direction pour alimenter la prise de décision.

L'outil modélise les risques de sécurité liés à 104 événements dangereux différents, chacun interrogeable à plusieurs niveaux, permettant aux utilisateurs d'explorer en détail les événements précurseurs individuels afin de comprendre les principaux événements contribuant à ces situations dangereuses.

L'ARRM est aujourd'hui utilisé par plus de 200 utilisateurs issus de plus de 30 organisations en Australie.

Transports guidés

Bilan

☑ LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS	⚠ POINTS DE VIGILANCE ET RISQUES
Évolution vers la sobriété normative L'État de Victoria a abandonné la personnalisation intégrale de ses matériels, jugée trop coûteuse, au profit d'une stratégie de réduction des surcoûts. L'objectif est désormais de limiter les spécifications locales pour rester au plus proche des standards industriels.	Risque financier lié à la sur-spécification L'expérience de 2013 a démontré qu'une personnalisation totale du matériel roulant par l'État génère des coûts exorbitants. L'enjeu actuel est de maintenir une discipline stricte pour éviter que des exigences locales trop spécifiques ne s'éloignent des plateformes standards des constructeurs, ce qui ferait exploser les budgets.
Dialogue technique itératif La démarche impose aux constructeurs de proposer d'abord leurs solutions "sur étagère" tout en chiffrant les adaptations demandées par l'opérateur (Yarra Trams). Cette transparence permet d'évaluer précisément le coût de chaque exigence particulière avant validation.	
Adaptation des besoins au marché L'État accepte de modifier ses propres spécifications si elles s'avèrent trop éloignées des plateformes existantes. En éliminant les exigences à faible valeur ajoutée, cette approche pragmatique garantit un matériel plus abordable et réduit les délais d'ingénierie.	

Donneurs d'ordre

Il ne semble pas y avoir de politique des achats de tramways dominante en Australie.

Yarra Trams, exploitant du tramway de Melbourne (le plus grand réseau au monde), a expliqué que la stratégie de spécifications des matériels roulants a évolué. En 2013, l'État de Victoria pouvait définir toutes les spécifications d'un nouveau matériel roulant, (ce qui lui coûtait très cher) ; aujourd'hui la démarche vise à minimiser les surcoûts des spécifications trop lointaines des plateformes constructeur. L'État de Victoria demande aux constructeurs de proposer le MR sur étagère le plus proche possible des spécifications (requirements) demandées et d'estimer les travaux d'ingénierie nécessaires pour arriver à ce qu'ils ont spécifié dans un premier temps. Cela permet à l'État de Victoria, dans un second temps, d'adapter les spécifications afin qu'elles correspondent au mieux aux MR disponibles sur le marché. Cela permet aussi de limiter les coûts en laissant de côté des exigences extra-réglementaires de moindre importance.

Autorisation des tramways : Yarra Trams

Le RISSB n'a pas développé de normes spécifiques pour les tramways. Yarra Trams a donc adapté un certain nombre de standards du RISSB aux trams. Le RISSB est très intéressé par ce travail parce que de nombreuses villes australiennes veulent s'équiper de réseaux de tramways ; il faudra probablement de cinq à dix ans au RISSB pour adapter les standards de Yarra et les convertir en normes nationales.

Dans le dernier appel d'offre de tramways de Melbourne, l'État a interdit à Yarra d'imposer ses standards au constructeur.

En 2018, l'état de Victoria a développé des spécifications, (plancher bas, nombre de sièges, longueur de 26 m, nombre de portes par exemple) ; Yarra Trams l'a assisté en énonçant ses exigences opérationnelles et l'état a validé la configuration finale. En 2020 l'État de Victoria a publié un appel à manifestation d'intérêt et trois compagnies ont répondu : Alstom, Bombardier et CAF. Il ne leur a pas été demandé de faire un nouveau véhicule, mais de proposer celui qui se rapprochait le plus de la configuration demandée. Les

trois compagnies ont reçu un financement pour adapter leur modèle et identifier les changements requis. Elles ont participé à des ateliers où ils discutaient de ces modifications. Les documents de spécifications ont été affinés et chaque compagnie a fourni un modèle de tramway en réponse à l'appel d'offre. Yarra regarde les aspects techniques des réponses mais pas les aspects économiques. De cette façon Yarra a eu un tramway très proche de ses désirs. En 2022 Yarra Trams a commencé à travailler avec le constructeur lauréat sur les changements à faire pour qu'il soit compatible avec le tramway de Melbourne.

Cette expérience a amené Public Transport Victoria à se dire que la prochaine fois ils ne feraient pas de spécifications ; ils pensaient que leur démarche serait moins coûteuse mais cela n'a pas été le cas. Un exemple est le système d'ouverture de porte d'urgence. C'est le levier que les passagers utiliseraient pour ouvrir la porte en cas d'urgence. Il n'a pas été pris en compte lors de l'évaluation.

Ce levier était différent en termes de positionnement, de hauteur et d'interaction avec le conducteur, en termes d'informations et de possibilités de réarmement de celui des tramways du même constructeur précédemment en service à Melbourne. Et en raison de la manière dont les conducteurs doivent utiliser ces informations, quand quelqu'un actionne ce levier, il a fallu demander une reconception de certains des circuits de freinage. Le gouvernement n'a pas apprécié ce surcoût. Yarra Trams avait un certain nombre de dérogations techniques de ce genre et a dû renoncer à celles qui n'étaient pas indispensables.

Le processus d'essai et de mise en service a commencé sur le site de construction des tramways.

Un expert mandaté par l'ONRSR va vérifier que les normes du constructeur sont suffisantes pour Melbourne. (Différence minimale entre les normes du constructeur et de Yarra Trams). Le constructeur doit fournir un « safety case » et Yarra Trams doit faire une demande d'approbation ; un organisme indépendant d'évaluation de la sécurité fera un rapport à l'ONRSR. Le constructeur et Yarra vont préparer toute la documentation de sécurité nécessaire ; en particulier Yarra doit présenter leur plan de maintenance des tramways. Le gouvernement n'est pas impliqué dans le processus mais finance l'effort de travail nécessaire de la part de Yarra.

Yarra Trams pense que l'autorisation finale sera accordée fin 2025, **ce qui ferait sept ans entre l'écriture des spécifications** (2018) et **la mise sur le marché,** en tenant compte du fait que l'épidémie de COVID a ralenti le processus en 2020.

Le gouvernement achète le tramway mais l'état ne peut pas mettre le tramway en service. Il appartient à Yarra, et au constructeur dans ce cas également, de se conformer aux exigences de la loi sur la sécurité ferroviaire, de prouver la sécurité et de produire tous les rapports d'essais appropriés, etc., avant de pouvoir mettre le tramway en service. Dans le contrat signé par le constructeur avec l'État, Le constructeur est tenu d'assister Yarra sur tous les aspects afin que le MR respecte les exigences de sécurité ferroviaire.

Des réunions régulières ont lieu entre l'État, le constructeur, Yarra et l'ONRSR, depuis près de trois ans pour se mettre d'accord sur les exigences de sécurité.

Une fois leur autorisation de rouler obtenue, les tramways sont inscrits dans le registre des matériels roulants après quinze jours de fonctionnement.

Essais ferroviaires et simulations

La plupart des installations d'essais sont proches des sites de fabrication des constructeurs : Alstom par exemple a des sites pour les tramways dans l'état de Victoria et à côté de Sydney pour les métros par exemple.

Sources

https://www.bitre.gov.au/sites/default/files/documents/trainline-9.pdf

https://www.rissb.com.au/wp-content/uploads/2019/03/AS-7711-Signalling-Principles-PC-Draft.pdf

https://www.victrack.com.au/

https://www.infrastructureaustralia.gov.au/ipl/advanced-train-management-system-implementation-interstate-rail-network

https://www.tam.nsw.gov.au/about-us/our-role-and-responsibility

https://www.artc.com.au/

https://www.rissb.com.au/

https://www.onrsr.com.au/about-onrsr

NTC Consultation Paper - Streamlining rolling stock approval processes.pdf

https://www.rissb.com.au/wp-content/uploads/2022/11/RISSB-National-Framework-for-Rail-Interoperabilty-overview-pack-explanatory-paper-v1.0.pdf

https://www.vic.gov.au/victorian-rolling-stock-strategy

https://yarratrams.com.au/media/1105/accessibility_action_plan_accessible_pdf.pdf

https://infrastructure.org.au/wp-content/uploads/2018/05/Stage-1-RFT-Book-1-of-2-METRONET-Railcar-Procurement-RFT-Prequalification.pdf

https://www.alstom.com/press-releases-news/2019/12/alstom-locally-manufacture-and-maintain-ptas-c-series-trains-perths

https://rail.nridigital.com/future_rail_sep23/10_largest_tram_networks

https://www.wa.gov.au/government/media-statements/Cook-Labor-Government/All-aboard%21-First-METRONET-C-series-train-ready-for-passengers-20240318

https://www.rissb.com.au/safety-tools/arrm/

https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/ertms/history-ertms_en

Fédération des Industries Ferroviaires
60 rue Anatole France
92300 Levallois-Perret
fif@fif.asso.fr - 01.55.63.83.60
https://industrie-ferroviaire.fr/

Jitex

FIF fédération des industries ferroviaires