

Commission  
Européenne-DG TREN

**EUROPEAN HIGH SPEED RAIL – AN EASY WAY  
TO CONNECT**

**ÉTUDE SUR L'ÉTAT DE DÉVELOPPEMENT  
ET LES PERSPECTIVES D'AVENIR DU RÉSEAU TRANSEUROPEËN  
DE CHEMIN DE FER À GRANDE VITESSE**

**RAPPORT (VERSION FINALE)**

**6/3/2009**



<b>TABLE DES MATIERES</b>
---------------------------

<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b>		<b>VIII</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>DÉFINITIONS</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>LIGNES FERROVIAIRES À GRANDE VITESSE</b>	<b>2</b>
<b>2.2</b>	<b>MATÉRIEL ROULANT FERROVIAIRE À GRANDE VITESSE</b>	<b>3</b>
<b>2.3</b>	<b>EXPLOITATION FERROVIAIRE À GRANDE VITESSE</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>CADRE POLITIQUE DU DÉVELOPPEMENT DU RÉSEAU DE LGV</b>	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>LIVRE BLANC DE LA COMMISSION EUROPÉENNE DE 2001 SUR "LA POLITIQUE EUROPÉENNE DES TRANSPORTS À L'HORIZON 2010"</b>	<b>6</b>
<b>3.2</b>	<b>POUR UNE EUROPE EN MOUVEMENT - MOBILITÉ DURABLE POUR NOTRE CONTINENT"</b>	<b>7</b>
<b>3.3</b>	<b>LES RÉSEAUX TRANSEUROPEÉNS DE TRANSPORT</b>	<b>8</b>
<b>3.4</b>	<b>LA POLITIQUE DE LA COHÉSION</b>	<b>10</b>
<b>4.</b>	<b>RÉSEAU DE LGV TRANSEUROPEÉEN</b>	<b>11</b>
<b>4.1</b>	<b>TYPES DE LGV</b>	<b>12</b>
4.1.1	Caractéristiques techniques de l'infrastructure des lignes nouvelles à grande vitesse	12
4.1.2	Caractéristiques techniques des équipements des lignes à grande vitesse	12
4.1.3	Utilisation des LGV	13
<b>4.2</b>	<b>INTEROPÉRABILITÉ</b>	<b>14</b>
4.2.1	Critères fondamentaux d'interopérabilité	15
4.2.2	L'ERTMS et l'ERA (European Railway Agency)	22
<b>4.3</b>	<b>INTERMODALITÉ</b>	<b>26</b>
4.3.1	Transport de passagers	26
4.3.2	Transport de Fret	28
<b>5.</b>	<b>SERVICES DE TRAINS À GRANDE VITESSE EN EUROPE</b>	<b>29</b>
<b>5.1</b>	<b>OPÉRATEURS</b>	<b>29</b>
5.1.1	Opérateurs actuels de services de trains à grande vitesse en Europe	29
5.1.1.1	<i>Entreprises ferroviaires nationales</i>	29

5.1.1.2	<i>Filiales communes des entreprises ferroviaires nationales</i>	30
5.1.1.3	<i>Entreprises ferroviaires privées</i>	33
5.1.2	Alliance d'opérateurs	33
5.1.3	Perspectives futures concernant les opérateurs	34
<b>5.2</b>	<b>LIBÉRALISATION</b>	<b>35</b>
5.2.1	Base légale	35
5.2.2	Perspectives futures suite à l'ouverture du marché pour les transports internationaux de voyageurs	36
5.2.2.1	<i>Perspectives de développement des différents opérateurs actuels</i>	36
5.2.2.2	<i>Nouveaux opérateurs déclarés</i>	37
5.2.2.3	<i>Nouveaux opérateurs potentiels</i>	38
<b>5.3</b>	<b>MATÉRIEL ROULANT</b>	<b>39</b>
5.3.1	Historique	39
5.3.1.1	<i>Exploitation des trains à grande vitesse au niveau national</i>	39
5.3.1.2	<i>Exploitation des trains à grande vitesse au niveau européen</i>	44
5.3.2	Homologation du matériel roulant	47
5.3.3	L'état actuel du parc de matériel roulant à grande vitesse	49
5.3.4	Evolution du parc de matériel roulant à grande vitesse	50
<b>5.4</b>	<b>TARIFICATION</b>	<b>51</b>
<b>6.</b>	<b>DEMANDE DE TRANSPORT DE PASSAGERS PAR TRAINS À GRANDE VITESSE EN EUROPE</b>	<b>53</b>
<b>6.1</b>	<b>ÉVOLUTION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT SUR LES LGV EN EUROPE</b>	<b>53</b>
<b>6.2</b>	<b>DEMANDE DE TRANSPORT FERROVIAIRE À L'HORIZON 2020</b>	<b>56</b>
6.2.1	Evolution de la demande	56
6.2.2	Analyse de l'effet de la création de nouvelles LGV sur la demande	60
6.2.3	Prévisions de la demande de voyageurs à GV à l'horizon 2020 et 2030	63
<b>7.</b>	<b>DEMANDE DE TRANSPORT DE FRET</b>	<b>67</b>
<b>7.1</b>	<b>LE FRET LÉGER</b>	<b>67</b>
<b>7.2</b>	<b>LE FRET CONVENTIONNEL EXPLOITÉ SUR DES LGV MIXTES</b>	<b>71</b>
7.2.1	Description	71
7.2.2	Exemples de lignes mixtes	72
7.2.2.1	<i>LGV Perpignan – Barcelone</i>	72
7.2.2.2	<i>LGV mixtes en Allemagne</i>	73
7.2.2.3	<i>LGV mixtes dans la péninsule ibérique</i>	73
<b>7.3</b>	<b>AUTOROUTE FERROVIAIRE: LGV LYON – TURIN</b>	<b>74</b>
<b>8.</b>	<b>DÉVELOPPEMENTS DU RÉSEAU TRANSEUROPEËN DE LGV</b>	<b>76</b>

<b>9.</b>	<b>INVESTISSEMENTS</b>	<b>83</b>
<b>9.1</b>	<b>INVESTISSEMENTS DANS LES LGV</b>	<b>83</b>
<b>9.2</b>	<b>FINANCEMENT DES INVESTISSEMENTS DE LGV</b>	<b>85</b>
<b>10.</b>	<b>IMPACT ENVIRONNEMENTAL</b>	<b>86</b>
<b>10.1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>86</b>
<b>10.2</b>	<b>CONSOMMATION D'ÉNERGIE</b>	<b>86</b>
10.2.1	Production d'électricité	87
10.2.2	Quantité d'énergie consommée par mode	91
10.2.2.1	<i>Chemin de fer</i>	91
10.2.2.2	<i>Voiture particulière</i>	93
10.2.2.3	<i>Avion</i>	93
<b>10.3</b>	<b>EMISSIONS DE CO<sub>2</sub></b>	<b>94</b>
10.3.1	Données de référence	94
10.3.2	Analyse des données de référence et détermination de valeurs moyennes	98
10.3.2.1	<i>Chemin de fer à grande vitesse</i>	98
10.3.2.2	<i>Voiture particulière</i>	104
10.3.2.3	<i>Avion</i>	105
10.3.3	Estimation des gains en émissions de CO <sub>2</sub> suite au développement du réseau transeuropéen de LGV à l'horizon 2020 et 2030	105
<b>10.4</b>	<b>POLLUTION LOCALE</b>	<b>107</b>
<b>10.5</b>	<b>BRUIT</b>	<b>107</b>
<b>10.6</b>	<b>CONSOMMATION D'ESPACE</b>	<b>109</b>
<b>10.7</b>	<b>COÛTS EXTERNES</b>	<b>110</b>
10.7.1	Introduction	110
10.7.2	Estimation des valeurs unitaires des coûts externes par mode	110
10.7.2.1	<i>Valeurs unitaires par mode de transport</i>	110
10.7.2.2	<i>Valeurs unitaires par voyageur-km</i>	113
10.7.3	Estimation des gains en coûts externes suite au développement du réseau transeuropéen de LGV à l'horizon 2020 et 2030	115
10.7.4	Données spécifiques au transport ferroviaire à grande vitesse	117
<b>10.8</b>	<b>DÉVELOPPEMENT DURABLE: OPÉRATEURS, GESTIONNAIRES D'INFRASTRUCTURES, UTILISATEURS</b>	<b>120</b>
10.8.1	Actions des opérateurs	120
10.8.2	Actions des utilisateurs	120
<b>11.</b>	<b>IMPACT SOCIO-ÉCONOMIQUE</b>	<b>121</b>
<b>11.1</b>	<b>PRÉ-REQUIS</b>	<b>122</b>

11.1.1	La distance entre les pôles urbains et la compétitivité des autres modes de transport	122
11.1.2	La demande et la capacité	127
11.1.3	La distribution de la population	127
11.1.3.1	<i>Densité de la population</i>	127
11.1.3.2	<i>Situation des noyaux urbains</i>	129
<b>11.2</b>	<b>AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE</b>	<b>129</b>
11.2.1	Emprise d'une LGV	129
11.2.2	Emplacement des gares	130
11.2.2.1	<i>Facteurs de décision et conséquences</i>	130
11.2.2.2	<i>Exemple de développement autour d'une gare LGV</i>	131
11.2.2.3	<i>Le cas des gares "betteraves"</i>	132
11.2.2.4	<i>Développement de villes satellites</i>	134
11.2.3	Effet sur les biens fonciers	136
11.2.3.1	<i>Etudes de cas</i>	137
11.2.4	Effet sur les zones non-desservies	137
<b>11.3</b>	<b>COHÉSION TERRITORIALE</b>	<b>138</b>
<b>11.4</b>	<b>TEMPS DE PARCOURS SUR LES AXES FERROVIAIRES PRIORITAIRES</b>	<b>139</b>
11.4.1	L'axe Paris – Bruxelles – Amsterdam / Cologne / Londres	139
11.4.2	L'axe Sud Europe Atlantique et la péninsule ibérique	140
11.4.3	L'accessibilité de l'Italie	142
11.4.4	Liaison Lyon-Turin	142
11.4.5	LGV Est Européenne	143
11.4.6	Illustration du rapprochement des villes desservies par des LGV en France	143
<b>11.5</b>	<b>PARTS DE MARCHÉ</b>	<b>145</b>
<b>12.</b>	<b>DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE – PERSPECTIVES TECHNOLOGIQUES ET INDUSTRIELLES</b>	<b>153</b>
<b>12.1</b>	<b>DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE DES SYSTÈMES DE CONTRÔLE-COMMANDE</b>	<b>153</b>
12.1.1	Réussite d'une technologie européenne	153
12.1.1.1	<i>1990-2000: phase de recherche et développement</i>	153
12.1.1.2	<i>2000-2004: phase de validation</i>	153
12.1.1.3	<i>Depuis 2005: phase de déploiement</i>	154
12.1.2	Caractéristiques du système ERTMS	154
12.1.2.1	<i>Description fonctionnelle</i>	156
12.1.2.2	<i>État courant d'implémentation</i>	159
12.1.3	Sécurité	161
12.1.4	Les gares	161
12.1.5	Services pour les passagers: internet, etc.	165

<b>12.2</b>	<b>PERSPECTIVES TECHNOLOGIQUES ET INDUSTRIELLES</b>	<b>166</b>
<b>13.</b>	<b>EXTENSIONS DES LGV AUX PAYS VOISINS DE L'UNION EUROPEENNE</b>	<b>169</b>
<b>13.1</b>	<b>RUSSIE</b>	<b>169</b>
<b>13.2</b>	<b>TURQUIE</b>	<b>173</b>
<b>13.3</b>	<b>LGV DANS LE RESTE DU MONDE</b>	<b>175</b>
<b>14.</b>	<b>SUCCESS STORIES</b>	<b>177</b>
<b>14.1</b>	<b>PARIS – LYON</b>	<b>177</b>
14.1.1	Historique	177
14.1.2	Tracé	178
14.1.3	Choix techniques du premier TGV	178
<b>14.2</b>	<b>LONDRES – PARIS / BRUXELLES</b>	<b>179</b>
14.2.1	Historique	179
14.2.2	Tracé et temps de parcours	180
<b>14.3</b>	<b>PARIS – BRUXELLES – COLOGNE / AMSTERDAM</b>	<b>181</b>
14.3.1	Historique	181
14.3.2	Tracé	182
<b>14.4</b>	<b>LGV EST EUROPEENNE: PARIS - STRASBOURG</b>	<b>183</b>
14.4.1	Tracé et temps de parcours	183
14.4.2	Les ouvrages	183
14.4.3	Coût et financement	184
14.4.4	Record du monde de vitesse sur rail	184
<b>14.5</b>	<b>MADRID-SÉVILLE</b>	<b>185</b>
<b>14.6</b>	<b>MADRID-BARCELONE</b>	<b>186</b>
<b>14.7</b>	<b>TORINO-MILANO-NAPOLI</b>	<b>188</b>
<b>14.8</b>	<b>ALLEMAGNE: LIGNES À GRANDE VITESSE MIXTÉS</b>	<b>191</b>
14.8.1	LGV Hanovre – Würzburg (NBS)	192
14.8.2	LGV Berlin – Hambourg (ABS)	194
<b>14.9</b>	<b>ROYAUME-UNI: WEST COAST MAIN LINE</b>	<b>195</b>

**Cette étude est soumise à une clause de non-responsabilité  
et à une mention de copyright**

**Cette étude a été élaborée pour la Direction générale de l'Énergie et des transports de la Commission européenne et exprime l'avis de l'organisme auteur sur le sujet. Cet avis n'a été ni adopté ni approuvé de quelque façon que ce soit par la Commission européenne et ne doit pas être invoqué en tant qu'expression de l'opinion de la Commission européenne ou de la DG Énergie et transports. La Commission européenne ne garantit pas l'exactitude des données figurant dans cette étude et décline également toute responsabilité quant à l'usage qui peut en être fait.**

**Les droits d'auteur de cette étude sont détenus par les Communautés européennes. Les personnes souhaitant utiliser le contenu de cette étude (en tout ou en partie) à des fins autres que leur usage personnel sont invitées à soumettre une demande par écrit à l'adresse suivante: Commission européenne - DG. Énergie et transports - Bibliothèque (DM28, 0/36) - B-1049 Bruxelles**

## LISTE DES ABREVIATIONS

---

ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
ATB	Automatische treinbeïnvloeding
ATP	Automatic Train Protection
AV	Alta Velocidad
BEI	Banque Européenne d'Investissement
BLS	Berne-Lötschberg-Simplon: Chemin de fer suisse du Lötschberg
CDM	Clean Development Mechanism
CE	Communauté Européenne
CER	Communauté Européenne du Rail et des Compagnies d'Infrastructure/ Community of European Railway and Infrastructure Companies
CFF	Chemins de fer fédéraux suisses
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
COM	Commission Européenne
DB AG	Deutsche Bahn AG
DG TREN	Direction Générale de l'Énergie et des Transports
EIM	European Infrastructure Managers
EM	Etat Membre
ERA	European Railway Agency
ERRI	European Rail Research Institute
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ETCS	European Train Control System
FFS	Ferrovie federali svizzere
FS	Ferrovie dello Stato
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GPS	Global Positioning System
GSM-R	Global System for Mobile communications - Railways
GV	Grande Vitesse
ICE	Inter City Express
Indusi	Induktive Zugsicherung
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JI	Joint implementation
KVB	Contrôle Vitesse Balise
LCR	London & Continental Railways Ltd
LEU	Lineside Electronics Unit
LGV	Ligne à grande vitesse
LZB	Linienzugbeeinflussung
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
PBKAL	Paris-Bruxelles-Köln-Amsterdam-Londres (Lignes LGV)
PECO	Pays d'Europe Centrale et Orientale

PEO	Pays d'Europe Occidentale
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
RENFE	Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles
RES	Renewable energy source
RTE-T	Réseau Transeuropéen de transport
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SNCF	Société nationale des chemins de fer français
STI	Spécification technique d'interopérabilité
STM	Specific Transmission Module
TBL	Transmission balise-locomotive
TGV	Train à grande vitesse
TVM	Transmission Voie Machine
UE	Union Européenne
UIC	Union Internationale des Chemins de fer
UNIFE	Union of the European Railway Industries
Unisig	Union de constructeurs de systèmes de signalisation
vkm	Voyageur kilomètre

# 1. INTRODUCTION<sup>1</sup>

---

Le réseau transeuropéen de chemin de fer à grande vitesse fait partie des réseaux transeuropéens de transport. L'étendue de ce réseau était de 9 693 km en 2008 et l'on espère atteindre 23 200 km en 2020 et 32 000 km en 2030. En 2008 un nombre important de capitales européennes seront connectées entre elles par des LGV et un réseau structuré transeuropéen se développe.

Le développement du réseau de LGV présente un intérêt croissant comme moyen de transport efficace et durable pour les passagers. Les services de trains à grande vitesse offrent une alternative crédible à la route et à l'avion pour la communication entre villes. L'ouverture du rail à la concurrence augmente aussi l'intérêt du secteur privé aux services de trains à grande vitesse.

Le service de trains à grande vitesse semble avoir une bonne acceptation de la part du grand public, malgré les difficultés causées par les travaux de construction du réseau de LGV à une partie de la population qui se trouve loin des grandes agglomérations et qui n'en bénéficie donc pas directement. Les travaux de construction de l'infrastructure d'accès des LGV aux villes peuvent aussi produire des nuisances.

Le développement du réseau de LGV en Europe a été fait par la mise en œuvre d'une série de projets isolés, mais qui finalement s'intègrent dans des lignes qui traversent plusieurs pays, et dans certains cas dans des réseaux (PBKAL) qui lient entre elles les villes les plus importantes de l'Europe ainsi que leurs aéroports. Le développement a suivi différents modèles d'infrastructure et de services. Cependant, suite à la libéralisation du transport de passagers par chemin de fer, on constate la création d'alliances d'opérateurs pour offrir des services au niveau de l'Europe (Rail Team).

Le but de cette étude est de présenter une vision d'ensemble et les perspectives de développement du réseau européen de LGV à différentes échéances, par exemple 2010, 2015, 2020 et 2030.

Le réseau de LGV est une réussite européenne et c'est un des bons exemples qui contribuent à la prise de conscience de la condition de citoyen européen. Un certain nombre de "success stories" a été analysé.

---

<sup>1</sup> Source: DG Tren

## 2. DEFINITIONS

---

### 2.1 LIGNES FERROVIAIRES A GRANDE VITESSE

Les lignes ferroviaires à grande vitesse sont classifiées comme suit par la **Communauté Européenne**, conformément à l'annexe I de la directive 2008/57/CE.

- catégorie I: lignes spécialement construites pour la grande vitesse, équipées pour des vitesses généralement égales ou supérieures à 250 km/h;
- catégorie II: lignes spécialement aménagées pour la grande vitesse, équipées pour des vitesses de l'ordre de 200 km/h;
- catégorie III: lignes spécialement aménagées pour la grande vitesse à caractère spécifique en raison de contraintes topographiques, de relief ou d'environnement urbain, dont la vitesse doit être adaptée cas par cas. Cette catégorie comporte aussi les lignes d'interconnexion entre les réseaux à grande vitesse et conventionnel, les traversées de gares, les accès aux terminaux, aux dépôts, etc., qui sont parcourues à vitesse conventionnelle par du matériel roulant "grande vitesse".

Dans les statistiques relatives au réseau ferroviaire à grande vitesse, **Eurostat** ne considère que la longueur des lignes ou des sections de lignes sur lesquelles des trains peuvent circuler à plus de 250 km/h.

**L'UIC** note que: "Les définitions (de la Grande Vitesse: GV) varient en fonction des critères retenus d'autant qu'elle correspond à une réalité très complexe." La Mission Grande Vitesse de l'UIC entend "refléter cette diversité en appréhendant la GV sous ses différentes facettes : infrastructure, matériel roulant et exploitation."

*Sous l'angle de l'infrastructure*, la définition de la Grande vitesse recouvre un ensemble de configurations. Pour l'UIC, est actuellement qualifiée de ligne GV "une nouvelle ligne conçue pour permettre à des trains de circuler à des vitesses supérieures à 250 km/h sur l'ensemble du parcours ou tout au moins sur une portion significative du parcours"<sup>2</sup>.

"Ainsi toute ligne, nouvelle ou aménagée, adaptée à des circulations jusqu'à 200 km/h, peut être considérée comme une ligne à grande vitesse dès lors qu'elle répond à des critères spécifiques tels que réduction substantielle du temps de parcours, franchissement de montagnes ou de détroits ; utilisation d'une voie à écartement étroit ; valeur ajoutée inhérente à l'effet réseau etc."

"Dans l'optique de l'infrastructure, la Grande vitesse englobera de la sorte toutes les circulations effectuées sur les lignes à grande vitesse, indépendamment du type de matériel roulant utilisé."

---

<sup>2</sup> Source: site internet de l'UIC

## 2.2 MATERIEL ROULANT FERROVIAIRE A GRANDE VITESSE

Les trains et le matériel roulant ferroviaire à grande vitesse sont classifiés comme suit par la **Communauté Européenne**, conformément aux STI relatives aux sous-systèmes "Exploitation et gestion du trafic"<sup>3</sup> et "Matériel roulant"<sup>4</sup>.

- classe 1: trains / matériel roulant dont la vitesse maximale est d'au moins 250 km/h;
- classe 2: trains / matériel roulant dont la vitesse maximale est au moins égale à 190 km/h mais inférieure à 250 km/h.

**Pour l'UIC:** "Dans l'optique "matériel roulant", les trains à grande vitesse sont normalement composés de rames automotrices à composition fixe, parfois jumelées entre elles pour former des rames multiples capables d'atteindre une vitesse de 250 km/h en service commercial.

Dans certaines conditions, les trains de ce type circulant à des vitesses inférieures (200 km/h) mais offrant des dessertes de haute qualité, tels que les trains pendulaires, peuvent être qualifiés de trains à grande vitesse.

Enfin, le terme de "train à grande vitesse" peut aussi s'appliquer à certains trains conventionnels constitués de locomotives et de voitures circulant à 200 km/h et répondant à des critères particuliers. En ce qui concerne le matériel roulant, toutes les circulations réalisées avec des trains GV entrent dans cette catégorie quel que soit le type de ligne emprunté."<sup>2</sup>

## 2.3 EXPLOITATION FERROVIAIRE A GRANDE VITESSE

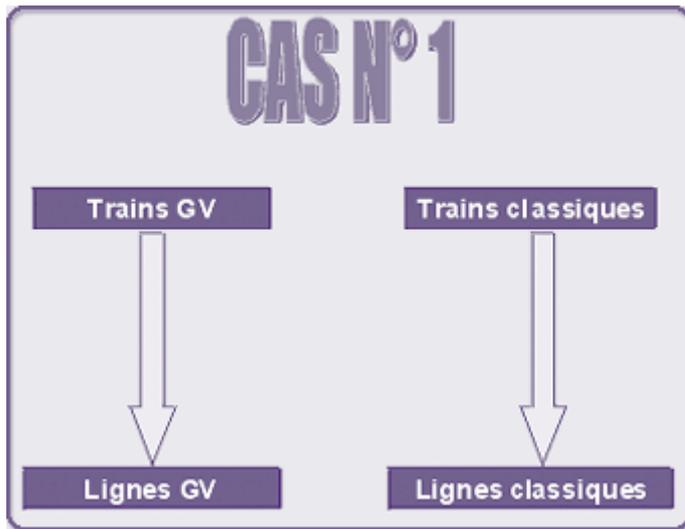
**Pour l'UIC:** "Il peut apparaître complexe de définir le concept de "système à grande vitesse", dans la mesure où chaque gestionnaire d'infrastructure ou opérateur de train possède sa propre interprétation. Pour l'instant, il n'est pas possible d'harmoniser les conceptions défendues par les différents acteurs ferroviaires impliqués. Cela explique pourquoi il est difficile d'exploiter les statistiques relatives à la Grande vitesse et de dresser des cartes de réseaux à grande vitesse."

"On peut toutefois dégager quatre configurations de système à grande vitesse :"<sup>2</sup>

---

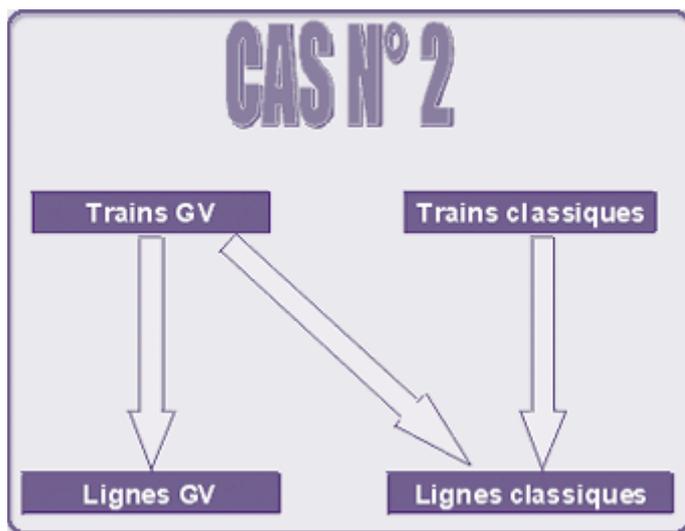
<sup>3</sup> Décision 2008/231/CE

<sup>4</sup> Décision 2008/232/CE



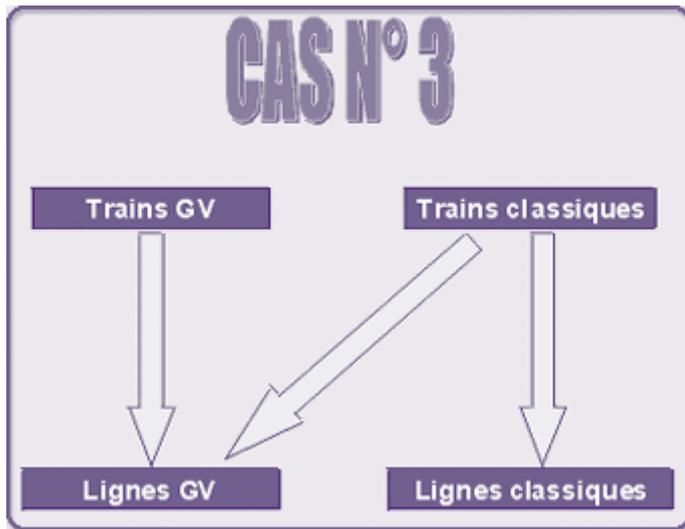
"CAS N°1

Le type 1 correspond au système GV le plus classique et le plus pur : il se compose d'un réseau de lignes empruntées exclusivement par des trains GV qui eux-mêmes ne circulent sur aucune autre ligne. Le Shinkansen japonais répond à ce critère."



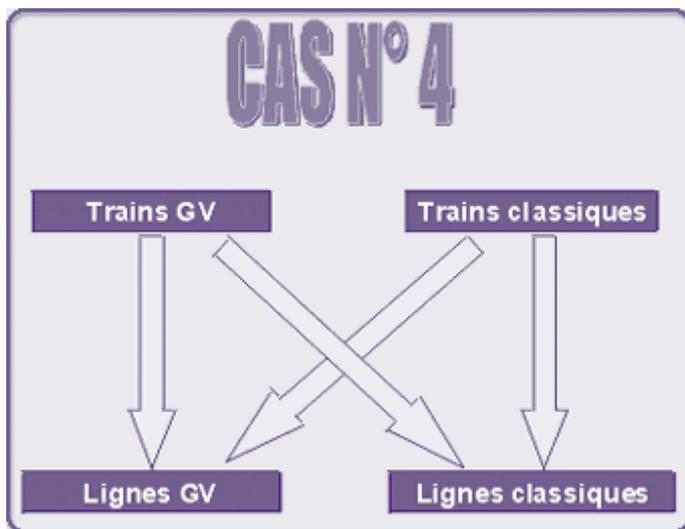
"CAS N°2

Le type 2 consiste en un réseau GV emprunté uniquement par des trains GV qui ont toutefois la faculté de circuler également sur le réseau classique. Dans le cas de la France, les TGV profitent des lignes classiques pour desservir de larges portions du territoire."



### CAS N°3

Le système espagnol (AV) illustre le type 3 : réseau de lignes à grande vitesse emprunté non seulement par des trains GV (> 250 km/h) mais aussi par des trains équipés de roues à écartement variable (Talgo) dotés de dispositifs de changement d'écartement et circulant à grande vitesse sur l'infrastructure "AV" et à des vitesses moins élevées sur les lignes conventionnelles. En revanche, les trains GV n'utilisent pas les lignes conventionnelles.



### CAS N°4

"Les systèmes allemand et italien relèvent du type 4 qui autorise toutes les catégories de train à emprunter les lignes GV et tous les trains GV à circuler sur toutes les catégories de lignes.)"

"De manière générale, le transport à grande vitesse sera appréhendé du point de vue de l'infrastructure; toutefois, dans certains cas, des seuils seront fixés, par ex. une vitesse minimum de 160 km/h ou un nombre de circulations programmées de jour à longue distance."

"Une dernière facette du transport à grande vitesse concerne les liaisons fret GV ; à noter cependant que si cette formule reste quasi-virtuelle (sauf pour les trains postaux), elle est sans doute appelée à se développer dans un avenir proche."

### **3. CADRE POLITIQUE DU DEVELOPPEMENT DU RESEAU DE LGV**

---

#### **3.1 LIVRE BLANC DE LA COMMISSION EUROPÉENNE DE 2001 SUR "LA POLITIQUE EUROPÉENNE DES TRANSPORTS À L'HORIZON 2010"**

Les grands concepts qui sont traités dans le Livre blanc sur "La politique européenne des transports à l'horizon 2010: l'heure des choix", publié par la Commission Européenne en 2001, sont rappelés ci-après.

"L'Union européenne doit faire face à un déséquilibre croissant des modes de transport. Les succès grandissants de la route et de l'avion ont comme conséquence une aggravation de la congestion de leurs réseaux. Paradoxalement, la mauvaise exploitation des potentialités du chemin de fer et du transport maritime à courte distance freine le développement de véritables alternatives au transport de marchandises par camion. Mais les engorgements dans certaines parties de l'Union européenne ne doivent pas masquer l'insuffisance d'accès des régions périphériques aux marchés centraux. La persistance de cette situation a comme conséquence un déséquilibre dans la répartition du trafic qui génère un accroissement de la congestion, notamment sur les principaux axes transeuropéens et dans les villes. La solution à ce problème suppose que d'ici à 2010 deux objectifs prioritaires soient atteints:

- assurer une concurrence régulée entre modes de transport;
- lier le destin de ces modes afin de réussir l'intermodalité."

L'accroissement des distances pour rejoindre les métropoles d'un bout à l'autre de l'Union au fur et à mesure de son élargissement nécessite un réseau performant de transport rapide de voyageurs. Un tel réseau comprend des lignes à grande vitesse, y compris des lignes aménagées, les connexions et les systèmes qui permettent l'intégration des services de transports aériens et de transport ferroviaire ainsi que les aéroports.

Sur les itinéraires où il n'est pas possible de construire de nouvelles lignes, l'aménagement de voies existantes pour la grande vitesse constitue grâce aux progrès de la technologie des trains pendulaires, une solution offrant un niveau de confort et de service suffisamment élevé.

Le train à grande vitesse représente sur de nombreux itinéraires une alternative à l'avion très attractive en terme de temps, de prix et de confort, surtout si l'on prend en compte les temps d'accès aux aéroports à partir des centres urbains.

La planification du réseau devrait par conséquent chercher à tirer profit de la capacité du train à grande vitesse à remplacer le transport aérien et encourager les compagnies ferroviaires, les compagnies aériennes, les gestionnaires des aéroports à jouer la carte de la coopération - et non seulement celle de la concurrence - entre le rail et l'aérien.

Les investissements contribuant à l'intégration du réseau ferroviaire à grande vitesse et du transport aérien, doivent être encouragés. De tels investissements peuvent porter sur des

gares ferroviaires dans les aéroports, des terminaux adaptés à l'enregistrement des passagers et des bagages dans les gares ferroviaires.

En synthèse, le Livre blanc plaide pour un rééquilibrage des modes de transport en faveur des modes plus durables et pour un transfert modal du transport de voyageurs de la route et de l'avion vers le chemin de fer.

## **3.2 POUR UNE EUROPE EN MOUVEMENT - MOBILITE DURABLE POUR NOTRE CONTINENT"**

Cette communication de la Commission européenne est un examen à mi-parcours du livre blanc sur les transports publié en 2001 par la Commission européenne.

Dans la préface de ce document, publié par la DG Tren en 2006, le Vice-président M. Jacques Barrot écrit notamment:

"Le contexte dans lequel s'exerce la mobilité en Europe a considérablement changé depuis cinq ans. Dans une Union élargie, la mobilité doit désormais être considérée à l'échelle continentale. La mondialisation s'est encore accentuée, faisant de l'efficacité et de la fiabilité des moyens de transports des éléments essentiels de la compétitivité d'une région. Enfin, les prix du pétrole, les émissions de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), et le réchauffement de la planète sont reconnus comme des défis sans précédent. Ils nous incitent à œuvrer pour une mobilité durable, économe en énergie et respectueuse de l'environnement.

C'est pourquoi il était nécessaire de compléter la boîte à outils prévue par le livre blanc de 2001 sur la politique européenne des transports. La Commission a organisé de larges consultations, avec les États membres et les parties concernées, qui ont fourni un aperçu précieux de la situation actuelle, ainsi que des attentes et des contraintes du secteur des transports. Ces contributions nous ont permis de définir nos propositions et nos orientations pour le futur de la politique des transports.

Notre objectif est de garantir une mobilité durable en Europe. Alors que les prévisions évoquent, d'ici à 2020, une croissance du transport de l'ordre de 50 % pour le fret et de 35 % pour le transport de passagers, l'Europe se doit de réussir ce défi. Pour cela, nous voulons déconnecter la mobilité de ses effets négatifs: il faut pour cela promouvoir l'innovation technologique, le transfert modal vers des modes de transport les moins polluants et économes en énergie, notamment sur les longues distances et dans les villes, et enfin et surtout, la "comodalité", c'est-à-dire la combinaison optimale des différents modes sur la chaîne de transport, qui incarne la solution d'avenir pour le fret."

Un extrait des conclusions de ce document est repris ci-après:

"Une politique de mobilité durable pour l'Europe doit donc se fonder sur une large palette d'instruments qui permettront, le cas échéant, le report du trafic vers des modes plus respectueux de l'environnement, en particulier sur les longues distances, dans les zones urbaines et sur les axes saturés. Parallèlement, chaque mode de transport doit être optimisé. Tous les modes doivent être rendus plus respectueux de l'environnement, plus sûrs et plus efficaces du point de vue énergétique. Enfin, la comodalité, autrement dit le recours efficace à différents modes de transport isolément ou en combinaison, débouchera sur une utilisation optimale et durable des ressources. Cette approche offre les meilleures garanties d'atteindre

simultanément un niveau élevé de mobilité et un niveau élevé de protection de l'environnement."

En synthèse, l'examen à mi-parcours du Livre blanc confirme les objectifs de celui-ci, mais il introduit aussi le principe de comodalité décrit ci-dessus.

### 3.3 LES RESEAUX TRANSEUROPEENS DE TRANSPORT

Les objectifs du réseau transeuropéen de transport (RTE-T) sont les suivants:

- assurer une mobilité des personnes et des biens;
- offrir aux usagers des infrastructures de qualité;
- s'appuyer sur l'ensemble des modes de transport;
- permettre une utilisation optimale des capacités existantes;
- être interopérable dans tous ses éléments;
- être économiquement viable;
- couvrir l'ensemble de la Communauté;
- prévoir son extension vers les États membres de l'Association européenne de libre-échange (AELE), les pays de l'Europe centrale et orientale et les pays méditerranéens.

Le réseau transeuropéen de transport comprend les infrastructures (routes, voies ferrées, voies navigables, ports, aéroports, moyens de navigation, plates-formes intermodales, pipelines de produits) ainsi que les services nécessaires au fonctionnement de ces infrastructures.

Les priorités de l'action portent sur:

- la réalisation des liaisons requises pour faciliter le transport;
- l'optimisation de l'efficacité des infrastructures existantes;
- la réalisation de l'interopérabilité des éléments du réseau;
- l'intégration de la dimension environnementale dans le réseau.

Est considéré d'intérêt commun tout projet répondant aux critères susmentionnés.

Caractéristiques du **réseau ferroviaire**:

- il est composé du réseau à grande vitesse et des lignes conventionnelles;
- il offre aux usagers un niveau élevé de qualité et de sécurité grâce à sa continuité et à son interopérabilité et grâce à un système harmonisé de contrôle-commande.

Suite aux recommandations de 2003 du groupe "Van Miert" à haut niveau sur les RTE-T, la Commission européenne a établi une nouvelle liste de 30 projets prioritaires qui devront débuter avant 2010. Coût total estimé: 397 milliards d'euros, desquels 126 milliards d'euros dépensés à la date du 31/12/2006. Cette liste intègre pleinement la dimension du nouvel élargissement et vise à mettre en place des schémas de mobilité plus durables en concentrant les investissements sur les transports ferroviaires et par voie d'eau. L'ensemble des 30 projets prioritaires est déclaré d'intérêt européen afin d'accélérer la réalisation des tronçons

frontaliers. Il s'agit des projets suivants (les projets qui concernent entièrement ou partiellement des lignes ferroviaires à grande vitesse sont indiqués en caractères gras):

1. **l'axe ferroviaire Berlin-Vérone/Milan-Bologne-Naples-Messine;**
2. **le train à grande vitesse Paris-Bruxelles/Bruxelles-Cologne-Amsterdam-Londres;**
3. **l'axe ferroviaire à grande vitesse du sud-ouest de l'Europe;**
4. **l'axe ferroviaire à grande vitesse Est (dont Paris-Strasbourg/Luxembourg);**
5. le chemin de fer classique transport combiné ou ligne de la Betuwe;
6. **l'axe ferroviaire Lyon-Trieste-Divaca/Koper-Ljubljana-Budapest-frontière ukrainienne;**
7. l'axe autoroutier Igoumenitsa/Patra-Athènes-Sofia-Budapest;
8. l'axe multimodal Portugal/Espagne-reste de l'Europe;
9. l'axe ferroviaire Cork-Dublin-Belfast-Stanraer;
10. l'aéroport Malpensa de Milan;
11. la liaison fixe Öresund;
12. **l'axe ferroviaire/routier du triangle nordique;**
13. l'axe routier Irlande/Royaume-Uni/Benelux;
14. **la liaison ferroviaire «West coast main line»;**
15. le système planétaire de positionnement et de navigation par satellite GALILEO;
16. **l'axe ferroviaire fret à travers les Pyrénées Sines/Algeciras-Madrid-Paris;**
17. **l'axe ferroviaire Paris-Stuttgart-Vienne-Bratislava;**
18. l'axe fluvial Rhin/Meuse-Main-Danube;
19. **l'interopérabilité du réseau ferroviaire à grande vitesse de la péninsule Ibérique;**
20. **l'axe ferroviaire entre l'Allemagne et le Danemark du Fehmarn Belt;**
21. les autoroutes de la mer: mer Baltique, Arc atlantique, Europe du Sud-Est, Méditerranée occidentale;
22. **l'axe ferroviaire Athènes-Sofia-Budapest-Vienne-Prague-Nuremberg /Dresde;**
23. l'axe ferroviaire Gdansk-Varsovie-Brno/Bratislava-Vienne;
24. **l'axe ferroviaire Lyon/Genève-Basel-Duisburg-Rotterdam/Anvers;**
25. l'axe autoroutier Gdansk-Brno/Bratislava-Vienne;
26. l'axe ferroviaire/routier Irlande/Royaume-Uni/Europe continentale;
27. l'axe ferroviaire «Rail Baltica» Varsovie-Kaunas-Riga Tallinn-Helsinki;
28. **«Eurocaprail» sur l'axe ferroviaire Bruxelles-Luxembourg-Strasbourg;**
29. l'axe ferroviaire du corridor intermodal mer Ionienne/Adriatique;
30. la liaison fluviale Seine-Escaut.

### 3.4 LA POLITIQUE DE LA COHÉSION

"Le Fonds de cohésion aide les États membres dont le revenu national brut (RNB) par habitant est inférieur à 90% de la moyenne communautaire à réduire leur retard économique et social ainsi qu'à stabiliser leur économie. Il soutient des actions dans le cadre de l'objectif «convergence» et est désormais soumis aux mêmes règles de programmation, de gestion et de contrôle que le FSE et le FEDER.

Pour la période 2007-2013, le Fonds de cohésion s'adresse à la Bulgarie, la Roumanie, Chypre, l'Estonie, la Grèce, la Hongrie, la Lettonie, la Lituanie, Malte, la Pologne, le Portugal, la République tchèque, la Slovaquie et la Slovénie. L'Espagne est éligible à titre transitoire car son RNB par habitant est inférieur à la moyenne de l'Europe des 15.

Le Fonds de cohésion finance des actions s'inscrivant dans les domaines suivants:

- les réseaux transeuropéens de transport, notamment les projets prioritaires d'intérêt européen définis par l'Union;
- l'environnement. À ce titre, le Fonds de cohésion peut aussi intervenir dans des projets liés à l'énergie ou aux transports, pour autant qu'ils présentent des avantages manifestes pour l'environnement: efficacité énergétique, recours aux énergies renouvelables, développement du transport ferroviaire, soutien à l'intermodalité, renforcement des transports publics, etc."<sup>5</sup>

Le Fonds européen de développement régional (FEDER) a aussi parmi ses priorités pour les régions de l'objectif "Convergence":

- les investissements dans les transports, y compris l'amélioration des réseaux transeuropéens et des liaisons avec le réseau RTE-T;
- les stratégies intégrées de promotion des transports propres, qui contribuent à améliorer l'accès aux services de passagers et de marchandises ainsi que leur qualité, à réaliser une répartition modale plus équilibrée, à encourager les intermodalités et à réduire les incidences sur l'environnement.

L'intervention du FEDER dans les investissements dans les RTE-T dans les régions de l'objectif "Compétitivité et emploi" n'est pas une priorité mais n'est pas exclue. Dans quelques cas comme la LGV Bretagne - Pays de la Loire en France, l'utilisation du fonds du FEDER est prévue.

---

<sup>5</sup> Source: Site internet de la DG REGIO

## 4. RESEAU DE LGV TRANSEUROPEEN

---

Comme mentionné en annexe I de la directive 2008/57/CE du Parlement Européen et du Conseil du 17 juin 2008 relative à l'interopérabilité du système ferroviaire au sein de la Communauté, le champ d'application de la directive concernant le système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse se compose du réseau et des véhicules spécifiques tels que décrits ci-après:

### a. Réseau

Le réseau du système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse est celui des lignes à GV identifiées dans la décision n° 1692/96/CE. Ce réseau est classifié comme suit par la CE, comme indiqué dans l'annexe I de la directive:

- catégorie I: lignes spécialement construites pour la grande vitesse, équipées pour des vitesses généralement égales ou supérieures à 250 km/h;
- catégorie II: lignes spécialement aménagées pour la grande vitesse, équipées pour des vitesses de l'ordre de 200 km/h;
- catégorie III: lignes spécialement aménagées pour la grande vitesse à caractère spécifique en raison de contraintes topographiques, de relief ou d'environnement urbain, dont la vitesse doit être adaptée cas par cas. Cette catégorie comporte aussi les lignes d'interconnexion entre les réseaux à grande vitesse et conventionnel, les traversées de gares, les accès aux terminaux, aux dépôts, etc., qui sont parcourues à vitesse conventionnelle par du matériel roulant GV.

Le réseau transeuropéen à GV comporte aussi les systèmes de gestion du trafic, de localisation et de navigation, les installations techniques de traitement des données et de télécommunication prévues pour le transport sur ces lignes afin de garantir l'exploitation sûre et harmonieuse du réseau et la gestion efficace du trafic.

### b. Véhicules

Le système ferroviaire transeuropéen à GV comprend les véhicules conçus pour circuler:

- soit sur les lignes spécialement construites pour la grande vitesse, à une vitesse d'au moins 250 km/h, tout en permettant, dans des circonstances appropriées, d'atteindre des vitesses dépassant 300 km/h.
- soit sur les lignes mentionnées ci-dessus, lorsque cela est compatible avec les niveaux de performance de ces lignes, à une vitesse de l'ordre de 200 km/h.

En outre, les véhicules conçus pour circuler à une vitesse maximale inférieure à 200 km/h qui sont susceptibles de circuler sur tout ou partie du réseau ferroviaire transeuropéen à GV, lorsque cela est compatible avec les niveaux de performance de ce réseau, remplissent les conditions qui garantissent une exploitation sûre sur ce réseau.

### c. Cohérence du système ferroviaire

La qualité du transport ferroviaire européen nécessite aussi une excellente compatibilité entre les caractéristiques du réseau (au sens large du terme, c'est-à-dire comprenant les parties fixes de tous les sous-systèmes concernés) et celles des véhicules (incluant les parties

embarquées de tous les sous-systèmes concernés). De cette compatibilité dépendent les niveaux de performances, de sécurité, de qualité du service et leur coût.

## 4.1 TYPES DE LGV

Différents concepts de LGV existent en Europe. Il s'agit soit de lignes nouvelles conçues pour la grande vitesse (300 à 350 km/h) ou de lignes conventionnelles adaptées à la haute vitesse (200 km/h). Ces lignes peuvent être exclusives pour le transport de passagers à grande vitesse ou des lignes mixtes utilisées pour les passagers et le fret.

### 4.1.1 Caractéristiques techniques de l'infrastructure des lignes nouvelles à grande vitesse

D'une manière générale, les lignes nouvelles à grande vitesse présentent des caractéristiques techniques communes, spécifiques pour l'exploitation à grande vitesse, telles que:

- des rayons de courbure élevés, adaptés en fonction des vitesses d'exploitation: de l'ordre de 6000 m pour des vitesses de 350 km/h;
- un profil en long qui peut être plus sévère que celui de lignes conventionnelles: par exemple, la LGV Paris-Sud-Est comporte des déclivités à 35 ‰ et la LGV Cologne-Francfort peut atteindre 40 ‰;
- une voie à écartement standard UIC (1,435 m);
- l'entraxe des voies doit être augmenté par rapport aux lignes classiques (4,50 m pour des vitesses supérieures à 250 km/h) pour limiter l'effet de souffle au croisement de deux trains;
- les ouvrages d'art nécessitent une conception adaptée aux vitesses pratiquées et la section des tunnels doit notamment être (sur)dimensionnée, en particulier aux extrémités, pour limiter les effets de pression aérodynamique.

### 4.1.2 Caractéristiques techniques des équipements des lignes à grande vitesse

#### *a. L'électrification*

Les LGV ont été électrifiées sur base des caractéristiques des réseaux nationaux, à tension élevée (mise à part la LGV Rome-Florence, inaugurée en 1977, qui a été électrifiée en 3kV continu et qui a reçu l'homologation LGV européenne en 1992 avec une tension de 25 kV alternatif). Les LGV sont généralement électrifiées à 25 kV - 50 Hz, comme notamment en Espagne, France, Belgique et aux Pays-Bas. En Allemagne et en Autriche, les LGV sont électrifiées à 15 kV - 16,7 Hz.

Les caténaires sont, par rapport au chemin de fer conventionnel, plus tendues dans le cas des LGV, afin que la vitesse de propagation de l'onde mécanique (ondulation du fil de contact de la caténaire provoquée par le contact du pantographe) reste supérieure à la vitesse du train.

### *b. Le système de signalisation*

Les LGV sont équipées de systèmes de signalisation ou de contrôle-commande en cabine, avec transmission d'informations sol-train, car les informations de la signalisation classique sur la voie (signaux, panneaux le long de la voie, etc.) ne peuvent plus être perçues par le conducteur au-delà de 160 km/h.

Les premiers systèmes de signalisation en cabine se sont développés au niveau national, comme la TVM en France, le LZB en Allemagne, la TBL en Belgique, etc.

Tous ces systèmes comportent un renvoi en cabine des informations de vitesse à respecter, et avertissent le conducteur des zones d'absence ou de changement d'alimentation électrique ou de coupe-courant, etc. Ils appliquent en même temps un contrôle de la vitesse, soit ponctuel (TVM300), soit permanent (TVM430, TBL, etc.).

Depuis lors, un système de signalisation européen a vu le jour: l'ETCS (§12.1.2). Il est installé sur les nouvelles LGV mises en service, comme par exemple sur la LGV Est européenne<sup>6</sup>. En Espagne, toutes les lignes AV sont équipées de l'ETCS.

### *c. Le niveau de protection*

Les LGV sont généralement clôturées pour éviter les intrusions d'animaux. Elles ne comportent aucun passage à niveau et les ponts franchissant des LGV sont équipés de systèmes de protection pour éviter la chute d'objets ou de véhicules sur la voie. Certaines portions de LGV sont équipées d'appareillages de mesures de gel, d'inondation, de sismicité, de surveillance des vents latéraux, en fonction des caractéristiques géo-climatiques de la zone concernée.

## **4.1.3 Utilisation des LGV**

Les LGV sont le plus souvent dédiées au trafic de voyageurs. Des lignes mixtes existent toutefois dans certains pays comme en Allemagne, Italie et au Royaume Uni. Les sections transfrontalières entre l'Espagne et la France ainsi que leurs accès sont également conçues pour du trafic mixte.

Le trafic mixte de trains de voyageurs et de marchandises entraîne des contraintes fortes, notamment en ce qui concerne l'exploitation lorsque des trains circulent à des vitesses différentes, la limitation de tonnage des trains de fret en présence de fortes rampes, des risques de déstabilisation des chargements par effet de souffle au croisement de trains à GV et de fret. Une ligne mixte sera aussi plus coûteuse en ouvrages d'art et plus difficile à insérer dans le paysage.

La mixité est parfois limitée à des tronçons particuliers (par exemple le contournement de Tours sur la LGV Atlantique, le futur contournement de Nîmes et Montpellier sur la LGV Méditerranée). Souvent les trains de marchandises ne circulent que pendant les périodes de fermeture au trafic de voyageurs à GV, c'est-à-dire la nuit.

Le réseau espagnol illustre bien la subdivision de l'infrastructure entre lignes dédiées au trafic voyageurs et lignes mixtes. Ce réseau figure ans le Plan stratégique des infrastructures de transport (PEIT) qui a été approuvé en 2005 par le gouvernement espagnol pour la période 2005-2020 et introduit le concept de "lignes à hautes performances" (*Lineas de altas prestaciones*). Ces lignes sont composées de sections à grande vitesse exclusives pour trains

---

<sup>6</sup> L'ETCS, en cours d'homologation sur cette ligne en 2008, est installé en parallèle avec la TVM 430

de passagers et de sections qui offrent des services à grande vitesse pour les trains de passagers et des services à vitesse adaptée pour les trains de marchandises.



Plan stratégique espagnol de l'infrastructure du transport (PEIT)<sup>7</sup>

## 4.2 INTEROPERABILITE

Selon la directive 2008/57/CE, l'interopérabilité du système ferroviaire transeuropéen à GV est l'aptitude à permettre la circulation sûre et sans rupture de trains à grande vitesse en accomplissant les performances requises.

Cette aptitude repose sur l'ensemble des conditions réglementaires, techniques et opérationnelles qui doivent être remplies par les sous-systèmes du réseau ferroviaire transeuropéen, pour satisfaire aux exigences essentielles de sécurité, fiabilité et disponibilité, santé, protection de l'environnement, compatibilité technique.

Les sous-systèmes constituant le système ferroviaire comprennent notamment<sup>8</sup>:

- *Infrastructure*: La voie courante, les appareils de voies, les ouvrages d'art (ponts, tunnels, etc.), les infrastructures associées dans les gares (quais, zones d'accès, en incluant les besoins des personnes à mobilité réduite, etc.), les équipements de sécurité et de protection.

<sup>7</sup> Source: Présentation au 6ème congrès UIC High Speed "Commercial operation with ETCS level 1 in Spanish high speed lines. A reliable combination of technologies and suppliers", Dr. Ing. Ignacio Jorge Iglesias - ADIF, date de présentation: 17-19/03/08

<sup>8</sup> Directive 2008/57/CE, Annexe II

- *Énergie:* Le système d'électrification, y compris le matériel aérien et les parties embarquées du dispositif de mesure de la consommation électrique.
- *Contrôle-commande et signalisation:* Tous les équipements nécessaires pour assurer la sécurité, la commande et le contrôle des mouvements des trains autorisés à circuler sur le réseau.
- *Exploitation et gestion du trafic:* Les procédures et les équipements associés permettant d'assurer une exploitation cohérente des différents sous-systèmes structurels, tant lors du fonctionnement normal que lors des fonctionnements dégradés, y compris notamment la formation et la conduite des trains, la planification et la gestion du trafic. Les qualifications professionnelles exigibles pour la réalisation de services transfrontaliers.
- *Applications télématiques:* ce sous-système comprend deux parties:
  - a) les applications au service des passagers, y compris les systèmes d'information des passagers avant et pendant le voyage, les systèmes de réservation, les systèmes de paiement, la gestion des bagages, la gestion des correspondances entre trains et avec d'autres modes de transport;
  - b) les applications au service du fret, y compris les systèmes d'information (suivi en temps réel de la marchandise et des trains), les systèmes de triage et d'affectation, les systèmes de réservation, de paiement et de facturation, la gestion des correspondances avec d'autres modes de transport, la production des documents électroniques d'accompagnement.
- *Matériel roulant:* La structure, le système de commande et de contrôle de l'ensemble des équipements du train, les dispositifs de captage du courant, les équipements de traction et de transformation de l'énergie, de freinage, d'accouplement, les organes de roulement (bogies, essieux, etc.) et la suspension, les portes, les interfaces homme/machine (conducteur, personnel à bord, passagers, en incluant les besoins des personnes à mobilité réduite), les dispositifs de sécurité passifs ou actifs, les dispositifs nécessaires à la santé des passagers et du personnel à bord.
- *Entretien:* Les procédures, les équipements associés, les installations logistiques d'entretien, les réserves permettant d'assurer les opérations d'entretien correctif et préventif à caractère obligatoire prévues pour assurer l'interopérabilité du système ferroviaire et garantir les performances nécessaires.

## 4.2.1 Critères fondamentaux d'interopérabilité

Concrètement, une série de critères fondamentaux d'interopérabilité du système ferroviaire transeuropéen à GV peuvent être définis, en référence à la recommandation de la Commission du 21 mars 2001. Ils sont décrits ci-après.

### 1. Gabarit minimal des infrastructures et gabarit du matériel roulant

Le gabarit des infrastructures ou gabarit d'obstacle (parois de tunnels, poteaux caténaires ou de signalisation, parapets des ponts, quais...) définit l'enveloppe de l'infrastructure. Alors que le gabarit du matériel roulant est défini par l'enveloppe à l'intérieur de laquelle le train s'inscrit en circulation. Il faut que le gabarit minimal

d'obstacle soit en tout point supérieur, avec une marge appropriée, au gabarit du matériel roulant pouvant y circuler.

Le gabarit minimal de l'infrastructure est égal au:

- gabarit GC pour les lignes nouvelles de catégorie I ;
- gabarit GC (si l'étude économique en démontre les avantages) ou GB pour les lignes de catégorie II ou les lignes existantes de catégorie I;
- gabarit "UK1" en Grande-Bretagne pour les lignes de catégories II et III ;
- gabarit "FIN1" pour les lignes en Finlande.

Par ailleurs, il y a trois types de gabarit du matériel roulant : UIC 505-1, GB et GC.

## 2. Rayon de courbure minimal

Le rayon minimal de courbure définit l'amplitude de la courbe de voie et résulte de la fixation de trois autres paramètres: le dévers maximal, l'insuffisance de dévers maximal et la vitesse maximale de circulation.

En appliquant par exemple les valeurs retenues pour ces paramètres en France, on obtient les valeurs minimales du rayon de courbure des LGV suivantes, en fonction de la vitesse de ligne:

**Rayons minimaux de courbure des LGV en France**

Vitesse (km/h)	300	320	350
Rayon minimal (m)	4 085	4 739	5 900

## 3. Écartement de la voie

L'écartement de la voie est la distance entre les faces internes des champignons des rails mesurée à une hauteur de 14,5mm ( $\pm 0,5$ mm) au-dessous de la surface de roulement. Dans le réseau standard européen sa valeur est fixée à 1435mm.

Des cas spécifiques sont acceptés: 1524 mm pour la Finlande et 1668 pour le Portugal sur les lignes de catégories II et III.

Le réseau ferroviaire classique espagnol est en grande majorité composé de voies à écartement large. Ceci pose un problème d'interopérabilité aux raccordements de ce réseau avec les autres réseaux Européens ainsi qu'au nouveau réseau espagnol à grande vitesse qui a été construit avec un écartement standard. Historiquement, les bogies étaient changés sur les trains de nuit à la frontière entre la France et l'Espagne.

Ensuite, trois solutions techniques différentes ont été développées pour résoudre ce problème d'interopérabilité en Espagne<sup>9</sup>:

- installation d'un dispositif de changement d'écartement automatique sur les trains Talgo comportant des voitures équipées de roues à écartement variable. Cette opération requiert une vingtaine de minutes.

<sup>9</sup> Source: Présentation du 6ème congrès UIC High Speed "Infrastructure elements to make compatible standard and broad gauges in the Spanish network", Ruth San Dámaso Martín - Adif, date de présentation: 17-19/03/08



**Axles changing installations**

Désormais le changement d'écartement des roues se fait automatiquement. Soixante trains à GV l'utilisent quotidiennement.

- un système de traverses à écartement multi calibré qui permettra de changer des lignes classiques à celles à écartement normal à l'avenir.



**Multiple gauge sleeper**

- un troisième rail qui permet simultanément l'exploitation des trains à écartement espagnol et ceux à écartement standard.



**Troisième rail**

#### 4. Efforts maximaux à la voie

Tout véhicule circulant sur une voie ferrée génère des forces d'interaction au niveau du contact roue-rail, dans trois directions: verticale, transversale et longitudinale. L'infrastructure doit pouvoir résister au moins à un effort latéral maximal par essieu égal à  $10 + P/3$  [kN], P étant la charge statique par essieu de tout train interopérable.

D'autre part, il faut limiter l'accélération longitudinale à  $2,5 \text{ m/s}^2$  et le quotient des efforts transversaux dynamique et verticaux d'une roue sur rail (Q) à 0,8, sachant que ce dernier paramètre dépend de la vitesse :

**Limite maximale de la charge dynamique de roue**

$V = 250 \text{ km/h}$	$Q \leq 180 \text{ kN}$
$250 < V \leq 300 \text{ km/h}$	$Q \leq 170 \text{ kN}$
$V > 300 \text{ km/h}$	$Q \leq 160 \text{ kN}$

5. Longueur minimale des quais et longueur maximale des trains

La longueur de quai doit tenir compte de la longueur utile de la rame, mais aussi de règles d'exploitation. La longueur des trains doit être inférieure ou égale à 400m et la longueur utile des quais doit être supérieure à 400m.

Les cas spécifiques suivants de longueur utile minimale des quais sont acceptés :

- 300m en Angleterre sur les lignes de catégories II et III (longueur des trains  $\leq 320\text{m}$ );
- 225m en Suède;
- 350m en Finlande.

6. Hauteur des quais

La hauteur du quai se mesure entre le plan de roulement et le plan du quai. Deux hauteurs de quai sont admises: 550 et 760 mm.

Les cas spécifiques de hauteur suivants sont acceptables :

- 915mm en Grande-Bretagne ;
- 840mm aux Pays-Bas.

7. Tension d'alimentation

*Lignes de catégorie I*

La tension d'alimentation à respecter pour les nouvelles lignes de catégorie I est de 25kV – 50Hz. Les réseaux électrifiés à 15kV –  $16^{2/3}\text{Hz}$  peuvent utiliser ce type de courant pour les lignes nouvelles.

La tension de 3 kV courant continu peut être utilisée en Italie pour les lignes existantes et pour les sections de lignes nouvelles jusqu'à 250 km/h au maximum lorsque la tension de 25 kV 50 Hz est susceptible de perturber le fonctionnement des équipements de signalisation au sol et embarqués sur une ligne existante proche de la ligne nouvelle.

*Lignes existantes de la catégorie I et lignes des catégories II et III*

Pour les lignes existantes de catégorie I et les lignes de catégories II et III, les tensions applicables sont : 25kV – 50Hz, 15kV –  $16^{2/3}\text{Hz}$ , 1,5kVcc et 3kVcc.

Un cas spécifique d'interopérabilité du matériel roulant concerne la deuxième série de l'ICE 3, le premier Intercity-Express allemand pouvant être considéré comme train à GV selon les définitions de la CE. Ce train fut d'abord conçu comme mono-système pour le réseau allemand (Série 403) à 280 km/h et ensuite multi-systèmes (ICE 3M ou Série 406) pour la circulation internationale au-delà des pays électrifiés à 15 kV -  $16^{2/3}\text{Hz}$ .

Sur l'ICE 3, les éléments électriques sont répartis: la deuxième voiture porte notamment le pantographe (prévu pour l'Allemagne), mais la version multi-système se distingue par deux pantographes additionnels:

- un sur la quatrième voiture, plus étroit, pour la Suisse et les lignes électrifiés en 25 kV à 50 Hz en France et Belgique (le pantographe standard étant aussi prévu pour les lignes nouvelles aux Pays Bas) et
- un sur la troisième voiture pour le courant continu (3 kV et 1,5 kV).

La Série 406 a été conçue par un Consortium allemand: Siemens, Bombardier et mise en service commercial à 330 km/h en Allemagne, Belgique, Pays-Bas, Suisse et France<sup>10</sup>.

La société néerlandaise de chemins de fer (NS) possède quatre rames ICE 3M, avec la même livrée que leurs homologues allemandes excepté le sigle bleu. Elles circulent en pool avec les rames allemandes sur les axes Amsterdam-Cologne-Francfort-Bâle et Amsterdam-Cologne-Francfort-Nuremberg-Munich.



**Rames ICE 3M (NS) et ICE 3 (DB) accouplées : le train Munich - Francfort - Cologne est scindé à Duisburg, pour desservir Amsterdam et Dortmund**

Depuis, Bombardier Transport a conçu un train à GV du nom de Zefiro, modulable en longueur, pour permettre une circulation entre 250 et 360 km/h sur les trajets transfrontaliers avec des alimentations électriques différentes: 1,5 et 3 kV continu d'une part, 15 et 25 kV alternatif d'autre part<sup>10</sup>.

Alstom et Siemens offrent également des matériels roulants capables d'être alimentés par tous les types de systèmes d'alimentation électrique européens.

## 8. Géométrie des caténaires

La géométrie de la caténaire est fonction de l'interaction avec le pantographe.

Deux hauteurs de caténaire sont possibles sur les lignes à GV: 5080 et 5300mm, cette dernière valeur devant être utilisée en cas de charges de glace. Une hauteur de 5m peut être utilisée sur des caténaires à courant continu.

Dans les cas des lignes de catégories II et III, la hauteur est limitée par les conditions locales.

En ce qui concerne la dimension des pantographes, la largeur de l'archet européen standard est de 1600mm.

<sup>10</sup> Source: présentation du 6ème congrès UIC High Speed "High speed from Bombardier – ZEFIRO", Flavio Canetti, Bombardier Transportation, date de présentation: 17-19/03/08

Les cas spécifiques suivants sont acceptés :

- les trains circulant sur les lignes existantes de catégorie I et sur les lignes de catégories II et III, doivent être muni de pantographes secondaires de 1950mm en Allemagne, Autriche, Espagne et Suède ;
- les trains finlandais peuvent être équipés de pantographes de 1950mm.

#### 9. Charge à l'essieu

Un train soumet la voie à des efforts statiques et dynamiques au travers des essieux. La charge à l'essieu appliquée à la voie ne peut dépasser 170 kN. Pour des vitesses inférieures ou égales à 250 km/h, une charge à l'essieu de 180 kN est acceptée dans le cas des essieux motorisés. Une tolérance de 4% est admise pour chaque essieu et de 2% pour la charge moyenne des essieux d'un même train.

#### 10. Caractéristiques électriques limites du matériel roulant

Elles incluent divers aspects, à commencer par la tension et la fréquence d'alimentation. Dans le système 25kV – 50Hz, la fréquence ne peut varier qu'entre 49 et 51 Hz, alors que dans le système 15kV –  $16^{2/3}$ Hz elle peut varier de  $16^{1/3}$  à 17Hz.

Le facteur de puissance sur les lignes de catégorie I doit être au moins égale à 0,95.

Les perturbations sur les fréquences radio, ainsi que l'immunité électromagnétique de l'équipement embarqué, doivent satisfaire la norme EN50 121, tandis que les perturbations générées sur les systèmes de signalisation et de télécommunication, à cause de leur diversité, sont traitées dans les STI correspondantes.

#### 11. Caractéristiques mécaniques limites du matériel roulant

Tout matériel roulant doit assurer la protection des voyageurs par des modes de construction capables d'absorber l'énergie de collision, limiter les déformations des caisses et empêcher les chevauchements.

Pour définir les caractéristiques limites du matériel roulant, trois scénarios sont considérés :

- 1) collision symétrique à une vitesse relative de 36 km/h de rames à GV identiques ;
- 2) collision à 36 km/h d'une rame à GV contre un véhicule ferroviaire équipé de tampons latéraux (wagon fret de 80t) ;
- 3) collision à 110 km/h perpendiculaire à un véhicule routier de 15t (sur passage à niveau).

La cabine ne doit pas se déformer dans le scénario 1, mais peut se déformer dans les scénarios 2 et 3, d'où il faut prévoir un espace indéformable de survie pour le mécanicien, long d'au moins 75 cm, à l'arrière de la cabine. Dans tous les cas de figure, au moins 6MJ doivent pouvoir être absorbés dont au moins 75% en tête du 1<sup>er</sup> véhicule, le reste se répartissant aux inter-caisses. De ce fait, les compartiments passagers du véhicule de tête, ainsi que la cellule de survie du conducteur, doivent avoir une résistance statique d'au moins 1500 kN supérieure à l'effort moyen d'écrasement des zones fusibles lors des trois collisions considérées. Ceci vaut aussi pour le véhicule de fin s'il s'agit d'une cabine.

Les efforts lors de l'écrasement des zones fusibles ne doivent pas engendrer une décélération moyenne de plus de 5 g dans les compartiments voyageurs des véhicules d'extrémité et dans l'espace de survie du mécanicien.

Enfin, des dispositifs doivent empêcher le chevauchement en tête de rame et entre chaque véhicule.

#### 12. Caractéristiques limites liées aux perturbations électromagnétiques extérieures

La compatibilité électromagnétique entre équipements du sous-système de contrôle-commande d'une part et l'extérieur du système ferroviaire à GV et les autres sous-systèmes d'autre part, doit être conforme à la norme EN50 121.

#### 13. Caractéristiques limites liées aux bruits intérieurs

Le niveau de bruit en cabine peut impacter la sécurité; sa valeur limite sur 30 min est de 84 dB(A), mesurée à l'air libre à 300 km/h.

#### 14. Variation de pression maximale

La circulation d'un train dans un tunnel génère des ondes de pression qui comportent habituellement des fronts raides nets correspondant à la tête et à la queue du train sortant du tunnel. Elles se déplacent le long du tunnel à la vitesse du son, avec réflexion, aux extrémités du tunnel et inversion d'amplitude.

En cas de croisement avec un autre train, la pression résultante est égale à la somme des ondes de propagation dans le tunnel et de la variation de pression qui suit le train. Les variations de pression externe peuvent impliquer des traumatismes sévères pour les tympanes des oreilles au-dessus d'un certain seuil de pression et des désagréments auditifs à plus basse valeur. La limite maximale de variation de pression subie par un voyageur dans les conditions les plus défavorables est de 10 000 Pa. Cette valeur a été retenue pour l'aspect santé; elle ne tient pas compte du confort du voyageur.

#### 15. Pente et rampe maximales

Le contact acier/acier entre la roue et le rail présente un coefficient d'adhérence limité. Ceci implique que:

- dans les rampes, la puissance de traction nécessaire, pour une masse donnée, croît fortement en fonction de la rampe,
- dans les pentes, les distances de freinage, fonction de la vitesse et de la charge du train, croissent fortement en fonction de la pente.

Une valeur maximale de 35‰ est retenue pour les pentes et les rampes de lignes de catégorie I, tout en respectant les conditions suivantes:

- la pente du profil moyen glissant sur 10 km devra être inférieure ou égale à 25‰,
- la longueur maximale en rampe ou pente continue de 35‰ ne devra pas dépasser 6 000 m.

Comme cas spécifique, la valeur maximale pour les pentes et les rampes sur la ligne à grande vitesse allemande Cologne-Rhin est portée à 40‰.

#### 16. Entraxe minimal des voies

L'entraxe des voies est un paramètre lié à deux exigences fonctionnelles différentes:

- il doit être défini de telle manière que, en aucune circonstance, il n'y ait le moindre risque que deux véhicules circulant sur des voies adjacentes ne puissent entrer en collision. Cette exigence est assurée par le respect du gabarit d'infrastructure défini pour chacune des voies concernées,
- il doit être défini de telle manière que les effets aérodynamiques lors de croisements de trains soient compatibles avec la conception du matériel roulant.

Sur une future ligne de catégorie I, l'entraxe minimal est 4,5m. Il peut être ramené à 4,2m pour des exploitations ne dépassant pas 300 km/h et 4m pour des vitesses ne dépassant pas 250 km/h.

Pour les lignes de catégorie II, la valeur de 4 m est retenue pour des lignes exploitées à des vitesses supérieures à 220 km/h. Pour des vitesses inférieures, le respect du gabarit infrastructure est suffisant.

Les cas spécifiques suivants sont applicables:

- entraxe de 3615mm pour les lignes de catégories II et III en Grande Bretagne (tenant compte du gabarit "UK1") ;
- entraxe de 3808mm pour les lignes de catégories II en Espagne.

#### 17. Caractéristiques liées au transport des personnes handicapées

Le matériel roulant et l'infrastructure doivent tenir compte, de façon appropriée, des résultats de l'action COST 335. Les spécifications obligatoires seront indiquées dans les STI correspondantes.

## 4.2.2 L'ERTMS et l'ERA (European Railway Agency)

L'ERTMS a pour objectif d'harmoniser la signalisation ferroviaire en Europe et de remédier à la multiplication de systèmes nationaux incompatibles. Il permet ainsi un passage des frontières entre pays dotés de systèmes de signalisation différents sans obstacle technique ou opérationnel et sans interruption de marche. L'ERTMS est décrit au §12.1.2.

Le système de contrôle/commande et de signalisation (ERTMS/ETCS) est basé sur la liste des spécifications normatives mentionnées à l'annexe de la Décision 2008/386/CE, dont les spécifications de l'ETCS seront complétées avant le 31 décembre 2008 afin d'inclure les spécifications actualisées concernant les essais communs et de corriger toute erreur éventuelle. En termes simples, l'ERTMS permet, en ce qui concerne les aspects de contrôle/commande et de signalisation, à un train d'un pays A de rouler dans un pays B et vice-versa :

- a. quel que soit le type de matériel roulant, pourvu qu'il soit équipé du sous-système ETCS.

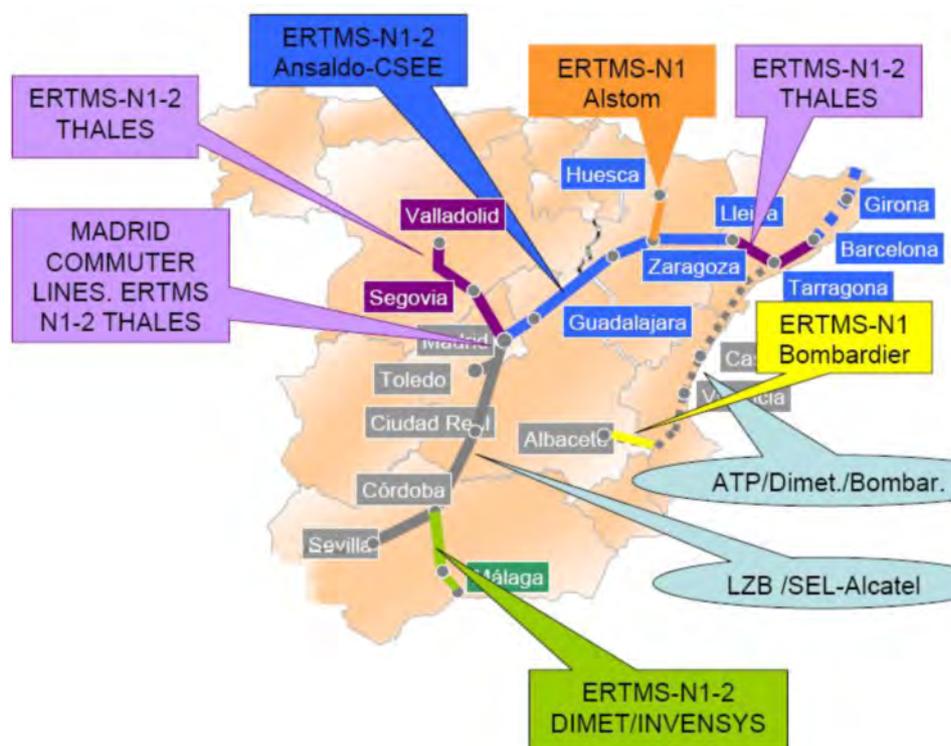
Par exemple le fabricant Ansaldo a obtenu la certification en cabine pour les TGV sur la LGV Est Européenne (ERTMS niveau 2) et pour les trains POS traversant la France, l'Allemagne, la Suisse et le Luxembourg (ETCS cohabitant avec les systèmes de signalisation nationaux correspondants: TVM/KVB, LZB/PZB, ZUB); alors que la certification du bord des trains Thalys PBA traversant la France, la Belgique, les Pays-Bas et l'Allemagne (ETCS avec l'ajout des systèmes de signalisation: STM TBL, STM TBL 2, STM ATB, selon le standard FFFIS STM) est en cours<sup>11</sup>.

- b. quel que soit le fournisseur d'ERTMS, pourvu que l'infrastructure en soit équipée.

---

<sup>11</sup> Source: présentation du 6ème congrès UIC High Speed "Speed control in cross-border context for multi standards and high speed", Ansaldo STS, date de présentation: 17-19/03/08

L'Espagne présente un exemple intéressant de diversité de fournisseurs de matériel ERTMS, comme illustré ci-dessous :



Fournisseurs de systèmes de signalisation sur les LGV espagnols<sup>12</sup>

La migration intermédiaire du système de signalisation national vers l'ERTMS est une forme dégradée d'interopérabilité: elle permet seulement aux trains déjà équipés d'ETCS de profiter des lignes déjà équipées d'ERTMS, tout en continuant à rouler sur leur réseau avec le système national cohabitant, le reste de la flotte ne pouvant que circuler sur son réseau.

L'ERA, dont le siège se trouve à Valenciennes (France), a été créée en 2004 avec une double mission dans les domaines de la sécurité et de l'interopérabilité ferroviaire : rapprocher les règles techniques et les règles de sécurité nationales et établir progressivement des objectifs de sécurité communs à tous les réseaux de chemins de fer européens. L'ERA est à présent devenue l'autorité européenne en termes de gestion des STI, en gérant de façon transparente les demandes nationales de changement du système.

Le défi de l'interopérabilité exige que les questions techniques liées aux spécifications du système ne soient plus traitées directement entre le(s) fournisseur(s) de l'ERTMS et le client, mais au contraire, discutée sous l'égide de l'ERA. Cet organisme collecte en fait les informations sur les aspects de performance, disponibilité et maintenance

<sup>12</sup> Source: présentation du 6ème congrès UIC High Speed "Commercial operation with ETCS level 1 in Spanish high speed lines. A reliable combination of technologies and suppliers.", Dr. Ing. Ignacio Jorge Iglesias - ADIF, date de présentation: 17-19/03/08

provenant des différents projets en Europe, afin de promouvoir une solution harmonisée<sup>13</sup>.

Grâce aux analyses du retour d'expérience des projets ERTMS déjà opérationnels, l'ERA a pu identifier un certain nombre de différences dans l'implémentation de l'ERTMS d'un projet à l'autre, dont l'origine est dans l'interprétation des STI par les différents constructeurs: cela a donné lieu à des interopérabilités "locales", c'est-à-dire que des trains équipés d'ERTMS par des fabricants différents étaient susceptibles de réagir de façon différente face à la même situation.

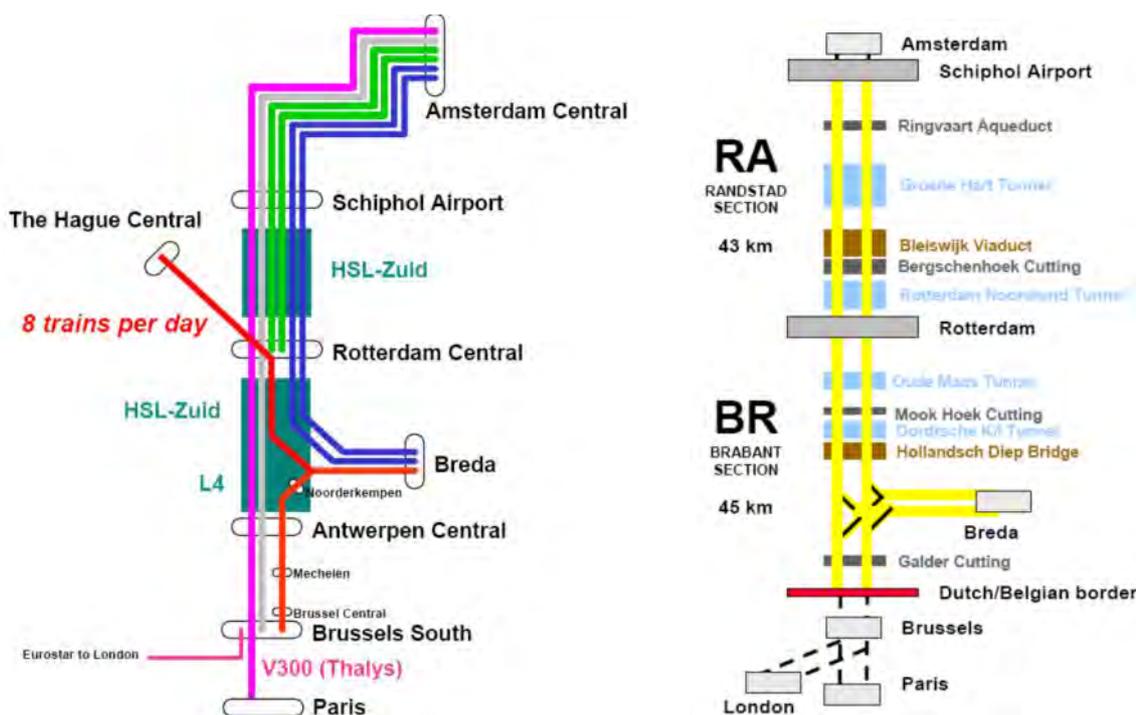
Un exemple de lacune au niveau des STI qui a donné lieu à une interopérabilité locale concernait l'interface technique RBC-RBC du processus de *hand-over* (lorsqu'un train passe d'une zone à une autre contrôlée par un autre RBC différent), qui a été mise en évidence lors de l'interconnexion des lignes L4 (Anvers – Amsterdam) et LGV Zuid (voir figure ci-après): le RBC Thales (anciennement Alcatel) et le RBC Alstom n'utilisent pas les mêmes protocoles pour échanger les informations sur les trains. Ainsi une solution spécifique a dû être mise en place pour assurer la continuité du niveau ERTMS niveau 2 opérationnel sur les deux LGV, comprenant le passage de la frontière, en deux étapes<sup>14</sup>:

- 1) transition Pays-Bas ↔ Belgique à 160 km/h par un espace de niveau ERTMS 1 (disponible déjà en tant que solution de repli sur les LGV concernées), testée avec succès au début 2007 ;
- 2) l'installation d'un gateway RBC-RBC de traduction de protocoles (l'implémentation courante de la fonctionnalité de *hand-over* demeurant inchangée dans les deux RBC), en parallèle de l'étape 1, dont les premiers essais ont été menés en octobre 2007 avec du matériel roulant provenant de différents fournisseurs et le test final avec LGV Zuid en début 2008.

---

<sup>13</sup> Source: Le bulletin d'information ERTMS n°2, DG TREN, date de publication: 08/07

<sup>14</sup> Source: présentation du 6ème congrès UIC High Speed "ERTMS/ETCS sur les LGV belges L3 et L4 - Connexion à l'HSL Zuid néerlandaise", Jean-Jacques Gehrenbeck - Alstom Transport Belgium, date de présentation: 17-19/03/08



LGV Zuid  
(Vue avec ouvrages d'art à gauche<sup>15</sup>)

Le 13/02/2008, le Comité d'Interopérabilité de l'UE, grâce aux travaux préparatoires de l'ERA, a approuvé la proposition de la Commission d'amender les STI, ce qui a permis de lever les ambiguïtés d'interprétations et assurer une interopérabilité "globale", à l'échelle européenne.

Sur 53 ambiguïtés, 49 ont pu être clarifiées de façon unanime avec l'accord du secteur ferroviaire, mais pour les quatre restantes, l'ERA a dû choisir la solution technique à retenir en s'appuyant sur une analyse qualitative coûts-bénéfices qui prenait en compte l'impact sur les projets existants. La consolidation de la version 2.3.0 en 2.3.0d par la Commission le 23/04/08 a été une étape importante pour assurer l'interopérabilité.

L'interopérabilité de l'ETCS assurée via les STI ne suffit pas néanmoins à garantir une ligne de base commune, à cause des nuances des règlements opérationnels nationaux et des procédés d'acceptation des véhicules. C'est pour quoi, l'ERA, outre d'être garant de la sécurité et de l'interopérabilité du système ferroviaire européen, sera chargée de proposer une stratégie commune pour l'homologation des véhicules ferroviaires (§5.3.2), basée sur une évaluation coûts-bénéfices.

De son côté, l'ERA est en train de définir une stratégie pour minimiser les risques d'une mauvaise mise en œuvre de l'interopérabilité dans l'avenir, par la systématisation des spécifications<sup>16</sup>.

<sup>15</sup> Source: présentation du 6ème congrès UIC High Speed "ETCS Implementation on HSL Zuid: Challenges and Technical Solutions", Jörn Schlichting, Infraspeed, Siemens AG, date de présentation: 17-19/03/08

<sup>16</sup> Source: Le bulletin d'information ERTMS n°8, DG TREN, date de publication: 09/08

## 4.3 INTERMODALITE

L'intermodalité consiste dans l'utilisation de plusieurs modes de transport au cours d'un même déplacement. Cette définition s'applique tant au transport de personnes que de marchandises. Dans le cadre de cette étude, l'intermodalité doit permettre une synergie du mode ferroviaire à GV avec les transports aériens, urbains et routiers et faciliter les transferts entre ces modes.

### 4.3.1 Transport de passagers

La gare de l'aéroport de Francfort fait figure de pionnière en matière d'intermodalité train-avion. Elle a été inaugurée en 1972 mais c'est à partir du début des années 2000 que le trafic a augmenté considérablement notamment suite à la mise en service de la LGV Cologne-Francfort en 2002. Actuellement, le trafic de voyageurs est de 39 000 voyageurs par jour pour la gare régionale et de 21 000 pour la gare grandes lignes. Deux tiers des passagers du train montent ou descendent d'un avion selon la DB<sup>17</sup>.

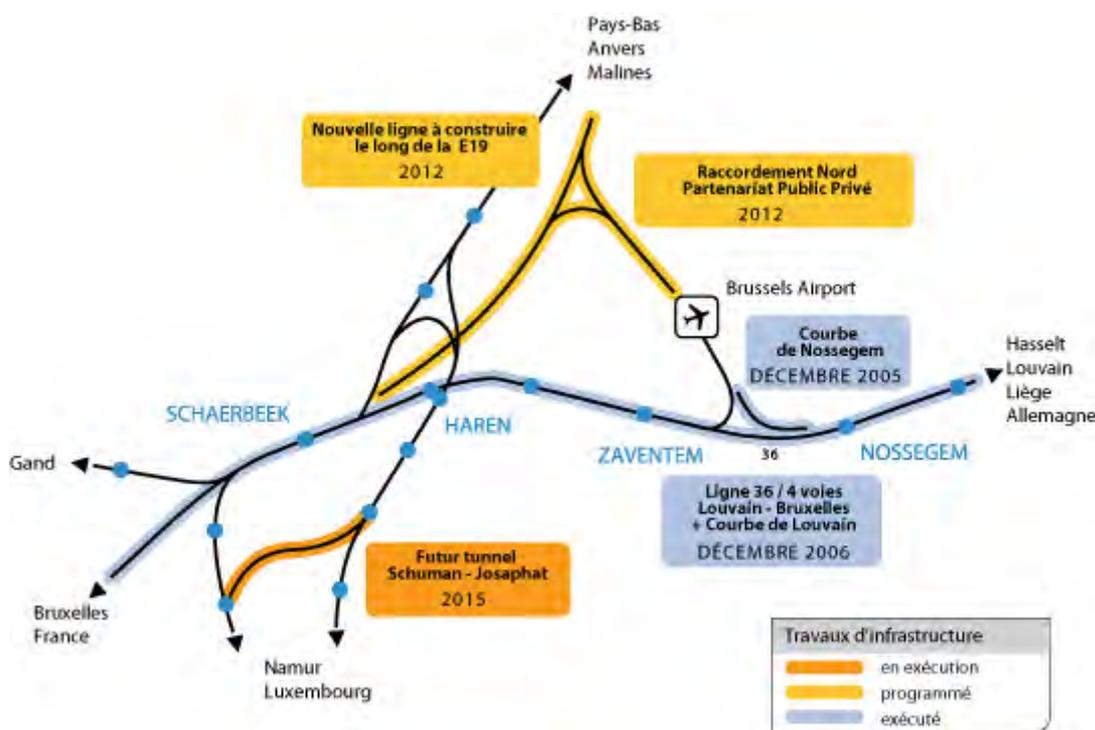
On peut citer d'autres exemples d'intermodalité LGV-aéroports en Europe:

- En France:
  - la gare de l'aéroport de Roissy Charles-de-Gaulle, située sur l'interconnexion de la LGV Nord avec la LGV Sud Est : elle est desservie chaque jour par 52 TGV, reliant les principales villes de France (Lyon, Lille, Rennes, Marseille, Bordeaux, etc.), ainsi que par 5 TGV desservant l'Europe du Nord (Bruxelles, Amsterdam) et accueille aussi des trains régionaux ;
  - la gare de l'aéroport de Lyon-Saint-Exupéry TGV, anciennement appelée gare de Satolas, construite sur le contournement Est de Lyon de la LGV Rhône-Alpes : elle offre de 10 à 14 allers-retours avec Paris, ses relations se sont aussi densifiées au fil des ans avec les villes de la région Rhône-Alpes (Grenoble, Chambéry, Annecy, Aix-les-Bains, Modane, Montélimar, Valence) et de la Provence (Arles, Avignon, Miramas et Orange) afin d'enrichir l'offre des correspondances avec le transport aérien. La gare offre également des possibilités de connexion avec Turin et Milan via Chambéry et Modane.
- Aux Pays-Bas: L'aéroport d'Amsterdam-Schiphol est doté d'une gare ferroviaire desservie par les trains à grande vitesse Paris-Bruxelles-Amsterdam ainsi que par des lignes nationales et régionales.
- En Belgique: Grâce au projet Diabolo, l'aéroport de Bruxelles-National sera relié à toutes les grandes villes belges, mais également à plusieurs grandes villes européennes telles que Paris, Amsterdam, Cologne, Francfort. Ce projet permettra un raccordement direct des LGV Bruxelles-Liège-Allemagne et Bruxelles-Anvers-Pays-Bas à l'aéroport. Ce projet est en cours de réalisation. La fin des travaux est prévue en 2012.<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> Source: "Intermodalité train-avion: l'Allemagne en avance", Villes & Transports, 17/09/08

<sup>18</sup> Source: Infrabel



Projet "Diabolo"

- En Espagne, l'aéroport de Madrid-Barajas et les gares AV d'Atocha et de Chamartín sont reliés par le réseau de métro. Un nouveau tunnel Atocha – Chamartín reliera les lignes AV du nord et du sud du pays. La station intermodale de "Nuevos Ministerios" (métro, chemin de fer, check-in aéroport) et la ligne AV Madrid-Barcelone seront reliées à l'aéroport de Madrid-Barajas avant 2010.

Dans le passé, les liaisons ferroviaires à grande vitesse se posaient en concurrentes du transport aérien: ainsi l'introduction des LGV en France a conduit à une réduction importante du transport aérien domestique.

Actuellement, deux facteurs nouveaux ont modifié la situation du transport aérien domestique en Europe: d'une part l'augmentation de la sensibilité environnementale et les mesures fiscales envisagées concernant le transport aérien intra-européen, d'autre part la congestion croissante de grands aéroports européens tels que Francfort, Paris, Amsterdam, Londres.

Dès lors, le réseau ferroviaire à GV devient complémentaire au transport aérien et les compagnies aériennes qui exploitent des hubs requièrent des réseaux de LGV pour alimenter leur système de hubs aéroportuaires.

La nouvelle LGV "HSL Zuid" aux Pays-Bas servira, en complément des LGV en service entre Paris, Bruxelles et la frontière néerlandaise, d'alimentation pour les trois aéroports de Paris, Bruxelles et Amsterdam. Ceux-ci seront notamment desservis par l'opérateur High Speed Alliance dans lequel la compagnie aérienne Air France-KLM détient une participation<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> Source: Présentation du 6ème congrès UIC High Speed "High speed rail through and around cities and complementarity with air transport", Dr. Vic Prins, DHV, date de présentation: 17-19/03/08



Intégration des aéroports grâce à la LGV Zuid

Même si les infrastructures d'échange intermodal air-fer à GV existent, leur exploitation est parfois encore perfectible. A ce titre, une analyse récente de la Cour des comptes française met l'accent sur "les modestes résultats de l'intermodalité entre les réseaux aériens et ferrés"<sup>20</sup>. Le rapport mentionne notamment les constatations et conclusions suivantes:

"La France paraît disposer d'atouts appréciables avec les gares TGV intégrées aux aéroports de Paris-CDG et Lyon-Saint-Exupéry. Toutefois, les avantages attendus tardent à se concrétiser pour de multiples raisons."

"L'intermodalité du transport aérien et du transport ferroviaire n'a pas connu jusqu'à présent un développement important alors qu'elle est un moyen de tirer parti des infrastructures de transport existantes."

"Le coût et la difficulté technique des liaisons à mettre en place peuvent être très élevés. Cependant, lorsque les équipements nécessaires existent, comme à Roissy-CDG avec la gare TGV et encore plus à Lyon Saint-Exupéry, ils sont sous-utilisés. Ainsi à Roissy-CDG, la proportion de passagers en correspondance passant par le train demeure faible: un passager sur huit."

### 4.3.2 Transport de Fret

En matière d'intermodalité du transport de fret entre les LGV et les aéroports, le projet Carex (Cargo Rail Express) envisage à moyen terme de relier plusieurs grands aéroports européens avec des trains de fret à grande vitesse.

Ce projet est développé dans le chapitre 7, consacré à la demande de fret à grande vitesse.

<sup>20</sup> Rapport public thématique "Les aéroports français face aux mutations du transport aérien", Cour des comptes, 8 juillet 2008

## 5. SERVICES DE TRAINS A GRANDE VITESSE EN EUROPE

---

### 5.1 OPERATEURS

#### 5.1.1 Opérateurs actuels de services de trains à grande vitesse en Europe

Les opérateurs actuels de services de trains à grande vitesse en Europe sont soit des entreprises ferroviaires nationales soit des filiales communes des entreprises ferroviaires nationales constituées pour exploiter des relations internationales ou des entreprises ferroviaires privées.

##### 5.1.1.1 Entreprises ferroviaires nationales

Les entreprises ferroviaires nationales qui exploitent actuellement des services intérieurs de trains à grande vitesse dans leur pays respectif sont<sup>21</sup> la DB en Allemagne, la Renfe en Espagne, la SNCF en France, Trenitalia en Italie, SJ en Suède.

Ces entreprises exploitent à la fois des services ferroviaires à grande vitesse et des services de trains classiques. Suivant les pays, l'exploitation est effectuée selon des modalités spécifiques, comme présenté au point 2.3.

Souvent désignée par son nom commercial (Die Bahn) ou par le sigle DB, la **Deutsche Bahn** AG est l'entreprise ferroviaire nationale allemande. Elle est à ce titre la plus importante entreprise ferroviaire d'Allemagne et même d'Europe (hors Russie), tant par la longueur de son réseau, le chiffre d'affaire ou les prestations de transport. Née le 1er janvier 1994 de la fusion de la Deutsche Bundesbahn avec la Deutsche Reichsbahn (DR) de l'ancienne RDA, la DB AG est une société anonyme dont le capital en actions est détenu à 100 % par l'Etat fédéral allemand. Celle-ci constitue une holding chapeautant les principales activités du groupe, constituées de filiales dédiées à chaque segment de marché<sup>22</sup>.

La **Renfe** est la société nationale d'exploitation des chemins de fer espagnols. Elle fut créée en 1941 par nationalisation. Le nom est l'acronyme de Red nacional de los ferrocarriles españoles (réseau national des chemins de fer espagnols). Depuis le 1er Janvier 2005, cette entité ne gère plus l'infrastructure ferroviaire du fait de la création de Administrador de infraestructuras ferroviarias (ADIF). Elle emploie 31 860 salariés.

---

<sup>21</sup> En Belgique, la SNCB exploite les services ferroviaires à grande vitesse via les filiales Thalys et Eurostar dans lesquelles elle détient une participation (Voir point 5.1.1.2)

<sup>22</sup> Source: Wikipedia

La société exploite un réseau de 11 829 km de lignes à voie large (écartement de 1668 mm), dont 6 942 km électrifiés en courant continu 3kV, et 19 km de lignes à voie métrique électrifiés en courant continu 1,5 kV. Elle exploite en outre cinq lignes à grande vitesse (AV) d'une longueur totale au début de l'année 2008 de plus de 1530 km à l'écartement standard européen (1435 mm) électrifiées en courant alternatif 25 kV<sup>22</sup>.

La **Société nationale des chemins de fer français** (SNCF) est l'une des principales entreprises publiques françaises, centrée sur le transport ferroviaire. Sa forme juridique est celle d'un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), qui par ailleurs détient des participations majoritaires ou totales dans des sociétés de droit privé regroupées dans le groupe SNCF. L'EPIC, employant près de 166 000 personnes début 2007 pour un chiffre d'affaires de 17 milliards d'euros, exerce une double activité:

- entreprise ferroviaire chargée de l'exploitation commerciale de services de transport ferroviaire de voyageurs et de marchandises, d'une part;
- exploitation et maintenance, pour le compte de RFF, du réseau ferré national français, d'autre part.

Il exploite environ 32 000 km de lignes, dont 1 850 km de lignes à grande vitesse (juin 2007) et 14 800 km de lignes électrifiées. Elle fait circuler en moyenne 14 000 trains par jour. Par son volume d'activité, c'est la deuxième entreprise ferroviaire de l'Union européenne après la Deutsche Bahn<sup>22</sup>.

**Trenitalia** est une entreprise ferroviaire italienne, filiale à 100 % du groupe d'État FS (Ferrovie dello Stato). Elle est née le 1er juin 2000 d'une réorganisation du groupe FS qui a filialisé ses principales activités pour respecter l'obligation de séparation juridique et organique des activités de service de transport (voyageurs et marchandises) de celle de gestion du réseau, imposée par la législation européenne<sup>22</sup>.

**SJ** ou **Statens Järnvägar** désigne les chemins de fer suédois. C'est depuis 2001 une entreprise ferroviaire détenue par l'État, et chargée de l'exploitation de services voyageurs.

SJ exploite des trains à grande vitesse de type pendulaire sur des lignes classiques aménagées (Catégorie II). Les villes principales de Suède (Stockholm, Göteborg, Malmö, Östersund) ainsi que Copenhague au Danemark sont reliées entre elles par des trains pendulaires X2000. Le choix du train pendulaire s'explique par le fait que le volume de trafic attendu ne justifiait pas la construction de lignes nouvelles à grande vitesse, et qu'il fallait donc concevoir un matériel capable de s'adapter au parcours relativement sinueux du réseau existant. La vitesse en exploitation du train pendulaire est limitée à 200 km/h.<sup>22</sup>

### 5.1.1.2 Filiales communes des entreprises ferroviaires nationales

Certaines entreprises ferroviaires nationales ont constitué des filiales communes afin d'exploiter ensemble des relations internationales. Les principales entités communes actives dans le domaine de l'exploitation des trains à grande vitesse sont présentées ci-après.

**Thalys** a été créée par les chemins de fer français, belges, allemands et néerlandais afin d'exploiter les liaisons à grande vitesse entre Paris, Bruxelles, Cologne et Amsterdam à partir de 1996.

La société Thalys International a un statut juridique de Société Coopérative à Responsabilité Limitée de droit belge, dont le siège social est situé à Bruxelles.

Selon les informations mentionnées sur son site Internet:

Le capital de la société est réparti comme suit: "62% sont détenus par la SNCF, 28% par la SNCB et 10% par la DB."

"Thalys International assure le service commercial du transport ferroviaire des passagers pour le compte de la SNCB, la SNCF et de la DB vers les destinations suivantes: Paris, Bruxelles, Amsterdam, Cologne."

"Thalys est un service offert conjointement par les chemins de fer belges, français, néerlandais et allemands."

**Lyria** a été créée par SNCF et CFF pour exploiter les liaisons à grande vitesse entre la France et la Suisse.

Selon les informations mentionnées sur le site Internet de Lyria:

"Lyria est une société de droit français, filiale à 74% de la Société Nationale des Chemins de Fer Français (SNCF) et à 26% des Chemins de Fer Fédéraux Suisses (CFF)."

La société Lyria SAS a été créée en 2002 en remplacement de Rail France Suisse SAS. Cette dernière avait été créée en 1999 en reprenant l'activité du GIE TGV France Suisse, constitué en 1993 pour assurer la gestion commerciale des relations TGV entre Paris - Lausanne et Paris - Berne.

"Basée à Paris, Lyria SAS intervient dans la gestion commerciale et le contrôle de la qualité à bord des TGV Lyria, les TGV entre Paris et la Suisse."

En 2006, la marque TGV Lyria a été créée.

Suite à la mise en service de la LGV Est en juin 2007, Lyria gère également la liaison Paris - Bâle - Zurich.

**Eurostar** exploite le trafic ferroviaire à grande vitesse Paris-Londres ainsi que Bruxelles-Londres via le Tunnel sous la Manche depuis 1994.

L'évolution historique d'Eurostar depuis sa création jusqu'à ce jour est retracée ci-après<sup>23</sup>.

"Lors de son lancement, Eurostar était exploité conjointement par la SNCF, la SNCB et British Rail. Avant la privatisation des chemins de fer britanniques, une filiale, European Passenger Services, a été créée reprenant l'activité de British Rail dans Eurostar. En juin 1996, elle a été vendue à London & Continental Railways (LCR). En octobre 1996, LCR l'a rebaptisée EUKL (Eurostar (UK) Ltd)."

---

<sup>23</sup> Source: Site Internet Eurostar:

[http://www.eurostar.com/FR/be/leisure/about\\_eurostar/company\\_information/ownership\\_structure.jsp](http://www.eurostar.com/FR/be/leisure/about_eurostar/company_information/ownership_structure.jsp)

"La SNCF, la SNCB et EUKL sont chacun responsable de l'exploitation des services Eurostar sur leur territoire respectif et emploient leur propre personnel."

"En 1998, LCR a attribué à InterCapital and Regional Rail Ltd (ICRR) la gestion, jusqu'en 2010, d'EUKL. ICRR est un consortium comprenant National Express Group (40 % des parts), SNCF (35 %), SNCB (15 %) et British Airways (10 % mais néanmoins actionnaire "dormant")."

"En septembre 1999, Eurostar Group, structure unifiée de gestion, a été créée pour assurer la direction commerciale et définir les orientations stratégiques de l'activité Eurostar. Les trois réseaux exploitants sont représentés au conseil d'administration d'Eurostar Group."

"Désormais l'équipe de direction d'Eurostar est une entité unique qui définit une politique d'action commerciale et stratégique pour toute la compagnie au Royaume-Uni, en France et en Belgique."

**Artesia** est une filiale de la SNCF et de Trenitalia. Artesia est chargée de concevoir les services et d'exploiter les trains reliant la France et l'Italie. Artesia est basée à Paris avec un bureau à Rome.

Artesia propose actuellement 5 fréquences quotidiennes au départ de Paris et à destination de l'Italie, dont 3 fréquences Paris-Turin-Milan en TGV.

Les liaisons Paris-Milan-Venise et Paris-Florence-Rome sont exploitées en trains de nuit à raison d'une fréquence par relation.

**Alleo** est la filiale de coopération entre la SNCF et la DB, créée en 2007, qui exploite les trains internationaux du TGV Est Européen. Son siège social se trouve à Sarrebruck. La nouvelle société baptisée Alleo - alliance est-ouest - est détenue à parité par les deux compagnies ferroviaires nationales. Elle assure la commercialisation des nouvelles lignes à grande vitesse entre la France et l'Allemagne.

A la différence des accords de coopération comme Thalys et Eurostar, il n'est pas prévu de matériel roulant spécifique pour l'exploitation de ces liaisons.

La ligne nord, reliant Paris à Francfort en passant par Lorraine TGV, Forbach, Sarrebruck, Kaiserslautern et Mannheim, est exploitée par les trains ICE de la Deutsche Bahn.

Sur la ligne sud, entre Paris et Munich en passant par Strasbourg, Karlsruhe, Stuttgart, Ulm et Augsburg, circulent des TGV de la SNCF.

**Cisalpino** est une société affiliée à Trenitalia SpA et aux CFF SA détenue à parts égales par les deux sociétés. Cisalpino exploite toutes les liaisons ferroviaires internationales entre l'Italie et la Suisse. Le siège principal de Cisalpino est situé à Berne. Cisalpino exploite des trains à grande vitesse pendulaires dotés d'une technique d'inclinaison active de la caisse des voitures afin de pouvoir circuler à plus grande vitesse sur les tracés sinueux. Les trains atteignent actuellement des vitesses de pointe de 200 km/h.

En 2006, les CFF et la Deutsche Bahn (DB) ont regroupé leurs activités de marketing en trafic voyageurs transfrontalier entre l'Allemagne et la Suisse sous l'appellation "**Rheinalp**". Le siège de cette société est situé à Freiburg im Breisgau.

**High Speed Alliance (HSA)** est un groupement constitué par les chemins de fer néerlandais et la compagnie aérienne KLM. HSA a commencé l'exploitation de services internationaux des Pays-Bas vers l'Allemagne et la Belgique en décembre 2007 sous la marque "NS Hispeed". HSA prévoit d'exploiter les services ferroviaires à grande vitesse entre Amsterdam et Bruxelles lorsque la LGV "HSL-Zuid" sera mise en service. HSA collaborera avec la SNCB et la SNCF pour fournir les services de et vers Paris.

### 5.1.1.3 Entreprises ferroviaires privées

Les seules entreprises ferroviaires privées qui exploitent des trains à grande vitesse en 2008 sont situées au Royaume-Uni.

Les services ferroviaires de voyageurs sont exploités au Royaume-Uni par de nombreuses entreprises, généralement privées, connues sous le nom de TOC (train operating companies), qui travaillent sur la base de concessions locales ou régionales qui leurs sont attribuées par un organisme étatique: la Strategic Rail Authority.

Bien que relativement nombreuses, ces entreprises se rattachent à un petit nombre de groupes de transport qui ont souvent obtenu l'attribution de plusieurs franchises. Parmi les plus importants, citons National Express Group, First Group, Virgin Trains et Arriva<sup>24</sup>.

Les services ferroviaires à grande vitesse au Royaume-Uni sont exploités en 2008:

- sur la ligne spécialement construite entre Londres et le tunnel sous la Manche (Catégorie I), exploitée par Eurostar;
- sur des lignes conventionnelles aménagées (Catégorie II), à savoir sur la West Coast Main Line, la East Coast Main Line, la Great Western Main Line et des sections au nord de la Midland Main Line, par différents opérateurs privés. La vitesse d'exploitation maximale sur ces lignes est de 200 km/h.

## 5.1.2 Alliance d'opérateurs

Railteam est une alliance entre sept compagnies ferroviaires dont l'ambition est de faciliter les voyages à grande vitesse en Europe<sup>25</sup>. Les sociétés membres sont actuellement la DB (Allemagne), la SNCF (France), Eurostar (Royaume-Uni, France et Belgique), NS Hispeed (Pays-Bas), ÖBB (Autriche), SBB-CFF (Suisse) et SNCB (Belgique), ainsi que leurs filiales communes Thalys, Lyria et Aléo. Elles pourront être rejointes ultérieurement par d'autres compagnies.

Railteam a l'ambition de constituer une alliance sur le même modèle que les alliances de compagnies aériennes. Cette alliance est une manière de resserrer les relations entre les

---

<sup>24</sup> Source: Wikipedia

<sup>25</sup> Source: site internet de Railteam: <http://www.railteam.fr/>

opérateurs ferroviaires historiques avant l'ouverture à la concurrence des relations internationales en 2010<sup>26</sup>.

Railteam avance trois idées directrices pour son développement<sup>26</sup>: faciliter les correspondances, faciliter le voyage de bout en bout, rendre la totalité du réseau accessible. L'objectif n'est pas de fusionner les réseaux mais de les fédérer, commercialement parlant, pour qu'une liaison internationale soit aussi commode qu'une liaison intérieure.

Ceci se traduira concrètement par:

- L'amélioration des horaires et la création de cinq pôles de correspondance, équivalents aux "hubs" aériens, à Lille-Europe, Bruxelles-Midi, Francfort Hbf, Cologne Hbf et Stuttgart Hbf.
- L'interconnexion des systèmes de réservation et la possibilité d'emprunter plusieurs trains différents de Railteam avec le même billet.
- Un programme de fidélisation destiné aux voyageurs fréquents.



### 5.1.3 Perspectives futures concernant les opérateurs

Avec l'ouverture du marché pour les transports internationaux de voyageurs en 2010 (voir point 5.2 ci-dessous), de nouveaux opérateurs pourront voir le jour ou des opérateurs

<sup>26</sup> Source: extraits de l'article "Railteam: les empires du rail contre-attaquent", Jean-François Dancre, Le Rail n°138, juillet-août 2007

existants pourront fournir leurs services à l'étranger. Ce sujet est développé au point 5.2.2 ci-après.

## 5.2 LIBERALISATION

### 5.2.1 Base légale

L'ouverture du marché pour les transports internationaux de voyageurs a été initiée par la Commission européenne en 2004 dans le cadre du "troisième paquet ferroviaire". La Commission a proposé à cette époque de poursuivre la réforme du secteur ferroviaire en ouvrant à la concurrence les transports internationaux de passagers au sein de l'Union européenne. Elle visait ainsi à parachever l'intégration de l'espace européen ferroviaire, et ainsi dynamiser un mode de transport plus que jamais nécessaire<sup>27</sup>.

La base légale du troisième paquet ferroviaire est la directive 2007/58/CE du 23 octobre 2007.

Dans l'exposé des motifs de cette directive, les points suivants sont notamment mentionnés.

"La situation actuelle des services ferroviaires internationaux est très contrastée. D'un côté, les services à longue distance (par exemple les trains de nuit) connaissent des difficultés et plusieurs d'entre eux ont récemment été supprimés par les entreprises ferroviaires qui les exploitent afin de limiter les pertes. De l'autre, le marché des services internationaux à grande vitesse a connu une forte augmentation de trafic et son développement vigoureux va se poursuivre avec le doublement et l'interconnexion du réseau transeuropéen à grande vitesse à l'horizon 2010. Néanmoins, dans les deux cas, la pression due à la concurrence des compagnies aériennes à bas coûts est forte. Il est par conséquent indispensable d'encourager les nouvelles initiatives en favorisant la concurrence entre entreprises ferroviaires<sup>28</sup>."

"Une ouverture du marché pour les services internationaux de transport de voyageurs s'avère impossible sans modalités d'accès à l'infrastructure, sans progrès sensibles dans le domaine de l'interopérabilité et sans encadrement strict de la sécurité ferroviaire au niveau national et européen<sup>29</sup>. (...)"

Concrètement, la directive 2007/58/CE modifie les directives 91/440/CEE et 2001/14/CE.

Les modifications suivantes de la directive 91/440/CEE ont notamment été effectuées.

"Les entreprises ferroviaires relevant du champ d'application de l'article 2 se voient accorder, au plus tard le 1er janvier 2010, un droit d'accès à l'infrastructure de tous les États membres aux fins de l'exploitation de services internationaux de transport de voyageurs. Au cours d'un service international de transport de voyageurs, les entreprises ferroviaires ont le droit de prendre et de déposer des voyageurs dans toute gare située sur le trajet international, y compris dans des gares situées dans un même État membre."

---

<sup>27</sup> Source: Communiqué de presse, "Pour un chemin de fer européen de qualité: La Commission propose l'ouverture du marché pour les transports internationaux de voyageurs en 2010", IP/04/291, Bruxelles, le 3 mars 2004

<sup>28</sup> Directive 2007/58/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2007, attendu n°5

<sup>29</sup> Ibid, attendu n°6

"Le droit d'accès à l'infrastructure des États membres pour lesquels le transport international de voyageurs par train représente plus de la moitié du chiffre d'affaires voyageurs des entreprises ferroviaires desdits États membres est accordé au plus tard le 1er janvier 2012.<sup>30</sup> (...)"

"Pour le 31 décembre 2012, la Commission présente au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions un rapport concernant la mise en œuvre des dispositions prévues aux paragraphes 3 bis à 3 septies.

"L'application de la présente directive est évaluée sur la base d'un rapport présenté par la Commission deux ans après la date d'ouverture du marché pour les services internationaux de transport de voyageurs.

"Ce rapport porte aussi sur le développement du marché, en ce compris l'état de préparation en vue d'une ouverture supplémentaire du marché ferroviaire.<sup>31</sup> (...)"

## **5.2.2 Perspectives futures suite à l'ouverture du marché pour les transports internationaux de voyageurs**

L'ouverture du marché domestique n'est pas prévue par la directive 2007/58/CE. Celle-ci envisage toutefois une "ouverture supplémentaire du marché ferroviaire", à étudier dans un rapport à remettre par la Commission européenne pour le 31 décembre 2012 (voir point 5.2.1 ci-dessus). L'ouverture du marché domestique représente donc une perspective à plus long terme, qui a notamment suscité des controverses lors de l'approbation du troisième paquet ferroviaire.

### **5.2.2.1 Perspectives de développement des différents opérateurs actuels**

Selon la presse spécialisée<sup>32</sup>, différents opérateurs ferroviaires actuels ont des perspectives de développement international dans le cadre de l'entrée en vigueur de la directive 2007/58/CE. Les perspectives connues à l'heure actuelle sont synthétisées ci-après.

Les trains ICE de la DB circulent déjà sur plusieurs réseaux étrangers: aux Pays-Bas, en Belgique, France, en Suisse et en Autriche, en partenariat avec les réseaux concernés. Différentes alliances commerciales ont été conclues entre la DB et les chemins de fer suisses, autrichiens, danois et français. La DB reconnaît étudier le projet de desserte du sud de la France via la LGV Rhin-Rhône, ainsi qu'une liaison entre Cologne et Londres via le tunnel sous la Manche, avec toutefois le problème que les ICE ne satisfont pas aux critères de sécurité de cette infrastructure.

---

<sup>30</sup> Ibid, article premier, alinéa 8

<sup>31</sup> Ibid, article premier, alinéa 10

<sup>32</sup> Source: "An open market beckons", Railway Gazette International, February 2008

ÖBB, les chemins de fer autrichiens, ont également des plans d'extension de leurs services internationaux, notamment vers Budapest, Munich et Zurich, pour lesquels du matériel roulant a été commandé.

La SNCF a commandé du matériel roulant "TGV Duplex" dont une partie des rames est destinée au trafic international à destination de l'Allemagne, du Luxembourg et de la Suisse. Lorsque la ligne entre Perpignan et Figueras sera mise en service, la SNCF envisage d'exploiter des TGV à destination de l'Espagne. Des services entre Paris et Barcelone ou Madrid seront possibles lorsque la LGV à écartement standard UIC entre Figueras et Barcelone entrera en service.

Eurostar exploite actuellement les relations Londres-Paris et Londres-Bruxelles, ainsi que des relations saisonnières vers Avignon et des stations françaises de sports d'hiver. Eurostar serait intéressé à exploiter des trains sur la relation Londres-Amsterdam, ce qui nécessitera toutefois l'équipement de ses trains en ETCS de niveau 2 pour pouvoir circuler sur la nouvelles LGV "HSL-Zuid" aux Pays-Bas.

### 5.2.2 Nouveaux opérateurs déclarés

NTV, Nuovo Trasporto Viaggiatori, est un nouvel opérateur italien, créé en décembre 2006. Le capital de la société est détenu<sup>33</sup> par des actionnaires privés italiens à hauteur de 80% et par la SNCF, retenue comme partenaire industriel, à hauteur de 20%.

Selon les informations fournies par le site internet de NTV<sup>34</sup>, cet opérateur lancera l'exploitation de trains à grande vitesse en Italie à partir de 2011. Il exploitera 25 nouveaux trains Alstom AGV qui relieront les principales villes italiennes: Bari, Bologne, Florence, Milan, Naples, Rome, Salerne, Turin, Venise.

Les liaisons exploitées seront:

- Turin-Milan-Bologne-Florence-Rome-Naples-Salerne
- Venise-Bologne-Florence-Rome
- Rome-Bari.

---

<sup>33</sup> Situation en octobre 2008

<sup>34</sup> <http://www.ntvspa.it>



NTV prévoit d'effectuer quotidiennement 54 voyages, pour un total de 13,5 millions de km parcourus par an. Son objectif est d'atteindre en période de régime une clientèle de 10 millions de voyageurs par an.

### 5.2.2.3 Nouveaux opérateurs potentiels

D'autres opérateurs privés, issus notamment du monde aérien, pourraient se lancer dans l'exploitation de trains à grande vitesse en relation avec les aéroports qu'ils desservent.

Selon la presse<sup>35</sup>, la compagnie aérienne Air France-KLM et l'opérateur privé Veolia Transport envisagent de créer une filiale commune de transport de passagers par TGV. Ces trains seront en concurrence directe avec ceux de la SNCF, Thalys et Eurostar.

Air France s'engagerait dans le transport ferroviaire notamment pour des questions de rentabilité, à un moment où son poste carburant absorbe près du tiers de ses coûts d'exploitation. Certaines liaisons aériennes seraient remplacées par d'autres en TGV, avec des lignes particulièrement visées comme Paris-Bruxelles-Amsterdam ou Paris-Londres, soit des temps de trajet inférieurs à trois heures.

En créant leur filiale et en développant des activités de transport ferroviaire pour passagers, Air France et Veolia profiteraient pleinement de la libéralisation du transport de voyageurs dans l'Union européenne, qui sera effective dès le 1er janvier 2010.

---

<sup>35</sup> Le Parisien, 8 septembre 2008

En Italie, Carlo Toto, l'homme d'affaires qui a lancé la compagnie aérienne Air One, pourrait exploiter des trains sur la ligne Rome-Naples, en concurrence avec Trenitalia, à partir de 2009. Il a créé la société Rail One, qui dispose d'une licence ferroviaire.

## 5.3 MATERIEL ROULANT

### 5.3.1 Historique<sup>36</sup>

#### 5.3.1.1 Exploitation des trains à grande vitesse au niveau national

Les premiers matériels roulants à GV furent d'abord développés et fabriqués pour le trafic national, à l'instar des TGV en France, ICE en Allemagne, ETR450 en Italie.

Le premier train européen à grande vitesse, le TGV 001, était un turbotrain expérimental construit par Alstom et conçu en collaboration avec la SNCF. Il atteignit la vitesse de 318 km/h en 1972. Sa conception technique, à l'exception de la motorisation par turbines à gaz, et son esthétique nouvelle avec ses formes aérodynamiques ont été reprises pour les rames TGV de série qui furent mises en service à partir de 1981.

Les TGV utilisaient les progrès de l'aérodynamisme étudié en soufflerie, la transmission d'informations par l'intermédiaire des rails pour éviter leur perturbation, et les bogies Jacobs: chaque élément de la rame est relié à un autre par un essieu contenant les roues et les suspensions ce qui solidarise toutes les voitures; ainsi en cas d'accident, le TGV reste parfaitement aligné sans subir d'effet "accordéon" dévastateur.

Le TGV PSE (Paris-Sud-Est) bicourant fut le premier modèle de la première génération. Le 26 février 1981 la rame n°16 battit le record du monde de vitesse sur rail à 380 km/h. Il arbora une couleur orange et blanche jusqu'en 2001, comme le TGV PSE tricourant, livré de 1978 à 1985. Puis le TGV Postal naquit pour l'acheminement des lettres et petits paquets entre Paris-Charolais, Macon, Lyon-Montrachet et Cavaillon.

---

<sup>36</sup> Sources de ce chapitre: <http://fourga.free.fr/tgv/index.htm>, Wikipedia, Renfe, Eurostar

## Comparaison des TGV (partie 1)

Type de TGV	PSE bicourant	PSE tricourant	Postal
Nombre de rames	99	8	3
Alimentation	1500 Volts continu 25000 Volts 50 Hertz	1500 Volts continu 15000 Volts 16 2/3 Hertz 25000 Volts 50 Hertz	1500 Volts continu 25000 Volts 50 Hertz
Masse à vide/en charge	385 / 418 tonnes	389 / 421 tonnes	385 / 431 tonnes
Vitesse max. sur ligne classique/LGV	200 / 300 km/h	200 / 270 km/h	200 / 270 km/h
Capacité d'une rame	342 à 358 places	386 places	250 Conteneurs (type CP 820N)
Exploitant	SNCF	France Suisse Rail (actuellement Lyria)	La Poste
Figure			

Le TGV-A (Atlantique), livré de 1988 à 1992, entame la deuxième génération de TGV. Il se distingue par l'utilisation de l'informatique embarquée et le confort amélioré (voiture plus large, cabines téléphoniques, meilleure climatisation et insonorisation). La rame 325 de cette série battit, le 18 mai 1990, le record du monde de vitesse à 515,3km/h.

Le TGV-R (Réseau) bicourant de la deuxième génération, d'apparence semblable au TGV-A mais pressurisé, sera destiné à desservir tout le réseau de la SNCF. Les rames furent livrées de 1993 à 1996 et la rame 531 battit le 26 mai 2001 le record du monde d'endurance en reliant Paris à Marseille sans arrêt en 3 heures 29 minutes.

## Comparaison des TGV (partie 2)

Type de TGV	Atlantique	Réseau bicourant	Réseau tricourant
Nombre de rames	105	50	30
Alimentation	1500 Volts continu 25000 Volts 50 Hertz	1500 Volts continu 25000 Volts 50 Hertz	1500 Volts continu 3000 Volts continu 25000 Volts 50 Hertz
Masse à vide/en charge	444 / 484 tonnes	383 / 416 tonnes	383 / 416 tonnes
Vitesse max. sur ligne classique/LGV	220 / 300 km/h	220 / 300 km/h	220 / 300 km/h
Capacité d'une rame	485 places	377 places	377 places
Exploitant	SNCF	SNCF	SNCF
Figure			

Le TGV Duplex bicourant, troisième génération de TGV, comportant des voitures à deux niveaux, a été créé en dernier lieu (1995). Les motrices de la première génération sont de type TGV-R bicourant, de sorte que les motrices Réseau et Duplex sont interchangeables et aptes à se composer facilement (équipement informatique compatible). Deux séries furent livrées respectivement entre 1995-1997 et 2001-2006. Les rames Duplex furent utilisées en premier lieu sur la LGV Sud-Est entre Paris et Lyon pour faire face à la croissance du trafic. Elles reprirent aussi la majorité du service sur le TGV Méditerranée, sur les relations Lille-Marseille/Nice/Montpellier/Perpignan, Rennes/Nantes/Marseille et sur les Alpes. Depuis 2007, les Duplex desservent également l'Ouest de la France et assurent l'aller-retour quotidien Le Havre-Marseille.

## TGV Duplex tricourant

Nombre de rames	Alimentation	Masse à vide/en charge	Vitesse max. sur ligne classique/LGV	Capacité d'une rame	Exploitant	Figure
30	1500 Volts continu 25000 Volts 50 Hertz alternatif monophasé	390 / 424 tonnes	220/300 km/h	545 places	SNCF	

En février 2008, Alstom a présenté le prototype de l'AGV (Automotrice à Grande Vitesse). Ce train, qui combine l'architecture des rames articulées et une nouvelle motorisation répartie, sera capable d'atteindre une vitesse commerciale de 360 km/h. Cette nouvelle

génération de trains à grande vitesse a été développée en prenant en compte le respect de l'environnement et les économies d'énergie.<sup>37</sup>

En Espagne, le premier AVE (Alta Velocidad Española) fut construit par Alstom, comme un dérivé direct du TGV-A. Il existe deux modèles d'AVE, un modèle avec 1435 mm d'écartement (écartement standard) et un autre en 1668 mm (écartement espagnol), appelé Euromed ; à terme cependant, le problème d'écartement non standard des rails espagnols sera résolu soit par des voies à double écartement, soit par des trains à écartement des roues variable. Technologiquement, l'AVE est quasiment identique au TGV-A, si ce n'est qu'il intègre quelques composants d'origine espagnole. La vitesse maximale en service est de 300 km/h pour les trains à écartement standard mais de 220 km/h pour les autres.

Les trains à grande vitesse suivants ont été fabriqués par Alstom, CAF, Siemens et Talgo.

Différentes dénominations commerciales des trains à grande vitesse sont utilisées par la Renfe: AVE (Alta Velocidad Española: services à longue distance), Renfe Avant (services régionaux à grande vitesse), Renfe Alvia (trains à grande vitesse interoperables sur le réseau à écartement standard et espagnol)

**Comparaison des trains à grande vitesse espagnols: AVE-Avant-Alvia**

Type	Fabricant	Nombre de rames	Années de construction	Vitesse max. commerciale (km/h)	Tension d'alimentation	Écartement de voie (mm)	Longueur (m)	Nombres de places
S-100 (AVE)	Alstom	18	1992-1994	300	25 kV 50 Hz AC/ 3 kV CC	1 435	200,150	329
S-101 Euromed	Alstom	6	1994-1996	220	25 kV 50 Hz AC/ 3 kV CC	1 668	200,150	393
S-102 (AVE)	Talgo/ Bombardier	16	2005	330	25 kV 50 Hz AC	1 435	200	318
S-103 (AVE)	Siemens	16	2004-2006	350	25 kV 50 Hz AC	1 435	200,840	404
S-104 (Avant)	CAF/Alstom	20	2004	250	25 kV 50 Hz AC	1 435	107,100	237

<sup>37</sup> Source: Revue générale des chemins de fer, mai 2008

Type	Fabricant	Nombre de rames	Années de construction	Vitesse max. commerciale (km/h)	Tension d'alimentation	Écartement de voie (mm)	Longueur (m)	Nombres de places
S-120 (Alvia)	CAF/Alstom	12	2005	200	25 kV 50 Hz AC/ 3 kV CC	1 435/1 667	106,960	238
S-130 (Alvia)	Talgo/ Bombardier	45	2006	250/220	25 kV 50 Hz AC/ 3 kV CC	1 435/1 667	180	299

L'Allemagne a aussi développé son propre matériel roulant à grande vitesse. Tout d'abord, en 1985, fut créé l'ICE V (*Vorserie*), modèle expérimental qui détint pendant une courte période (mai 1988 à décembre 1989) le record de vitesse sur rail (406,9 km/h).

Depuis la mise en service de l'ICE 1 en 1991 en Allemagne, deux nouvelles générations ont vu le jour: l'ICE 2 en 1996 et l'ICE 3 en 2000. Alors que les modèles ICE 1 et ICE 2 diffèrent peu les uns des autres, hormis l'aspect extérieur et la vitesse, la version ICE 3 est une construction innovante.

Sous plusieurs aspects, la technologie employée par Siemens dans les ICE diffère peu de celle du TGV français, mais une différence majeure entre ces deux trains est que les ICE n'utilisent pas de bogies Jacobs et que les voitures sont donc indépendantes les unes des autres. Un autre exemple qui montre une différence majeure entre le TGV et l'ICE 3 est que ce dernier utilise un mécanisme de traction réparti tout au long du véhicule et que la traction est distribuée en dessous de l'espace voyageur (sur certains axes) en laissant plus de place pour les voyageurs (la voiture pilote peut aussi accueillir des passagers). Ce système présente aussi l'avantage de rester en dessous du poids maximal de 17 tonnes par essieu.

#### Comparaison des ICE

	ICE 1	ICE 2	ICE 3
Allemagne			
Vitesse maximale	280 km/h	280 km/h	330 km/h
Capacité en passagers	649	368	431-458
Nombre de trains	60	44	67

Les trains pendulaires ne sont pas des trains à grande vitesse à proprement parler puisqu'ils ne sont pas exploités à des vitesses de 300 km/h comme les trains à grande vitesse mentionnés précédemment; néanmoins ils sont repris ici car leur vitesse en service est comprise entre 200 et 250 km/h. Il existe plusieurs trains à grande vitesse utilisant le système pendulaire dont notamment le Pendolino italien construit par Fiat Ferroviaria, l'AVE séries 102 et 130 (Talgo-Bombardier), le X2000 (ABB) et l'ICE (Siemens- Fiat Ferroviaria).

Le 1<sup>er</sup> train pendulaire à GV italien, à part le prototype ETR-401 (mis en service commercial régulier en 1976), s'appelle ETR 450 et fut mis en service en 1988 en Italie. Ce Pendolino utilise un système de pendulation propre à Fiat Ferroviaria. La puissance est transmise tout au long du train par des moteurs répartis sur tous les essieux, ce qui améliore la capacité du train à prendre des courbes à grande vitesse (le train s'incline de 8° parcourant ainsi les courbes 30% plus rapidement).

Les versions plus récentes de l'ETR sont reprises dans le chapitre suivant.

**ETR-450**

	Vitesse max. en service	250 km/h
	Nombre de places	386
	Nombre de trains	15
	Longueur	234 m
	Composition d'un train	9 voitures
	Masse	435 t

### 5.3.1.2 Exploitation des trains à grande vitesse au niveau européen

Les rames à GV transfrontalières virent le jour ultérieurement en Europe. Il s'agit notamment des trains exploités par Thalys, Eurostar, Cisalpino, ...

Pour ce qui est des trains pendulaires, l'ETR 460/480 apparut en 1996 : la seule différence entre les deux versions est que l'ETR 480 est bicourant, car il était destiné à desservir la liaison Milan-Lyon (alimentée à 3kV et 25kV 50Hz) dans les années 1990 ainsi que les lignes à GV italiennes.

L'ETR 460 est désormais remplacé par les séries modernes 480/485. L'ETR 470 est aussi un Pendolino à GV mais équipé spécialement pour les réseaux d'Italie, de Suisse et d'Allemagne (alimentations 3kV – 15kV 16<sup>2/3</sup>Hz). Il fut exploité par Cisalpino, une filiale des CFF et de Trenitalia (FS), sur les lignes Genève-Milan et Zürich-Milan. Sa version modernisée, l'ETR 600/610, est en cours de mise au point.

L'ETR 500 est le premier train à grande vitesse non pendulaire conçu en Italie. Le projet date des années 1980 pour aboutir, avec certaines modifications dans les années 1990, à la

production en série et à la mise en service par Trenitalia. Il est conçu pour emprunter les lignes à grande vitesse du réseau italien, en partie en exploitation ou en phase avancée de construction, ainsi que les futures lignes internationales vers la France ou l'Autriche. Actuellement, 60 rames ETR 500 aptes à 300 km/h sont en service.

L'ETR 500 est produit par le Groupement TREVI (TREni Veloci Italiani), constitué pour l'occasion et regroupant les spécialistes italiens du secteur comme AnsaldoBreda, Bombardier Transportation, Alstom (via Fiat Ferroviaria) et Firema. La composition du convoi est fixe et comprend deux motrices d'extrémité et douze remorques, quatre de 1<sup>ère</sup> classe, une voiture bar-restaurant et sept de 2<sup>ème</sup> classe. Le nombre de places offertes au total est de 671, dont 195 en 1<sup>ère</sup> classe, 474 en 2<sup>ème</sup> classe et 2 places pour handicapés. Toutes les rames sont maintenant polycourant et les tensions d'alimentation sont: 1,5 kV courant continu, 3 kV courant continu et 25 kV courant alternatif 50 Hz.

#### Comparaison ETR transfrontaliers

ETR 460-470-480			
	Producteur	Alstom (Fiat Ferroviaria)	
	Année de construction	ETR 460 : 93-95 ETR 470 : 94-97 ETR 480 : 97-98	
	Vitesse max. en service	ETR 460-480: 250 km/h ETR 470 : 200 km/h	
	Nombre de places	1 <sup>ère</sup> classe	137
		2 <sup>ème</sup> classe	341
		pour handicapés	2
		TOTAL	480
	Nombre de trains en service	10 ETR 460 9 ETR 470 15 ETR 480	
	Longueur	237 m	
	Composition d'un train	5 voitures 4 motrices	
	Masse	440 t	
	Alimentations	ETR 460 : 1,5 ou 3 kV DC ETR 470 : 3 kV DC et 15 kV AC (16,3 Hz) ETR 480 : 3 kV DC et 25 kV AC (50 Hz)	

ETR 500			
	Producteur		Groupement TREVI
	Année de construction		De 1985 à aujourd'hui
	Vitesse max. en service		300 km/h
	Nombre de places	1 <sup>ère</sup> classe	195
		2 <sup>ème</sup> classe	474
		pour handicapés	2
		TOTAL	671
	Nombre de trains en service		60
	Longueur		354 m
	Composition d'un train		12 voitures 2 motrices
	Masse		640 t
	Alimentations		1,5 et 3 kV DC et 25 kV AC (50 Hz)

Le modèle ICE-T, une automotrice pendulaire dont la mécanique pendulaire est fournie par Fiat Ferroviaria (aujourd'hui filiale d'Alstom), qui fut introduit en 1998 et atteint la vitesse de 230 km/h sur des voies normales existantes.

Le TGV-R est une rame tricourant adaptée pour pouvoir circuler aux Pays-Bas, en Belgique et en Italie. Le TGV-R PBA (Paris-Bruxelles-Amsterdam) a été livré en 1996 et est exploité sous le nom commercial de Thalys, tout comme le TGV-R PBKA (Paris-Cologne-Bruxelles-Amsterdam), quadri-courant, livré en 1996 et 1997.

L'Eurostar existe en version TGV de deuxième génération tri ou quadri-courant et permet de relier la France et la Belgique à l'Angleterre via le tunnel sous la Manche. Les rames (de 16 wagons chacune) sont réparties entre la SNCF, la SNCB et Eurostar (UK) Ltd.

## Comparaison des TGV (partie 3)

Type de TGV	TGV-R PBA	TGV-R PBKA	Eurostar
Nombre de rames	10	17	38 dont 27 exploitées par Eurostar en 2008
Alimentation	1500 Volts continu 3000 Volts continu 25000 Volts 50 Hertz	1500 Volts continu 3000 Volts continu 15000 Volts 16 2/3 Hertz 25000 Volts 50 Hertz	25000 Volts 50 Hertz 3000 Volts continu 750 Volts continu 1500 Volts (sur 18 rames SNCF)
Masse à vide/en charge	388 tonnes	385 tonnes	752 / 816 tonnes
Vitesse max. sur ligne classique/LGV	220 / 320 km/h	220 / 320 km/h	220 / 300 km/h
Capacité d'une rame	377 places	377 places	750 places
Exploitant	Thalys International	Thalys International	Eurostar Group
Figure			

La SNCF a fait modifier le TGV Duplex en rame tricourant le rendant apte à circuler sur les réseaux suisse et allemand sous le nom de TGV POS (Paris-Ostfrankreich-Süddeutschland: Paris - Est de la France - Allemagne du Sud). La dernière génération en cours d'essai, Dasye (Duplex Asynchrone ERTMS), se caractérise par une nouvelle chaîne de traction avec motorisation asynchrone du même type que celle des motrices du POS et elle embarque l'ERTMS. Cette rame sera adaptée au tricourant pour effectuer des relations entre la France et l'Allemagne ou la Suisse, elle sera utilisée sur la LGV Rhin-Rhône en cours de construction (reliant Dijon à Belfort) et elle permettra également de renforcer les liaisons vers le Sud, notamment vers Perpignan - Figueras.

L'ICE 3M a été mis en service commercial en Allemagne, Belgique, Pays-Bas, Suisse et France en 2007.

### 5.3.2 Homologation du matériel roulant

"Une des difficultés majeures pour le développement du rail communautaire vient du fait que le matériel roulant dont la mise en service a été autorisée dans un État membre n'est pas automatiquement accepté dans un autre État membre. L'acceptation croisée du matériel roulant est en fait subordonnée à des spécifications nationales divergentes et les transporteurs internationaux doivent se soumettre à des procédures d'homologation répétées dans les États membres où ils prévoient d'exercer leurs activités - et ce, sur la base d'éléments qui ne font souvent l'objet d'aucune reconnaissance mutuelle de la part des États membres. Il existe une acceptation croisée pour les wagons et voitures de voyageurs, mais

pas pour les locomotives. L'expérience a démontré que cette situation engendre des retards et des coûts pour les entreprises ferroviaires comme pour les fabricants."<sup>38</sup>

A titre d'exemple, le cas de l'homologation de l'ICE 3 en France et en Belgique est synthétisé ci-après. Les essais, initiés en 1999 et terminés en 2007, sur une rame ou deux rames en unité multiple, ont fait intervenir la SNCF, la DB, l'Agence d'Essais Ferroviaires, Eurailtest et les fabricants des rames. Deux trains ont été préparés pour les essais, avec une première difficulté pratique: l'homologation des ICE 3 sur les réseaux ferrés français et belge avait lieu en parallèle, avec les deux mêmes rames.

Initialement les tests devaient se faire en deux groupes pour garantir l'objectif d'homologation à fin 2002. Les évolutions ont toutefois conduit à trois grandes campagnes de tests, dont la première a été menée par la DB et la SNCF en 2001 sur la ligne classique (vitesse maximum de 160 km/h) reliant l'Alsace, Strasbourg et Mulhouse, avec un équipement KVB expérimental (adapté pour l'ICE 3). Au deuxième semestre 2002, la SNCF et la DB ont débuté des essais dynamiques sur une plage de vitesse de 50 à 353 km/h et des essais de freinage à vide et en simulant la pleine charge, sur la LGV entre Lille-Europe et Calais-Fréthun. A la fin de cette campagne de test (2006), la rame a alors pu être autorisée à une vitesse commerciale de 320 km/h en France (contre 330 km/h en Allemagne) sous supervision TVM 430. Toutefois, la validation de circulation à 200 km/h sur ligne classique (cas de sortie de LGV Est à Vaires), avait été omise, aussi des marches ont été rajoutées entre Nantes et Sablé en mars 2007 et suivies de tests d'autres fonctionnalités spéciales.

Pour ce qui relève des caractéristiques aérodynamiques et acoustiques, l'ICE 3 a satisfait à toutes les normes applicables, mais au début des essais à GV en janvier 2003, d'importants décollements de ballast ont été observés abîmant le dessous des caisses, les organes de roulement et les moteurs. Il a fallu rendre systématique l'usage de traverses monobloc, utiliser du ballast de plus gros calibre et augmenter la distance entre la surface du rail et celle du ballast pour résoudre le problème sur toutes les lignes à grande vitesse nouvelles ou aménagées construites depuis lors en Allemagne. Pourtant cela n'a pas empêché à fin 2003, des projections de ballast à plus de 250 km/h en Belgique sur des voies déjà équipées de traverses monobloc mais de ballast de granulométrie différente (25/60 au lieu de 50/80 en Allemagne). Les mesures françaises ont permis de modéliser le problème, mais la solution s'est limitée à une série de déflecteurs et de capots de protection qui ont été testés et validés en 2005.

La grande différence de philosophie entre les LGV françaises et allemandes a une influence significative sur la conception des trains. Les longs efforts d'homologation qui ont dû être supportés par les pays concernés en sont la conséquence.

Les surcoûts relatifs à cette longue et complexe opération d'homologation, même s'ils sont justifiés par les perspectives commerciales consolidées entre la DB et la SNCF, se montent à 28 M€ pour les essais et environ 47 M€ pour la modification technique de 5 rames en juin 2007 et 1 rame à fin 2007, pour les autoriser à circuler sur la ligne POS, à savoir la LGV Est Européenne, jusqu'à Paris.<sup>39</sup>

---

<sup>38</sup> Source: Communication de la Commission au Conseil et au Parlement européen, du 13 décembre 2006, "Faciliter la circulation des locomotives dans la Communauté" COM(2006) 782 final - Non publié au Journal officiel

<sup>39</sup> Source: "Le Rail" n°134, mars 2007

Avec la directive 2008/57/CE, la CE apporte la réponse attendue: tout constituant d'interopérabilité doit être soumis à la procédure d'évaluation de la conformité et d'aptitude à l'emploi indiquée dans la STI concernée, le cas échéant dans les normes européennes et est accompagné du certificat correspondant. Les EM peuvent considérer conforme aux exigences essentielles seulement le constituant muni de la déclaration "CE" de conformité ou d'aptitude à l'emploi. Ladite directive spécifie aussi les procédures d'évaluation de conformité et de vérification à suivre et explique comment traiter les non conformités, ainsi que la gestion de mise en service de véhicules conformes ou non aux STI.

La décision 2008/232/CE de la Commission du 21 février 2008 a défini une STI relative au sous-système "matériel roulant", applicable à tout véhicule nouveau, réaménagé ou renouvelé du système ferroviaire transeuropéen à GV.

L'application de cette STI au matériel roulant existant demandera des modifications importantes, qui seront entreprises lorsque les trains subiront des réaménagements ou des renouvellements. De même, il faut prendre en compte que le nouveau matériel roulant peut circuler également sur les réseaux nationaux existants, donc il faut en assurer la compatibilité.

### 5.3.3 L'état actuel du parc de matériel roulant à grande vitesse

La liste détaillée des rames à GV existant actuellement se trouve à l'annexe A.

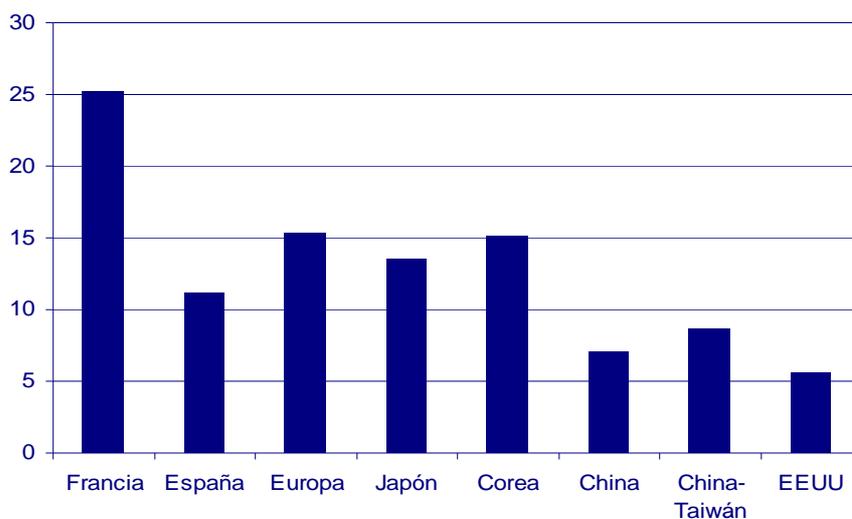
En janvier 2008, de source UIC, on comptait 1 737 rames à GV (vitesse supérieure à 250 km/h) en opération dans le monde, dont 667 en Asie (427 au Japon, 47 en Corée, 163 en Chine, 30 à Taiwan), 20 aux USA et 1 050 en Europe, qui se répartissent de la façon suivante:

**Nombre de rames à GV en Europe au 2/1/2008**

<b>Pays</b>	<b>Nombre de trains à GV</b>
Allemagne	299
Espagne	137
France	484 <sup>40</sup>
Italie	126
Pays-Bas	4

<sup>40</sup> Ce nombre inclurait tous les trains Thalys et Eurostar

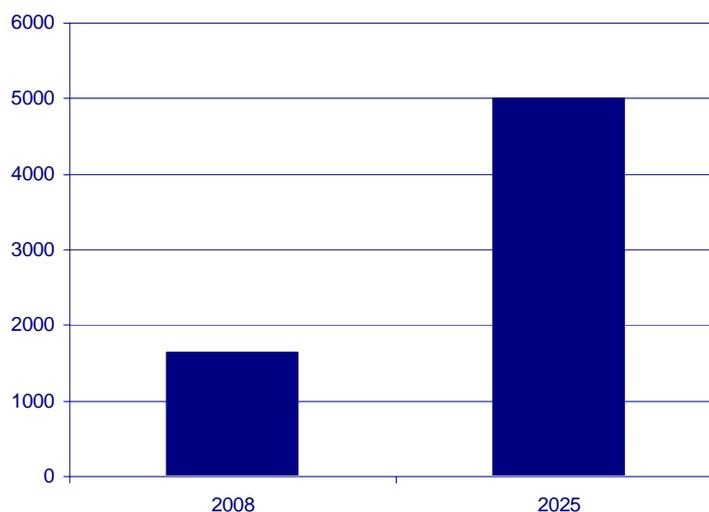
La distribution du nombre moyen de trains à GV par 100 km de LGV et par pays peut se représenter comme suit<sup>41</sup>:



Nombre de trains par 100 km de LGV au 2/1/2008

### 5.3.4 Evolution du parc de matériel roulant à grande vitesse

La demande de trains à GV devrait augmenter fortement à l'horizon 2025 pour atteindre environ 5 000 trains à GV dans le monde<sup>41</sup>. Cette estimation a été effectuée par l'UIC sur la base du nombre de trains à GV par 100 km de LGV et de l'évolution du réseau de LGV dans le monde à l'horizon 2025.



Évolution du matériel roulant à GV dans le monde

<sup>41</sup> Source: présentation "Alta Velocidad", Iñaki Barrón de Angoití – UIC, Barcelona, 12/2/2008

## 5.4 TARIFICATION

Historiquement, la tarification ferroviaire pour les voyageurs était établie comme étant la somme d'un terme fixe et d'un terme variable calculé en fonction de la distance parcourue.

La tarification ferroviaire des trains à grande vitesse s'est progressivement éloignée de ce concept de base. Actuellement une série de tarifs différents sont proposés, correspondant à une segmentation de la clientèle et dépendant notamment de critères tels que l'heure de départ, le délai de réservation avant le voyage, la flexibilité pour l'échange de tickets, etc.

La tarification ferroviaire s'est dès lors fortement rapprochée de celle en vigueur dans le domaine du transport aérien, en appliquant des techniques dites de "yield management" qui, en gérant les capacités disponibles, visent à maximiser les recettes pour le transporteur.

Par exemple, les TGV en France proposent différents tarifs ciblés:

- Tarifs loisir et week-end: plus la réservation est effectuée longtemps avant le voyage, plus les prix sont réduits. Les billets sont échangeables et remboursables gratuitement jusqu'à la veille du départ.
- Tarifs Prem's: pour les premiers à réserver un billet jusqu'à 90 jours avant le départ ou en voyageant hors des périodes de forte affluence: à partir de 22€ (Prix Prem's pour un aller simple en 2de classe en période normale, réservation à l'avance obligatoire et billets disponibles dans la limite des places réservées à ce tarif. Billets non échangeables, non remboursables)
- Cartes de réduction: les cartes de réduction 12-25, Escapades, Senior ou Enfant +, assurent de payer toujours moins cher qu'un voyageur sans carte, avec -25% de réduction garantis même au dernier moment (réduction calculée, hors prestations supplémentaires payantes, sur le prix Loisir Standard, applicables en trafic national et sur la partie nationale de certains trajets internationaux).
- Pour les déplacements professionnels, l'offre tarifaire "TGV Pro" est associée à "Efficacité, confort, souplesse avec des échanges et remboursements facilités et des services à la carte: espace pro 1ère, réservation de taxi, de moto, restauration à la place...", avec notamment les services et avantages suivants:
  - Hyper flexibilité
  - Points de contacts dédiés
  - Avantages exclusifs (En gare: accès aux salons Grand Voyageur (Comptoir Services). A bord: Espace Pro 1ère, la Restauration à la place, le service Résa Taxi Pro)
  - Services sur-mesure qui fluidifient les voyages pro (Résa Parking Pro, Réservation de taxi, Réservation de moto avec chauffeur, Résa Bureau Pro, Location de voiture, réservation d'hôtel)
  - Programme de fidélité Grands Voyageurs

Par ailleurs, il y a près de 3 ans, la SNCF a lancé iDTGV, un nouveau concept qui permet de voyager en TGV dans deux ambiances différentes baptisées iDzen (voyage dans le silence: les téléphones portables et animaux sont interdits) et iDzap (voyage avec offre de divertissement: DVD, jeux vidéos, magazines, livres, kits enfants,... et restauration).

iDTGV propose un tarif avantageux ouvert à tous et sans condition d'accès particulière. Tous les allers simples sur toutes les destinations iDTGV sont proposés à partir de 19€.

La réservation se fait exclusivement sur Internet. Une réservation est échangeable sous conditions mais un billet n'est pas remboursable.

En 2008, iDTGV dessert les relations suivantes:

- Paris <-> Lyon
- Paris <-> Marseille
- Paris <-> Nîmes - Montpellier - Perpignan
- Paris <-> Bordeaux - Toulouse
- Paris <-> Avignon - Aix en Provence - Toulon - Saint Raphaël - Cannes - Nice
- Paris <-> Bordeaux - Bayonne - Biarritz - Saint Jean de Luz - Hendaye
- Paris <-> Strasbourg - Mulhouse
- Paris <-> Nantes

A chaque voyage, un train entier est dédié au service iDTGV. Ce train est systématiquement accroché à un autre TGV classique.

## 6. DEMANDE DE TRANSPORT DE PASSAGERS PAR TRAINS A GRANDE VITESSE EN EUROPE

### 6.1 EVOLUTION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT SUR LES LGV EN EUROPE

Les données statistiques de transport de voyageurs par trains à grande vitesse sont publiées par Eurostat et l'UIC, sur la base de données fournies par les entreprises ferroviaires et collectées par l'UIC. Elles concernent uniquement les transports de voyageurs effectués avec du matériel GV.

Le tableau suivant indique les entreprises ferroviaires qui ont fourni des données de transport de voyageurs à l'UIC ainsi que les catégories de lignes à grande vitesse des réseaux pour lesquelles ces statistiques ont été fournies.

Etats membres	Entreprises ferroviaires	LGV Catégorie I (Vmax >= 250 km/h)	LGV Catégorie II (160 km/h < Vmax < 250 km/h)
BE-Belgique	SNCB/NMBS	<input checked="" type="checkbox"/>	
CZ-République Tchèque	CD		<input checked="" type="checkbox"/>
DE-Allemagne	DB AG	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ES-Espagne	RENFE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
FI-Finlande	VR		<input checked="" type="checkbox"/>
FR-France	SNCF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
GB-Grande Bretagne	Eurostar UK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
IT-Italie	FS-Trenitalia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
NL-Pays-Bas	NS		<input checked="" type="checkbox"/>
PT-Portugal	CP		<input checked="" type="checkbox"/>
SE-Suède	SJ		<input checked="" type="checkbox"/>

Sources des données de trafic à grande vitesse et catégories de LGV concernées

La figure suivante montre l'évolution du trafic de voyageurs sur les LGV de catégories I et II en Europe entre 1981 et 2006.

En 2006, le trafic total de voyageurs sur les LGV de catégories I et II en Europe s'élevait à 90 milliards de voyageurs-km

La rapide croissance du réseau de LGV a permis aux trains à grande vitesse de représenter environ 40% de la part modale des moyennes distances, avec une part modale prépondérante sur certains corridors tels que Londres – Paris, Bruxelles – Paris ou Madrid-Séville, par exemple <sup>42</sup>.

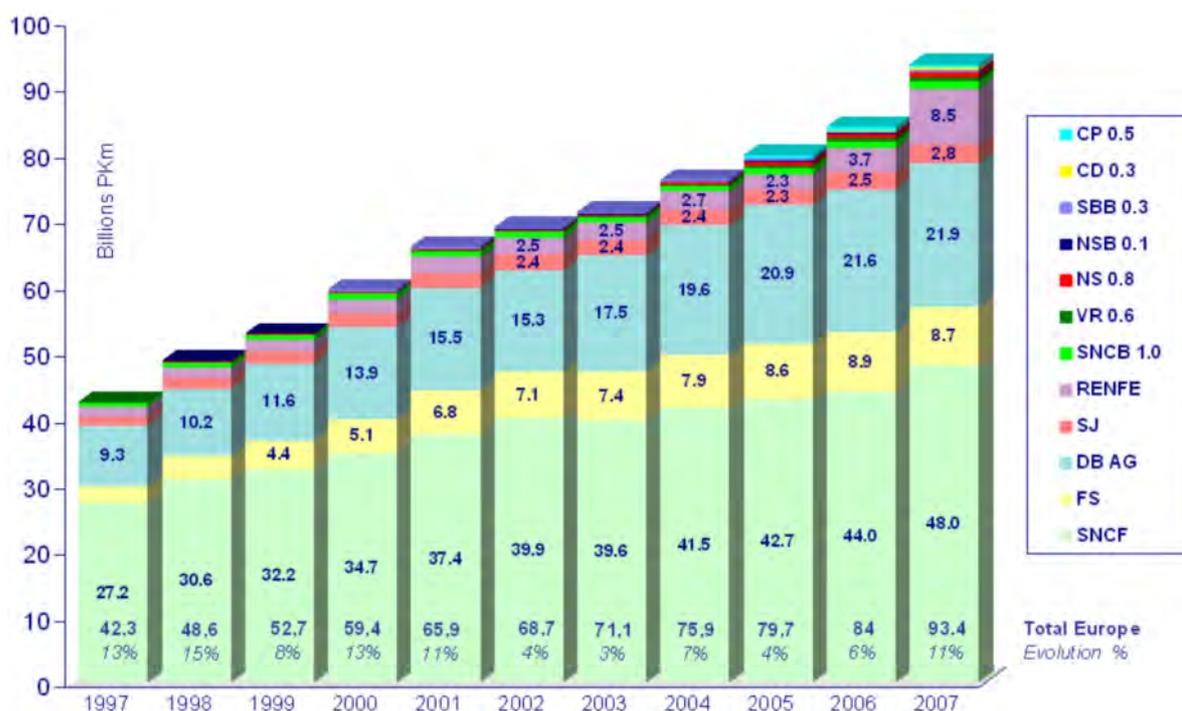


Performance du trafic à grande vitesse en milliards de voyageurs-km par an<sup>43</sup>

La figure suivante montre l'évolution du trafic par pays sur les LGV de catégories I et II en Europe entre 1997 et 2007. Par rapport au graphique précédent, les données d'Eurostar ne sont pas reprises, à l'inverse de celles des opérateurs SBB-CFF et NSB, qui exploitent actuellement un réseau de LGV de catégorie II.

<sup>42</sup> Source: Some stylized facts about high speed rail around the world: an empirical approach, J. Campos, G. de Rus, I. Barrón, 4th Annual Conference on Railroad Industry Structure, Competition and Investment, October 19-21, 2006

<sup>43</sup> UIC, graphs 2006



Evolution du trafic GV en Europe en milliards de voyageurs-km de 1997 à 2007<sup>44</sup>

La plus grande part de marché des trains à grande vitesse en Europe est située en France et correspondait en 2007 à 51% du marché contre 64% en 1997. L'évolution du trafic en trains à grande vitesse par relation est clairement sujette à un "effet de maturité". Au début de la mise en service d'une liaison à grande vitesse, la demande croît rapidement provenant de transferts d'autres modes ou par effet induit. Ensuite, la croissance de la demande est plus faible.

Le trafic commercial GV dans les pays européens pour l'année 2007 est présenté dans le tableau suivant. Pour les opérateurs ferroviaires qui exploitent des trains à grande vitesse, le nombre de voyageurs transportés et le nombre de voyageurs-km effectués sont présentés. Ensuite, le rapport entre ces deux données fournit une estimation du parcours moyen par voyageur par pays.

Ces données proviennent également de l'UIC et concernent, comme mentionné précédemment, des LGV de catégories I et II.

<sup>44</sup> Source: UIC, Octobre 2008

<b>Trafic commercial à grande vitesse en 2007 (UIC)</b>				
Code pays	Compagnie ferroviaire	Voyageurs (milliers)	Voyageurs-kilomètres (en millions)	Parcours moyen d'un voyageur
		Total	Total	km
BE	SNCB/NMBS	9 163	1 018	111
DE	DB AG	70 531	21 919	311
ES	RENFE	16 981	6 024	355
FR	SNCF	105 366	47 966	455
GB	Eurostar UK	...	1 392	...
IT	FS	23 430	8 818	376
NL	NS	5 410	800	148
PT	CP	1 793	506	282
SE	SJ	8 470	2 775	328
Total		241 144	91 217	
Total hors Eurostar UK		241 144	89 825	372

**Trafic commercial GV en 2007<sup>45</sup>**

Le parcours moyen d'un voyageur est repris par pays européen.

En France, la distance moyenne parcourue par un voyageur qui utilise les trains à grande vitesse est la plus longue et atteint 455 km.

Pour l'ensemble des entreprises ferroviaires en Europe, la distance moyenne parcourue par un voyageur à grande vitesse est estimée à 372 km sur la base de ces données.

## 6.2 DEMANDE DE TRANSPORT FERROVIAIRE A L'HORIZON 2020

### 6.2.1 Evolution de la demande

Le groupement Intraplan-IMTrans-Inrets a publié en 2003 une étude sur le trafic de voyageurs en Europe aux horizons 2010 et 2020 pour le compte de l'UIC<sup>46</sup>.

<sup>45</sup> Statistiques de l'UIC, Tableau 50, 2008

<sup>46</sup> Passenger traffic study 2010/2020, Conclusions, Intraplan-IMTrans-Inrets, on behalf of the UIC, Février 2003

Cette étude fournit les résultats suivants:

- flux de transport de voyageurs en 1999 à travers l'ensemble de l'Europe
- évolution du trafic voyageurs à longue distance dans les pays d'Europe occidentale à l'horizon 2020 en fonction de différents scénarios
- impact de l'extension du réseau à grande vitesse sur la demande de transport par chemin de fer.

L'étude en question entend mettre en évidence les perspectives de développement de la grande vitesse<sup>47</sup> à l'intérieur de l'Europe, mais n'a pas pour finalité d'évaluer des projets précis dans le cadre du futur réseau GV.

L'étude porte sur les transports intérieurs et internationaux de voyageurs à longue distance des 15 Etats membres de l'Union européenne plus la Suisse et la Norvège, dénommés "pays d'Europe de l'ouest" (PEO) et sur le trafic international à destination et en provenance d'autres pays européens (PECO) et extra-européens. Dans cette étude, ne sont considérés comme transports à longue distance que les trajets supérieurs à 80 km.

Lors de cette étude, le réseau à grande vitesse 2020 a été défini par l'UIC en collaboration avec les gestionnaires de réseaux de chemin de fer. La longueur du réseau européen à grande vitesse va plus que doubler entre 1999 et 2010 et presque quadrupler en 2020. La figure suivante présente le réseau GV tel qu'il a été envisagé dans cette étude à l'horizon 2020.

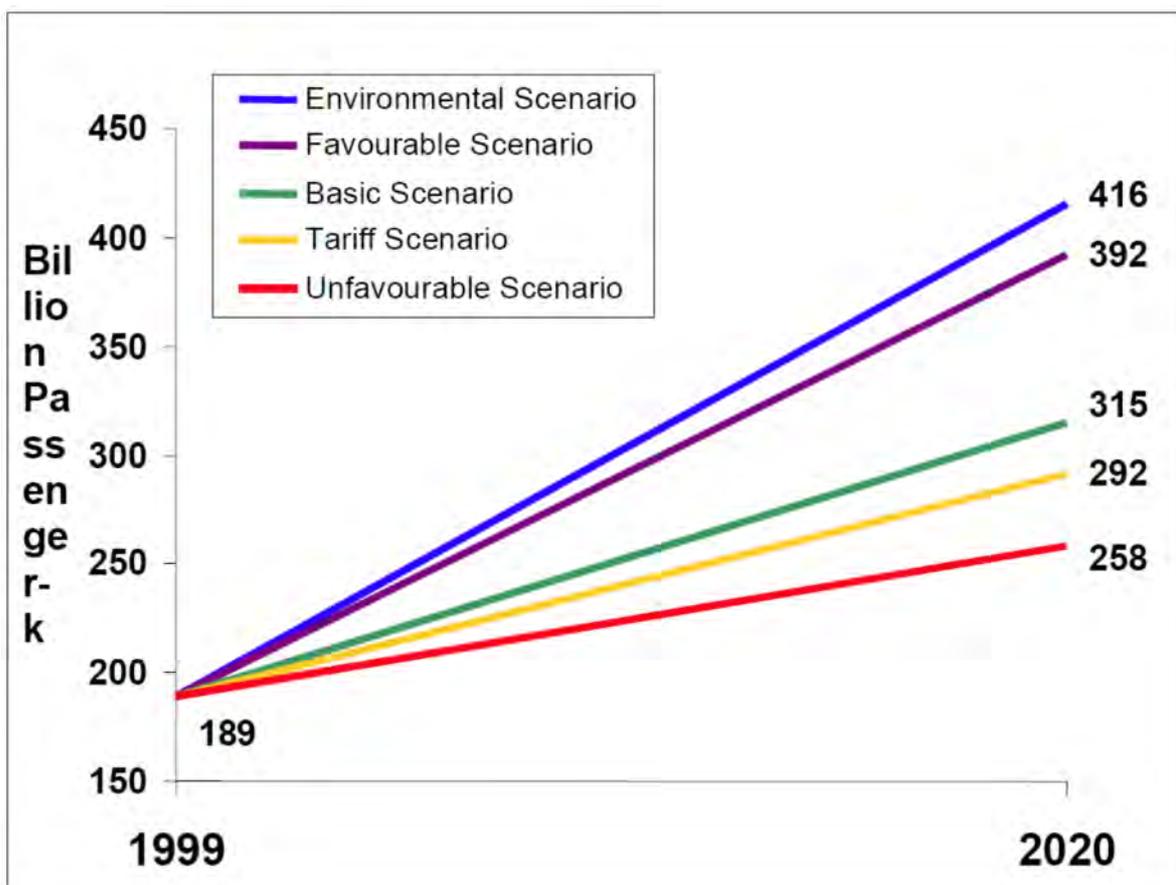
En comparaison avec le réseau transeuropéen à grande vitesse présenté dans les cartes du chapitre 8 de ce rapport, le réseau à GV prévu par l'UIC est globalement similaire au réseau transeuropéen avec toutefois des différences notamment en Espagne et au Portugal où le réseau de l'UIC est moins développé, et dans les pays d'Europe centrale et orientale où le réseau de l'UIC est plus développé que le réseau RTE-T.

---

<sup>47</sup> S'agissant d'une étude commandée par l'UIC, la GV se réfère aux services exploités à une vitesse supérieure à 250 km/h



Dans l'hypothèse de réalisation du réseau GV projeté par UIC en 2020, la figure suivante montre l'évolution du trafic en milliards de voyageurs-km sur le réseau ferroviaire à longue distance, y compris les lignes classiques, d'ici 2020.



Evolution des transports ferroviaires à longue distance selon différents scénarios (voyageurs-km; hors dessertes d'aéroports)<sup>48</sup>

Dans le scénario de base (poursuite de l'évolution actuelle en termes de politique de transport et de coûts supportés par les utilisateurs), une augmentation de deux tiers du trafic est prévue en passant de 189 milliards de vkm en 1999 à 315 milliards de vkm en 2020.

Dans le cas où les politiques des transports et les coûts supportés par les utilisateurs évolueraient favorablement pour le secteur ferroviaire, les chiffres de 1999 vont plus que doubler pour atteindre une valeur de 392 milliards de vkm.

Dans le scénario "environnemental" (évolution favorable des politiques de transport pour le rail accompagnée d'une intervention forte dans le secteur routier à la faveur d'une orientation de plus en plus "écologique" des politiques de transport), la croissance est encore plus forte (416 milliards de vkm, soit une augmentation de 120%).

Dans le cas le plus défavorable (évolution défavorable des politiques de transport et des coûts supportés par les utilisateurs en ce qui concerne le transport ferroviaire), les chemins de fer accroîtraient malgré tout leur volume de trafic de 36%, soit 69 milliards de vkm en raison de l'expansion du réseau GV<sup>48</sup>.

<sup>48</sup> Source: Passenger traffic study 2010/2020, op. cit.

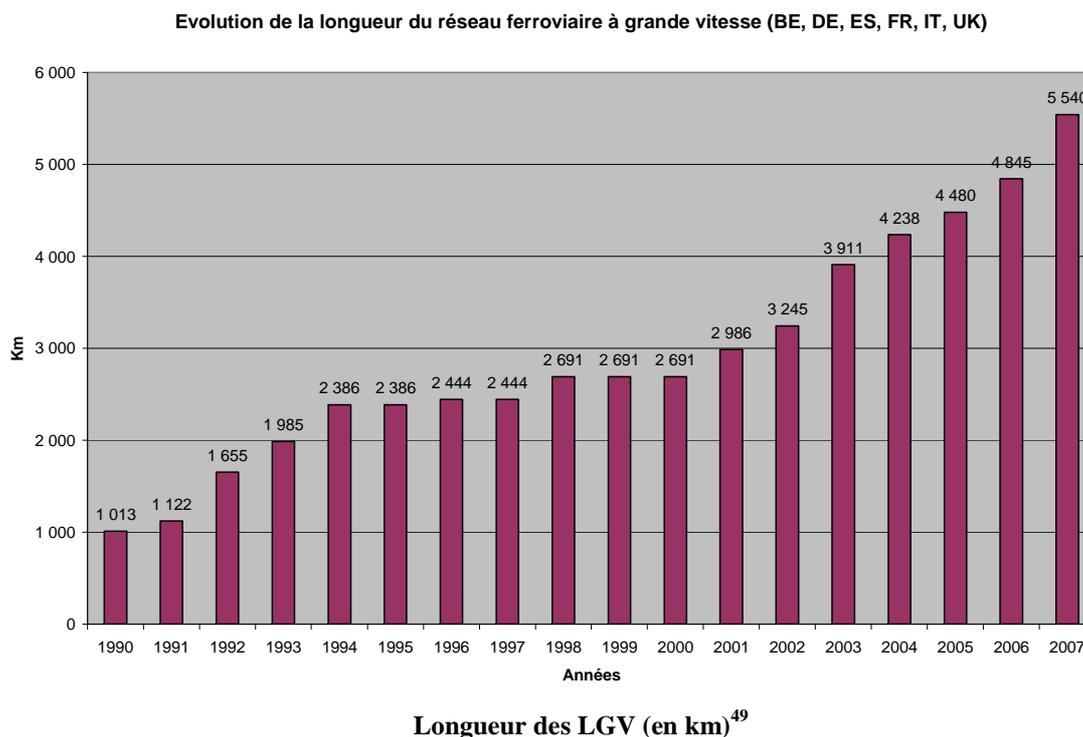
## 6.2.2 Analyse de l'effet de la création de nouvelles LGV sur la demande

Le réseau ferroviaire à grande vitesse considéré actuellement par Eurostat pour les statistiques relatives aux infrastructures de transport ferroviaire à grande vitesse en Europe répond à la définition suivante: lignes ou sections de lignes sur lesquelles des trains peuvent circuler ponctuellement à une vitesse supérieure à 250 km/h durant leur trajet.

Le tableau suivant indique les Etats membres considérés par Eurostat pour définir le réseau ferroviaire à grande vitesse en Europe, ainsi que les catégories de lignes à grande vitesse des réseaux pour lesquelles ces statistiques ont été fournies.

Etats membres	LGV Catégorie I (Vmax $\geq$ 250 km/h)	LGV Catégorie II (160 km/h < Vmax < 250 km/h)
BE-Belgique	<input checked="" type="checkbox"/>	
DE-Allemagne	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ES-Espagne	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
FR-France	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
GB-Grande Bretagne	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
IT-Italie	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Comme le montre la figure suivante, la taille du réseau GV s'est considérablement développée en Europe entre 1990 et 2007.



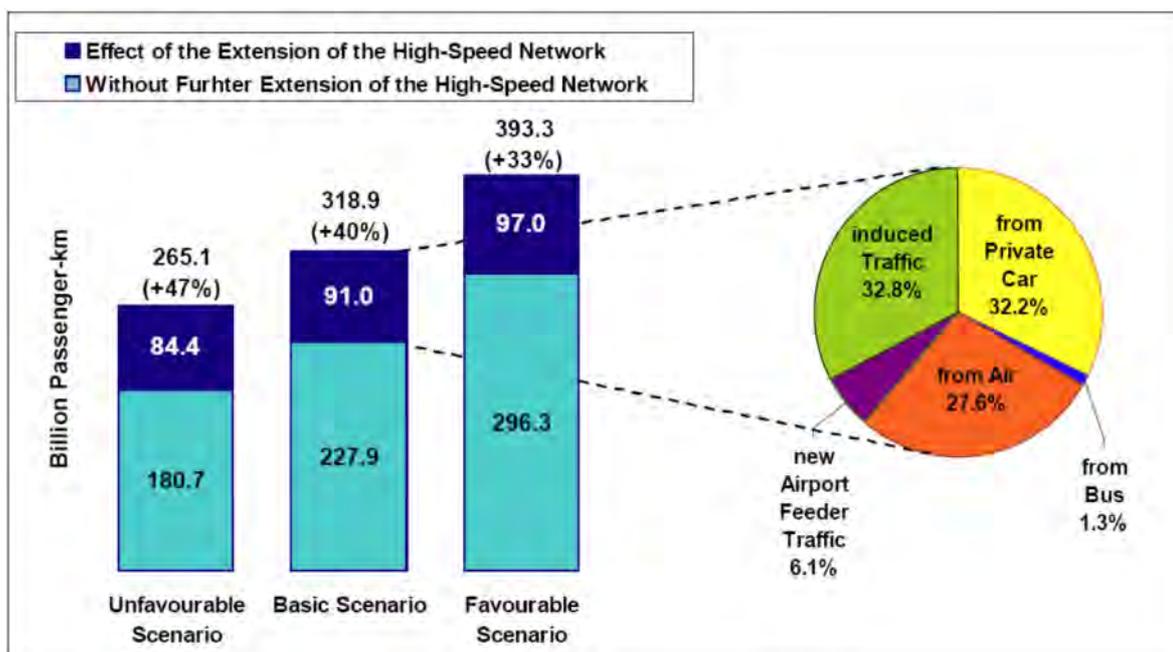
Comme déjà mentionné, la première LGV en Europe est la ligne Paris-Lyon inaugurée en 1981. Ensuite le réseau à GV s'est progressivement développé en Allemagne Belgique, Espagne, France, Italie et au Royaume Uni.

Comme mentionné dans l'étude précitée<sup>50</sup>, l'extension du réseau à grande vitesse induit un essor significatif de la demande de transport ferroviaire. Sans cette extension (situation de 1999), la demande de transport ferroviaire de voyageurs à longue distance, selon le scénario de base 2020, représenterait 228 milliards de vkm (voir figure suivante).

Sous l'effet de l'extension du réseau GV, la demande passe 319 milliards de vkm par an, soit une croissance d'environ 40% ou 91 milliards de vkm par rapport au scénario sans extension du réseau.

<sup>49</sup> Source: Réseau ferroviaire à grande vitesse, Eurostat, Statistical pocketbook, 2007/2008

<sup>50</sup> Source: Passenger traffic study 2010/2020, op. cit.



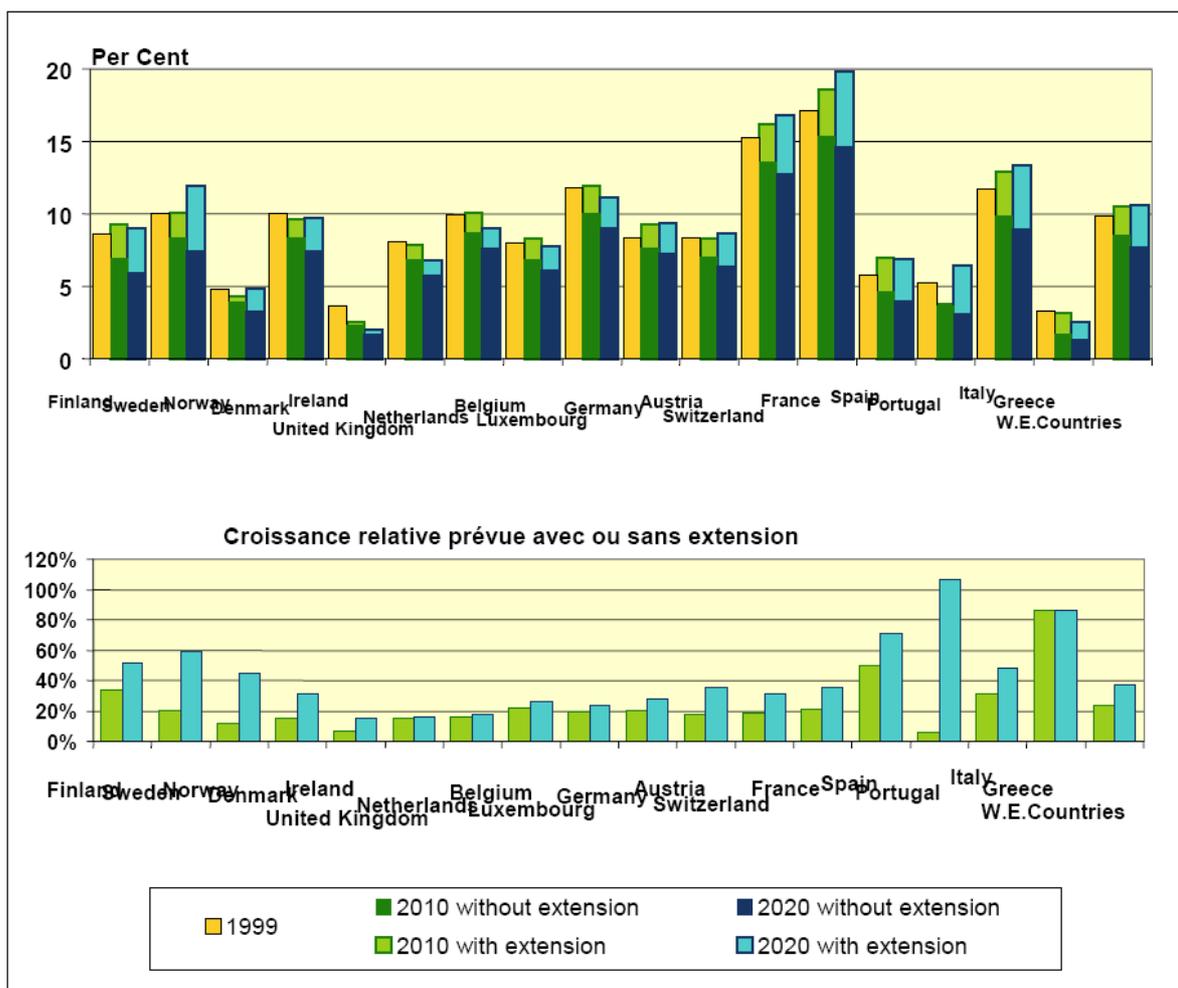
Croissance du trafic à longue distance dans les pays d'Europe occidentale (PEO) et origine du volume de trafic ferroviaire supplémentaire (hors trafic intercontinental, mais dessertes d'aéroports incluses) <sup>48</sup>

Cette croissance significative de la demande de transport ferroviaire, correspondant à 91 milliards de vkm, proviendrait à peu près à raison de :

- un tiers du report modal routier ;
- un tiers du report modal aérien ;
- un tiers de trafic induit.

Le volume de transport de voyageurs à longue distance attendu par les chemins de fer à l'horizon 2020 peut varier à l'intérieur d'une fourchette allant d'environ 265 milliards de vkm dans le scénario défavorable à 393 milliards de vkm dans le scénario favorable, voire à près de 420 milliards de vkm dans le scénario environnemental. Les écarts observés par rapport au scénario de base, soit environ 18% pour le scénario défavorable et environ 24% pour le scénario favorable apparaissent également à la figure précédente. Mais l'amplitude de la croissance de la demande ferroviaire résultant de l'extension du réseau GV varie seulement entre -7% dans le scénario défavorable et +7% dans le scénario favorable. Autrement dit, le contexte de la politique des transports joue un rôle important pour la détermination du volume de la demande de transport en valeur absolue, mais il a très peu d'influence sur les avantages considérables résultant de l'extension du réseau GV. Environ les deux tiers des gains obtenus par le transport ferroviaire sont imputables à des effets de substitution vis-à-vis d'autres modes<sup>50</sup>.

La figure suivante montre l'impact de l'extension du réseau GV aux horizons 2010 et 2020 sur la part modale du rail pour les voyageurs à longue distance dans les PEO.



**Impact de l'extension du réseau aux horizons 2010 et 2020 sur la part modale du rail pour les voyageurs à long distance dans les PEO<sup>48</sup>**

Sans la création des nouvelles LGV en projet pour 2010 et 2020, la part du rail avoisinerait 7,7% en 2020 (8,5% en 2010), ce qui est largement en deçà du niveau de 1999 (9,9%).

Grâce à la réalisation du réseau GV prévu, le rail peut accroître sa part de marché pour atteindre 10,6% en 2020 (10,5% en 2010). Les chemins de fer de tous les pays verront leurs parts de marché augmenter bien que dans des proportions différentes selon la quantité de lignes nouvelles et aménagées<sup>48</sup>.

### 6.2.3 Prévisions de la demande de voyageurs à GV à l'horizon 2020 et 2030

L'étude précitée<sup>48</sup> ne fournit pas de prévisions spécifiques pour les lignes à GV en Europe et ses conclusions remontent à 2003.

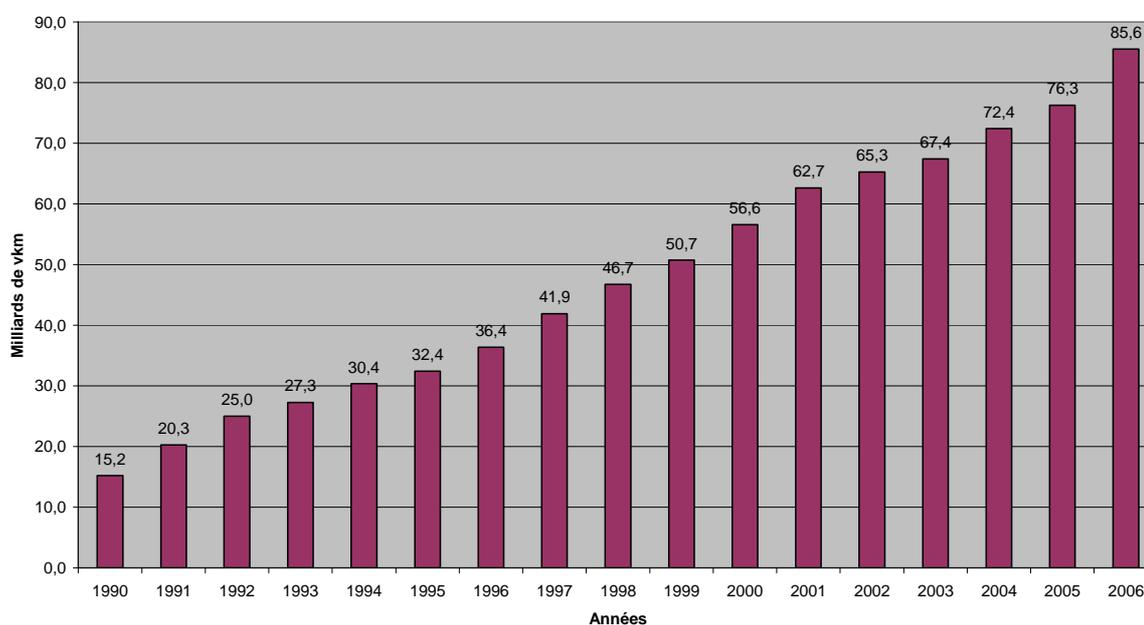
Dès lors, il a été nécessaire d'effectuer des prévisions propres de la demande de voyageurs à GV dans le cadre de la présente étude. Les horizons de prévision sont 2020 et 2030, année qui représente l'horizon estimé de mise en œuvre du réseau complet de RTE à GV.

Ces prévisions ont été réalisées sur la base des données disponibles, provenant essentiellement d'Eurostat, et d'élaborations propres notamment en ce qui concerne le développement du réseau transeuropéen à GV.

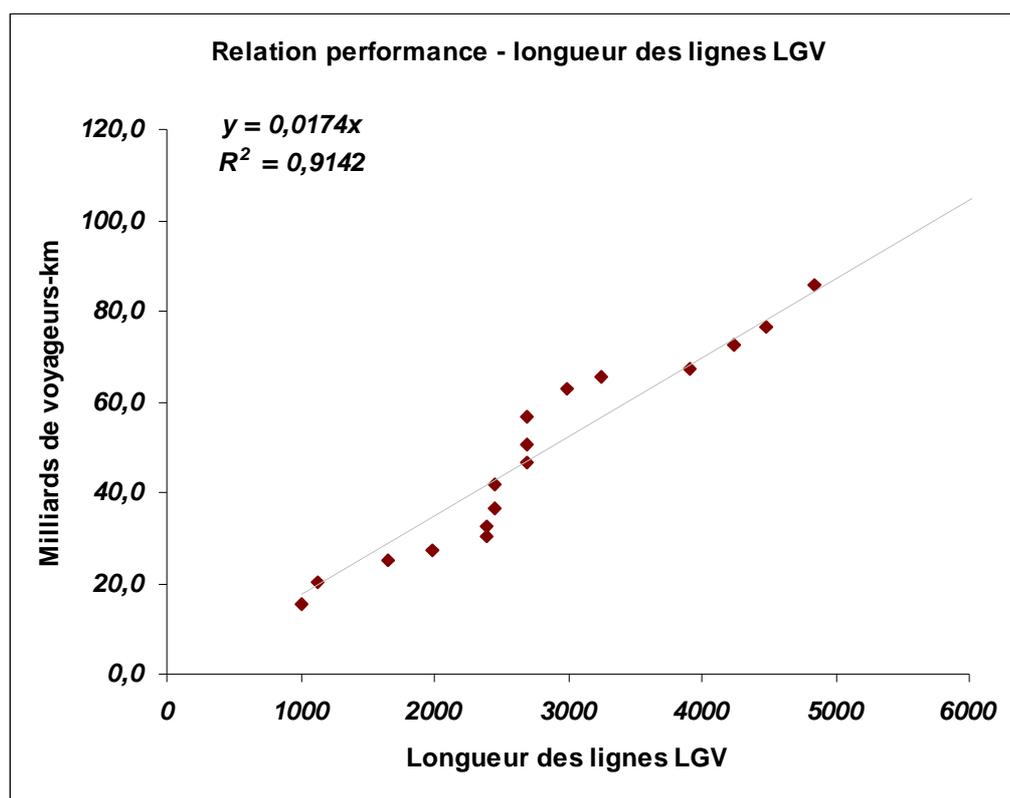
L'analyse est basée sur la relation observée entre la demande, ou "performance du réseau GV", et la longueur du réseau européen à GV, en considérant les données et les définitions utilisées précédemment dans ce chapitre.

Cette analyse de corrélation porte sur les données des Etats membres pour lesquels les données de l'évolution de la longueur des réseaux à grande vitesse sont disponibles, à savoir: la Belgique, l'Allemagne, l'Espagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni. Les données relatives au réseau figurent dans un graphique présenté précédemment; les données relatives à la demande pour ces six Etats membres figurent dans le graphique suivant.

Nombre de voyageurs.km sur le réseau ferroviaire à grande vitesse (BE, DE, ES, FR, IT, UK)



Si on représente la performance du réseau GV en fonction de la longueur des lignes GV existantes dans ces six Etats membres, entre 1990 et 2006, nous obtenons le graphe suivant.



**Relation performance du réseau GV vis-à-vis de la longueur des LGV**

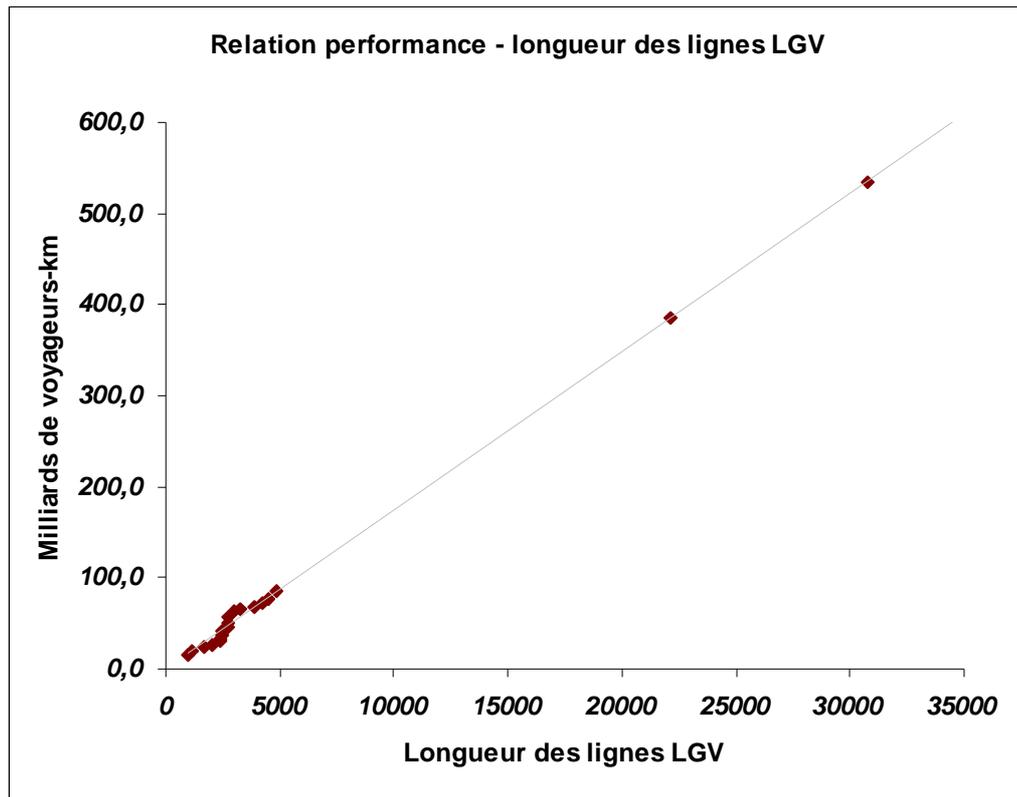
Une augmentation importante de la demande de voyageurs est observée entre 1995 et 2000 malgré une faible augmentation de la longueur du réseau GV. Ceci est dû à l'ouverture de relations LGV performantes telles que les liaisons Paris – Londres et Paris – Bruxelles, qui relient de grandes métropoles.

La corrélation entre toutes les observations a été analysée. L'ensemble de ces points présente une bonne corrélation linéaire et peut être ajusté par une droite. Le coefficient de corrélation est égal à 0,91 ce qui est très acceptable.

La longueur totale du réseau transeuropéen à GV en 2020, pour l'ensemble des Etats membres qui disposeront d'un réseau ferroviaire à GV avec des lignes de catégorie I et II, est estimée à 22 140 km<sup>51</sup>. A l'achèvement du RTE-T à GV, considéré en 2030, la longueur des lignes de catégorie I et II du réseau RTE complet est estimée à 30 750 km.

En appliquant la relation linéaire identifiée ci-dessus, et en considérant l'ensemble des Etats membres qui disposeront d'un réseau ferroviaire à GV avec des lignes de catégorie I et II, la demande peut être estimée à environ 385 milliards de voyageurs-km en 2020. En 2030, pour un réseau de 30 750 km de longueur, la demande serait de 535 milliards de voyageurs-km par an.

<sup>51</sup> Voir données du chapitre 8



Extrapolation de la relation performance – longueur des lignes LGV

Le nombre de voyageurs annuels qui empruntera le réseau transeuropéen à Grande Vitesse peut être obtenu en utilisant la longueur du réseau prévue en 2020 et en 2030, et les distances moyennes parcourues reprises dans le tableau du point 6.1. Pour les pays repris dans ce tableau, la distance moyenne parcourue est de 372 km par voyage en 2007.

En prenant l'hypothèse que les distances moyennes parcourues par les voyageurs en Europe en train à GV en 2020 et 2030 sont égales à la valeur calculée ci-dessus de 372 km, on peut calculer que le nombre de voyageurs en trains à grande vitesse en Europe sera de 1,04 milliard en 2020 et de 1,44 milliard en 2030.

## 7. DEMANDE DE TRANSPORT DE FRET

---

Dans le cadre du transport de fret à grande vitesse, on peut distinguer deux types de fret aptes à utiliser des LGV:

- le fret léger de type messagerie qui peut parcourir les LGV à bord de trains à grande vitesse;
- le fret conventionnel exploité sur des LGV mixtes spécialement aménagées pour accueillir du fret ferroviaire classique.

Un troisième type de transport de fret, susceptible d'emprunter des LGV, est constitué des "autoroutes ferroviaires". Ce type de transport consiste à transporter des camions sur des trains spécialement aménagés. Il est prévu que de tels trains empruntent des LGV, notamment pour franchir des obstacles naturels, comme c'est le cas de la relation Lyon-Turin.

### 7.1 LE FRET LEGER

Le fret léger peut aisément être transporté en trains à grande vitesse spécifiquement aménagés. Les marchandises particulièrement adaptées à ce type de services sont principalement les transports de colis et de courrier.

En France, ce type de transport existe depuis 1983 sur certaines relations où un TGV postal circule sur des LGV, généralement la nuit.



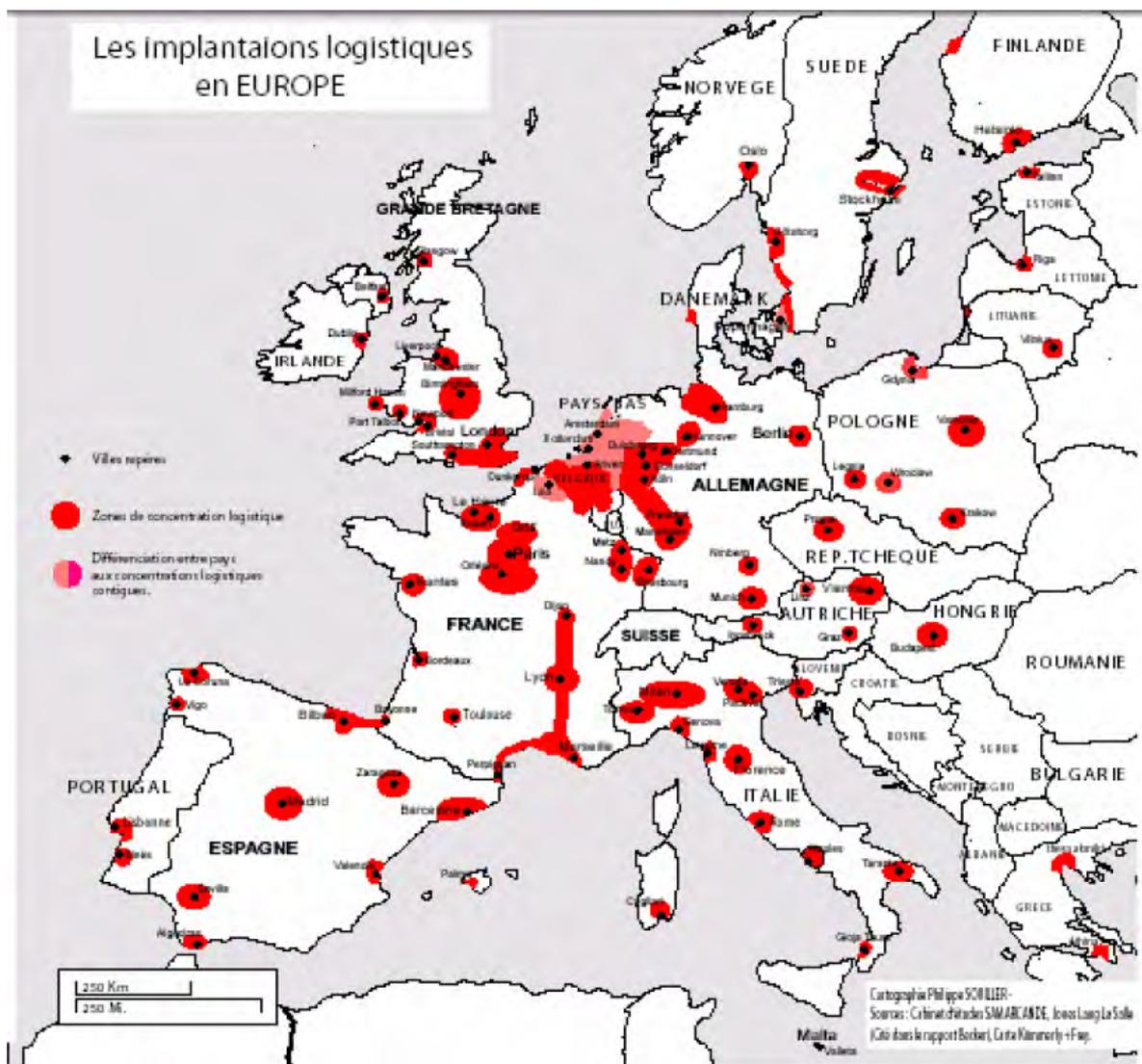
TGV Postal<sup>52</sup>

Ce type de transport est susceptible de se développer notamment eu égard au fait que les distances séparant les principaux centres logistiques européens sont en moyenne entre 200 et 800 km, ce qui correspond à des distances compétitives pour les trains à GV par rapport aux avions.

La carte suivante présente les principales zones logistiques en Europe.

---

<sup>52</sup> Photo prise par A. Bonnet, octobre 2006



### Implantations logistiques en Europe<sup>53</sup>

De fait, depuis 1999, un certain nombre d'entreprises implantées sur la plateforme aéroportuaire de Roissy CDG envisagent ensemble la mise en place d'un service de fret ferroviaire à grande vitesse destiné à desservir les zones situées entre 200 et 800 km de l'aéroport Paris-Roissy Charles de Gaulle<sup>54</sup>. Ce réseau s'appellerait CAREX (pour Cargo Express).

<sup>53</sup> Samarqande, Jones Lang LaSalle

<sup>54</sup> Carex, 2008



### Le réseau européen à grande vitesse Euro-Carex<sup>54</sup>

EURO CAREX est une émanation de l'association Roissy CAREX, créée en février 2006 à l'initiative d'acteurs publics et privés soutenant le projet de création d'une gare LGV fret à l'aéroport de Paris Roissy Charles de Gaulle et réunissant<sup>55</sup> :

- des institutionnels: le Comité d'Expansion Economique du Val d'Oise (CEEVO), Roissy Développement (agence de développement économique de la Communauté de Communes Roissy Porte de France), la ville de Goussainville et la ville de Tremblay-en-France;
- des entreprises: Air France Cargo, La Poste, FedEx, Aéroports de Paris, WFS;
- la Direction Régionale de l'Équipement d'Ile de France, la SNCF, RFF, le Conseil Régional d'Ile de France, l'EPA Plaine de France, l'IAURIF et l'aéroport Lyon Saint Exupéry sont également associés aux travaux de Roissy CAREX.

<sup>55</sup> Communiqué Roissy-Carex, Roissy, Agnès COUDRAY, juin 2006

Le tableau suivant précise la durée de trajet entre l'aéroport de Roissy Charles de Gaulle et différentes destinations qui peuvent être desservies via des LGV.

Trajets	Durée
CDG / Lyon St-Exupéry	2h
CDG / Aix-Marseille	3h
CDG / Poitiers - Bordeaux	2h20 – 3h <sup>1</sup>
CDG / Strasbourg	2h20 <sup>2</sup>
CDG / Francfort	3h50
CDG / Liège - Cologne	2h15 / 3h50
CDG / Amsterdam-Schiphol	3h <sup>3</sup>
CDG / Londres	2h15

<sup>1</sup> 2h05 en 2016 - <sup>2</sup> 1h50 en 2015 – <sup>3</sup> en 2009

Temps de parcours des frets LGV<sup>54</sup>

## 7.2 LE FRET CONVENTIONNEL EXPLOITE SUR DES LGV MIXTES

### 7.2.1 Description

Une ligne à grande vitesse mixte est à la fois parcourable à grande vitesse par des trains de voyageurs ou de messagerie mais est également accessible aux trains de marchandises pouvant circuler jusqu'à 200 km/h<sup>56</sup>. Ce concept est couramment exploité en Allemagne, en Italie, en Suède ou au Royaume-Uni, et en Espagne sur les lignes à "haute performance" qui disposent de capacité pour le fret<sup>57</sup>.

Naturellement, les contraintes de conception et d'exploitation liées au fret s'ajoutent à celles liées à la grande vitesse.

La mixité des trafics entre des trains à grande vitesse et des trains de fret entraîne des contraintes fortes, notamment en matière de tracé et d'exploitation:

- Une capacité de ligne fortement diminuée en raison de la grande différence de vitesse entre les trains GV et les trains de fret;

<sup>56</sup> Présentation LGV-PACA en débat public, Adecoha, 2005

<sup>57</sup> En Espagne, les lignes à haute performance sont conçues selon des spécifications de LGV de catégorie I

- Le croisement de trains de voyageurs à grande vitesse et de trains de marchandises est délicat en raison des risques de déstabilisation des chargements par effet de souffle. Deux options sont alors envisageables:
  - Les trains de marchandises ne circulent que pendant les périodes de fermeture au trafic de trains à grande vitesse et qui sont généralement nécessaires à l'entretien de l'infrastructure (la nuit, généralement)<sup>56</sup>;
  - Utiliser une valeur d'entraxe plus élevée, afin de limiter l'effet de souffle lors du croisement de trains à grande vitesse et de trains de fret. RFF a retenu pour la ligne nouvelle mixte du contournement de Nîmes et de Montpellier une valeur d'entraxe de 4,80 m, soit une valeur plus grande que celle généralement pratiquée sur le réseau classique (3,72 m). Cette valeur a également été retenue pour la LGV Méditerranée et la ligne nouvelle Perpignan – Barcelone<sup>58</sup>.
- Des rampes à adapter au trafic de fret, en tenant compte du tonnage des trains de marchandises et des contraintes qui en découlent;
- Des courbes de plus grand rayon à prévoir en fonction du trafic de fret.

En conséquence une ligne mixte sera plus coûteuse en ouvrages d'art et plus difficile à insérer dans le paysage.

Quelques exemples de lignes mixtes sont présentés ci-après.

## 7.2.2 Exemples de lignes mixtes

### 7.2.2.1 LGV Perpignan – Barcelone

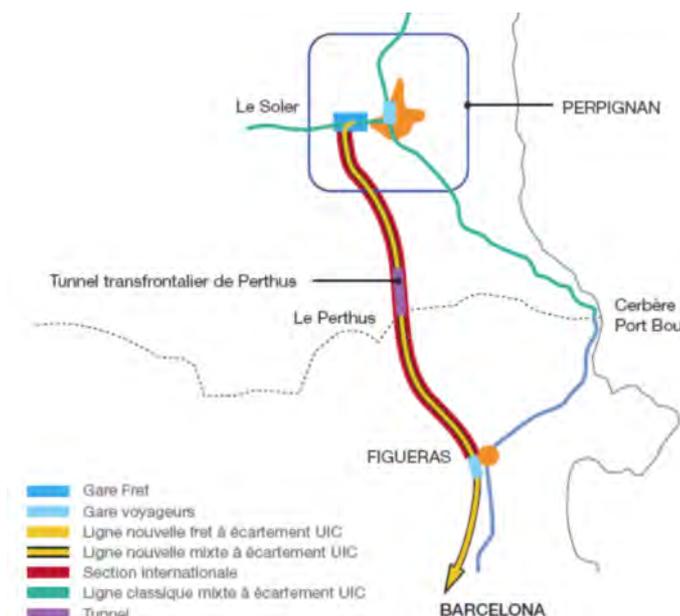
La réalisation d'une ligne nouvelle à grande vitesse entre Perpignan et Barcelone permettra de diminuer de manière très importante les temps de parcours ferroviaires internationaux. Ainsi le relief des Pyrénées et la différence d'écartement des voies entre la péninsule ibérique et la France ne seront plus un obstacle pour la circulation des trains.

La particularité de ce tronçon, c'est sa mixité. Les trains à grande vitesse circuleront à 300 km/h et les trains classiques de fret à 100 ou 120km/h.

La mise en service du tronçon Barcelone-Figueras-Perpignan est prévue en 2011, avec une solution provisoire pour la traversée de Figueras et l'accès au tunnel "Perpignan-Figueras". La ligne définitive Barcelone-Figueras-Perpignan sera en exploitation en 2013 pour les passagers à grande vitesse et le fret.

---

<sup>58</sup> Source: RFF, Contournement de Nîmes et de Montpellier



**Ligne LGV mixte entre Perpignan et Figueras via le tunnel Le Perthus** Error! Bookmark not defined.

La mise en service de la LGV mixte Perpignan – Barcelone permettra d'accélérer les échanges entre la France et l'Espagne et favorisera l'accessibilité des entreprises aux infrastructures de transport espagnoles, c'est-à-dire le port de Barcelone et les aéroports de Barcelone et de Gérone. Les entreprises pourront, en outre, plus facilement démarcher des clients en Espagne ou visiter leurs fournisseurs<sup>59</sup>.

### 7.2.2.2 LGV mixtes en Allemagne

Le réseau GV allemand est conçu pour un trafic mixte (voyageurs la journée et fret la nuit), à l'exception de la ligne Cologne-Francfort dont la forte déclivité (4 %) la limite au trafic de passagers à 300km/h.

La carte du réseau est reprise dans le chapitre 14.8.

### 7.2.2.3 LGV mixtes dans la péninsule ibérique

La carte reprenant les LGV mixtes en Espagne est reprise dans le chapitre 4.1 traitant des types de lignes LGV.

Au Portugal, la ligne Porto – Vigo sera une ligne mixte. Entre Evora et Elvas, la plate-forme de la LGV incorporera une deuxième voie conventionnelle pour la desserte du fret provenant de Lisbonne et du port de Sines.

La ligne Lisbonne – Porto sera réservée au trafic voyageur.

<sup>59</sup> Le transport de fret dans les Pyrénées Orientales, Direction régionale de l'Équipement Languedoc-Roussillon, Juillet 2008

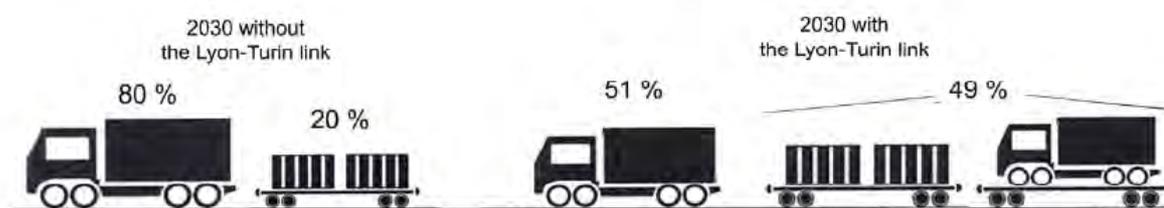
Réseau GV au Portugal et liaisons maritimes et aériennes<sup>60</sup>

### 7.3 AUTOROUTE FERROVIAIRE: LGV LYON – TURIN

Des milliers de poids-lourds transitent chaque jour par les Alpes. De 1995 à 2010, le tonnage total de marchandises transitant par l'Arc alpin aura doublé pour atteindre plus de 200 millions de tonnes.

La mise en œuvre d'une liaison mixte entre Lyon et Turin ainsi que le développement d'un service d'autoroute ferroviaire, permettront d'acheminer sur l'axe Lyon-Turin 40 millions de tonnes de marchandises par an et d'influencer la tendance en matière de choix modal.

Ceci n'est pas la conséquence de l'augmentation de vitesse mais plutôt de la création d'une nouvelle ligne directe et d'un service d'autoroute ferroviaire pour le passage alpin : la part du trafic routier pourrait être ramenée de 80% à 51% en 2030 avec la création de la nouvelle liaison ferroviaire Lyon-Turin.



Distribution du fret Route/ Rail sur le corridor Mont-Blanc – Fréjus / Mont-Cenis

<sup>60</sup> UIC 6<sup>th</sup> Highspeed Congress, Amsterdam, Fernandes, 2008

La rentabilité de cette ligne ne serait pas assurée sans mixité. La réalisation du programme ne sera efficace que si elle prend en compte les deux composantes, "voyageurs" et "marchandises". Et ceci avant tout pour des raisons d'ordre économique.

Le fret ferroviaire ne dégagant pas assez de bénéfice, le trafic voyageurs permettrait de rentabiliser la ligne et d'obtenir des fonds privés pour son financement.

Les nouvelles technologies de signalisation ferroviaire permettront d'exploiter de manière uniforme et sûre les trains voyageurs et fret<sup>61</sup>.

---

<sup>61</sup> "Lyon – Turin, pour la mixité voyageurs et fret", La transalpine news, n°8, avril 2003

## 8. DEVELOPPEMENTS DU RÉSEAU TRANSEUROPEËN DE LGV

Le réseau transeuropéen de LGV défini en 2004 pour l'horizon 2020 figure dans les schémas du réseau RTE-T des orientations communautaires pour le développement du réseau transeuropéen de transport<sup>62</sup>.

Dans deux pays, la Bulgarie et la Slovaquie, figurent des "lignes aménagées à grande vitesse". Ces lignes ne remplissent pas les conditions de l'annexe I de la Directive 2008/57/CE. Elles ont toutefois été considérées comme des lignes de catégorie II réalisées à l'horizon 2020.

Lors de l'étude commandée par la DG TREN "Implementation report on the TEN-T guidelines for the period 2004-2005"<sup>63</sup>, les Etats membres ont annoncé la longueur du réseau RTE-T ferroviaire à grande vitesse par pays, toutes catégories de lignes I, II, et III confondues à différents horizons.

Le tableau suivant présente ces données pour les années 2005, 2013 et 2020.

**Longueur du réseau RTE-T ferroviaire à grande vitesse par Etat membre et par horizon, toutes catégories de lignes I, II, et III confondues (km)**

Etat membre	2005	2013	2020
Allemagne	3.949,34	4.310,54	4.700,64
Autriche	124,00	461,79	1.137,29
Belgique	225,13	343,61	550,57
Bulgarie	0,00	0,00	0,00
Danemark	0,00	0,00	0,00
Espagne	1.489,30	5.091,90	7.466,10
Estonie	0,00	0,00	0,00
Finlande	0,00	0,00	0,00
France	1.728,90	2.319,29	4.842,69
Grèce	67,00	715,20	728,70
Hongrie	0,00	0,00	0,00
Irlande	0,00	0,00	0,00
Italie	327,00	1.173,12	4.269,62
Lettonie	0,00	0,00	0,00
Lituanie	0,00	0,00	0,00

<sup>62</sup> Décision n° 884/2004/CE du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 modifiant la décision n° 1692/96/CE sur les orientations communautaires pour le développement du réseau transeuropéen de transport

<sup>63</sup> TINA Vienna-Transport strategies GmbH, Vienna, January 2008

Etat membre	2005	2013	2020
Luxembourg	0,00	0,00	19,72
Pays-Bas	0,00	200,00	360,02
Pologne	0,00	336,55	336,55
Portugal	0,00	83,00	1.013,00
République Tchèque	0,00	75,00	100,00
Roumanie	0,00	0,00	0,00
Royaume-Uni	1.166,83	2.384,64	2.384,64
Slovaquie	0,00	0,00	0,00
Slovénie	0,00	0,00	180,50
Suède	1.600,00	1.600,00	1.600,00
Total UE27	10.677,50	19.094,64	29.690,04

Dans le cadre de la présente étude, des cartes du RTE de LGV ont été élaborées en tenant compte des projets mentionnés par les Etats membres en 2008.

De nombreux projets de développement du réseau transeuropéen de LGV sont soit réalisés et mis en service, soit en cours de construction, soit à l'étude ou planifiés pour une réalisation future. Ces projets ont été recensés dans le cadre de cette étude. Les données ont fait l'objet d'un traitement afin de pouvoir les présenter sous forme de cartes schématiques via un système d'information géographique.

Ces cartes ont été élaborées aux horizons suivants: 2008, 2010, 2015, 2020.

L'étendue du réseau résultant de cette étude est mentionnée dans le tableau suivant. Les longueurs des lignes à grande vitesse sont celles provenant du système d'information géographique.

#### **Longueur des lignes à grande vitesse réalisées dans l'Union européenne par catégorie de lignes et par horizon (km)**

Catégories de LGV	Longueur du réseau RTE LGV en 2008 (km)	Longueur du réseau RTE LGV en 2010 (km)	Longueur du réseau RTE LGV en 2015 (km)	Longueur du réseau RTE LGV en 2020 (km)	Longueur du réseau RTE LGV complet (>2020) (km)
I	5.583	6.359	11.343	15.028	21.023
II	3.971	4.205	5.204	7.115	9.728
Total I et II	9.554	10.564	16.547	22.143	30.751
III	139	169	298	1.055	1.104
Total RTE-T LGV	9.693	10.733	16.845	23.198	31.855

On constate ce qui suit sur la base de ce tableau.

- L'étendue du réseau en 2008 est de 9.693 km dont 5.583 km de lignes de catégorie I. Ce chiffre est du même ordre de grandeur que celui publié par Eurostat pour les lignes à grande vitesse  $V \geq 250$  km/h (5.540 km en 2007).
- L'étendue du réseau prévu en 2020 est de 23.198 km pour les lignes de catégorie I, II et III, ce qui représente une différence de près de 6.500 km par rapport au RTE LGV dont la longueur prévue en 2020 était de 29.690 km.
- Le réseau RTE LGV complet atteindra une longueur de 31.855 km, dont 21.023 km de lignes de catégorie I. Cette étendue sera atteinte après 2020.

Les cartes au niveau de l'Union européenne sont présentées ci-après.

Elles mentionnent notamment:

- La situation des projets de LGV, à savoir:
  - Tronçons réalisés ("completed")
  - Tronçons en construction ("under construction")
  - Tronçons en cours d'étude ou planifiés ("planned")
- La catégorie de LGV:
  - catégorie I: lignes spécialement construites pour la grande vitesse, équipées pour des vitesses généralement égales ou supérieures à 250 km/h;
  - catégorie II: lignes spécialement aménagées pour la grande vitesse, équipées pour des vitesses de l'ordre de 200 km/h;
  - catégorie III: lignes spécialement aménagées pour la grande vitesse à caractère spécifique en raison de contraintes topographiques, de relief ou d'environnement urbain, dont la vitesse doit être adaptée cas par cas. Cette catégorie comporte aussi les lignes d'interconnexion entre les réseaux à grande vitesse et conventionnel, les traversées de gares, les accès aux terminaux, aux dépôts, etc., qui sont parcourues à vitesse conventionnelle par du matériel roulant "grande vitesse".





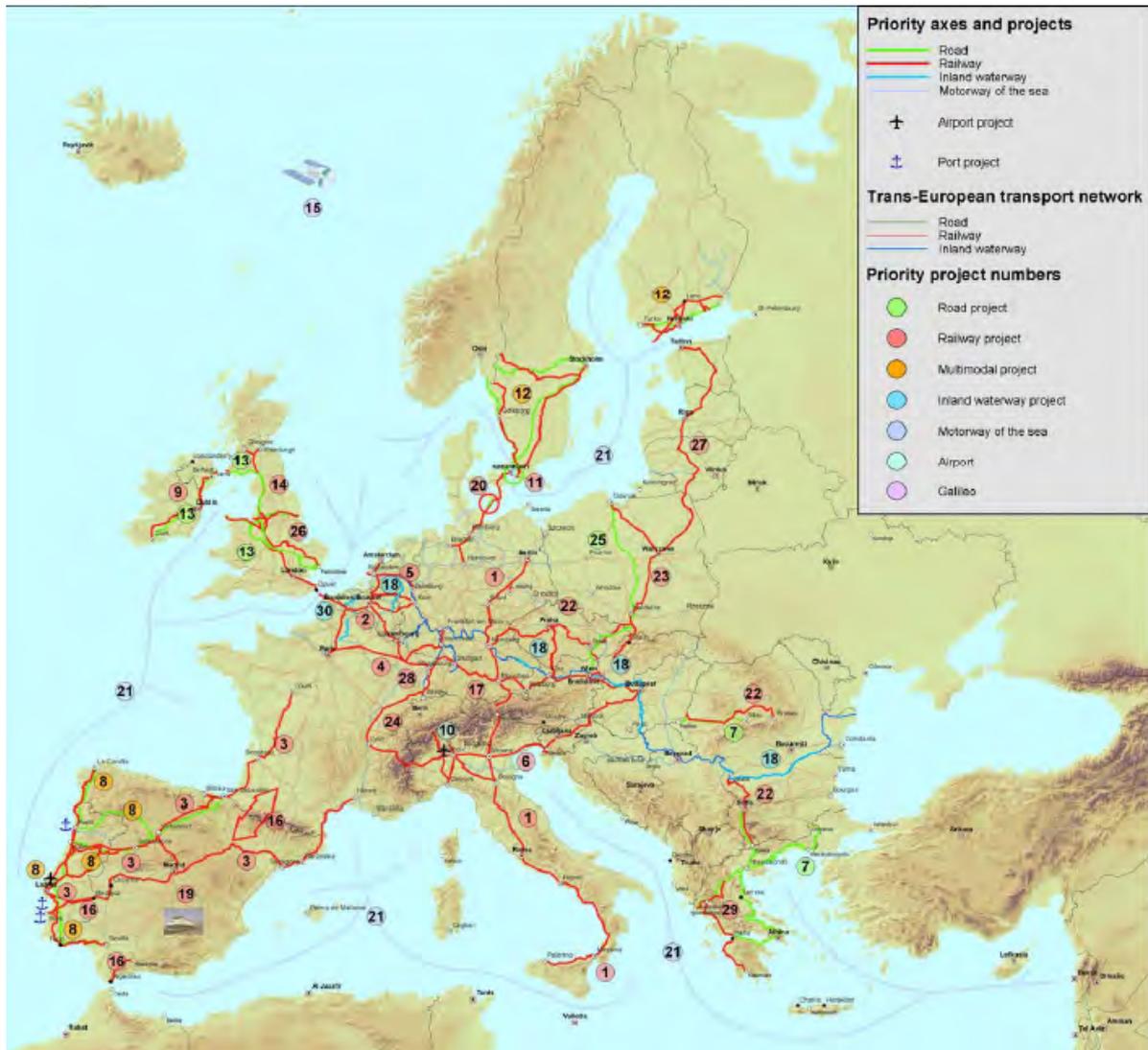




## 9. INVESTISSEMENTS

### 9.1 INVESTISSEMENTS DANS LES LGV

Le montant des investissements dans les LGV en Europe a été estimé à partir des données relatives aux réseaux transeuropéens de transport, disponibles auprès de la DG TREN.



Parmi les 30 axes prioritaires du RTE-T représentés sur la carte ci-dessus, 14 axes concernent entièrement ou partiellement des lignes ferroviaires à grande vitesse. Il s'agit des axes suivants.

Numéro d'axe	Axe prioritaire
1	Axe ferroviaire Berlin-Vérone/ Milan-Bologne-Naples-Messine-Palermo
2	Axe ferroviaire à grande vitesse Paris-Bruxelles-Cologne/ Amsterdam/Londres
3	Axe ferroviaire à grande vitesse du sud-ouest de l'Europe
4	Axe ferroviaire à grande vitesse Est
6	Axe ferroviaire Lyon-Trieste-Divača/ Koper-Divača-Ljubljana-Budapest – frontière ukrainienne
12	Axe ferroviaire/ routier triangulaire nordique
14	Ligne principale de la côte ouest
16	Axe ferroviaire de fret Sines/ Algeciras-Madrid-Paris
17	Axe ferroviaire Paris-Strasbourg-Stuttgart-Vienne-Bratislava
19	Interopérabilité des lignes à grande vitesse dans la péninsule ibérique
20	Axe ferroviaire du détroit de Fehmarn
22	Axe ferroviaire Athènes-Sofia-Budapest-Vienne-Prague-Nuremberg/Dresde
24	Axe ferroviaire Lyon/ Gênes-Bâle-Duisbourg-Rotterdam/ Anvers
28	"Eurocaprail" sur l'axe ferroviaire Bruxelles-Luxembourg-Strasbourg

Le coût d'investissement des sections à grande vitesse de ces 14 axes s'élève à 269 milliards d'euros à des prix de 2006.

Ces investissements se répartissent comme suit dans le temps:

- 84,5 milliards d'euros avant le 1/1/2007,
- 101,1 milliards d'euros au cours de la période 2007-2013,
- 83,2 milliards d'euros après 2013.

La contribution communautaire à ces projets s'est élevée à 10,69 milliards d'euros avant le 1/1/2007 et sera de 8,34 milliards d'euros au cours de la période 2007-2013. La BEI a octroyé des prêts à hauteur de 9,9 milliards d'euros avant le 1/1/2007 pour ces projets et il est prévu qu'elle accorde des prêts pour un montant total de l'ordre de 10 à 15 milliards d'euros au cours de la période 2007-2013.

Les coûts moyens d'investissement des sections à grande vitesse aux prix de 2006 peuvent être estimés comme suit sur la base des données par axe prioritaire: les tunnels de base transalpins ont un coût moyen de l'ordre de 100 millions d'euros par km; les autres sections ferroviaires à grande vitesse des projets prioritaires ont un coût moyen de l'ordre de 16 millions d'euros par km.

## 9.2 FINANCEMENT DES INVESTISSEMENTS DE LGV

En Europe, les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires prévus par la Directive 91/440 sont propriétaires des infrastructures de LGV. Les opérateurs des services à grande vitesse, sociétés publiques ou privées, sont propriétaires du matériel roulant ferroviaire.

Un grand nombre de projets de LGV ont été initiés et financés par le secteur public en Europe. C'est le cas notamment en France pour les LGV Sud-est, Méditerranée, Est européenne ou Rhin-Rhône, ainsi qu'en Belgique, en Allemagne, en Espagne ou en Italie.

Ces projets ont été financés par les Etats et généralement avec le concours des régions et des collectivités locales concernées, ainsi qu'avec la participation de l'Union Européenne au travers d'interventions des budgets du RTE-T et des fonds structurels et de cohésion.

La BEI est également intervenue dans le financement de plusieurs de ces projets en octroyant des prêts.

Une tendance est progressivement apparue au développement de partenariats publics-privés (PPP) pour le financement, la réalisation et l'exploitation de tronçons de LGV. Souvent, ces PPP prennent la forme de concessions. Le principe de la concession est que l'autorité publique fait appel à des prestataires privés pour concevoir, financer, réaliser, entretenir et exploiter une LGV. Le concessionnaire est rémunéré directement auprès des usagers de l'infrastructure, à savoir les opérateurs ferroviaires qui y exploitent des trains à grande vitesse et qui lui paient un droit d'utilisation de cette infrastructure sous forme de péages. Dans certains cas, une contribution publique peut également être versée au concessionnaire. La durée de la concession est déterminée selon les projets, mais elle est généralement longue, de l'ordre de 30 à 50 ans.

Des exemples de projets de LGV réalisés sous forme de PPP sont notamment les suivants: le tunnel sous la Manche et la LGV entre Folkestone et Londres, la liaison ferroviaire Perpignan-Figueras, la HSL aux Pays-Bas, le réseau de télécommunications GSM-R en France.

De nouveaux projets de LGV sont également en préparation, qui auront recours à différentes formules de PPP. Il s'agit notamment des projets suivants: la LGV Sud Europe Atlantique (Tours-Bordeaux) et le contournement de Nîmes et de Montpellier en France, le tunnel de base de la liaison ferroviaire Lyon-Turin, le réseau de LGV au Portugal (liaisons Lisbonne-Madrid, y compris le troisième pont sur le Tage, Lisbonne-Porto et Porto-Vigo) et le système de signalisation et de télécommunications correspondant à ce réseau, etc.

# 10.IMPACT ENVIRONNEMENTAL

---

## 10.1 INTRODUCTION

L'impact environnemental des trains et des lignes à grande vitesse sera abordé dans cette partie de l'étude sous forme de comparaison de ce mode de transport par rapport aux modes concurrents.

Les aspects abordés sont les suivants:

- La consommation d'énergie,
- Les émissions de CO<sub>2</sub>,
- La pollution locale
- Le bruit
- La consommation d'espace.

### Remarques concernant les données utilisées dans ce chapitre

- D'une manière générale, l'objet de l'étude est de présenter une vision d'ensemble du réseau transeuropéen de LGV sans réaliser une étude approfondie dans tous les domaines abordés. En ce qui concerne l'impact environnemental du réseau ferroviaire à grande vitesse, l'étude se base sur des données disponibles ou à défaut sur des estimations effectuées par le consultant dans le cadre de cette étude.
- Les données relatives à la demande de transport de passagers (voir chapitre 6) qui sont utilisées dans le cadre de l'analyse de l'impact environnemental sont des estimations basées sur certaines hypothèses et évolutions tendancielle. Toutefois, des calculs basés sur une analyse plus approfondie de la demande, qui feraient notamment intervenir un modèle de prévision de la demande au niveau du réseau transeuropéen de LGV, pourraient permettre ultérieurement d'affiner les données.
- L'analyse de l'impact environnemental présentée dans ce chapitre concerne le trafic de passagers en trains à grande vitesse. En ce qui concerne les lignes à grande vitesse mixtes, qui accueillent du trafic de passagers et de fret, le bénéfice du report modal du transport de fret de la route et de l'aérien vers le chemin de fer n'a pas été pris en compte dans cette étude.

## 10.2 CONSOMMATION D'ENERGIE

L'énergie électrique nécessaire à l'alimentation des trains à grande vitesse est produite à partir de différentes sources qui se répartissent dans des proportions variables entre les différents Etats membres.

Les modes routier et aérien consomment essentiellement des carburants dérivés du pétrole, qui génèrent des émissions directement à partir des véhicules.

Ces points sont développés ci-dessous.

## 10.2.1 Production d'électricité

Les facteurs d'émission de la production d'électricité dépendent essentiellement de la combinaison des sources d'énergie et de l'efficacité de la production<sup>64</sup>. La quantification des impacts environnementaux de l'électricité se heurte en pratique à la difficulté de la traçabilité des sources de l'énergie utilisée. Il faut notamment tenir compte des spécificités suivantes:

- Chaque Etat membre en Europe produit son électricité selon une combinaison de sources d'énergie qui lui est propre;
- La répartition par source de la production d'électricité varie selon les heures de la journée et selon les saisons;
- La libéralisation du marché de l'énergie a conduit à une internationalisation des approvisionnements ce qui rend plus difficile la détermination de la combinaison des sources d'énergie utilisée.

Le calculateur développé pour l'UIC a utilisé les valeurs pour la combinaison d'énergie de la production électrique provenant de Railenergy/ UIC 2007<sup>6465</sup>.

Ces proportions sont représentées dans le tableau et les graphiques suivants, pour les Etats membres qui disposent actuellement de LGV.

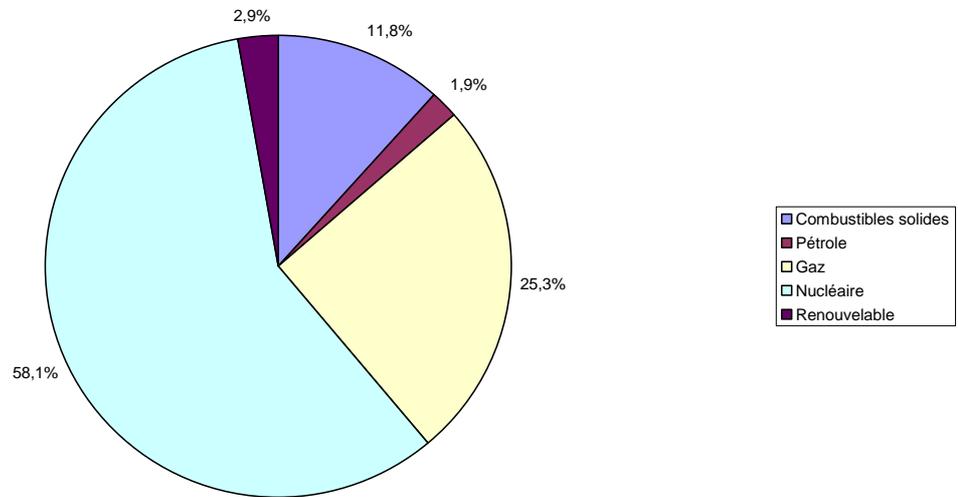
### Ventilation par origine de la consommation électrique des chemins de fer en 2005

Etat membre	Combustibles solides	Pétrole	Gaz	Nucléaire	Renouvelable	Total
BE Belgique	11,8%	1,9%	25,3%	58,1%	2,9%	100,0%
DE Allemagne	54,0%	0,1%	8,3%	26,7%	10,9%	100,0%
ES Espagne	38,0%	3,8%	18,3%	21,5%	18,4%	100,0%
FR France	4,5%	1,8%	3,2%	85,8%	4,7%	100,0%
IT Italie	33,8%	10,0%	41,5%	0,0%	14,7%	100,0%
UK Royaume Uni	37,0%	1,0%	37,0%	20,0%	5,0%	100,0%

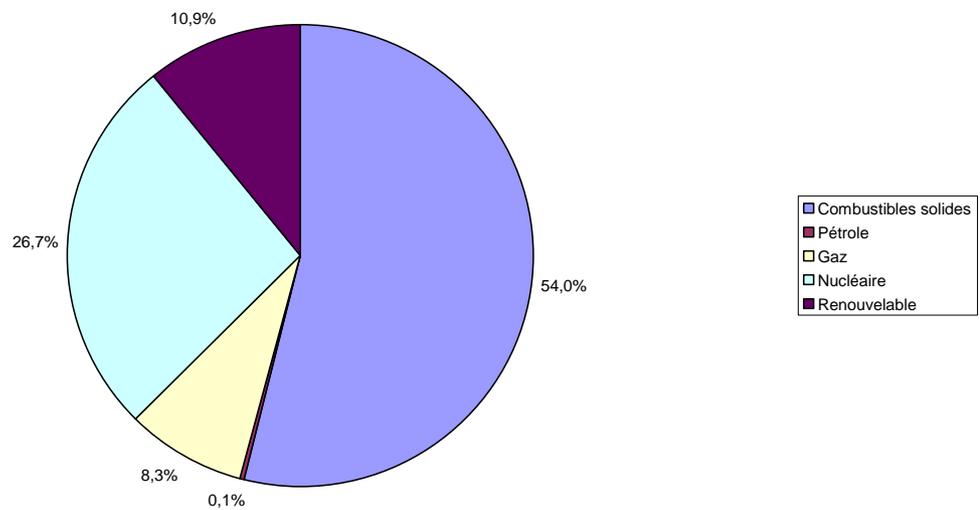
<sup>64</sup> Source: EcoPassenger, Environmental Methodology and Data Final Report, Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg, June 2008

<sup>65</sup> Source: Rail Transport and Environment, Facts and figures, UIC - CER, June 2008

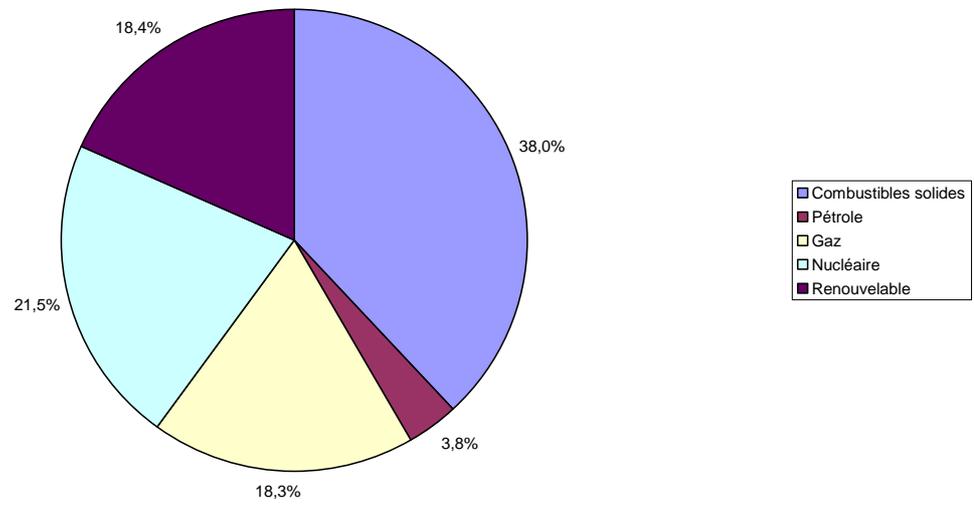
Belgique



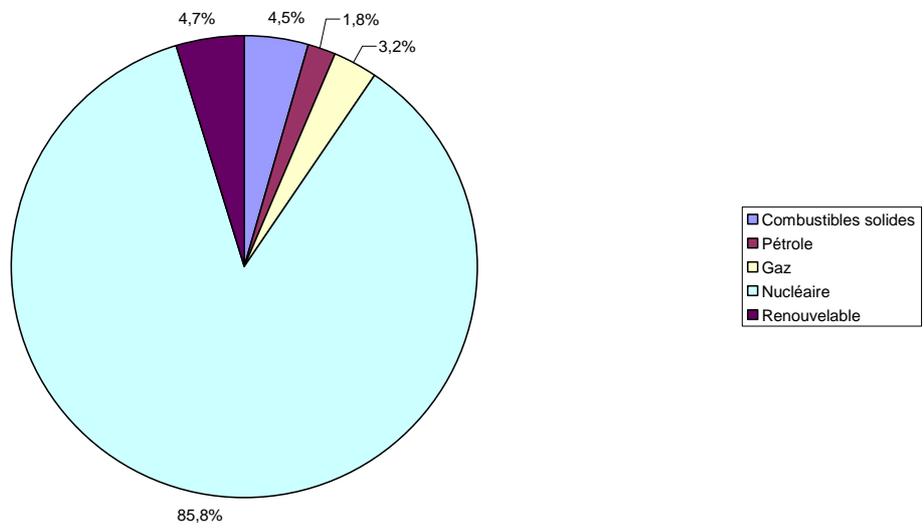
Allemagne



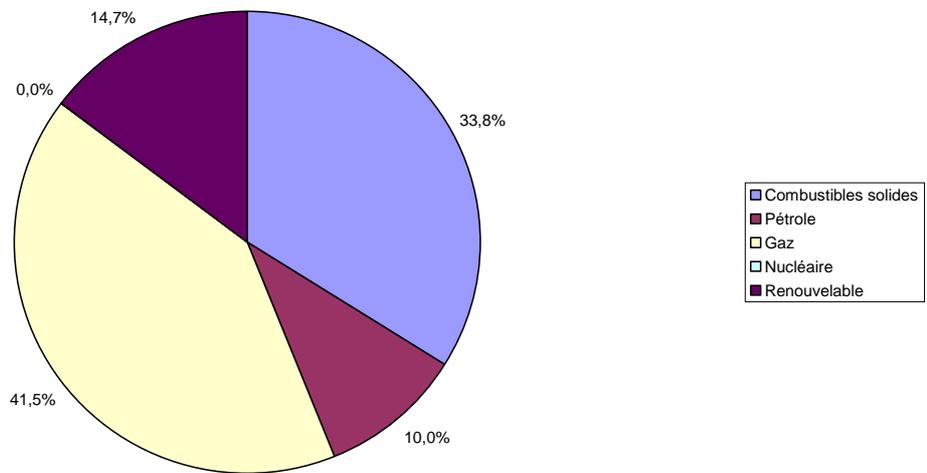
Espagne



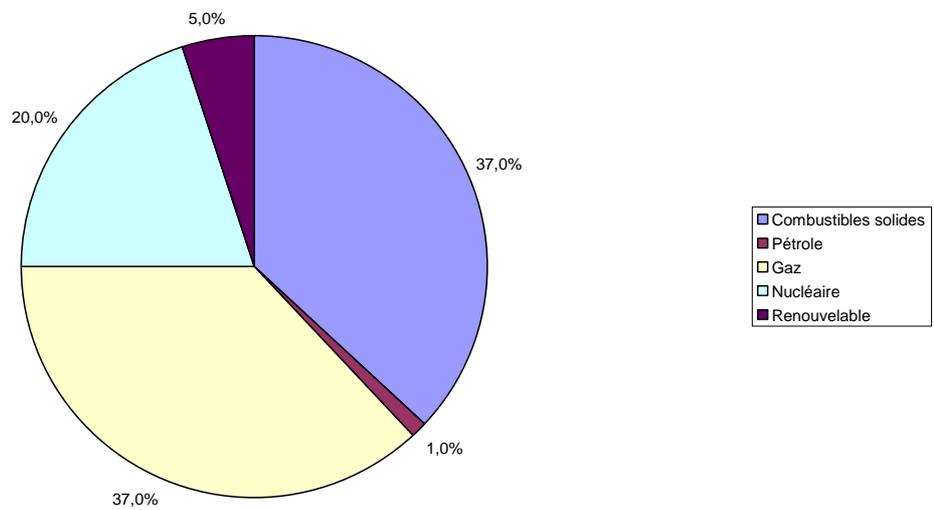
France



Italie



Royaume Uni



## 10.2.2 Quantité d'énergie consommée par mode

### 10.2.2.1 Chemin de fer

La consommation moyenne d'énergie pour les différents types de trains en Europe est présentée dans les tableaux suivants<sup>64</sup>.

#### Consommation moyenne d'énergie des trains en Europe par passager.km

Energie électrique: Wh/Passager.km			Diesel: g/Passager.km	
Grande vitesse	Intercité	Régional, suburbain	Intercité	Régional, suburbain
70	76	125	22	27

Source: Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH: élaboration à partir de données UIC 2007

N.B. Une valeur spécifique par passager-km pour différents types de services ferroviaires ont été utilisées en Allemagne, Belgique, Espagne, Finlande, France, Italie, Royaume-Uni et Suède. Ces valeurs incluent les taux de remplissage des trains spécifiques à chaque pays et type de service.

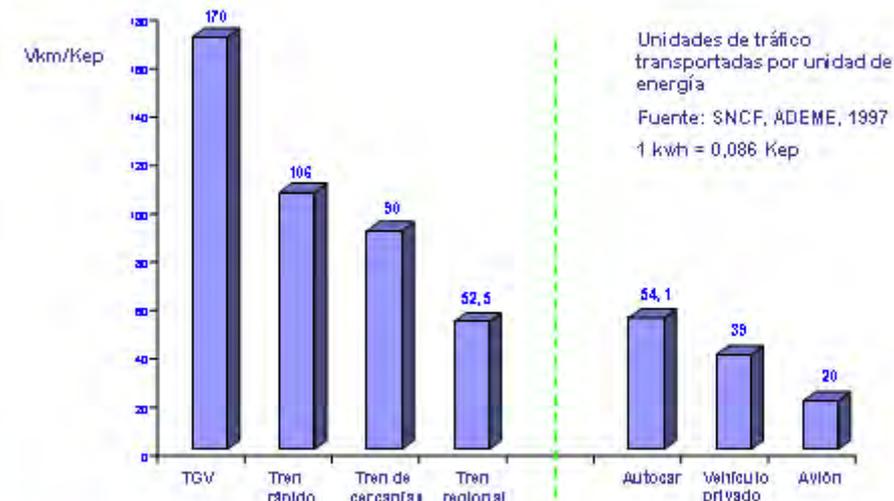
#### Consommation moyenne d'énergie des trains en Europe par place.km

Energie électrique: Wh/Place.km			Diesel: g/ Place.km	
Grande vitesse	Intercité	Régional, suburbain	Intercité	Régional, suburbain
39	35	33	8,3	6,4

Source: Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH: élaboration à partir de données UIC 2007

Des données provenant d'autres sources confirment que la consommation d'énergie par voyageur transporté en train à grande vitesse est nettement inférieure par rapport à celle des autres modes de transport concurrents, comme l'illustre le graphique suivant.

## Eficacia energética



Source: Alta Velocidad, Iñaki Barrón de Angoitia, Director de Alta Velocidad (UIC), exposé à E.T.S. Ingenieros de Caminos UPC, Barcelone, 12 février 2008

Légende: Efficacité énergétique: Unités de trafic transportées par unité d'énergie, Source: SNCF, ADEME. Modes de transport en abscisse: TGV, train rapide, train de banlieue, train régional, autocar, véhicule privé, avion.

Par ailleurs, dans son rapport "Climate for a transport change"<sup>66</sup>, l'Agence Européenne de l'Environnement mentionne que, bien que les émissions du mode ferroviaire soient réduites suite à l'utilisation de nouvelles lignes qui diminuent le besoin d'accélération et de freinage, la consommation d'énergie du mode ferroviaire augmente exponentiellement à grande vitesse. Par exemple, une augmentation de vitesse de 225 km/h à 350 km/h sur une ligne à grande vitesse entre Londres et Edimbourg peut réduire le temps de parcours de 45 minutes mais peut également doubler la consommation d'énergie.

Cette dernière donnée n'est pas partagée Alberto García Álvarez<sup>67</sup>, de la Fondation des chemins de fer espagnols dont l'analyse est la suivante:

- On ne peut affirmer que la consommation d'énergie du train à grande vitesse (à 300 km/h) soit significativement différente du train conventionnel amélioré (circulant à des vitesses maximales de 200 km/h), dans des conditions homogènes de service;
- Le train à grande vitesse face au train conventionnel amélioré aura tendance à avoir une consommation supérieure pour vaincre la résistance aérodynamique, mais consommera moins pour les services auxiliaires (en raison du temps de parcours moindre) et

<sup>66</sup> Source: "Climate for a transport change", TERM 2007: indicators tracking transport and environment in the European Union, European Environment Agency, Copenhagen, 2008

<sup>67</sup> Source: "El tren de alta velocidad no es un depredador de energía", Alberto García Álvarez, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, in DYNA, juin 2005, pages 33-38

dissipera moins d'énergie au freinage aux points de réduction de vitesse et dans les pentes;

- Les lignes à grande vitesse ont un tracé plus direct que les lignes conventionnelles, ce qui implique une réduction de parcours de 3 à 10% par rapport à ces dernières et une moindre résistance à l'avancement dans les courbes;
- Par ailleurs, le moindre temps de parcours d'un train à grande vitesse vis-à-vis d'un train conventionnel suppose que le train peut capter une part importante de voyageurs utilisant le transport aérien, ce qui conduit à une répartition modale plus efficace d'un point de vue énergétique.

### 10.2.2.2 Voiture particulière

La consommation d'énergie et les émissions des voitures particulières diffèrent selon le type de véhicule, le type de route (urbaine, interurbaine, autoroute), etc. Les paramètres pris en compte dans le modèle développé par l'Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH sont: la vitesse moyenne (qui est liée au type de route), le kilométrage moyen de la flotte de véhicules, la catégorie environnementale des véhicules, ainsi que les suppléments d'émissions dus aux démarrages à froid.

### 10.2.2.3 Avion

A titre d'exemple, la consommation d'énergie pour différents types d'avions et classes de distances, en grammes par place.km, est présentée dans le tableau suivant. Ces données sont prises en compte dans le modèle développé par l'Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH.

#### Consommation d'énergie pour différents types d'avions et classes de distances, en grammes par place.km

Classes de distances	A320	B737-300	B737-500	Moyenne
250 km	29	35	43	35
500 km	25	30	37	31
750 km	22	27	33	27
1000 km	20	24	30	25
Nombre de places	150	128	103	127

## 10.3 EMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

### 10.3.1 Données de référence

Différentes sources fournissent des données de référence d'émissions de CO<sub>2</sub> par mode de transport.

Les critères essentiels à prendre en compte dans la comparaison des données disponibles sont la taille et le type de véhicule, le type de parcours, le taux d'occupation moyen des véhicules ainsi que l'intensité de carbone qui résulte des sources utilisées pour la production d'électricité qui alimente les chemins de fer.

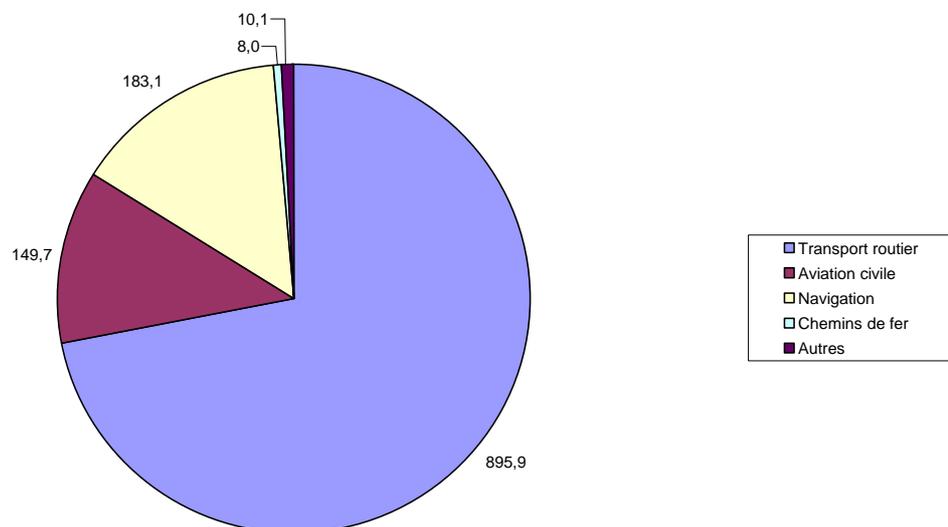
#### A Eurostat – European Environment Agency

Les données suivantes permettent de situer les émissions de CO<sub>2</sub> des transports ferroviaires par rapport aux autres modes de transport.

En 2005, les émissions de CO<sub>2</sub> des transports ferroviaires dans l'UE-27 représentaient 8 millions de tonnes sur un total de 1 246,9 millions de tonnes pour l'ensemble du secteur des transports, soit 0,6%.

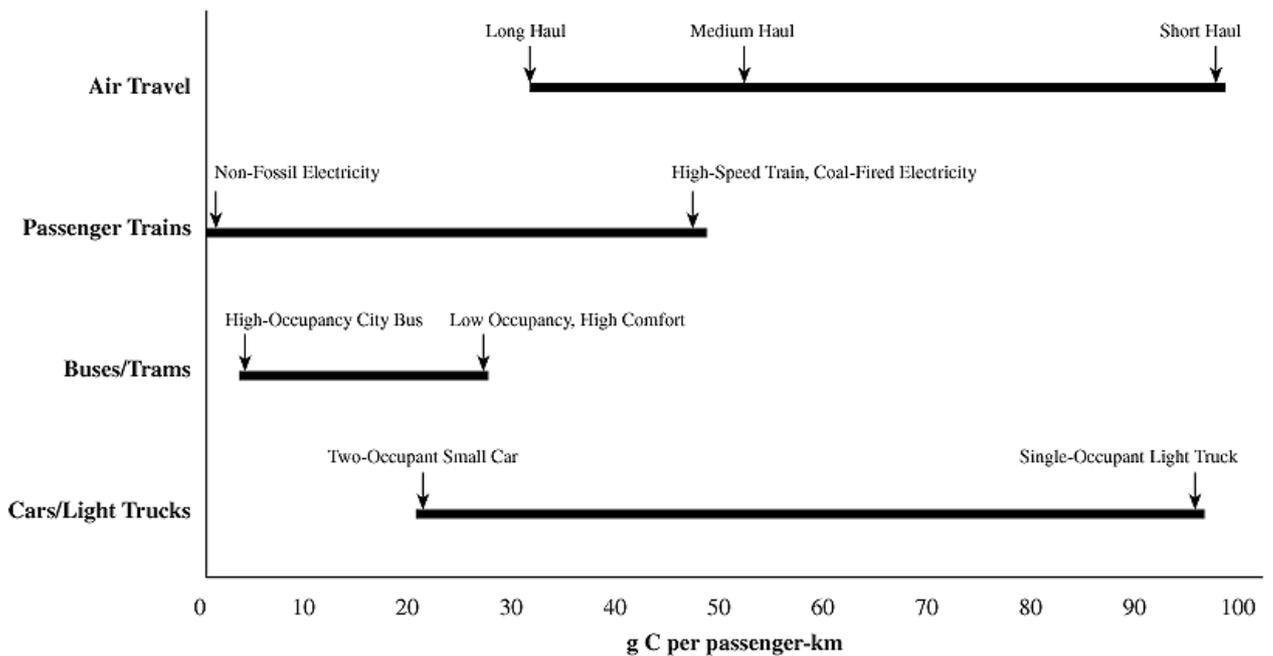
Les émissions de CO<sub>2</sub> par mode de transport sont représentées dans le graphique suivant.

Emissions de CO<sub>2</sub> par mode de transport - EU-27 (millions de tonnes)



**B Etude du GIEC (IPCC): Special Report on Aviation and the Global Atmosphere<sup>68</sup>**

Le graphique ci-dessous montre les plages d'émissions de CO<sub>2</sub> par mode de transport, extrait d'une étude du GIEC (IPCC en anglais). Pour les trains de voyageurs, les émissions de CO<sub>2</sub> peuvent s'étendre sur une plage de 0 à de l'ordre de 50g de carbone<sup>69</sup> par passager.km selon la source de l'énergie électrique utilisée. Les valeurs minimales correspondent à des trains alimentés avec de l'électricité produite par de l'énergie non fossile, tandis que les valeurs maximales correspondent à des trains à grande vitesse alimentés avec de l'électricité produite par une centrale au charbon.



**C ADEME**

L'Agence française de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie fournit une comparaison des émissions de CO<sub>2</sub> par mode de transport (avion, voiture, train à grande vitesse) sur le trajet Paris-Marseille. Les résultats sont présentés ci-dessous.

<sup>68</sup> IPCC Special Report on Aviation and the Global Atmosphere: Carbon emissions of passenger transport, Figure 8-4: CO<sub>2</sub> intensity of passenger transport, Cambridge University Press, UK, 1999

<sup>69</sup> 1 gramme de carbone est équivalent à 3,67 g de CO<sub>2</sub>

 <b>Comparaison de émissions de CO2</b> <b>Trajet Paris - Marseille</b>				
	Paris -Marseille	avion 	voiture (2 personnes à bord) 	train TGV 
Données de base	distance commerciale en Km	634	769 <i>dont 763 sur autoroute dont 6 sur route</i>	750
	consommation par véhicule	4038 L / vol	49 kep	17,3 Mwh
	nombre moyen de passager par véhicule	122	2	400
Consommation et émissions de CO2 équivalence énergie primaire	conso en tep <i>équivalence énergie primaire</i>	3,9	0,1	3,8
	émission de CO2 (kg) <i>équivalence énergie primaire</i>	11823	179	692
	efficacité énergétique <i>gép (primaire) / voy-km</i>	51	37	13
	consommation <i>kep (primaire) / voyageur</i>	32,2	28,8	9,6
	<b>Efficacité environnementale</b> Kg CO2 / voyageur	<b>97</b>	<b>89</b>	<b>2</b>

Sur la base de ces données, le calcul suivant a été effectué pour le trajet Paris-Marseille en France:

Emissions de CO<sub>2</sub> par voyageur-km (g CO<sub>2</sub>/ voyageur-km) sur le trajet Paris-Marseille

Avion	Voiture	Train à GV
153,0	115,7	2,7

## D Site internet de Thalys

Le site internet de Thalys mentionne que "Thalys est beaucoup moins polluant que l'avion ou la voiture pour plusieurs raisons:"

- "Une consommation exclusive d'énergie électrique davantage respectueuse de l'environnement.
- Une grande capacité de transport
- Une faible résistance au roulement du contact roue/rail : à distance identique, déplacer une masse d'une tonne sur rails consomme nettement moins d'énergie que sur route.
- Un taux d'occupation particulièrement élevé: par exemple de 71,60% entre Paris et Bruxelles"

"Si on se focalise sur les émissions de gaz à effet de serre, le bilan est le suivant":

#### Emission spécifique en kg de CO<sub>2</sub> par voyageur et par trajet simple

	Thalys	Voiture	Avion
Paris-Bruxelles	5,6	33,2	59,0
Paris-Amsterdam	12,1	55,1	75,1
Paris-Cologne	12,2	53,1	74,1

"Chiffres calculés à partir de valeurs moyennes et fournis à titre indicatif (Source: Ecopassenger UIC)"

## E Site internet d'Eurostar

Le site internet d'Eurostar mentionne que la principale conclusion d'une étude réalisée pour son compte est qu'"un voyage en avion entre Paris, Bruxelles et Londres génère dix fois plus d'émissions de gaz à effet de serre CO<sub>2</sub> qu'un voyage en Eurostar."

"Cette étude a été menée par un consortium indépendant, Paul Watkiss Associates et AEA Technology Environment. La méthode utilise des données détaillées sur les provisions d'électricité, les émissions de centrale électrique et pertes de transmissions ; les facteurs de chargement d'Eurostar et des compagnies aériennes ; et la variété de types et d'émissions des appareils aériens et moteurs."

Les résultats de cette étude sont les suivants:

Voyage/ Mode de transport	Kg de CO <sub>2</sub> par voyage par passager (aller-retour)	g de CO <sub>2</sub> par passager.km
<b>Aller-retour Paris-Londres</b>		
Trajet en avion (Heathrow)	122	168
Eurostar	10.9	11
<b>Aller-retour Bruxelles-Londres</b>		
Trajet en avion (Heathrow)	160	219
Trajet en avion (Gatwick)	222	322
Eurostar	18.3	24.3

## F Site internet de la SNCF

Sur son site internet, la SNCF propose l'EcoComparateur, développé en collaboration avec l'ADEME. Cet outil permet de comparer les offres des différents modes de transports proposés sur le site pour des destinations desservies par le train, en France et en Europe proche: avion, train, voiture et de prendre en considération plusieurs critères pour faire le meilleur choix possible: la durée du transport, le coût et son impact sur l'environnement (le calcul des émissions de gaz carbonique est issu de moyennes: les résultats doivent donc être interprétés comme des estimations du poids relatif des différents modes de transport).

Les valeurs de référence en matière d'émission de CO<sub>2</sub> sont les suivantes:

Mode de transport	Indicateur climatique	Valeur de l'indicateur
<b>Voiture particulière (valeurs moyennes)</b>		
Essence	g CO <sub>2</sub> / km	210,9
Diesel	g CO <sub>2</sub> / km	213,4
<b>Avion</b>		
Court courrier (<= 1000 km)	g CO <sub>2</sub> / voyageur.km	148
Moyen courrier (> 1000 km)	g CO <sub>2</sub> / voyageur.km	134
<b>Train (électrique)</b>		
Train à Grande Vitesse	g CO <sub>2</sub> / voyageur.km	2,6
Train rapide national	g CO <sub>2</sub> / voyageur.km	3,0
Train express régional	g CO <sub>2</sub> / voyageur.km	5,1
<b>Train (électrique + diesel)</b>		
Train à Grande Vitesse	g CO <sub>2</sub> / voyageur.km	2,6
Train rapide national	g CO <sub>2</sub> / voyageur.km	13,0
Train express régional	g CO <sub>2</sub> / voyageur.km	37,4

NB: Pour obtenir les émissions de CO<sub>2</sub> par personne pour une voiture particulière, il suffit de diviser la valeur de l'indice environnement par le nombre de voyageurs.

## 10.3.2 Analyse des données de référence et détermination de valeurs moyennes

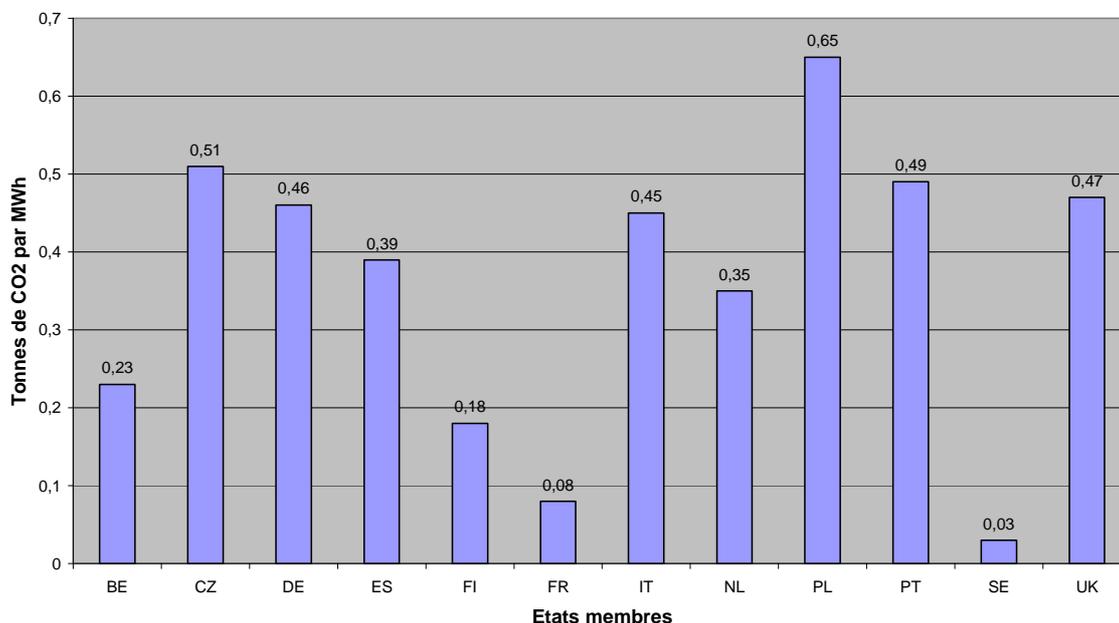
### 10.3.2.1 Chemin de fer à grande vitesse

#### A Situation actuelle

Comme déjà mentionné précédemment, l'énergie électrique qui alimente les trains à grande vitesse est produite à partir de différentes sources qui se répartissent dans des proportions variables entre les Etats membres. En conséquence, l'intensité de carbone liée à la production électrique est également variable entre les différents Etats membres.

L'indicateur d'intensité de carbone par Etat membre disposant de LGV actuellement ou en projet, est présenté dans le graphique ci-dessous pour 2005<sup>70</sup>. Ces données sont exprimées en tonnes de CO<sub>2</sub> par MWh de production électrique.

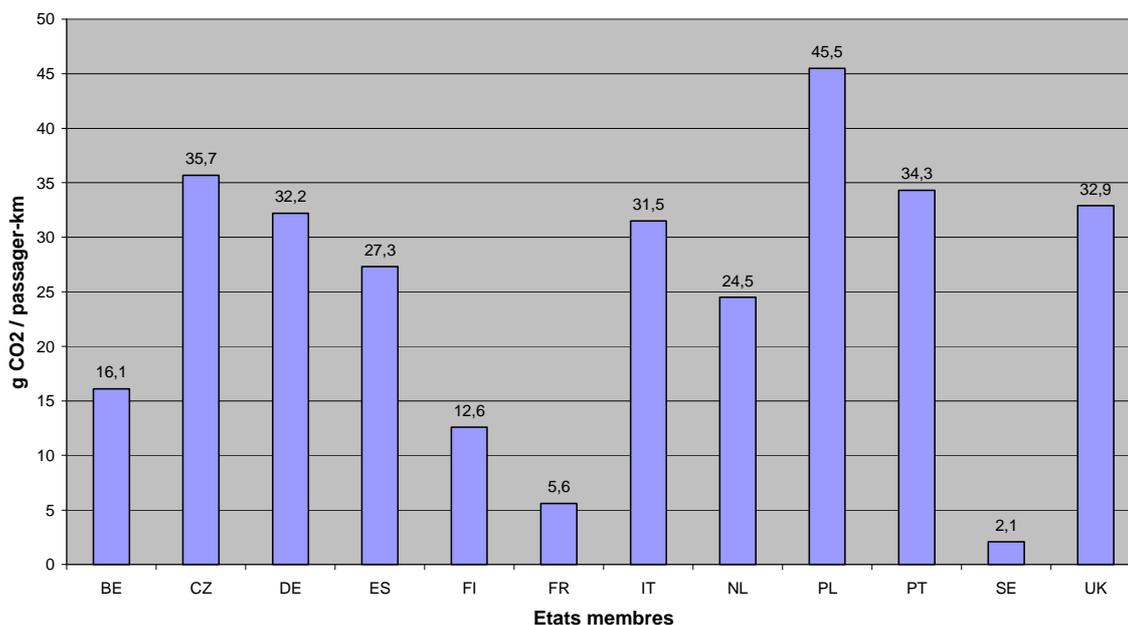
Indicateur d'intensité de carbone en 2005 par Etat membre



Les émissions de CO<sub>2</sub> des trains à grande vitesse ont été calculées en utilisant les données qui précèdent pour tenir compte de l'intensité de CO<sub>2</sub> dans l'énergie générée dans chaque Etat membre ainsi que d'une consommation moyenne de 70 Wh par passager-km de trains à grande vitesse (voir point 10.2.2.1).

Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessous pour l'année 2005.

<sup>70</sup> Source: Etude réalisée pour la DG Environnement: "Model-based analysis of the 2008 EU policy package on climate change and renewables", P. Capros, L. Mantzos, V. Papandreou, N. Tasios, Primes model – E3MLab/ NTUA, June 2008, Annexe: Summary energy balance and indicators, Baseline scenario

Emissions de CO<sub>2</sub> par passager-km en train à GV par Etat membre (2005)

Ce graphique illustre les grandes différences existant entre Etats membres en matière d'émissions de CO<sub>2</sub> par les trains à grande vitesse.

Ces données sont cohérentes avec les résultats de l'étude du GIEC (IPCC) présentés précédemment.

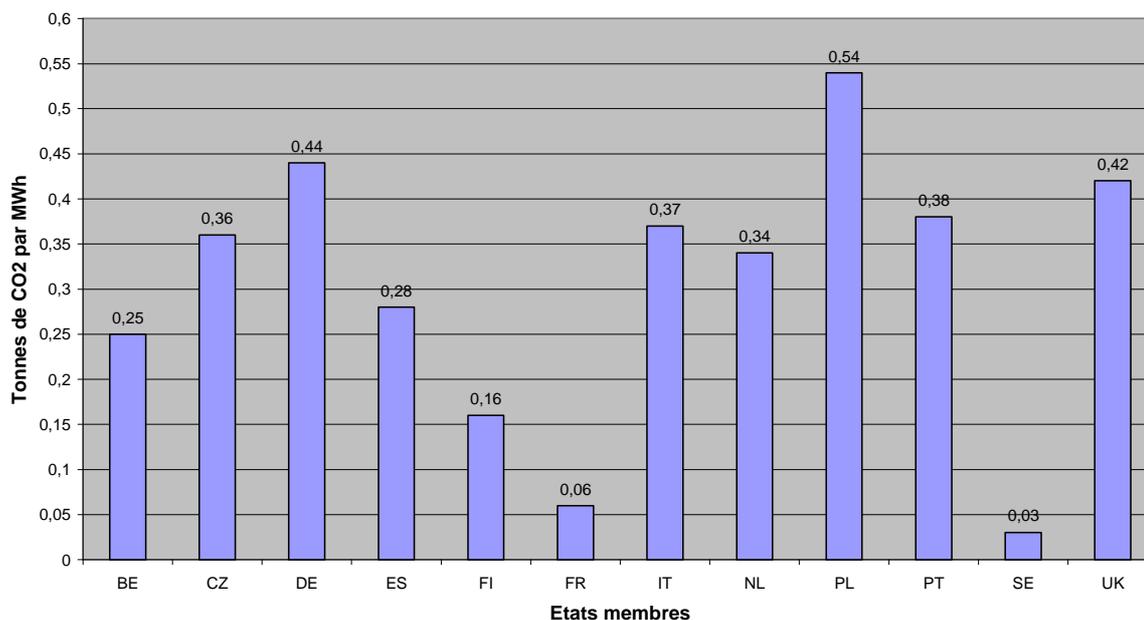
## B Evolution future

La DG Environnement de la Commission européenne a effectué une étude à l'occasion de la présentation de la stratégie "Climate action" de 2007 dans laquelle des prévisions à l'horizon 2020 pour plusieurs scénarios ont été effectuées, dont deux ont été considérés dans la présente étude:

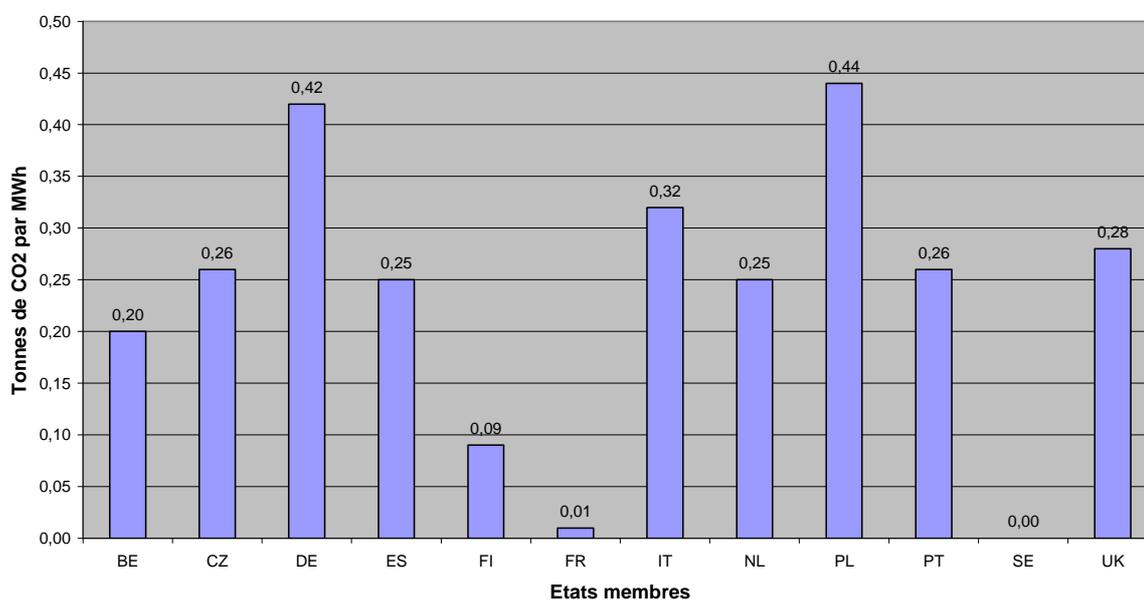
- un scénario de continuité "Baseline scenario" ou "Business-as-usual scenario" et
- un scénario volontariste "EC proposal with JI/CDM & RES trading" qui vise notamment à atteindre les objectifs de diminution des gaz à effet de serre et d'augmentation de la part des sources d'énergie renouvelable dans la demande finale d'énergie par Etat membre en 2020.

Les indicateurs d'intensité de carbone par Etat membre sont présentés dans les graphiques ci-dessous pour l'année 2020, pour les deux scénarios considérés. Ces données sont exprimées en tonnes de CO<sub>2</sub> par MWh de production électrique.

Indicateur d'intensité de carbone en 2020 par Etat membre - Baseline scenario



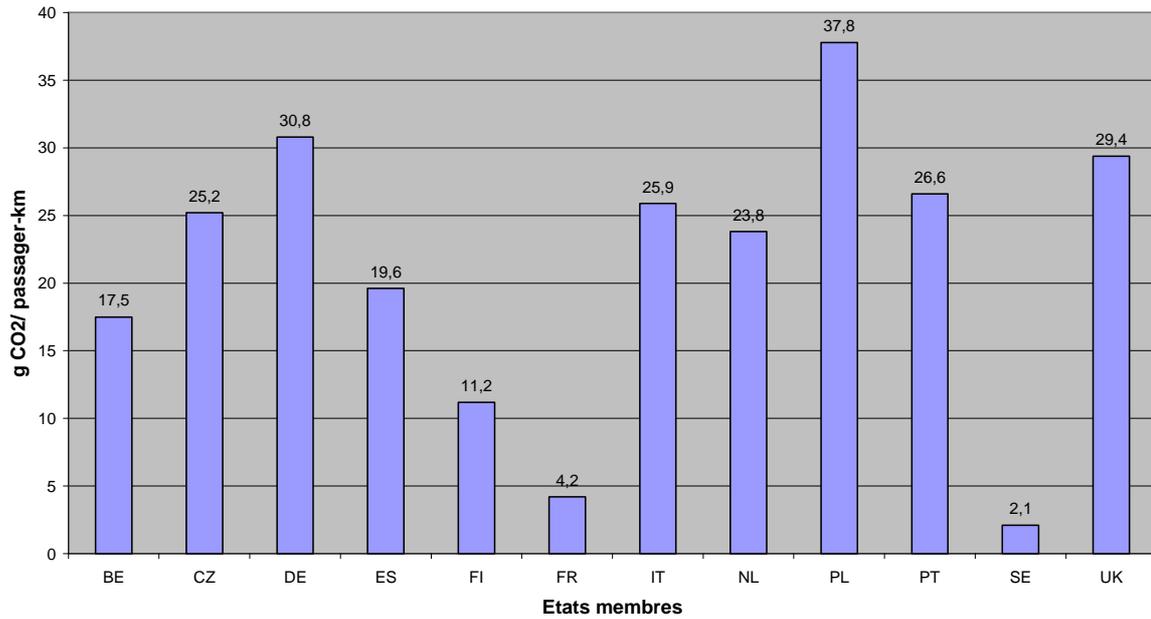
Indicateur d'intensité de carbone en 2020 par Etat membre - EC proposal with JI/CDM&amp;RES trading scenario



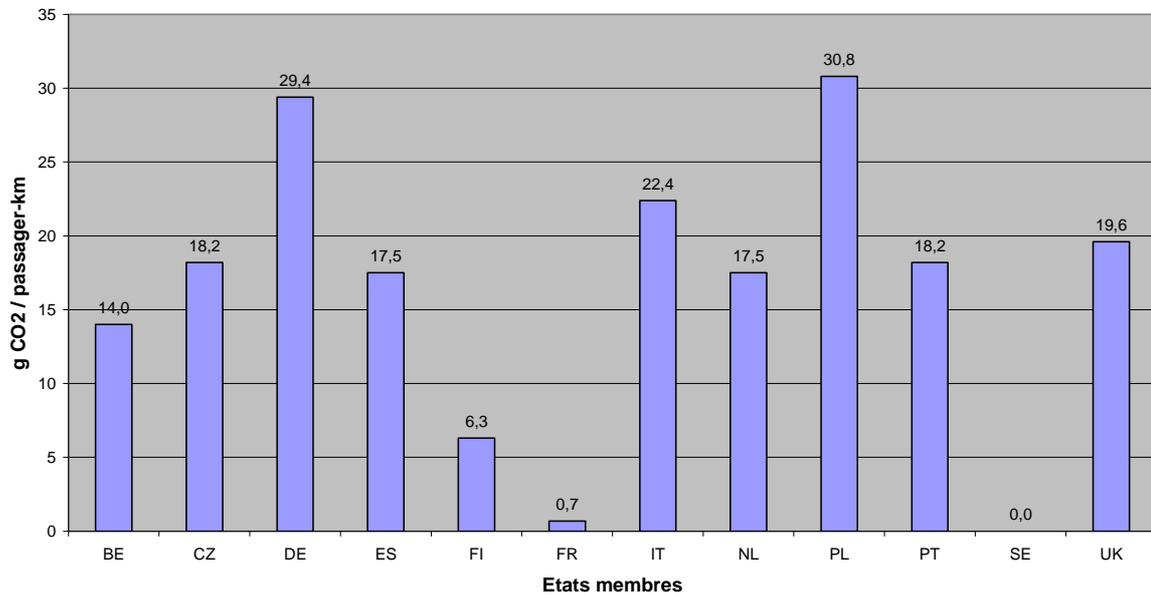
Les émissions de CO<sub>2</sub> des trains à grande vitesse ont été calculées comme précédemment, en tenant compte de l'intensité de CO<sub>2</sub> dans l'énergie générée dans chaque Etat membre ainsi que d'une consommation moyenne de 70 Wh par passager-km de trains à grande vitesse.

Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessous pour l'année 2020, pour les deux scénarios considérés.

Emissions de CO2 par passager-km en train à GV par Etat membre (2020-Baseline scenario)



Emissions de CO2 par passager-km en train à GV par Etat membre (2020 - EC proposal with JI/CDM&RES trading scenario)



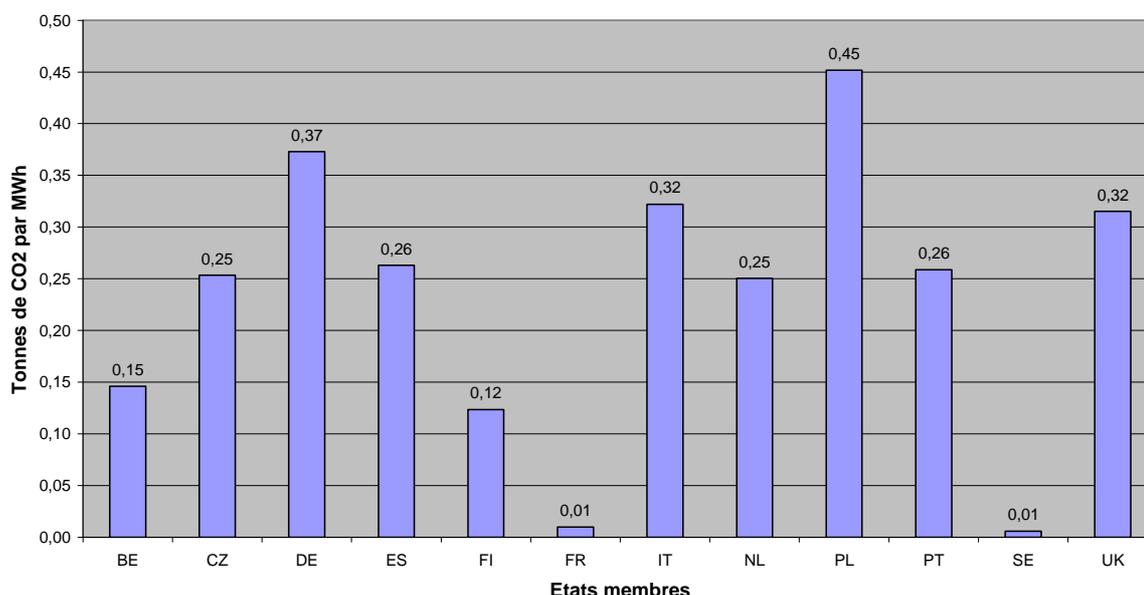
Cependant, aucun des scénarios analysés dans l'étude de la DG Environnement ne correspond à la stratégie dite "20/20/20" pour 2020, c'est-à-dire 20% de contribution des sources d'énergie renouvelable, 20% de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et 20% d'amélioration de l'efficacité énergétique pour l'année 2020, qui a été finalement adopté par le Conseil de l'Union en 2007.

Lorsqu'on analyse le scénario "JI/ CDM & RES trading", on constate que dans certains pays l'indicateur d'intensité de carbone (exprimé en tonnes de CO<sub>2</sub> par MWh) diminue jusqu'en 2015 mais augmente après. La raison est d'une part que l'impact de l'amélioration de 20% de l'efficacité énergétique n'a pas été introduit et d'autre part que la sortie ou un moratoire du nucléaire dans certains pays provoquerait une augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>.

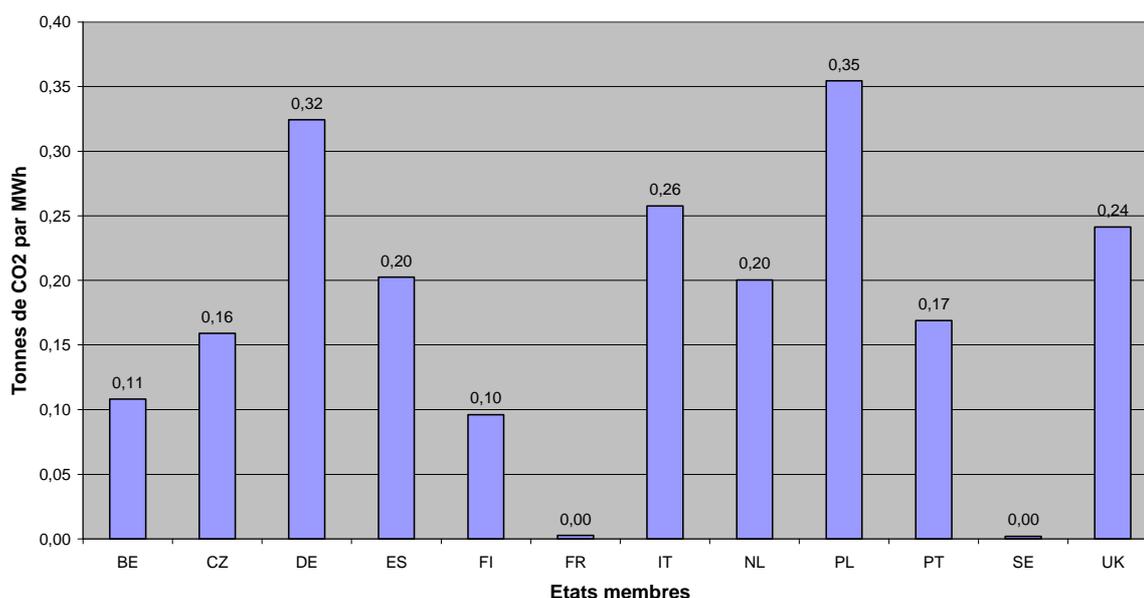
En l'absence d'un véritable scénario "20/20/20", le consultant propose un scénario intitulé "scénario tendanciel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>", qui suppose le maintien pour 2020 et 2030 de la tendance de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> observée entre 2005 et 2015.

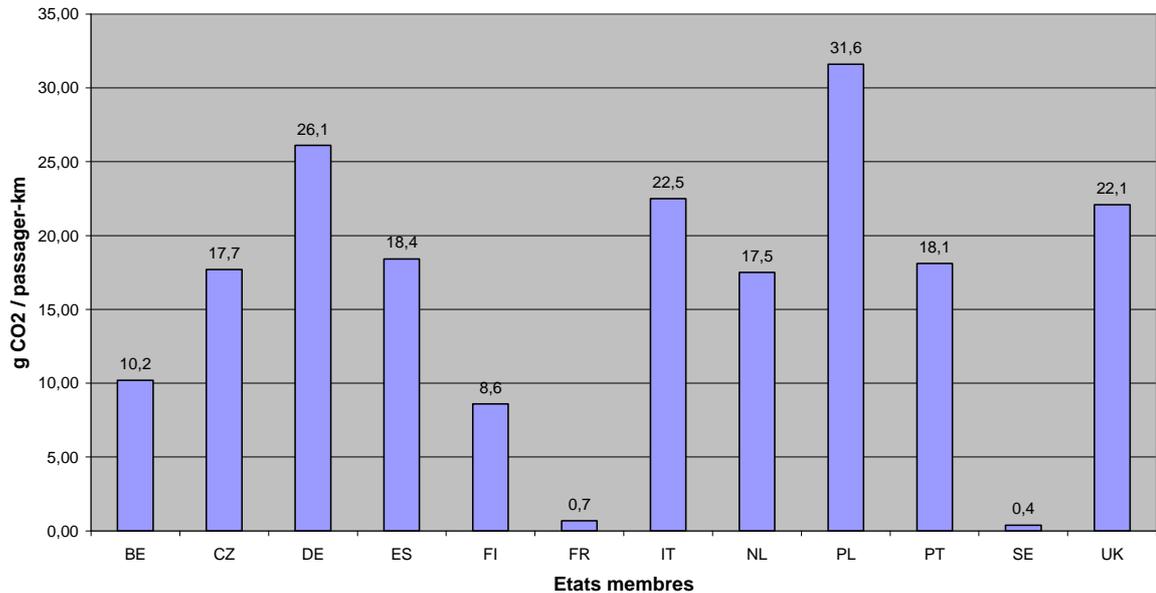
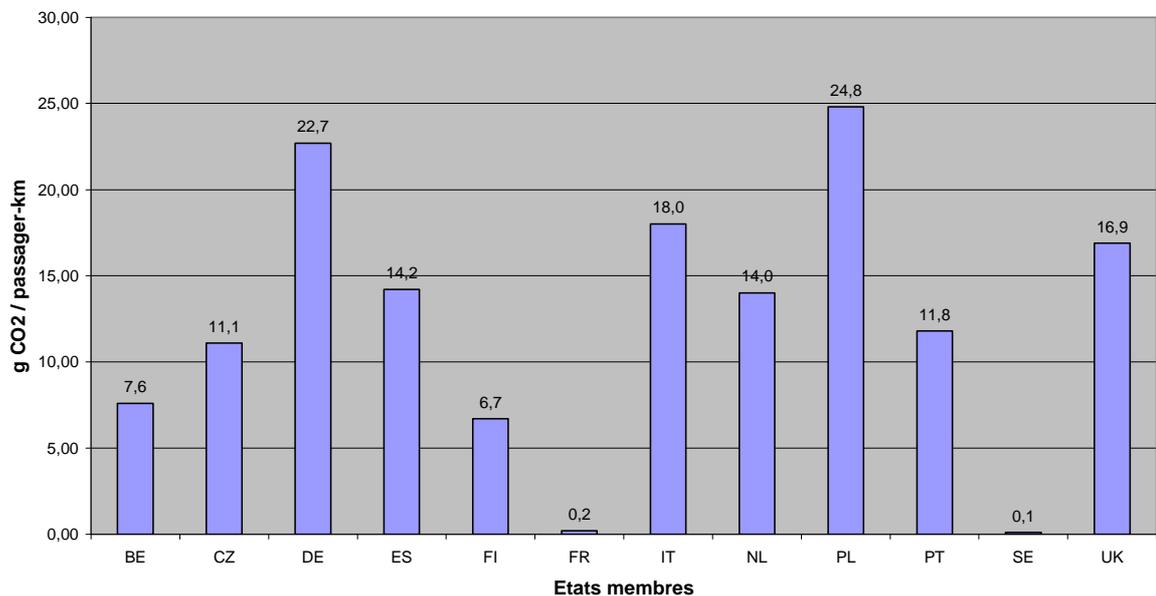
Les résultats de ces scénarios sont présentés dans les graphiques suivants.

Indicateur d'intensité de carbone en 2020 par Etat membre - Scénario tendanciel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>



Indicateur d'intensité de carbone en 2030 par Etat membre - Scénario tendanciel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>



Emissions de CO<sub>2</sub> par passager-km en train à GV par Etat membre (2020 - Scénario tendanciel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>)Emissions de CO<sub>2</sub> par passager-km en train à GV par Etat membre (2030 - Scénario tendanciel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>)

### 10.3.2.2 Voiture particulière

Comme l'a montré le graphique de l'étude du GIEC et les autres sources consultées, les émissions de CO<sub>2</sub> des voitures particulières peuvent présenter une dispersion importante en fonction des critères d'utilisation, de nombre de passagers, etc.

Pour la suite de l'étude comparative, nous proposons de retenir la valeur moyenne calculée sur la base des données de l'ADEME, qui présente l'avantage d'être estimée dans des conditions précises et identifiées. Cette valeur est toutefois supérieure à celle présentée dans l'étude du GIEC. La valeur retenue pour les émissions moyennes de CO<sub>2</sub> d'un voyageur utilisant la voiture particulière est de 115,7 g CO<sub>2</sub>/passager-km.

### 10.3.2.3 Avion

Par souci de cohérence, la même source sera utilisée pour les émissions du mode aérien. La valeur retenue pour les émissions moyennes de CO<sub>2</sub> d'un passager aérien est de 153 g CO<sub>2</sub>/passager-km.

## 10.3.3 Estimation des gains en émissions de CO<sub>2</sub> suite au développement du réseau transeuropéen de LGV à l'horizon 2020 et 2030

Aux horizons 2020 et 2030, plusieurs facteurs viendront influencer les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur des transports dans l'Union européenne, à savoir:

- La demande de transport: le développement du réseau transeuropéen de LGV attirera des voyageurs qui auparavant se déplaçaient en voiture ou en avion (reports modaux de voyageurs de la voiture et de l'avion vers le train à grande vitesse) ainsi que de nouveaux voyageurs qui ne se déplaçaient pas précédemment et qui le feront eu égard à la nouvelle offre de transport proposée (trafic induit).
- Les sources utilisées pour la production de l'énergie électrique et l'intensité de carbone correspondante. L'étude réalisée pour la DG Environnement<sup>71</sup> déjà citée envisage plusieurs scénarios dont deux ont été considérés dans la présente étude:
  - un scénario de continuité "Baseline scenario" ou "Business-as-usual scenario" et
  - un scénario volontariste "EC proposal with JI/CDM & RES trading" qui vise notamment à atteindre les objectifs de diminution des gaz à effet de serre et d'augmentation de la part des sources d'énergie renouvelable dans la demande finale d'énergie par Etat membre en 2020.
- En outre, le consultant propose un "scénario tendanciel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>" qui pourrait mieux refléter la stratégie communautaire "énergie / climat" (Voir point 10.3.2.1B).

Les effets du développement du réseau transeuropéen de LGV en 2020 et en 2030 (date estimée du RTE complet) sur les émissions de CO<sub>2</sub> ont été estimés dans le cadre de cette étude en prenant notamment les hypothèses suivantes.

---

<sup>71</sup> Source: "Model-based analysis of the 2008 EU policy package on climate change and renewables", P. Capros, L. Mantzos, V. Papandreou, N. Tasios, Primes model – E3MLab/ NTUA, June 2008, Annexes: Summary energy balance and indicators, "Baseline scenario" et "EC proposal with JI/CDM & RES trading"

- La demande de voyageurs en trains à grande vitesse passera de 92 milliards de voyageurs-km en 2007 à 385 milliards de voyageurs-km en 2020 et à 535 milliards de voyageurs-km en 2030 (Voir point 6.2.3).
- L'accroissement de la demande entre 2007 et 2020-2030 se répartira comme suit par origine:
  - 1/3 de trafic reporté de la route vers le rail
  - 1/3 de trafic reporté de l'avion vers le rail
  - 1/3 de trafic induit.
- L'efficacité énergétique des trains à grande vitesse restera constante au cours de la période de 2007 à 2030. D'autre part, en l'absence de modélisation, les émissions de CO<sub>2</sub> des modes concurrents (routier et aérien) ont également été considérées comme constantes au cours de la période de 2007 à 2030. Dès lors, compte tenu des importantes réductions des émissions de CO<sub>2</sub> attendues pour les modes concurrents à l'avenir, la comparaison des émissions de CO<sub>2</sub> des trains à grande vitesse avec les autres modes sera moins favorable en réalité.
- Les différences d'émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'évolution du trafic ont d'abord été calculées par pays et par mode de transport pour le scénario de base (Baseline scenario)
- Ensuite, le scénario volontariste ("EC proposal with JI/CDM & RES trading") proposé par la CE a été pris en compte pour la production d'électricité par Etat membre.
- Finalement, le scénario tendanciel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, proposé par le consultant et reflétant la stratégie communautaire "énergie / climat", a également été pris en compte.

Les résultats de ces estimations sont les suivants.

Par rapport à une situation de référence avec le réseau transeuropéen de LGV en 2007 et la demande correspondante, le développement du réseau de LGV tel que prévu en 2020 avec l'évolution correspondante de la demande, permettra d'économiser l'émission de 22 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

Le développement complet du réseau TEN LGV prévu pour 2030, avec l'évolution correspondante de la demande, permettra d'économiser l'émission de 34 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

Le même développement du réseau transeuropéen de LGV en 2020, couplé à la réalisation du scénario volontariste en matière de production électrique et d'utilisation de l'énergie ("EC proposal with JI/CDM & RES trading") proposé par la CE, conduira à une économie supplémentaire estimée à 1,2 million de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> par an environ, pour atteindre une économie de 23,2 millions de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> par an en 2020.

Cette économie supplémentaire serait de 1,4 million de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> par an environ en 2020 dans le cas du scénario tendanciel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, "énergie/ climat" proposé par le consultant, pour atteindre une économie de 23,4 millions de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> par an en 2020.

Cependant, le développement complet du réseau transeuropéen de LGV prévu pour 2030, couplé à la réalisation du scénario "énergie/ climat" proposé par le consultant, conduirait à une économie supplémentaire estimée à 2,2 millions de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> par an environ par rapport au scénario de base, pour atteindre une économie de 36,2 millions de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> par an en 2030.

## 10.4 POLLUTION LOCALE

Les trains à grande vitesse sont alimentés par de l'énergie électrique et ne produisent pas de pollution directe sur leur lieu d'exploitation.

## 10.5 BRUIT

Pour réduire le bruit ferroviaire à sa source, la Commission a adopté en mai 2002 une spécification technique d'interopérabilité du système ferroviaire transeuropéen à Grande Vitesse pour le sous-système "matériel roulant" comprenant les valeurs limite d'émission acoustique pour les trains à grande vitesse<sup>72</sup>.

Pour les trains en exploitation à grande vitesse, le niveau de bruit créé par une rame en service ne doit pas dépasser une valeur de 87 dB(A) à une vitesse de 250 km/h, 91 dB(A) à une vitesse de 300 km/h et 92 dB(A) à une vitesse de 320 km/h (interpolation linéaire pour d'autres vitesses maximales)<sup>73</sup>.

Afin de pouvoir disposer d'une vue d'ensemble sur les programmes réalisés, en cours ou projetés sur l'infrastructure ferroviaire européenne en matière de réduction du bruit, la CER et l'UIC ont effectué une enquête auprès de tous les grands réseaux de l'Union européenne, plus la Norvège et la Suisse<sup>74</sup>.

Les constats suivants ressortent notamment de cette étude:

- L'ensemble des pays adopte toutes les mesures de protection anti-bruit lors de la construction ou de l'aménagement des lignes existantes.
- A quelques exceptions près (Italie, Suisse), les lois nationales n'imposent pas directement l'obligation d'atténuer le bruit sur les lignes existantes. Toutefois, la quasi-totalité des pays déploient des programmes anti-bruit parfois de grande envergure.
- En Europe du nord (Scandinavie), ces mesures sont plus particulièrement centrées sur l'isolation des bâtiments ; en Europe du sud (Italie), on privilégie les écrans anti-bruit. Dans la partie centrale de l'Europe, ces deux stratégies sont suivies.

Plus récemment, dans deux communications de la Commission au Conseil et au Parlement européen publiées en juillet 2008, relatives d'une part à l'écologisation des transports en général et d'autre part à des mesures de réduction du bruit ferroviaire concernant le parc existant, la CE rappelle que: "Selon les estimations, 10 % de la population de l'UE est exposée à des niveaux de bruit ferroviaire élevés, qui constituent l'un des principaux freins à la progression de la croissance dans le secteur. La réduction du bruit aura un effet positif

---

<sup>72</sup> Source: site internet de la DG TREN: [http://ec.europa.eu/transport/rail/environment/noise\\_fr.htm](http://ec.europa.eu/transport/rail/environment/noise_fr.htm)

<sup>73</sup> Source: Décision de la Commission du 30 mai 2002 concernant la spécification technique d'interopérabilité relative au sous-système «matériel roulant» du système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse visée à l'article 6, paragraphe 1, de la directive 96/48/CE, JOCE L245 du 12/9/2002.

<sup>74</sup> Source: La réduction du bruit sur l'infrastructure ferroviaire européenne, Rapport d'étape 2007, CER-UIC, 2007

intrinsèque, mais elle rendra également le développement du transport et des infrastructures ferroviaires plus acceptables par le public. Si cette évolution a pour effet de permettre une expansion plus facile et une utilisation plus souple des infrastructures ferroviaires, cela pourrait, par la suite, favoriser le transfert d'une partie du trafic passagers et marchandises du secteur routier au secteur ferroviaire, ce qui entraînerait une réduction des incidences globales du secteur du transport sur la collectivité."

"Étant donné que la réglementation communautaire limite déjà les émissions sonores du matériel roulant neuf, cette communication est consacrée aux wagons existants et elle contient des mesures visant à équiper la majorité d'entre eux de freins silencieux. La stratégie combine des plafonds d'émissions sonores, des engagements volontaires et des mesures législatives fixant des incitations financières."<sup>75</sup>

Les actions contenues dans la communication complémentaire<sup>76</sup> mentionnée ci-dessus concernent le parc ferroviaire de fret et ne font dès lors pas l'objet de développements ultérieurs dans le présent rapport.

---

<sup>75</sup> Source: Communication de la Commission au Conseil et au Parlement européen, Écologisation des transports, Bruxelles, le 8.7.2008, COM(2008) 433 final

<sup>76</sup> Communication de la Commission au Parlement européen et au Conseil, Mesures de réduction du bruit ferroviaire concernant le parc existant, Bruxelles, le 8.7.2008, COM(2008) 432 final

## 10.6 CONSOMMATION D'ESPACE

La consommation d'espace d'une LGV est nettement moindre que celle d'une autoroute, pour un débit de voyageurs équivalent.

En moyenne, les caractéristiques respectives des deux types d'infrastructures sont de l'ordre suivant<sup>77</sup>:

<b>Caractéristiques</b>	<b>LGV</b>	<b>Autoroute</b>
Nombre de voies	Double voie	2 x 2 voies
Largeur de la plate-forme	15 m	25 à 30 m
Circulations	12 trains par heure et par sens	3 000 véhicules par heure et par sens
Nombre de voyageurs	450 voyageurs par train	1,8 voyageur par véhicule
Capacité (par sens)	5.400 voyageurs par heure	5.400 voyageurs par heure

Ce tableau montre qu'à capacité de transport égale, une plate-forme de LGV est environ deux fois moins large qu'une plate-forme d'autoroute.

---

<sup>77</sup> Source: Elaborations du consultant sur la base de référentiels français

## 10.7 COÛTS EXTERNES

### 10.7.1 Introduction

Le manuel d'estimation des coûts externes dans le secteur du transport, réalisé pour la Commission européenne<sup>78</sup>, est le document le plus récent et le plus complet publié sur le sujet des coûts externes. Les données qu'il présente seront utilisées dans le présent chapitre pour estimer les coûts externes générés par le transport ferroviaire à grande vitesse et pour comparer ceux-ci aux autres modes de transport concurrents.

Comme rappelé en introduction de ce manuel, le transport contribue significativement à la croissance économique et permet la réalisation d'un marché global. Toutefois, les modes de transport n'affectent pas seulement la société de manière positive, mais génèrent également des effets négatifs, tels que la congestion, le bruit ou la pollution de l'air. Contrairement aux bénéfices, les coûts de ces effets ne sont généralement pas supportés par les utilisateurs du transport et ne sont pas pris en compte lorsqu'ils doivent faire un choix de transport. Dès lors, ces effets ont été qualifiés d'effets externes. Parmi les principaux effets externes des transports, on peut citer: la congestion, les accidents, la pollution de l'air, le bruit et les impacts sur le changement climatique. Les coûts associés à ces effets externes sont appelés des coûts externes.

### 10.7.2 Estimation des valeurs unitaires des coûts externes par mode

Les valeurs des coûts externes présentées dans le manuel d'estimation des coûts externes du secteur du transport sont des valeurs exemplatives pour une sélection de catégories de véhicules, de standards d'émission et de situations de trafic, compilées sur la base d'une agrégation pragmatique de données. Ces valeurs fournissent des ordres de grandeur et peuvent servir de référence pour des développements ultérieurs.

En particulier, il est à noter que:

- les valeurs des coûts externes présentées correspondent au cas exemplatif d'un pays spécifique, l'Allemagne, prise comme exemple d'un grand pays d'Europe centrale;
- les données pour le transport routier se réfèrent à la classe de véhicules la plus utilisée actuellement, à savoir la classe Euro 3;
- les valeurs monétaires sont exprimées en euros de 2000.

#### 10.7.2.1 Valeurs unitaires par mode de transport

Les tableaux suivants fournissent des plages de valeurs unitaires pour les différentes catégories de coûts externes et de modes de transport.

---

<sup>78</sup> Source: Handbook on estimation of external costs in the transport sector – Version 1.1., CE Delft, INFRAS, ISI, IWW, University of Gdansk, Report, Delft, February 2008

Les valeurs correspondant au cas des transports interurbains exploités de jour ont été considérées.

## A Transport par route

**Valeurs unitaires exemplatives par composante de coûts externes, exprimées en eurocents par véhicule-km pour l'Allemagne (€2000)**

Composantes de coûts	Conditions d'exploitation	Valeurs unitaires et plages de valeurs pour le transport de passagers par route (eurocents par vkm)
Bruit	Interurbain, de jour	0,12 (0,04-0,12)
Congestion	Interurbain, pointe	10 (0-20)
	Interurbain, hors pointe	0
Accidents	Interurbain	1,57 (0-2,55)
Pollution de l'air	Interurbain, essence	0,09 (0,09-0,15)
	Interurbain, diesel	0,89 (0,89-1,8)
Changement climatique	Interurbain, essence	0,44 (0,12-0,79)
	Interurbain, diesel	0,38 (0,11-0,68)
Processus amont et aval	Interurbain, essence	0,65 (0,65-1,12)
	Interurbain, diesel	0,45 (0,45-0,92)
Nature et paysage	Interurbain	0,4 (0-0,4)
Pollution du sol et de l'eau	Interurbain	0,06 (0,06-0,06)
Total	Interurbain, jour, pointe, essence	13,3 (1-25,2)
	Interurbain, jour, hors pointe, essence	3,3 (1-5,2)

## B Transport par chemin de fer

**Valeurs unitaires exemplatives par composante de coûts externes, exprimées en eurocents par train-km pour l'Allemagne (€2000)**

Composantes de coûts	Conditions d'exploitation	Valeurs unitaires et plages de valeurs pour le transport de passagers par chemin de fer (eurocents par train.km)
Bruit	Interurbain, de jour	20,6 (10,4-20,6)
Coût de rareté	Pointe	20 (0-20)
Accidents	Interurbain	8 (8-30)
Pollution de l'air	Interurbain, électrique	0 (0-0)
Changement climatique	Interurbain, électrique	0 (0-0)
Processus amont et aval	Interurbain, électrique	15,9 (8-33,4)
Nature et paysage	Interurbain	23,2 (0-23,2)
Pollution du sol et de l'eau	Interurbain	0,3 (0,3-0,3)
Total	Interurbain, jour, électrique, pointe	88 (26,7-127)
	Interurbain, jour, électrique, hors pointe	68 (26,7-107)

## C Transport par avion

**Valeurs unitaires par composante de coûts externes, exprimées en euros par vol (€2000)**

Composantes de coûts	Valeurs unitaires pour le transport de passagers par avion (euros par vol): valeurs moyennes pondérées dans l'UE-19
Bruit	228
Coût de rareté	Non disponible
Accidents	118
Pollution de l'air	117
Changement climatique	530
Processus amont et aval	612
Nature et paysage	Non disponible
Total	1 605

### 10.7.2.2 Valeurs unitaires par voyageur-km

#### A Transport par route et par chemin de fer

Des coûts moyens par voyageur-km ont ensuite été calculés sur la base des taux d'occupation moyens suivants, considérés respectivement pour les transports par route et par chemin de fer:

- Nombre moyen de passagers par voiture en transport interurbain: 1,62 personne par voiture
- Nombre moyen de passagers par train en transport interurbain: 149 passagers par train.

Le tableau suivant présente une comparaison des coûts moyens par voyageur-km pour les transports par route et par chemin de fer en utilisant les taux d'occupation moyens retenus.

Les valeurs correspondant au cas des transports interurbains de jour et avec l'utilisation d'essence comme source d'énergie pour les voitures et d'électricité comme source d'énergie pour les trains ont été considérées.

Pour rappel, les valeurs unitaires de coût pour les voitures correspondent au cas de l'Allemagne, pour des voitures moyennes (1,4-2 l.) de classe Euro 3.

Les coûts liés à la congestion n'ont pas été considérés dans la comparaison.

**Valeurs unitaires par composante de coûts externes, exprimées en eurocents par voyageur-km pour l'Allemagne**

Composantes de coûts	Conditions d'exploitation	Valeurs unitaires pour le transport de passagers par route (eurocents par voyageur-km)	Valeurs unitaires pour le transport de passagers par chemin de fer (eurocents par voyageur-km)
Bruit	Interurbain, de jour	0,07	0,14
Accidents	Interurbain	0,97	0,05
Pollution de l'air	Interurbain, essence (voitures) / électrique (trains)	0,05	0,00
Changement climatique	Interurbain, essence (voitures) / électrique (trains)	0,27	0,00
Processus amont et aval	Interurbain, essence (voitures) / électrique (trains)	0,40	0,11
Nature et paysage	Interurbain	0,25	0,16
Pollution du sol et de l'eau	Interurbain	0,04	0,002
Total	Interurbain, jour, essence (voitures) / électrique (trains)	2,06	0,46

## B Transport par avion

L'étude précitée<sup>78</sup> ne fournit pas de calcul similaire pour le transport aérien.

Afin de pouvoir disposer néanmoins de données pour effectuer une comparaison entre les modes routier, ferroviaire et le mode aérien, l'estimation suivante a été effectuée.

Pour calculer les valeurs unitaires par composante de coûts externes pour le transport par avion, présentées ci-dessus, la classe de distance de 1.000 à 1.500 km a été considérée dans l'étude précitée. L'hypothèse d'une distance moyenne par vol de 1.250 km sera dès lors considérée. Un nombre moyen de 120 passagers par vol sera pris en compte, sur la base du taux d'occupation moyen déduit des données Infras 2004<sup>79</sup>.

Sur la base de ces hypothèses et de la valeur unitaire des coûts externes pour le transport de passagers par avion, exprimée précédemment en euros par vol, la valeur moyenne totale estimée des coûts externes par voyageur-km en transport aérien est de 1,07 eurocent par voyageur-km.

<sup>79</sup> Source: Handbook on estimation of external costs in the transport sector, op. cit., page 209

### 10.7.3 Estimation des gains en coûts externes suite au développement du réseau transeuropéen de LGV à l'horizon 2020 et 2030

De manière similaire à l'estimation des gains en émissions de CO<sub>2</sub> suite au développement du réseau transeuropéen de LGV à l'horizon 2020 et 2030, qui a été présentée précédemment au chapitre 10.3.3, le présent chapitre fournit l'estimation des gains en coûts externes qu'induit le développement du réseau transeuropéen de LGV à l'horizon 2020 et 2030.

Les effets du développement du réseau transeuropéen de LGV en 2020 et en 2030 (date estimée du RTE complet) sur les gains en coûts externes ont été estimés dans le cadre de cette étude en prenant notamment les hypothèses suivantes, qui sont fonction des données disponibles telles que présentées ci-dessus.

- Les données de coûts externes disponibles pour les différents modes de transport sont des valeurs exemplatives pour un pays européen (Allemagne) et pour des voitures moyennes (1,4-2 l.) de classe Euro 3 alimentées à l'essence. Ces valeurs ont été utilisées pour l'ensemble du transport routier (voitures particulières) dans l'UE.
- Les données disponibles relatives au transport ferroviaire sont une moyenne représentative du transport ferroviaire interurbain dans son ensemble et ne sont pas spécifiques au transport ferroviaire à grande vitesse (voir également le chapitre 10.7.4). Les valeurs relatives aux trains alimentés par de l'énergie électrique ont été retenues. Ces valeurs ont été utilisées pour tous les trains à grande vitesse dans l'UE.
- Des taux d'occupation moyens des véhicules ont été utilisés pour le transport interurbain de passagers par route et par train, ainsi que pour le transport aérien. Ces valeurs ont été utilisées pour l'ensemble de ces modes dans l'UE.
- Les coûts liés à la congestion n'ont pas été considérés dans la comparaison.
- Les valeurs unitaires des coûts externes ont été considérées comme constantes en 2020 et en 2030 et égales aux valeurs estimées en 2000, à savoir:
  - Transport de passagers par route: 2,06 eurocents par voyageur-km
  - Transport de passagers par chemin de fer: 0,46 eurocents par voyageur-km
  - Transport de passagers par avion: 1,07 eurocents par voyageur-km.
- La demande de voyageurs en trains à grande vitesse passera de 92 milliards de voyageurs-km en 2007 à 385 milliards de voyageurs-km en 2020 et à 535 milliards de voyageurs-km en 2030 (Voir point 6.2.3).
- L'accroissement de la demande entre 2007 et 2020-2030 se répartira comme suit par origine:
  - 1/3 de trafic reporté de la route vers le rail
  - 1/3 de trafic reporté de l'avion vers le rail
  - 1/3 de trafic induit.

Les résultats de ces estimations sont les suivants. Ils peuvent être considérés comme un ordre de grandeur des gains en coûts externes consécutifs au développement du réseau transeuropéen de LGV.

Par rapport à une situation de référence avec le réseau transeuropéen de LGV en 2007 et la demande correspondante, le développement du réseau de LGV tel que prévu en 2020 avec l'évolution correspondante de la demande, permettra d'économiser de l'ordre de 1,7 milliard d'euros par an en coûts externes.

Le développement complet du réseau TEN LGV prévu pour 2030, avec l'évolution correspondante de la demande, permettra d'économiser de l'ordre de 2,6 milliards d'euros par an en coûts externes.

## 10.7.4 Données spécifiques au transport ferroviaire à grande vitesse

L'étude précitée<sup>78</sup> fournit des valeurs pour toutes les composantes des coûts externes. En ce qui concerne le mode ferroviaire, les données disponibles sont des moyennes valables globalement pour l'ensemble du mode ferroviaire interurbain.

Toutefois, cette étude fournit également quelques données qui concernent spécifiquement les coûts externes des trains à grande vitesse, à savoir des valeurs relatives aux composantes "pollution de l'air" et "changement climatique" des coûts externes.

Celles-ci sont présentées ci-dessous et comparées avec les autres modes de transport concurrents.

En ce qui concerne spécifiquement les coûts externes liés à la **pollution de l'air** par les chemins de fer, ceux-ci sont différenciés par type de traction (électrique, diesel) et par type d'émissions (indirectes, directes) dans le manuel d'estimation des coûts externes du secteur du transport précité. Les valeurs unitaires sont basées sur les résultats du modèle REMOVE. Les résultats fournis dans ce manuel concernent les trains à grande vitesse en Allemagne.

Le coût externe des émissions atmosphériques d'un train à grande vitesse en Allemagne est estimé à 9,2 eurocents par train.km. Ce coût est supérieur de 88% au coût estimé pour une locomotive électrique classique, qui est de 4,9 eurocents par train.km. Cette différence est due à la consommation d'énergie qui augmente avec une fonction liée à la vitesse.

Il s'agit du coût des émissions atmosphériques indirectes, dues à la production d'électricité pour la traction ferroviaire électrique.

Pour obtenir le coût par voyageur-km, il y aurait lieu de diviser ce chiffre par le nombre moyen de passagers par train à grande vitesse. Ce nombre n'est pas fourni dans l'étude. On peut toutefois calculer que le coût par voyageur-km serait le suivant, en fonction de différents nombres moyens de passagers par train.

Nombre moyen de passagers par train	Coût des émissions atmosphériques par passager-km de trains à grande vitesse (euro cent par passager-km)
300	0,031
400	0,023
500	0,018

Dans la même étude, les coûts externes liés à la pollution de l'air par le transport aérien sont également présentés. Le tableau ci-dessus reprend pour l'exemple de l'Allemagne, le coût des émissions directes par passager.km et par cycle de décollage et atterrissage<sup>80</sup>. Dans cette

<sup>80</sup> Source: REMOVE, Base case (model version 2.4.1.)

étude, les coûts externes du transport aérien qui ont été comptabilisés sont uniquement ceux en phases de décollage et atterrissage.

Par exemple, pour des vols d'une distance inférieure à 500km, où la concurrence avec les trains à grande vitesse est forte, le coût des émissions d'un passager d'avion (0,21) est 10 fois supérieur à celui d'un passager de train à grande vitesse, pour un nombre de passager par train de l'ordre de 440 (0,021).

Coût de la pollution de l'air (émissions directes) par passager.km et par cycle de décollage et atterrissage en transport aérien: exemple de l'Allemagne (en eurocent par passager-km et en eurocent par cycle de décollage et atterrissage)

Distances de vol	Emissions directes	Emissions directes
	(eurocent par passager-km)	eurocent par cycle de décollage et atterrissage
<500 km	0,21	45
500-1.000 km	0,12	70
1.000-1.500 km	0,08	117
1.500-2.000 km	0,06	138
>2.000 km	0,03	300

Les coûts externes liés à la pollution de l'air par le transport routier diffèrent selon la cylindrée, le type de carburant et les différentes classes environnementales des véhicules ainsi que les environnements de circulation.

A titre d'exemple, dans le cas de l'Allemagne, sur autoroute, une voiture d'une cylindrée comprise entre 1,4 et 2 litres de classe Euro 3 fonctionnant à l'essence aura un coût externe lié à la pollution de l'air de 0,1 eurocent par véhicule-km (euro de 2000), tandis qu'un véhicule diesel, dans les mêmes conditions, aura un coût de 1,0 eurocent par véhicule-km<sup>80</sup>.

En ce qui concerne spécifiquement les coûts externes liés au **changement climatique** par les chemins de fer, la même étude fournit les résultats suivants.

Le coût externe lié au changement climatique d'un train à grande vitesse en Allemagne est estimé en moyenne à 20,6 eurocents par train.km. Ce coût est supérieur de 87% au coût estimé pour une locomotive électrique classique, qui est de 11,0 eurocents par train.km<sup>80</sup>. Comme dans le cas de la pollution de l'air, cette différence est due à la consommation d'énergie qui augmente avec une fonction liée à la vitesse.

Il s'agit du coût des émissions atmosphériques indirectes, dues à la production d'électricité pour la traction ferroviaire électrique.

Comme ci-dessus, les résultats de l'étude sont estimés par train.km. Ils peuvent être estimés par passager.km comme suit, en fonction de différents nombres moyens de passagers par train.

Nombre moyen de passagers par train	Coût du changement climatique par passager-km de trains à grande vitesse (euro cent par passager-km)
300	0,069
400	0,052
500	0,041

Les coûts externes du changement climatique pour le transport aérien sont présentés dans le tableau ci-dessous, par passager.km et par vol pour différentes classes de distances. Ces valeurs sont basées sur une valeur externe de 25€ par tonne de CO<sub>2</sub> en 2010<sup>80</sup>.

Coûts externes liés au changement climatique (émissions directes) par passager.km et par vol en transport aérien: exemple de l'Allemagne (Coûts externes sur la base des valeurs recommandées pour 2010)

Distances de vol	Emissions directes	Emissions directes
	Valeurs centrales et extrêmes (eurocent par passager-km)	Valeurs centrales et extrêmes (eurocent par vol)
<500 km	0,62 (0,17-1,11)	130 (40-230)
500-1.000 km	0,46 (0,13-0,83)	280 (80-500)
1.000-1.500 km	0,35 (0,1-0,62)	530 (150-960)
1.500-2.000 km	0,33 (0,09-0,6)	790 (220-1430)
>2.000 km	0,35 (0,1-0,62)	3710 (1.040-6.680)

N.B. Les valeurs extrêmes proviennent des fourchettes de valeurs recommandées dans le manuel pour les coûts externes liés aux changements climatiques: le coût de la tonne de CO<sub>2</sub> se situe par exemple entre 7 € par tonne et 45 € par tonne en 2010.

Pour des vols d'une distance inférieure à 500km, le coût du changement climatique d'un passager d'avion (0,62 eurocent par passager-km) est 13 fois supérieur à celui d'un passager de train à grande vitesse, pour un nombre de passager par train de l'ordre de 440 (0,047 eurocent par passager-km).

En conclusion de ce chapitre, il est à noter que, pour les composantes des effets externes relatives à la pollution de l'air et au changement climatique, les valeurs des coûts externes des trains à grande vitesse sont sensiblement supérieures à celles des trains classiques. Dès lors, la conclusion du chapitre 10.7.3 devrait être moins favorable pour les trains à grande vitesse si ces valeurs étaient utilisées plutôt que celles des trains classiques. Toutefois, le calcul complet des coûts externes pour les trains à grande vitesse n'est pas disponible dans l'étude précitée. En outre, d'autres facteurs peuvent intervenir comme par exemple le taux d'occupation des trains: si celui-ci est supérieur pour les trains à grande vitesse par rapport aux trains classiques, la différence de coûts externes sera atténuée.

## **10.8 DEVELOPPEMENT DURABLE: OPERATEURS, GESTIONNAIRES D'INFRASTRUCTURES, UTILISATEURS**

### **10.8.1 Actions des opérateurs**

Eurostar annonce sur son site internet<sup>81</sup> qu'il compense ses émissions de CO<sub>2</sub> et que depuis le 14 novembre 2007 tous les voyages en Eurostar ont un bilan carbone neutre. Les émissions de CO<sub>2</sub> sont mesurées et compensées par des investissements dans des projets dont les réductions d'émissions permettent de compenser le surplus d'émissions d'Eurostar qui n'ont pas pu être diminuées.

Ainsi, Eurostar affirme que les utilisateurs peuvent être certains qu'en voyageant avec Eurostar, leur trajet a un bilan neutre en CO<sub>2</sub>, sans surcoût pour eux.

### **10.8.2 Actions des utilisateurs**

Différents opérateurs ferroviaires ainsi que l'UIC mettent à disposition des voyageurs sur leur site internet des calculateurs environnementaux qui fournissent des informations quant à la pollution générée par un déplacement entre deux villes européennes, en chemin de fer, en voiture et en avion. Ces calculateurs permettent d'éclairer les voyageurs sur les conséquences d'un choix modal pour effectuer un déplacement.

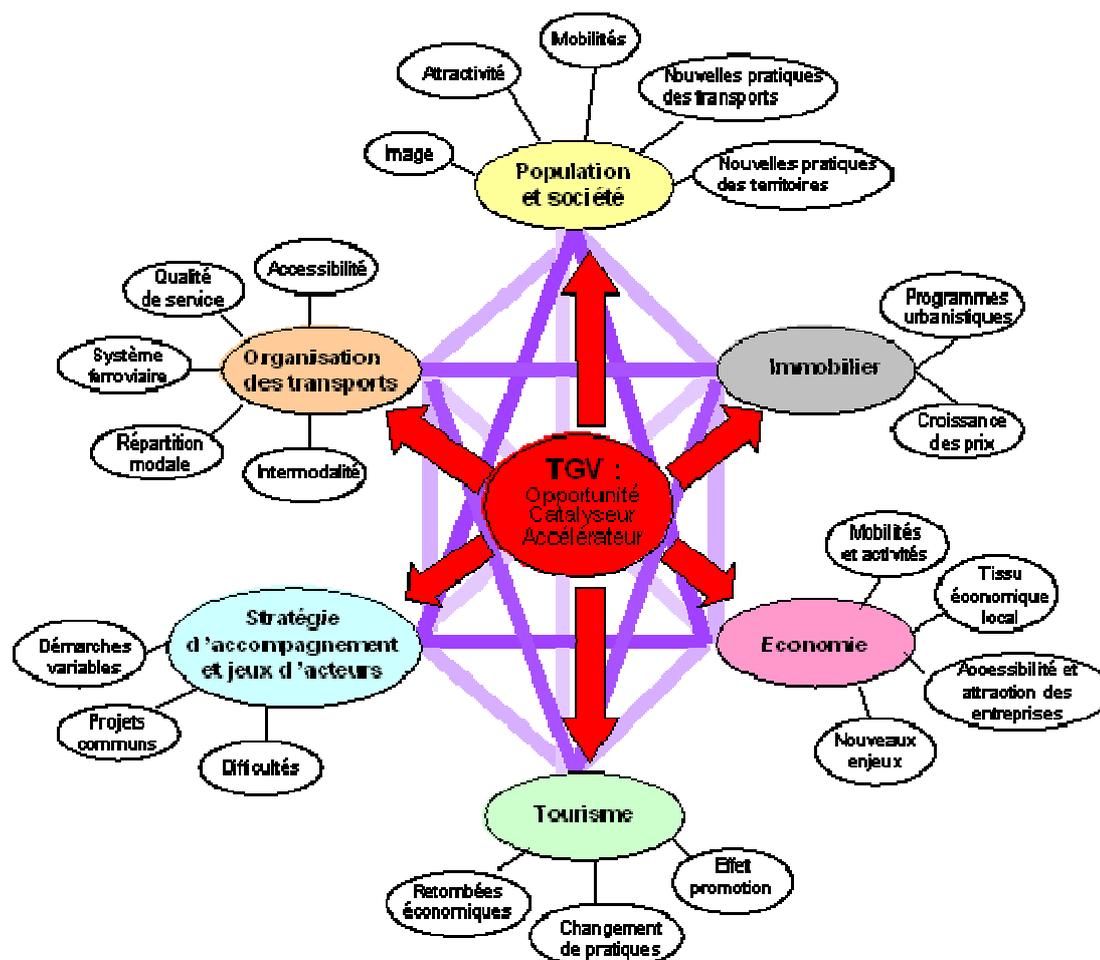
---

<sup>81</sup> [http://www.eurostar.com/FR/fr/leisure/about\\_eurostar/environment/tread\\_lightly.jsp](http://www.eurostar.com/FR/fr/leisure/about_eurostar/environment/tread_lightly.jsp)

## 11.IMPACT SOCIO-ECONOMIQUE

D'une manière générale, l'impact socio-économique de nouvelles LGV porte sur les populations, les activités économiques, l'aménagement du territoire, l'organisation des transports, etc. des territoires concernés.

Ces différents impacts et les interactions entre les différents acteurs et activités sont résumés schématiquement dans la figure suivante:



Effets des LGV sur les activités socio-économiques<sup>82</sup>

De façon générale, même si une LGV a des effets directs (gains de temps pour les déplacements, meilleure desserte donc plus grande attractivité des villes et régions desservies car leur accès devient plus facile), les retombées économiques ne sont en aucun cas systématiques mais restent très liées aux caractéristiques et à l'importance du tissu économique existant, ainsi qu'à la volonté des acteurs du territoire<sup>82</sup>.

<sup>82</sup> Le projet LGV Est-Européenne, Quels effets socio-économiques attendre pour le sillon lorrain ?, Maximilien PIQUANT, ISIS, Lyon

Les différents impacts socioéconomiques des LGV sont analysés dans le présent chapitre.

## 11.1 PRÉ-REQUIS

Les pré-requis en ce qui concerne les villes et les régions à relier au réseau de LGV sont<sup>83</sup>:

- les distances entre les pôles urbains: le rail offre un avantage vis-à-vis des autres modes pour un intervalle de distance particulier;
- la demande et la capacité: beaucoup de pays ont mis en œuvre des LGV tant pour des raisons de capacité que pour des raisons de vitesse;
- la densité et la distribution de la population: la distribution de la population plus ou moins éloignée de la gare affectera les avantages potentiels du rail à grande vitesse;
- la compétitivité des autres modes de transport, rail traditionnel inclus.

Ces points sont développés ci-après.

### 11.1.1 La distance entre les pôles urbains et la compétitivité des autres modes de transport

Les LGV sont efficaces pour optimiser le temps nécessaire aux trajets de 200 à 800 km en général, mais plus spécifiquement de 300 à 600 km<sup>84</sup>. Au-delà de ces bornes, d'autres alternatives sont plus efficaces:

- En dessous de 200 km: le ferroviaire traditionnel est déjà plus rapide que l'aérien pour les temps de porte à porte. La mise en œuvre de LGV contribue à diminuer le temps de parcours gare à gare des trajets mais la répartition géographique des gares LGV étant moins dense que celle des gares traditionnelles, il serait possible que le trajet par train à grande vitesse soit plus long. L'attrait de la voiture personnelle est également très important pour ces courtes distances.
- Au-delà de 800 km: l'aérien reste le plus rapide.

Cet état de figure est particulièrement intéressant en Europe où de nombreuses grandes métropoles se situent à des distances comprises entre 200 et 800 km comme le montrent les exemples présentés dans le tableau suivant pour des trajets internationaux.

---

<sup>83</sup> High speed rails : international comparisons, Steer Davies Gleave, Commission of integrated transport, London, 2004

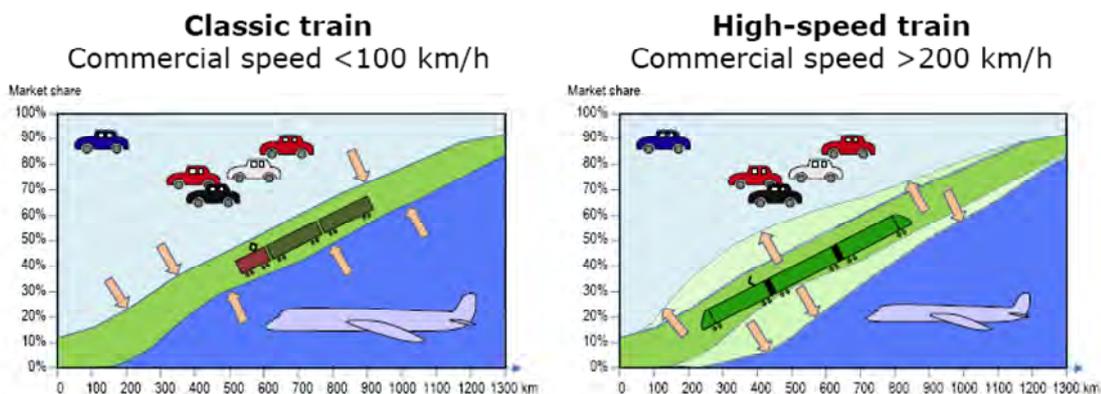
<sup>84</sup> "Is Investment in High Speed Rail Socially Profitable?", Ginés de Rus et Gustavo Nombela, avril 2005

		Distance en km
Amsterdam	Bruxelles	212
Luxembourg	Bruxelles	215
Luxembourg	Francfort	235
Londres	Lille	237
Vienne	Budapest	246
Lyon	Turin	305
Paris	Bruxelles	309
Londres	Bruxelles	329
Berlin	Prague	342
St Pétersbourg	Helsinki	388
Munich	Vienne	399
Paris	Londres	415
Lyon	Milan	441
Paris	Cologne	487
Milan	Munich	491
Paris	Düsseldorf	495
Marseille	Barcelone	503
Paris	Francfort	579
Berlin	Varsovie	594
Lyon	Barcelone	633
Madrid	Lisbonne	634
Thessaloniki	Istanbul	662
Copenhague	Stockholm	668
Manchester	Bruxelles	670
Lyon	Innsbruck	707
Vienne	Francfort	714
Berlin	Bruxelles	755

**Exemples de villes européennes distantes de 200 à 800 km (trajets internationaux)**

Des distances similaires peuvent être trouvées entre des grandes métropoles d'un même Etat membre qui sont par exemple reliées à l'heure actuelle par des LGV, telles que Paris-Lyon, Londres-Manchester, Madrid-Barcelone, Cologne-Francfort, Stockholm-Göteborg, Rome-Naples, etc.

La figure suivante montre quelle influence la mise en œuvre d'une LGV peut avoir sur la part de marché, par rapport au ferroviaire traditionnel. Les LGV rognent significativement sur les parts de marché du routier et du ferroviaire entre 200 et 900 km.



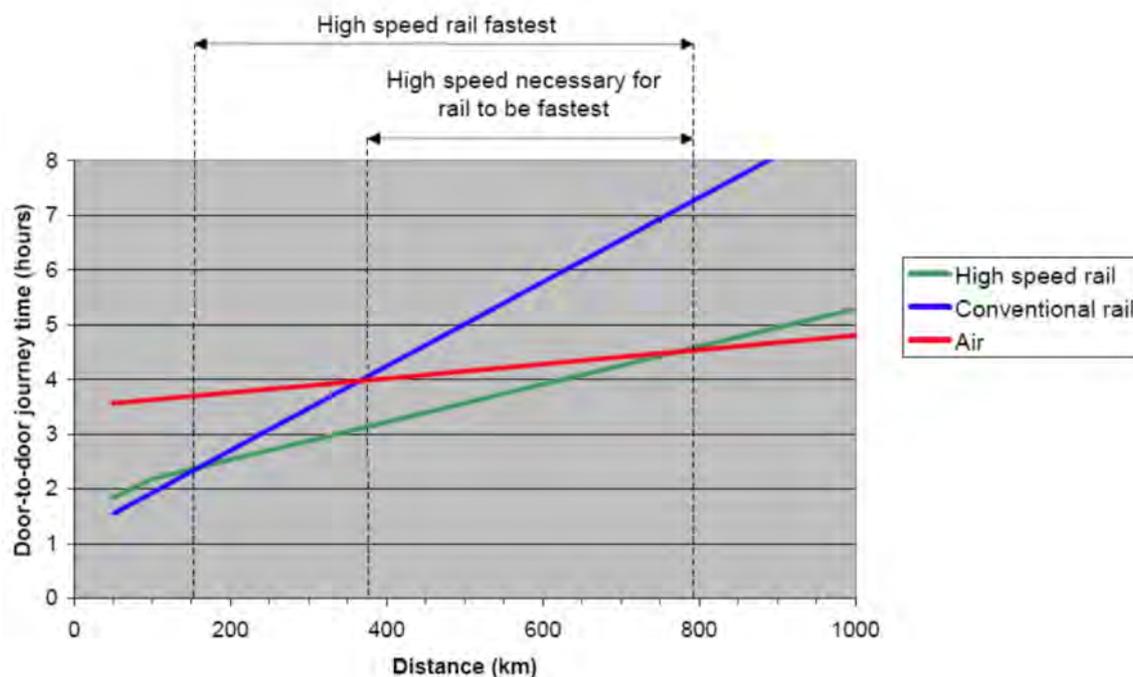
Effets des LGV sur les parts de marché en fonction de la distance<sup>85</sup>

Les bornes exactes de l'intervalle de distance favorable aux LGV dépendent du temps d'accessibilité, toutes formalités comprises, au train ou à l'avion. Les compagnies aériennes développent de plus en plus des facilités d'embarquement (délais réduits, priorités,...) pour les usagers ce qui peut rendre plus compétitif l'usage de l'avion.

En général, on peut considérer que :

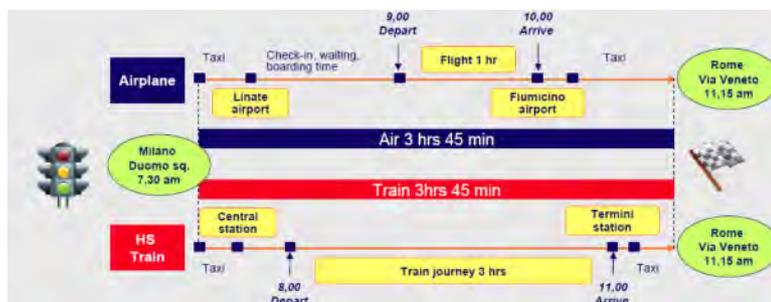
- au-dessous de 150 km, les LGV offrent un avantage limité par rapport au train conventionnel ou à la voiture et les positions des gares vis-à-vis de l'origine et de la destination sont déterminantes ;
- entre 150 km et 400 km, le ferroviaire reste plus rapide, que ce soit une LGV ou non. Cependant la LGV permet de diminuer les temps de parcours et d'encourager les usagers à utiliser le rail plutôt que l'aérien ou la route ;
- entre 400 km et 800 km, les LGV sont nécessaires à la compétitivité du rail face à l'aérien ;
- au-dessus de 800 km, l'aérien reste le plus compétitif dans cette tranche. Le ferroviaire a alors un intérêt spécialisé (TGV neige, services de nuit, transports accompagné de voitures,...).

<sup>85</sup> UIC 6<sup>th</sup> Highspeed Congress, Amsterdam, Oskar Fröidh, KTH, Stockholm, 2008



Temps de parcours vs. Distance pour les modes ferroviaires (LGV et traditionnel) et aérien<sup>83</sup>

Le temps de voyage à considérer doit comprendre le temps d'accès, le temps d'attente, le temps de dispersion et le temps de parcours proprement dit. La figure suivante montre les temps généralisés comparés entre Milan et Rome par voie aérienne ou ferroviaire, après l'ouverture de la LGV entre Milan et Bologne en décembre 2008, qui permet d'effectuer le trajet direct Milan-Rome en 3h30:

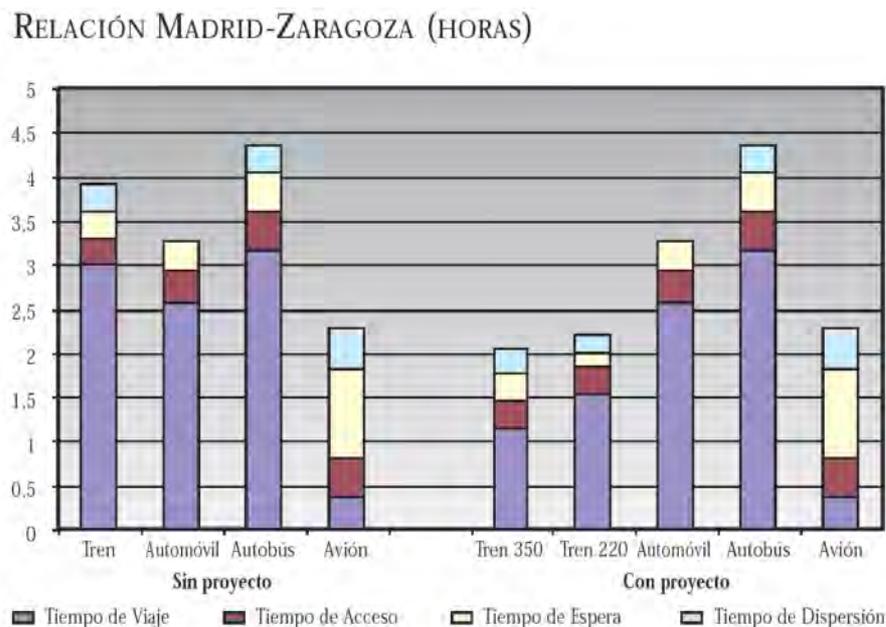


Temps de voyage généralisé pour Milan – Rome en train à grande vitesse et en avion<sup>86</sup>

Dans cet exemple de trajet entre le centre de Milan et le centre de Rome, les temps de trajet totaux en avion + accès + attente et en train à grande vitesse + accès + attente sont pour les deux modes de transport concurrents de 3h45, alors que le trajet en avion proprement dit dure une heure et que le trajet en train à grande vitesse seul dure 3h.

La figure suivante compare la somme des différents temps mentionnés précédemment pour la liaison Madrid – Zaragoza. On note que la mise en place d'une LGV rend le train plus rapide que l'avion en termes de temps de voyage généralisé.

<sup>86</sup> "Sul binario della crescita", Siemens, Ambrosetti, juin 2006



Temps de voyage généralisé pour Madrid – Zaragoza sans et avec LGV<sup>87</sup>

On observe une contraction spectaculaire des temps de parcours en trafic voyageurs par chemin de fer sous l’effet de l’extension du réseau grande vitesse et des services associés. La durée des trajets est non seulement réduite par les vitesses de circulation élevées mais également par la mise en service de nouvelles dessertes directes qui réduisent la durée des transferts<sup>48</sup>.

Par ailleurs, les coûts et avantages comparés de l’aérien et du ferroviaire à grande vitesse sont repris dans le tableau suivant.

	Coûts	Avantages
<b>Grande Vitesse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût élevé de réalisation de nouvelles infrastructures</li> <li>• Emprise au sol importante</li> <li>• Interopérabilité des réseaux européens difficile (écartement des voies et alimentation)</li> <li>• Limite de pertinence au delà de 3 heures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrivée en centre ville</li> <li>• Effets urbains et environnementaux réduits</li> <li>• Capacité élevée</li> <li>• Ponctualité</li> <li>• Meilleur compromis prix- confort</li> </ul>
<b>Aérien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuisances sonores et pollution de l’air</li> <li>• Eloignement des centres- villes et nécessaire utilisation d’autres modes pour les pré et post acheminements</li> <li>• Perte de temps supplémentaire liée aux procédures d’embarquement- débarquement</li> <li>• Congestion et saturation des aéroports</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infrastructures existantes et amorties</li> <li>• Interopérabilité des matériels et des infras</li> <li>• Tarifs en baisse avec le développement des low- costs</li> </ul>

Tableau de synthèse des coûts/avantages de l’aérien et du ferroviaire à grande vitesse <sup>88</sup>

<sup>87</sup> Balance global de la actividad ferroviaria en España, Grupo de Trabajo, Subsecretaría del Ministerio de Fomento, 1991-2007.

<sup>88</sup> Buannic Yann et al, La concurrence aérien/ ferroviaire à grande vitesse transeuropéenne, 2004

## 11.1.2 La demande et la capacité

Le manque de capacité ferroviaire a conduit certains pays à construire des LGV car les liaisons ferroviaires traditionnelles ne suffisaient plus à satisfaire la demande. Ce fut le cas entre Lyon et Paris et entre Rome et Naples, par exemple.

La mise en service de trains grande vitesse sur des lignes nouvelles parallèles aux lignes ferroviaires historiques permet également de libérer de la capacité pour le fret et pour les trains régionaux.

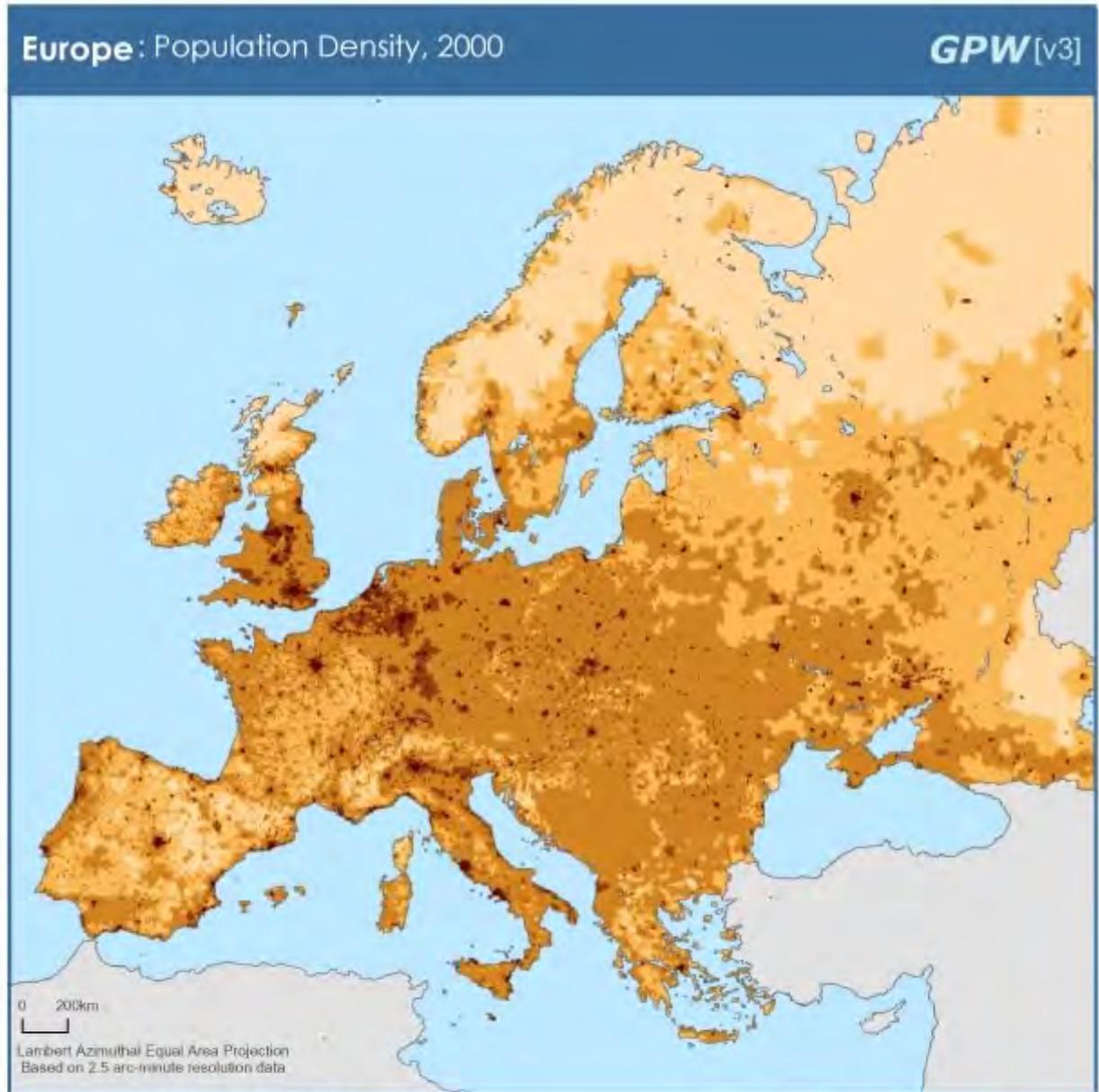
## 11.1.3 La distribution de la population

### 11.1.3.1 Densité de la population

Le mode ferroviaire a comme particularité d'être plus efficace pour servir un marché densément peuplé autour d'un noyau (idéalement proche de la gare). Cette distribution de la population se retrouve fréquemment au Benelux, en Allemagne, en France, en Italie, au Royaume-Uni ou en Espagne où la majorité de la population est concentrée dans des métropoles formées par les villes et les banlieues.

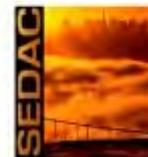
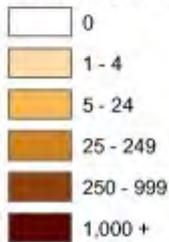
La densité de la population est un facteur important à prendre en considération lors de la planification des lignes à grande vitesse. Par exemple, en Espagne, la densité de population est faible en dehors des grandes villes. Dès lors, le réseau de LGV comporte peu d'arrêts intermédiaires et les trains peuvent circuler avec une vitesse d'exploitation élevée. Par contre, en Allemagne, il existe beaucoup de centres urbains disséminés avec une densité de population plus grande. Le réseau de LGV en Allemagne a été dès lors conçu avec de nombreux arrêts intermédiaires et une vitesse de 300 km/h ne se justifie pas sur l'ensemble du réseau, qui comporte un certain nombre de lignes exploitées à des vitesses de 200 ou 250 km/h.

Ces situations sont illustrées par la carte suivante.



**Gridded Population of the World**

Persons per km<sup>2</sup>



Copyright 2005, The Trustees of Columbia University in the City of New York. Source: Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University; and Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Gridded Population of the World (GPW), Version 3. Palisades, NY: CIESIN, Columbia University. Available at: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw>.  
NOTE: National boundaries are derived from the population grids and thus may appear coarse.

**Densité de population en Europe (2000)<sup>89</sup>**

<sup>89</sup> GPW v3, CIESIN, 2000

### 11.1.3.2 Situation des noyaux urbains

La situation idéale des noyaux urbains du point de vue des LGV se trouve dans le corridor reliant deux grandes métropoles. Ainsi, la construction d'une LGV dédiée à la liaison entre ces métropoles est profitable par extension aux villes intermédiaires dans lesquelles une gare TGV existe. C'est le cas de Mâcon sur la ligne à grande vitesse Paris – Lyon, par exemple.

Par ailleurs, les formes longilignes de l'Italie et du Portugal, par exemple, sont tout à fait propices à ce type de transport. Une ligne LGV reliant Milan à Palerme dans le cas de l'Italie et Porto à Faro dans le cas du Portugal passe par les villes les plus importantes de ces pays. Ceci est également le cas au Royaume-Uni entre Londres et Glasgow.

Cette situation peut être modulée selon la politique de transport de l'Etat Membre. Ainsi, en Espagne, la construction du réseau à grande vitesse a pour objectif de situer toutes les capitales de province à moins de 4 heures de voyage de Madrid et à moins de 6 heures de Barcelone.

## 11.2 AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

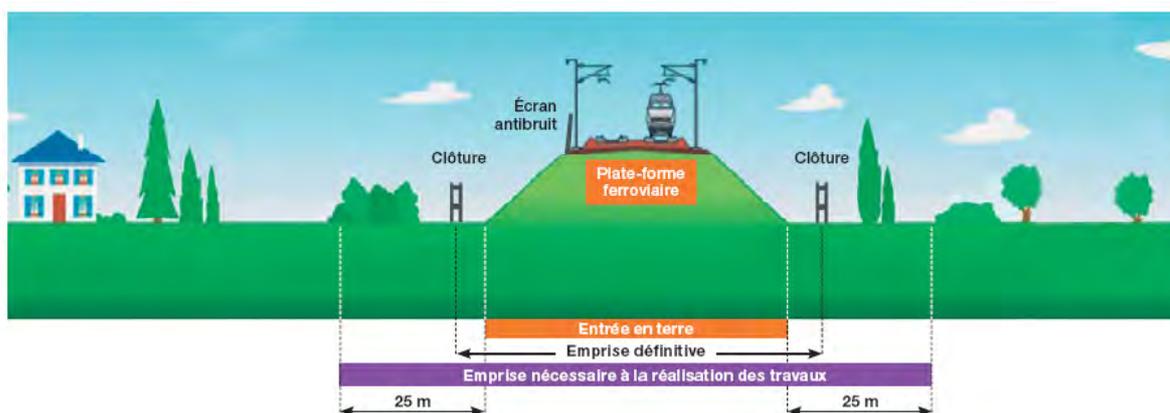
### 11.2.1 Emprise d'une LGV

L'emprise d'une LGV correspond à l'espace au sol nécessaire à la construction et à l'exploitation d'un projet LGV<sup>90</sup>. L'emprise d'une ligne est composée de :

- la plateforme de la voie ferrée (environ 14 mètres) ;
- selon le profil, de la zone de remblai ou de déblai ;
- les voies d'accès localement aménagées pour permettre l'entretien des équipements ferroviaires (rails, signalisation, caténaire...) ;
- les protections acoustiques et les aménagements paysagers.

---

<sup>90</sup> L'emprise d'une ligne à grande vitesse - Fiche thématique, RFF, Octobre 2007



Emprise d'une ligne grande vitesse<sup>90</sup>

Des équipements ou des aménagements peuvent aussi résulter de la création d'une LGV et augmenter ponctuellement son emprise :

- rétablissement des voiries traversant les nouvelles voies ferrées ;
- base de maintenance ;
- sous-stations d'alimentation électrique de la ligne.

Une comparaison entre la largeur d'une plate-forme de LGV et une plate-forme d'autoroute a été présentée au point 10.6 de ce rapport.

## 11.2.2 Emplacement des gares

### 11.2.2.1 Facteurs de décision et conséquences

La vitesse des trains à grande vitesse à l'approche des gares est la même que celle des trains conventionnels. Pour cette raison il n'est pas strictement nécessaire d'adapter les gares pour la grande vitesse<sup>91</sup>. Cependant, l'arrivée d'une LGV dans une gare peut signifier une augmentation de la fréquentation et donc un besoin d'augmentation de capacité. Dans quelques cas, des procédures particulières d'embarquement et de contrôle de bagages nécessitent l'aménagement d'une zone spécifique dans la gare (par exemple : services Eurostar).

Les gares LGV peuvent être des gares "historiques" adaptées, si les infrastructures et la capacité le permettent. Ces gares sont généralement situées à proximité directe des centres urbains. Si l'augmentation de capacité des gares historiques est impossible ou s'il est plus

<sup>91</sup> Source : L'opportunité pour la Grande Vitesse dans l'espace PECO, Center for Innovation in Transport, Université de Catalogne, UIC, Juillet 2004

facile de s'éloigner du noyau urbain, les gares LGV peuvent se trouver dans la périphérie de la zone urbaine ou même en zone rurale ("gares betteraves").

Dans tous les cas, l'emplacement des gares peut avoir une influence décisive sur l'aménagement du territoire. Les incidences résultant du choix de l'emplacement d'une gare sont nombreuses:

- En premier lieu, la création d'un nœud LGV résulte en la construction et /ou la rénovation d'une gare grande vitesse à l'intérieur de la ville.
- Ensuite, la mise à niveau de l'inter-modalité du réseau de transports en commun au niveau local (liaison avec transports intra- ou périurbains), national (transports ferroviaires traditionnel) et au niveau international (liaison avec aéroport) peut se révéler nécessaire. Dans tous les cas, la zone d'influence de la gare augmente et est caractérisée par une plus grande accessibilité.
- Dans le cas de gares en zones rurales, "gares betteraves", la création d'un parking de transfert intermodal et de facilités propres à la gare peut favoriser le développement de la zone.
- Dans beaucoup de cas, l'arrivée de LGV a été l'occasion de profonds réaménagements urbains, consistant dans le déplacement de faisceaux de voies pour les marchandises vers des plates-formes logistiques situées à l'extérieur des villes, le by-pass des marchandises dans les villes, et la récupération de terrains de grande valeur pour l'aménagement des villes. A l'occasion, de nouvelles gares qui représentent la "revitalisation du rail" ont été construites.

### 11.2.2.2 Exemple de développement autour d'une gare LGV

Le quartier King's Cross Central entourant la gare St Pancras international à Londres a fait l'objet d'un redéveloppement important. Un permis de bâtir pour 75 ha accordé en 2006 inclut la construction de 25 nouveaux grands immeubles de bureaux d'une surface de 45 ha, 20 nouvelles voiries, 10 nouveaux espaces publics importants, la restauration et la rénovation de 20 bâtiments historiques et structures, et jusqu'à 2.000 maisons et appartements<sup>92</sup>. La rénovation sera terminée pour les Jeux Olympiques de Londres en 2012.

---

<sup>92</sup> Argent Group PLC, 2008



Masterplan du réaménagement de King's Cross Central<sup>92</sup>

### 11.2.2.3 Le cas des gares "betteraves"

Les gares "betteraves" sont des gares situées en milieu rural. Ces gares résultent souvent de la volonté de créer des gares intermédiaires sur des longues LGV sans pour autant faire de détour par une ville, ce qui augmenterait le temps de parcours.

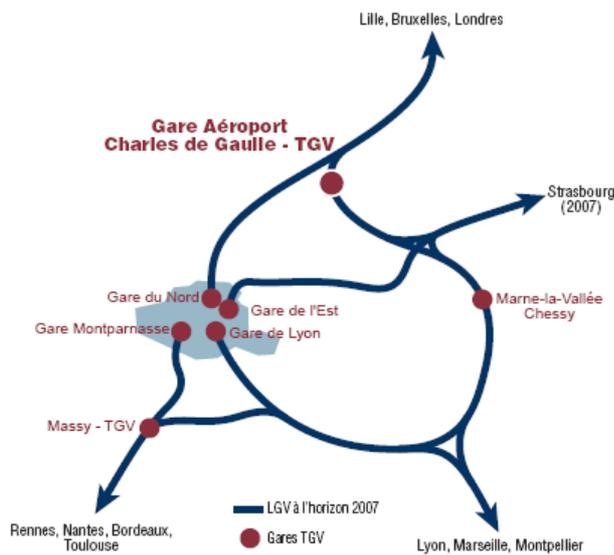
L'inconvénient majeur de ce type de gares est le manque de liaison en transports en commun vers les noyaux urbains. Ainsi, ces gares sont généralement plus faciles d'accès en voiture et sont en conséquence pourvues de grands parkings d'échange.

La carte suivante présente différentes gares situées à l'extérieur des villes en France:

- Certaines de ces gares desservent des aéroports: Roissy CDG et Lyon St Exupéry
- La gare TGV Haute Picardie est une gare située en zone rurale qui a été baptisée "gare betteraves"
- Certaines gares desservent des villes mais sont situées à l'extérieur de celles-ci, par exemple: Valence TGV, Avignon TGV, Champagne-Ardenne, etc.
- D'autres desservent des centres d'intérêt spécifiques et les zones adjacentes tels que le Futuroscope ou Disneyland Paris à Marne la Vallée. Cette dernière est également une gare d'échange entre différentes lignes à grande vitesse.



Gares à l'extérieur des villes en 2007 en France<sup>93</sup>



Gares LGV en Ile de France en 2007<sup>94</sup>

<sup>93</sup> Source : Audit de l'inspection générale des finances (2003).

<sup>94</sup> La liaison Paris / Roissy CDG, état des lieux de la desserte actuelle et enjeux de son amélioration, RFF – ADP – SNCF, 2003

Les objectifs de la création de gares extérieures à la ville sont, entre autres<sup>95</sup> :

- la desserte en surface de la région périphérique;
- le délestage des terminus intra-urbains; dans le cas de Paris, les lignes transversales ont réduit le trafic des gares de Paris d'environ 11 millions de voyageurs, ce qui représente 40% de l'activité de la gare Montparnasse, par exemple. Ceci est loin d'être négligeable compte tenu de la difficulté et du coût de la réalisation des extensions de gares;
- la complémentarité entre les modes ferroviaires et aériens; dans le cas de Paris, une gare GV à Roissy-CDG dessert directement l'aéroport;
- les économies de retournement des rames en gares et donc, la meilleure productivité du matériel par la réduction des périodes d'inaction.

#### 11.2.2.4 Développement de villes satellites

Certaines gares "betteraves" ont permis de générer de nouveaux pôles d'affaires et se sont transformées en villes satellites.

C'est le cas de la gare TGV d'Avignon, située à Courtine, où le Pôle d'affaires TGV va être développé. L'intérêt de l'emplacement de ce pôle, est la connexion directe aux lignes GV vers Lyon, Paris, Marseille ou Montpellier. Dans ce nouveau quartier, qui s'étend sur 23 hectares, seront construits des hôtels, des logements, des commerces et des services de proximité qui côtoieront un ensemble d'activités tertiaires<sup>96</sup>.



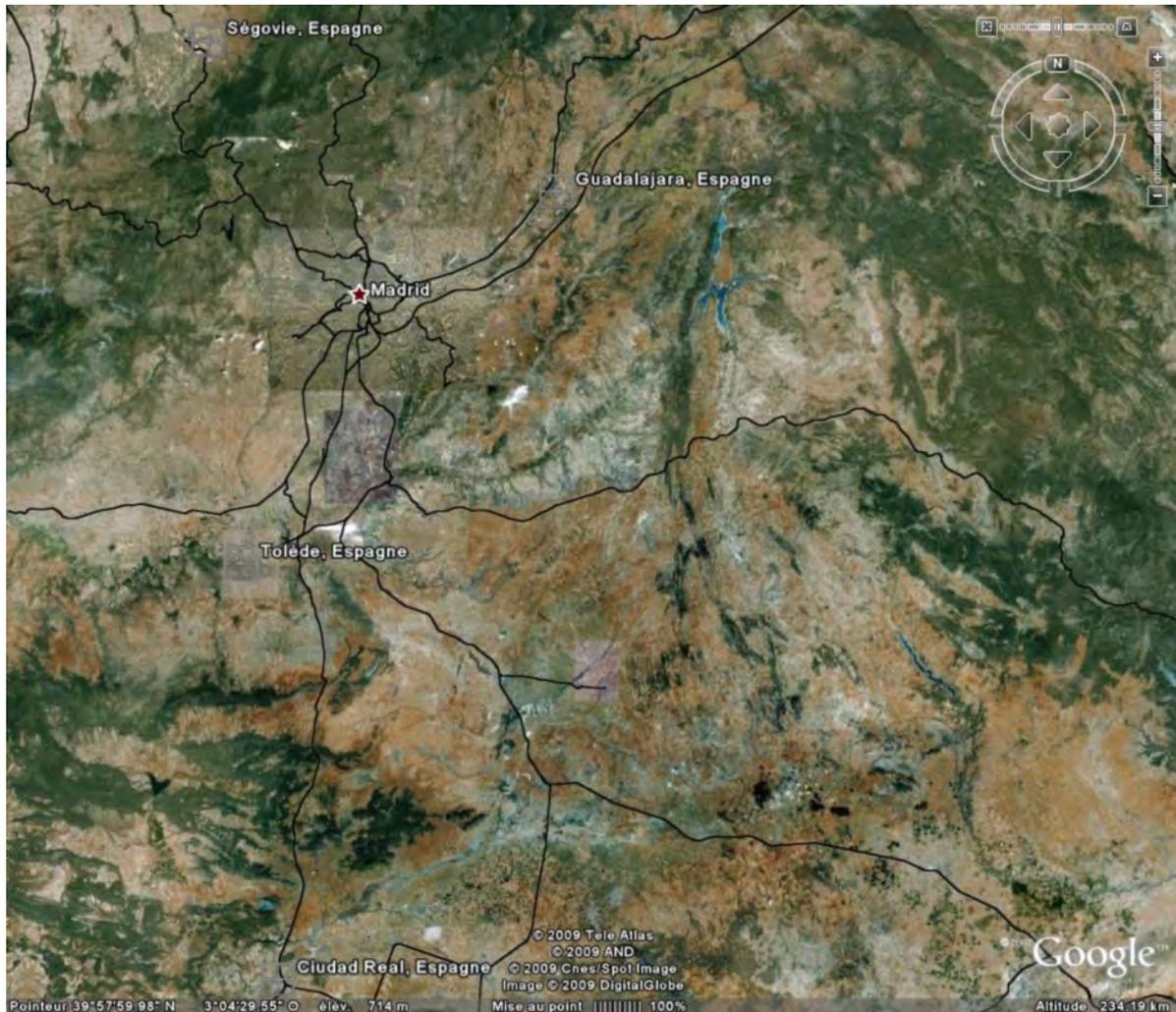
Projet du Pôle d'affaires TGV à Courtine, près d'Avignon

<sup>95</sup> Bilan LOTI de la LGV Interconnexion Ile-de-France, RFF, 2005

<sup>96</sup> Mairie d'Avignon, 2008

En Espagne, le phénomène de villes satellites a été analysé dans les cas de Ciudad Real, Guadalajara, Ségovie et Tolède. Ces villes sont situées autour de Madrid sur des LGV différentes, respectivement Madrid-Séville, Madrid-Saragosse-Barcelone, Madrid-Valladolid et Madrid-La Sagra-Tolède.

Elles sont représentées sur la carte suivante.



Ciudad Real est située à cinquante minutes de Madrid en train à grande vitesse. Les changements les plus significatifs qui sont apparus depuis la mise en service de la LGV en 1992 sont, d'une part, la possibilité d'intégration des marchés du travail de Madrid et de Ciudad Real grâce à l'apparition de voyages pendulaires quotidiens et, d'autre part, l'apparition de projets ou d'activités productives tertiaires liées à Madrid et au transport qui auraient été impensables avant la LGV. Les possibilités de déplacements quotidiens facilitent d'une part le fait pour certaines personnes de pouvoir continuer à vivre à Ciudad Real et de profiter des opportunités d'emplois à Madrid et, d'autre part, de pouvoir disposer à Ciudad Real de professionnels de haut niveau qui souhaitent continuer à vivre à Madrid. Ces déplacements n'auraient pas existé en l'absence de LGV.

Trois éléments favorisent les voyages pendulaires entre Madrid et Ciudad Real:

- L'importante réduction des temps de parcours par rapport à la situation sans LGV

- La fréquence élevée des services de navette ferroviaire
- Une politique tarifaire adéquate de l'opérateur ferroviaire avec en particulier l'offre d'abonnements mensuels<sup>97</sup>.

A Guadalajara, la gare des trains à grande vitesse est située à 8 km du centre ville et a engendré d'importants développements immobiliers autour de celle-ci. La construction de nouveaux logements est envisagée suite à la mise en service de la LGV, afin que des personnes qui travaillent à Madrid puissent résider à Guadalajara<sup>97</sup>.

Il est vraisemblable que la mise en service de la nouvelle LGV Madrid-Valladolid en décembre 2007 conduira à intégrer Ségovie dans la zone métropolitaine de Madrid compte tenu de la diminution du temps de parcours, et dans le réseau de villes nationales connectées par LGV. La gare des trains à grande vitesse de Ségovie est également située à distance du centre ville et de la gare actuelle.

Tolède est desservie par une LGV en cul-de-sac depuis Madrid et le transport est donc orienté essentiellement vers la capitale du pays. La gare de Tolède a été maintenue à proximité du centre historique.

### 11.2.3 Effet sur les biens fonciers

Les LGV peuvent avoir un effet significatif sur la valeur hédonique<sup>98</sup> des biens fonciers situés à proximité des infrastructures. Cet effet peut être créé tant par l'arrivée d'une nouvelle desserte que par tous les aménagements et mesures d'accompagnement bénéfiques que l'on soit usager des trains à grande vitesse ou non (opérations de rénovation et de restructuration de quartier, renforcement de la desserte des transports publics, ...).

Selon Jean-Jacques Dufaure<sup>99</sup>, il existe un "effet TGV" sur le développement des agglomérations. Un arrêt LGV, tout comme une autoroute contournant l'agglomération, désenclaverait la zone desservie, attirerait les entreprises, les touristes et stimulerait ainsi le développement économique. En conséquence, le marché de l'immobilier serait dynamisé, les opportunités d'investissement locatif augmenteraient et les prix grimperaient.

Les LGV permettraient aux agglomérations et à l'ensemble des terroirs avoisinants de s'inscrire dans un marché concurrentiel national et international et de renforcer leurs spécificités et leur savoir-faire.

---

<sup>97</sup> I congreso nacional de la red ciudades AVE, Actas - Conclusiones, Guadalajara, Octubre de 2005

<sup>98</sup> L'approche hédonique repose sur le constat que les différents biens qui sont échangés sur les marchés ne sont pas recherchés uniquement pour eux-mêmes mais aussi pour les caractéristiques qui les définissent. Ainsi, un bien immobilier situé aux abords d'une gare pourra éventuellement être plus recherché et donc plus cher de par son accessibilité et de par la proximité des services et des commerces, par exemple.

<sup>99</sup> Dossier "L'effet TGV, l'incontestable développement de nos agglomérations", Propriétaires, Jean-Jacques Dufaure, Printemps 2007

### 11.2.3.1 Etudes de cas

Jean-Jacques Dufaure<sup>99</sup> reprend dans un article des études de cas de régions françaises desservies par des LGV et les résultats en termes de marché immobilier qui en découlent. Ceci est résumé ci-dessous :

- LGV-Est en Champagne, Alsace et Lorraine: le marché des clients "pendulaires" (effectuant l'aller-retour quotidiennement entre leur domicile et leur lieu de travail) a été multiplié par 2 depuis le lancement de la LGV avec plus de 600 clients qui tous les jours font le trajet, majoritairement vers Paris<sup>49</sup>.
- Strasbourg: Les 80 minutes gagnées (2h40 au lieu de 4h) entre Paris et Strasbourg, capitale européenne et 2e pôle financier de France, séduiront non seulement les touristes mais également les entreprises, d'autant que le TGV Rhin-Rhône est annoncé pour 2012/2014. Les professionnels de l'immobilier estiment qu'une forte hausse de prix sera enregistrée au cours des prochains mois.
- Nancy: Selon Enzine Maginot<sup>100</sup>, beaucoup de Nancéens croient que les Franciliens vont s'installer à Nancy et faire l'aller-retour avec Paris quotidiennement (trajet de 1h30, gain de temps de 1h15) et que les prix de l'immobilier vont flamber. M. Maginot croit plutôt que ce sont les Nancéens qui se rendront plus à Paris, optant pour le TGV et délaissant leur voiture.
- La Rochelle: L'agglomération de La Rochelle bénéficie d'une liaison LGV (3h10 depuis Paris). Le marché de l'immobilier est très dynamique et les hausses de prix succèdent à une forte demande locative.

## 11.2.4 Effet sur les zones non-desservies

L'étendue de la zone d'influence des pôles renforcés par une LGV dépend du niveau de développement des lignes de rabattement locales.

Un renforcement du poids économique de la zone d'influence de la gare peut être induit, et des inégalités de développement en termes de délocalisation d'activités des espaces non desservis vers les espaces desservis, pourraient entraîner des conséquences en termes d'emplois et de désertification des espaces.

Ces effets sont cependant fortement dépendants des caractéristiques propres au territoire. Ces caractéristiques, qu'elles soient économiques, démographiques, sociales, culturelles, ou encore relatives à l'offre existante de services publics (hôpitaux, université) participeront aussi aux effets différenciés selon les territoires desservis. Les atouts touristiques et leur répartition sur le territoire jouent également un rôle important. La cohérence du territoire et les échanges qui s'y produisent ainsi que les liens historiques que les acteurs entretiennent sont également à prendre en compte pour spécifier les impacts potentiels.

Dans de nombreux cas de création de LGV, des personnes ou des lieux doivent subir les inconvénients d'équipements d'intérêt général sans nécessairement bénéficier de leurs

---

<sup>100</sup> Enzine Maginot, L'adresse Agence Capimmo

avantages. Il apparaît alors un phénomène de rejet lorsque l'aménagement est contesté par une partie des acteurs en raison des atteintes à l'environnement qu'il risque d'entraîner, des nuisances qu'il provoque pour les riverains (syndrome "Nimby") ou des risques qu'il induit.

Le terme "Nimby" est utilisé pour caractériser des populations, riveraines d'un équipement ou d'un projet d'équipement, qui protestent contre les nuisances de différents types dont celui-ci est ou sera la source (bruit, pollution atmosphérique, atteintes aux paysages, odeurs mais aussi dévalorisation du patrimoine immobilier). Ces riverains n'expriment pas une opposition de principe à l'équipement qu'ils contestent mais seulement leur hostilité à cet équipement précis, là où il doit être construit, en raison de l'impact qu'il aura sur leur cadre de vie et sur la valeur de leur patrimoine.<sup>101</sup>

## 11.3 COHESION TERRITORIALE

L'accessibilité et le désenclavement des régions est indispensable afin de permettre à toutes les populations de participer à l'économie nationale et mondiale, d'être visible et d'affirmer ses spécialités et son savoir-faire sur un marché concurrentiel en constante mondialisation. C'est dans cette optique que la Commission Européenne soutient le concept de cohésion territoriale.

Le livre vert de la Commission Européenne sur la cohésion territoriale nous donne une définition de ce concept :

*"La cohésion territoriale consiste à garantir le développement harmonieux de tous ces territoires et à permettre à leurs habitants de tirer le meilleur parti de leurs caractéristiques propres. Elle est, à ce titre, un moyen de faire de la diversité un atout qui contribue au développement durable de l'ensemble de l'Union."*<sup>102</sup>.

Le livre vert préconise un développement économique plus équilibré et durable qui favoriserait une exploitation plus équitable et durable des atouts et allégerait la circulation routière.

Le rôle des transports dans la cohésion territoriale y est résumé :

*« La politique des transports a une incidence évidente sur la cohésion territoriale, notamment du fait de ses conséquences en matière d'implantation de l'activité économique et de répartition de l'habitat. Elle joue un rôle particulièrement important dans l'amélioration des liaisons avec les régions les moins développées et au sein même de ces dernières. »*<sup>102</sup>.

Selon Marjorie Jouen<sup>103</sup>, la cohésion territoriale qualifie un état de l'espace européen dans lequel les écarts entre territoires sont réduits ou au moins acceptables, afin que tous les Européens puissent jouir de conditions de vie et de développement comparables, et où les liens existant entre les territoires sont susceptibles de créer une certaine communauté d'appartenance.

---

<sup>101</sup> "L'aménagement, entre jeux d'acteurs et enjeu de territoire", Philippe Subra, Géopolitique de l'aménagement du territoire, 2007

<sup>102</sup> Livre vert sur la cohésion territoriale – Faire de la diversité territoriale une force, Commission des Communautés Européennes, 2008

<sup>103</sup> La cohésion territoriale, de la théorie à la pratique, Marjorie Jouen, Notre Europe, juin 2008

La mise en place d'une ligne à grande vitesse renforce la cohésion territoriale entre les régions desservies en permettant le raccourcissement des temps de parcours. Même si le temps de parcours est un peu plus long qu'en avion, l'accès rapide en train donne le sentiment de la proximité. Les trajets sont donc encouragés et les nouvelles régions desservies sont intégrées à l'échelle européenne.

Desservies par la LGV, les régions peuvent profiter des équipements et services des autres métropoles européennes et mettre à disposition leurs propres fonctions de manière plus aisée et plus compétitive. Cette compétitivité peut contribuer à renforcer la spécialisation des différentes régions et leur polarisation et complémentarité vis-à-vis des autres régions européennes dans un cadre international. Ceci contribue à l'aménagement du territoire à l'échelle européenne. Cet aménagement du territoire n'est cependant pas égalitaire puisqu'il se limite aux nœuds du réseau à large maille formé par les LGV.

Les secteurs les plus sensibles à la présence d'une LGV sont les secteurs des hautes technologies et des services tertiaires supérieurs (études, assistance et conseil aux entreprises)<sup>104</sup>.

## **11.4 TEMPS DE PARCOURS SUR LES AXES FERROVIAIRES PRIORITAIRES**

L'impact le plus important de la mise en œuvre de lignes à grande vitesse est la diminution du temps de parcours entre les villes desservies. Le paragraphe suivant met en avant les temps de parcours de grands projets de LGV européennes réalisées récemment ou en cours de réalisation.

### **11.4.1 L'axe Paris – Bruxelles – Amsterdam / Cologne / Londres**

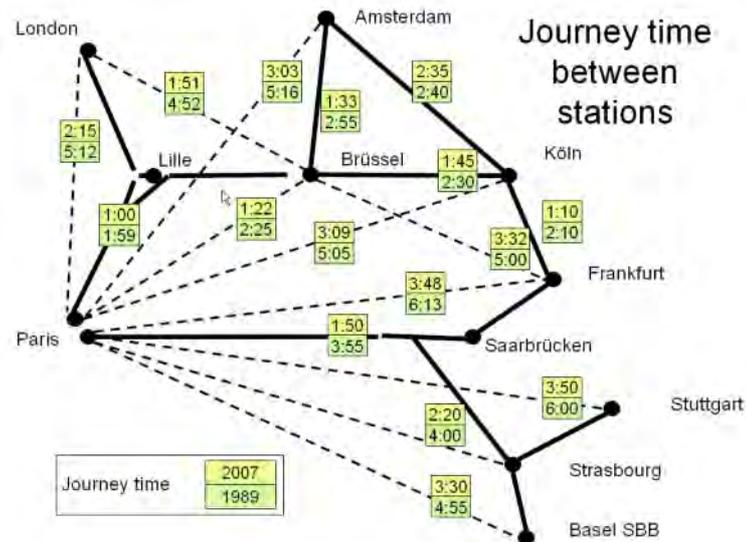
Les temps de parcours entre les gares de l'axe Paris – Bruxelles – Amsterdam / Cologne / Londres ainsi que vers d'autres villes européennes proches sont repris ci-dessous pour 1989 et 2007.

Il est à noter que la LGV Bruxelles-Amsterdam n'est pas encore en service en 2007, ni le tronçon Liège-Cologne. Néanmoins des trains à grande vitesse sont exploités sur ces liaisons sur des lignes classiques. Les temps de parcours indiqués sont ceux qui seront possibles après mise en service complète des LGV.

Suite à la mise en service du second tronçon de la ligne à grande vitesse britannique (fin 2007), Eurostar lance ses services au départ de St Pancras International.

---

<sup>104</sup> Setec Organisation, LGV Poitiers Limoges – Etude prospective des effets d'aménagement et de développement des territoires – Rapport 2006



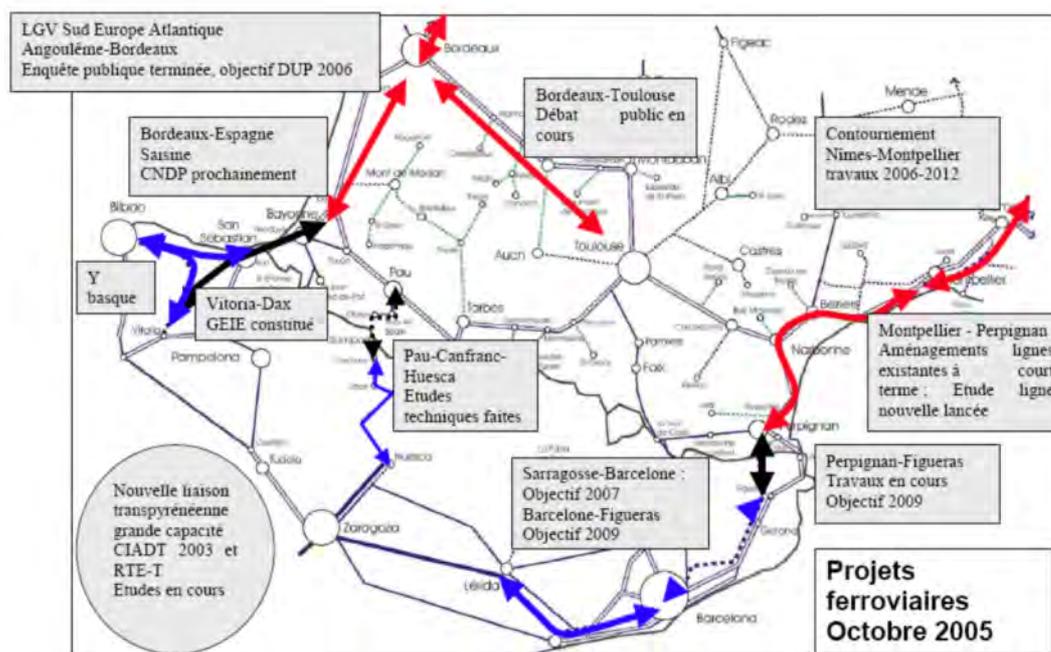
**Temps de parcours en 1989 et en 2007 sur l'axe Paris – Bruxelles – Amsterdam – Cologne - Londres et autres gares proches<sup>105</sup>**

Les autres LGV mises en service progressivement entre 1989 et 2007 sont notamment la LGV Est (Paris-Baudrecourt), les LGV Cologne-Francfort, Saarbrücken-Mannheim, etc.

## 11.4.2 L'axe Sud Europe Atlantique et la péninsule ibérique

Le contournement de Nîmes et de Montpellier permettra à l'horizon 2013 de nouveaux gains de temps, sur certains trains, entre Barcelone, Montpellier (et le sud de la région) et Paris : gain de 10 minutes mettant Montpellier à environ 3h05 de Paris.

<sup>105</sup> Presentation for Norsk Bans AS, Ebehard Jänsch, Oslo, juin 2008



### Projets ferroviaires France-Espagne

Les liaisons ferroviaires espagnoles, françaises et portugaises vers Madrid seront fortement raccourcies grâce à la mise en place de nouvelles LGV, à l'uniformisation technique du réseau et à la mise en place de matériel roulant interopérable.

Les LGV de la péninsule ibérique permettront de relier les grandes villes du sud ouest de l'Europe entre elles plus rapidement:

Villes reliées		Offre sans LGV / sans uniformisation ou matériel interopérable	Temps de parcours avec LGV et interopérabilité
De Madrid <sup>106</sup> à	Porto		2h45
	Lisbonne		2h45
	Barcelone	6h20	2h38
	Malaga	4h30	2h30
	Valladolid	2h40	55'
	Tolède		35'
De Bordeaux <sup>107</sup> à	Madrid	4h20	3h30
	Bilbao	3h05	1h45
	Bayonne	1h40	55'
	Pau	1h55	1h20

<sup>106</sup> Sources : Rave, 2008

<sup>107</sup> Sources : RFF, Liaison TGV Sud Atlantique, 2008

### 11.4.3 L'accessibilité de l'Italie

En Italie, l'amélioration des temps de parcours, suite à la mise en service de nouvelles LGV en 2012 par rapport à une situation sans LGV (avant 2008) et à la situation en 2008 (avec des tronçons de LGV en construction et des mises en service partielles), est décrite dans le tableau suivant<sup>108</sup> :

		Offre sans LGV (avant 2008)	Offre actuelle (2008)	Offre avec LGV (2012)
De Rome à	Milan		4h30	3h00
	Florence	2h40	1h35	1h20
	Naples	1h45	1h27	1h05
De Milan à	Naples		6h10	4h25
	Bologne	1h42	1h42	1h00
De Bologne à	Florence		59'	30'
De Turin à	Milan	1h22	1h22	0h50
	Naples		7h30	5h25

### 11.4.4 Liaison Lyon-Turin

La mise en service d'une LGV sur la liaison Lyon – Turin permettrait de raccourcir les temps de parcours depuis Paris vers les grandes villes du nord de l'Italie de la manière suivante<sup>109</sup> :

De Paris à	Offre actuelle (2008)	Temps de parcours futur (2030)
Turin	5h30	3h30
Milan	7h08	4h02
Venise	10h50	5h25

<sup>108</sup> Sources: UIC 6<sup>th</sup> Highspeed Congress, Amsterdam, M. Blanc, Ferrovie Dello Stato, Mars 2008 et A. Salemme, TAV, Mars 2008

<sup>109</sup> Source : LTF, 2008

### 11.4.5 LGV Est Européenne

Le tableau suivant montre l'intérêt de la LGV en termes de temps de parcours :

Villes reliées		Offre sans LGV (avant le 10 juin 2007)	Temps de parcours prévus pour 2020 <sup>110</sup>
De Paris à	Strasbourg	4h00	1h50
	Colmar	4h40	2h20
	Luxembourg	3h35	2h15
	Francfort	6h15	3h45
	Munich	8h30	4h30
	Stuttgart	6h00	3h05
De Strasbourg à	Luxembourg	2h10	1h25
	Lille	6h00	2h45
	Nantes	6h50	4h25

### 11.4.6 Illustration du rapprochement des villes desservies par des LGV en France

Les trois schémas suivants établis par la SNCF<sup>111</sup> illustrent respectivement la situation initiale en France, sans LGV, ainsi qu'une visualisation des gains de temps pour différentes liaisons grâce aux LGV mises en service aux horizons 1989 et 2007. Cet effet est obtenu par une diminution des distances sur la carte proportionnelle aux diminutions de temps de parcours.

<sup>110</sup> Sources : RFF, Liaisons TGV Est-Européenne, 2007

<sup>111</sup> Source: "TGV, du produit à la marque: 25 ans de Service aux clients", Mireille Faugère, Revue Générale des Chemins de Fer, septembre 2006

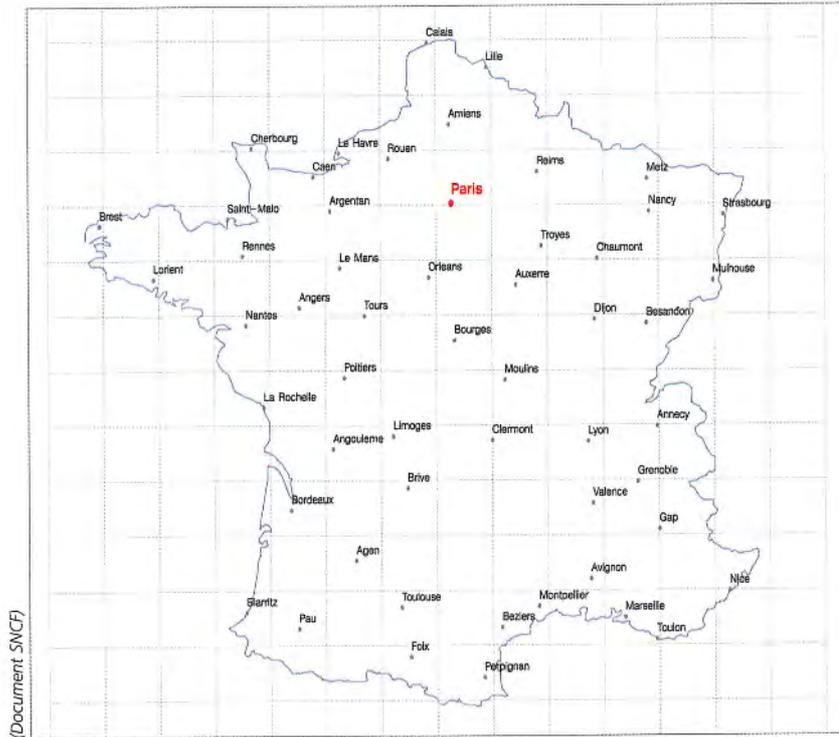


Fig. 1 - Carte initiale

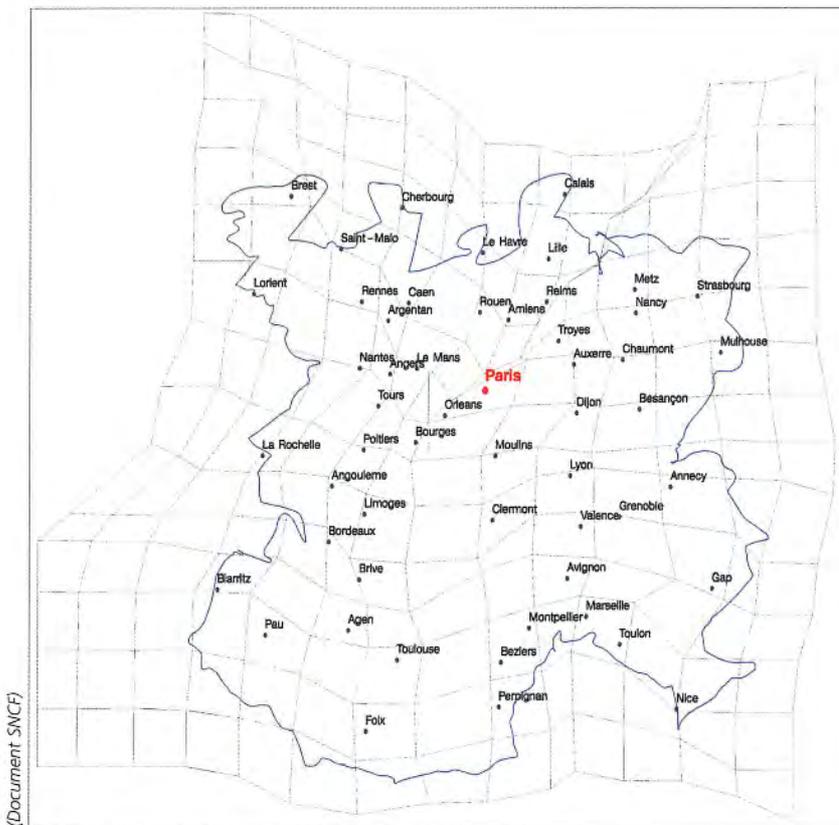


Fig. 2 - Carte en 1989



Il apparaît également une conscientisation de l’empreinte écologique des déplacements qui peut contribuer à une modification du choix modal.

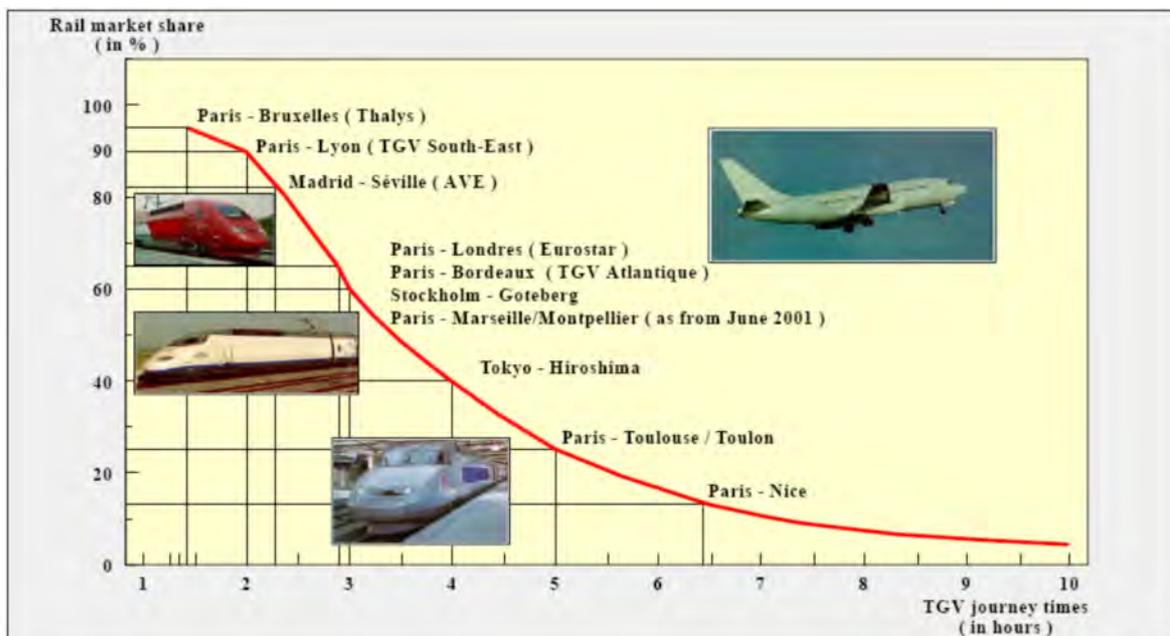
Des déplacements par mode ferroviaire peuvent en outre être induits par la création des LGV: en l’absence de celle-ci, les usagers n’auraient pas effectué ce déplacement. En effet, plus le service ferroviaire est performant (en termes de rapidité et de coût de transport), plus les flux de voyageurs sont potentiellement importants, toutes autres choses étant égales par ailleurs.

La mise en service de nouvelles liaisons du réseau GV peut contribuer à une augmentation de la part modale du rail dans les déplacements reliant les grandes villes européennes comme le montre le tableau suivant:

Tableau 1 : part de marché du rail sur certaines relations choisies, avec ou sans extension ultérieure du réseau GV ( scénario de base, 2020)		
Relations O/D	Sans extension	Avec extension
Berlin - Munich	12%	41%
Madrid – Lisbonne	6%	48%
Madrid – Barcelone	12%	49%
Stockholm – Malmö	25%	51%
Paris – Milan	18%	54%
Londres – Bruxelles	48%	65%

**Part de marché du rail sur certaines relations choisies, avec ou sans extension ultérieure du réseau GV (scénario de base 2020) <sup>48</sup>**

La part de marché du rail par rapport à l'aérien est représentée dans le graphique suivant en fonction de la durée de parcours en train à grande vitesse sur les relations considérées.



Parts de marché du Rail à grande vitesse par rapport à l'aérien en fonction du temps de parcours en train grande vitesse<sup>113</sup>

Pour les relations d'une durée de 1h30 à 2h30 environ, à savoir Paris-Bruxelles, Paris-Lyon et Madrid-Séville, la part de marché du rail à grande vitesse est comprise entre 95% et plus de 80%. D'ailleurs, les relations aériennes entre ces villes ont pratiquement disparu.

Il faut noter que les relations Paris-Bordeaux, Paris-Toulouse/ Toulon et Paris-Nice ne sont effectuées à l'heure actuelle que partiellement sur des LGV.

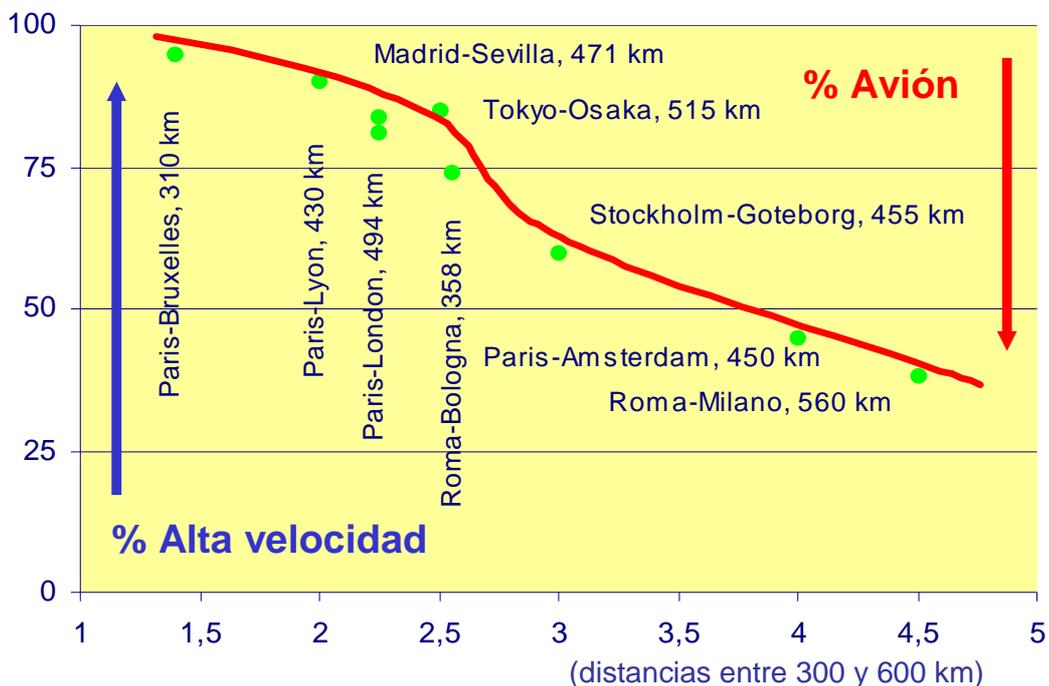
Un graphique similaire a été établi par l'UIC<sup>114</sup>. Il représente les parts de marché respectives du train à grande vitesse (% Alta velocidad) et de l'avion en fonction des temps de parcours entre les villes retenues (échelle horizontale en heures).

Il faut noter que les relations Paris-Amsterdam et Rome-Milan ne sont effectuées en 2008 que partiellement sur des LGV.

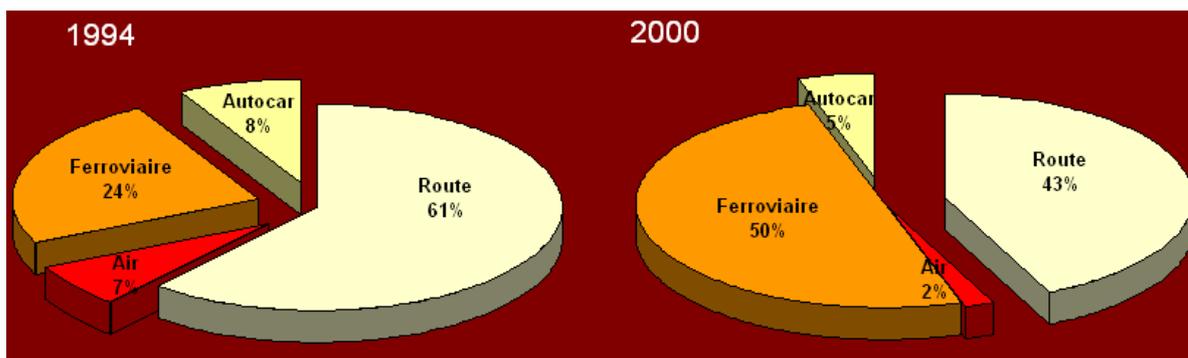
<sup>113</sup> UIC 6<sup>th</sup> Highspeed Congress, Amsterdam, J-P. Loubinoux, SNCF, 2008

<sup>114</sup> Source: Présentation "Alta Velocidad", Iñaki Barrón de Angoiti, Director de Alta Velocidad (UIC), E.T.S. Ingenieros de Caminos UPC, Barcelone, 12 février 2008

### Curva de distribución modal tren - avión



Un doublement de la part de marché du ferroviaire a été observé entre Bruxelles et Paris suite à la mise en œuvre de la LGV. La figure suivante l'illustre:

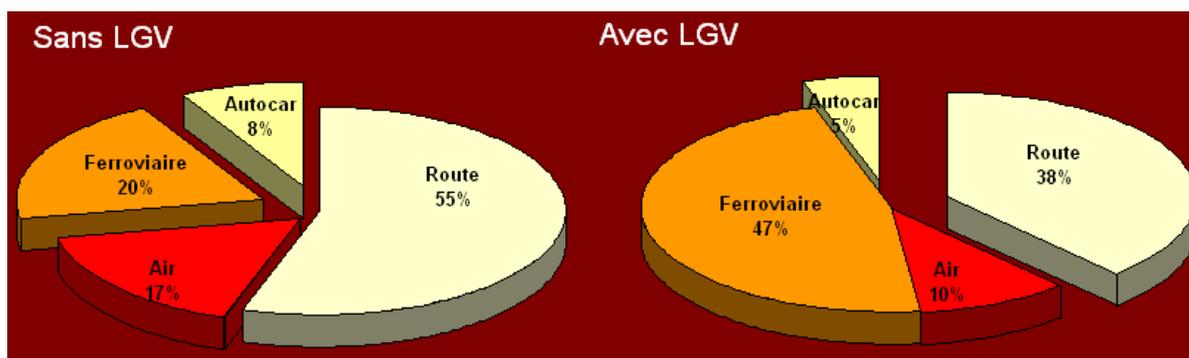


Parts de marché entre Paris et Bruxelles en 1994 et en 2000 <sup>115</sup>

La part de l'aérien est devenue marginale entre Paris et Bruxelles et la part de la route a fortement diminué.

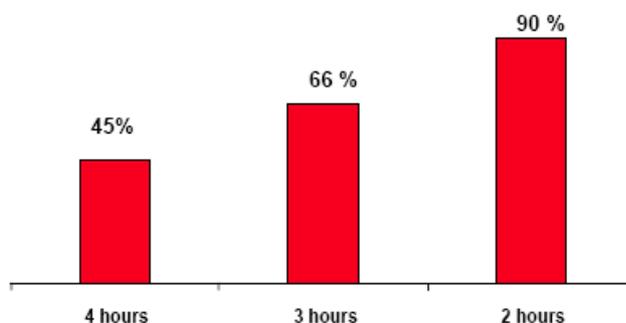
<sup>115</sup> Source : UIC 6<sup>th</sup> Highspeed Congress, Amsterdam, Raimondo Orsini, 2008

Le même effet est prévu en Espagne sur la ligne Madrid – Barcelone :



Parts de marché avec et sans LGV sur la ligne Barcelone – Madrid <sup>116</sup>

Dans tous les cas, ce qui détermine principalement la part du rail par rapport à l'air est le temps de parcours comme le montre le graphe suivant valable pour le marché du TGV en France par rapport au transport aérien:



Parts de marché du TGV en France par rapport au transport aérien en fonction du temps de parcours<sup>117</sup>

La part de marché du TGV en France est de 90% contre 10% pour le transport aérien pour des trajets de 2 heures mais se réduit à 45% par rapport au transport aérien (55%) pour des trajets de 4 heures.

<sup>116</sup> Balance global de la actividad ferroviaria en Espana, Grupo de Trabajo, Subsecretaría del Ministerio de Fomento, 1991-2007.

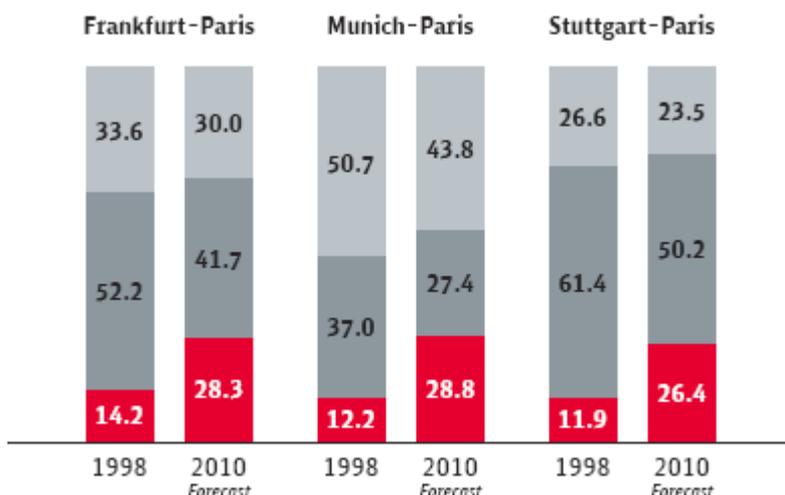
<sup>117</sup> UIC 6<sup>th</sup> Highspeed Congress, Amsterdam, Roche, 2008

La mise en œuvre de LGV en Europe a contribué à augmenter très significativement la part du rail sur quelques liaisons représentées ci-après. Il s'agit des parts de marché "avant" et "après" la mise en service des LGV.



Effet de la mise en service de lignes à grande vitesse sur la part de marché du rail – données avant et après la mise en œuvre de la LGV reliant les villes considérées <sup>113</sup>

Il est également prévu que la part de marché du rail sur certaines liaisons franco-allemandes soit doublée entre 1998 et 2010 :

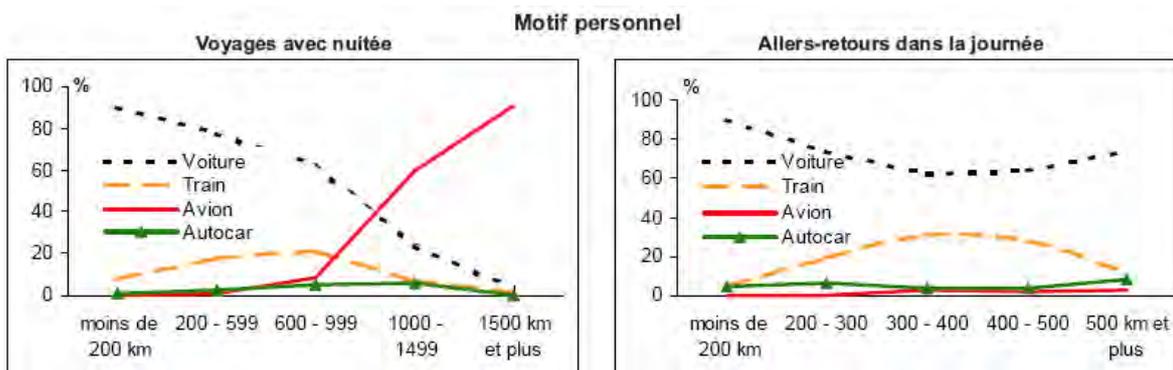


Effet de la mise à grande vitesse sur la part de marché du rail entre la France et l'Allemagne <sup>118</sup>  
(rouge = rail, gris foncé = route, gris clair = aérien)

Au niveau de l'utilisateur, ce sont essentiellement les facteurs de vitesse, d'accès au centre-ville, de possibilités d'intermodalité et du rapport prix/confort qui détermineront son choix.

Ainsi, pour les parcours longue distance pour motif de déplacement personnel en France, la répartition du nombre de voyageurs est illustrée ci-dessous pour le voyages avec ou sans nuitée :

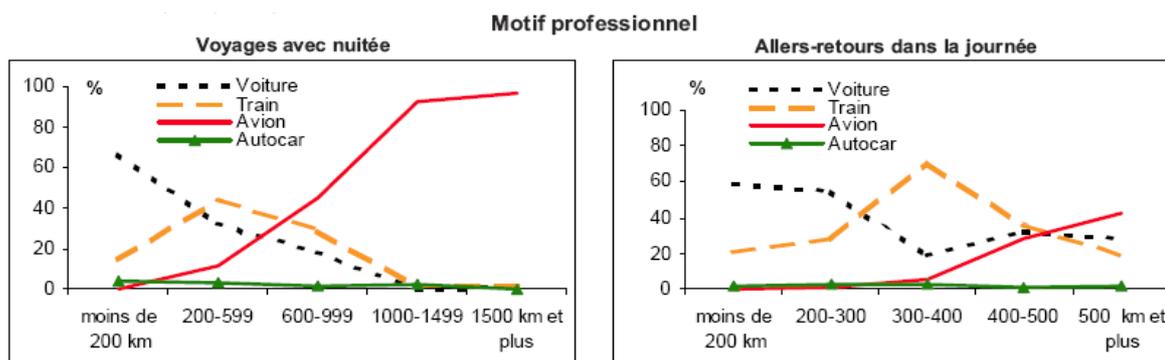
<sup>118</sup> Competition Report, DB, 2008



**Répartition du choix modal principal des voyageurs en fonction de la distance pour motif personnel (2005)<sup>119</sup>**

Selon des enquêtes réalisées en France, la part du marché du rail pour des voyages avec nuitée pour motif personnel n'excède jamais 20% et le pic d'utilisation du rail serait entre 600 et 999 km. La part de marché de la voiture est la plus élevée jusqu'à une distance de 1000 km. Au-delà, les usagers utilisent surtout l'avion.

Si un aller-retour est réalisé dans la journée, le pic de la part de marché du ferroviaire est de 30% et est atteint pour une distance d'environ 400 km.



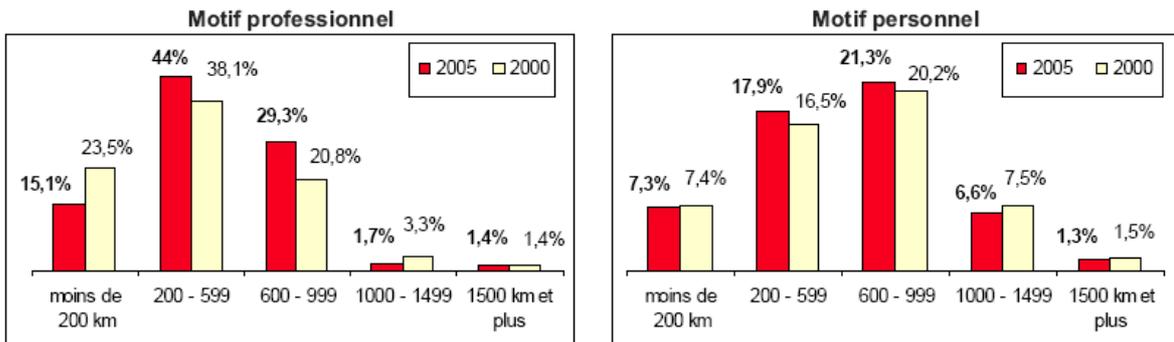
**Répartition du choix modal principal des voyageurs en fonction de la distance pour motif de déplacement professionnel (2005)<sup>119</sup>**

Comme le montrent ces graphiques, le ferroviaire a proportionnellement plus de succès en France pour des déplacements d'affaires que pour des déplacements privés. Les voyages avec nuitées présentent une part du rail de plus de 40% entre 200 et 599 km. La part de la voiture est nettement moins élevée que dans le cas de voyages avec nuitée pour motif personnel. Le mode aérien est par contre plus utilisé que dans le cadre privé, et ce surtout pour les distances inférieures à 800 km.

Le train est le mode le plus utilisé en France dans le cadre de voyages professionnels avec aller-retour dans la journée. Cette part de marché atteignait près de 80% en 2005 pour des distances de 300 à 400 km. Le rail est le mode le plus utilisé pour des déplacements entre environ 250 et 450 km.

<sup>119</sup> Tns-Sofres/Direction du Tourisme, enquête SDT 2005, France

L'évolution de la part du train en fonction de la distance est reprise dans les graphes ci-dessous pour des motifs respectivement professionnels et personnels :



Evolution de la part du train en fonction de la distance pour motif professionnel ou personnel (2000 et 2005)<sup>119</sup>

Une évolution positive entre 2000 et 2005 pour les distances entre 200 et 1000 km est observée, et ce quel que soit le motif du voyage.

## **12.DEVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE – PERSPECTIVES TECHNOLOGIQUES ET INDUSTRIELLES**

---

### **12.1 DEVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE DES SYSTEMES DE CONTROLE-COMMANDE**

L'idée à la base du système européen de gestion du trafic ferroviaire est de garantir une mobilité durable en Europe, d'augmenter la compétitivité du secteur ferroviaire et d'offrir des services de transport remarquables en matière de sécurité, de ponctualité et de fiabilité.

"Aujourd'hui, il existe plus de 20 systèmes de signalisation différents en Europe, qui sont incompatibles et souvent obsolètes. Les locomotives doivent être équipées de systèmes multiples afin de passer les frontières et les changements de locomotives et de conducteurs aux frontières constituent la norme. Ceci coûte cher et handicape le trafic ferroviaire international, surtout le fret".<sup>120</sup>

#### **12.1.1 Réussite d'une technologie européenne**

##### **12.1.1.1 1990-2000: phase de recherche et développement**

C'est la volonté de réduire les durées et les coûts de passage aux frontières pour les trains internationaux et d'abaisser les charges d'investissements qui a conduit à la création à l'échelle européenne, au début des années 1990, du concept de système uniforme de protection des trains: le système européen de surveillance du trafic ferroviaire, dénommé ERTMS. Ce système est décrit au point 12.1.2 de ce rapport.

La transposition de l'ERTMS était prévue dans une première phase sur les lignes à GV et à plus long terme sur l'ensemble du réseau classique. La directive de l'UE sur l'interopérabilité des lignes à GV a été publiée en 1996, alors que la directive concernant l'interopérabilité du transport ferroviaire conventionnel l'a été en 2001.

##### **12.1.1.2 2000-2004: phase de validation**

L'UIC avait fait élaborer les premières spécifications techniques du sous-système de contrôle-commande de l'ERTMS, appelé ETCS, en vue de la mise au point par l'ERRI. Les STI ont été étudiées parallèlement, puis approuvées, par les utilisateurs (entreprises ferroviaires regroupées au sein du groupe des utilisateurs de l'ERTMS) et par l'Unisig.

Les premiers essais de l'ETCS (Voir point 12.1.2) selon les spécifications de l'UIC ont été réalisés avec succès à partir de novembre 1999 sur la ligne internationale Vienne – Budapest (ETCS niveau 1). Depuis, l'ETCS a été expérimenté par plusieurs entreprises ferroviaires :

---

<sup>120</sup> Source: Entretien avec Karel Vinck, Signal: Le bulletin d'information de ERTMS n°1, DG-TREN, date de publication: 04/07

- FS en 2000 sur la ligne Florence - Campo di Marte - Arezzo (ETCS niveau 1) ;
- SNCF en 2000: Marles-en-Brie - Tournan (ETCS niveau 1) ;
- ÖBB en 2001: Vienne - Nickelsdorf (ETCS niveau 1) ;
- CFF en 2002: Zofingen - Sempach (ETCS niveau 2) : après la phase d'essais, la ligne a été démantelée et repourvue de signalisation extérieure conventionnelle ;
- CFF en 2004: Solothurn-Wanzwil (ABS) et Mattstetten-Rothrist (NBS).

Dès 2004, les EM au sein du comité de l'interopérabilité ferroviaire ont approuvé les STI d'un système harmonisé de contrôle des vitesses. Rappelons que l'ERTMS a été retenu en tant que norme européenne grâce à une action communautaire; à défaut chaque EM aurait mis en œuvre son propre système de signalisation de nouvelle génération, ce qui aurait encore augmenté la diversité de systèmes au sein du secteur ferroviaire européen (Voir point 4.2).

### 12.1.1.3 Depuis 2005: phase de déploiement

À côté de la réussite technologique de l'ERTMS à proprement parler, le déploiement à grande échelle, tant à bord des trains qu'au sol, a commencé sur les lignes suivantes à partir de 2005:

- 2005, DBAG : Halle (Saale) / Leipzig - Jüterbog - Berlin (ETCS niveau 2) ;
- décembre 2005, FS : Rome-Naples et Turin-Novara (ETCS niveau 2 à 300km/h) ;
- février 2007, Renfe : Madrid - Lérida (ETCS niveau 1 à 300 km/h) ;
- avril 2007 CFF : NBS (ETCS niveau 2 à 200 km/h)
- 10 juin 2007, SNCF : LGV Est (ETCS niveau 2 à 320 km/h cohabitant avec la TVM 430).
- 15 juin 2007, BLS: tunnel de base du Lötschberg (ETCS niveau 2).

D'autres expérimentations sont en préparation également en France, en Italie, en Espagne, aux Pays-Bas, en Grande-Bretagne, en Belgique, au Luxembourg et en Hongrie.

L'expérience nous montre que l'ERTMS est bien la solution la plus économique permettant une grande augmentation de capacité: en réduisant l'espacement entre les trains, elle a permis d'augmenter de 40% la capacité sur les lignes existantes<sup>121</sup>.

## 12.1.2 Caractéristiques du système ERTMS

Le système européen ERTMS est conçu pour résoudre le problème d'interopérabilité des systèmes de signalisation des trains entre les différents réseaux de chemins de fer en Europe. Ses objectifs sont :

- permettre l'interopérabilité des lignes à grande vitesse européennes,
- augmenter la capacité des lignes en augmentant la vitesse moyenne des circulations,

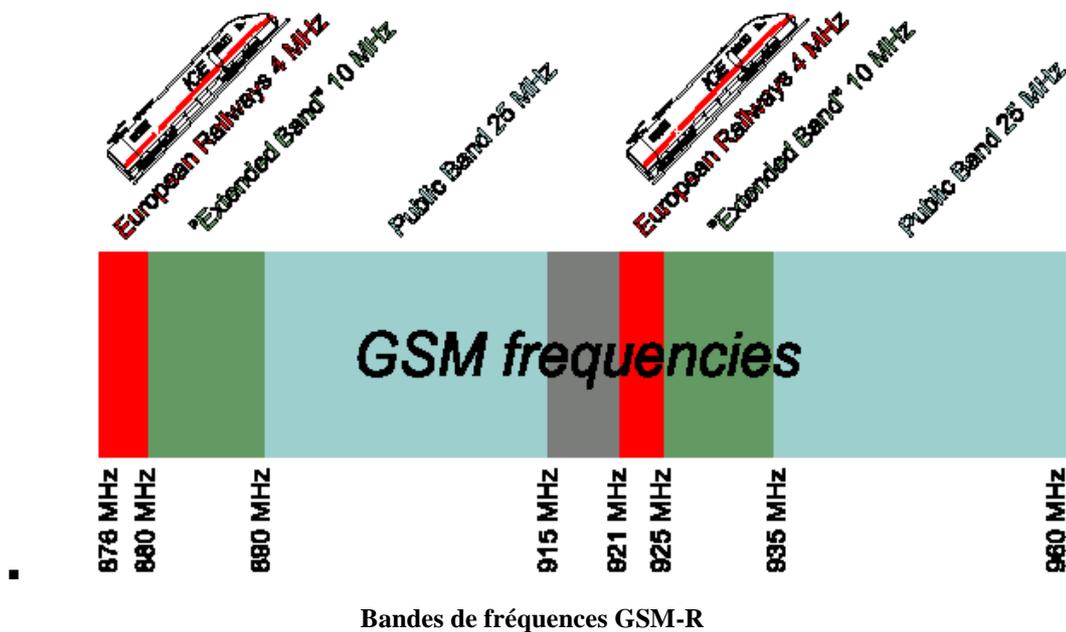
---

<sup>121</sup> Source: Opening Europe's Borders, UNIFE, date de publication: 23/09/08

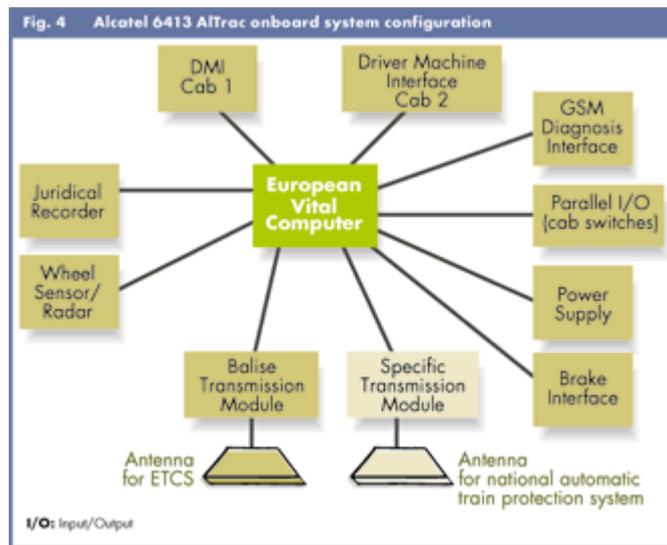
- améliorer la sécurité du transport ferroviaire et
- réduire le coût de cycle de vie du système ferroviaire en améliorant sa maintenabilité.

L'ERTMS est composé de trois sous-systèmes:

- l'ERTMS/ETCS : les sous-systèmes contrôle-commande et signalisation déployés au sol/ à bord des trains, prévus pour la conduite;
- l'ERTMS/GSM-R : le sous-système au sol et embarqué qui sert de support à la transmission des informations de signalisation ; il se base sur la norme GSM phase 2+ de l'ETSI et GPRS (Global packet radio services), complétée par de spécificités nécessaires à l'environnement ferroviaire, telles que des fonctions avancées et différentes bandes de fréquences radio réservées au chemin de fer;
- Traffic management layer et contrôle du trafic centralisé automatique.



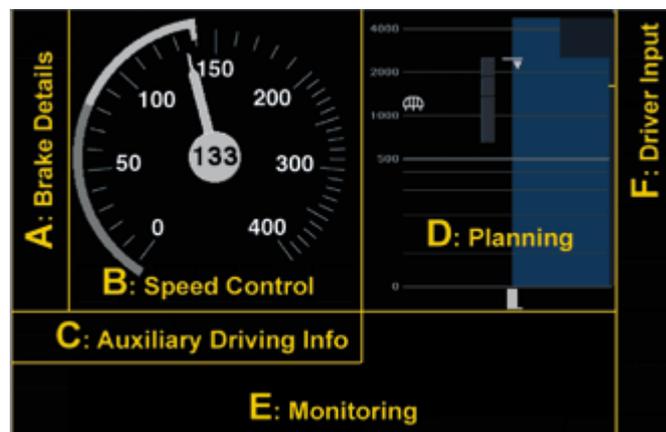
### 12.1.2.1 Description fonctionnelle



Architecture fonctionnelle de l'ERTMS

Comme illustré schématiquement ci-dessus, l'ETCS se compose :

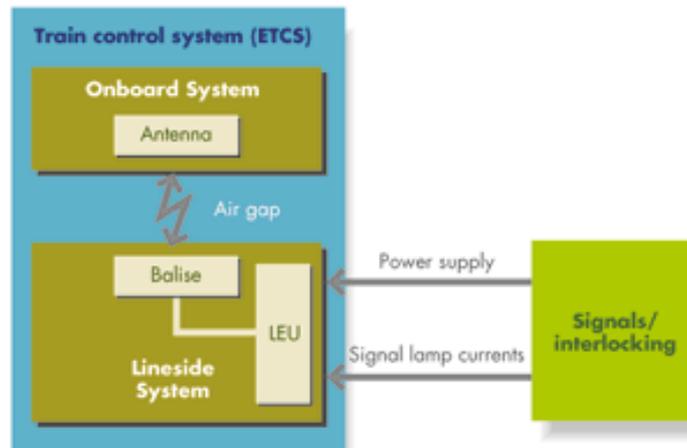
- d'un module central, l'EVC (European Vital Computer), qui est l'ordinateur de bord gérant les fonctions d'ATP, en liaison directe avec le système de freinage et l'alimentation de la locomotive, ainsi que les autres modules du train via des interfaces d'entrées/sorties;
- d'un afficheur (DMI: Driver Machine Interface) par cabine pour communiquer au conducteur les consignes de vitesses (B), les distances et délais de freinage dépendant du matériel roulant (A), communiquer des informations variées, telles que les pentes/rampes, les tunnels, les zones non électrifiées, les trous de couverture radio...(D), transmettre des messages du dispatcheur central ou les résultats des monitorings internes et spécifiques à la locomotive ainsi que des messages d'alerte génériques (E) et saisir les données entrées par le conducteur (identification et spécifications des caractéristiques du train) lors de la préparation de la mission de voyage;



Structuration de la visualisation sur DMI

- d'un enregistreur d'événements pour la maintenance et le diagnostic d'incidents;
- de capteurs de mesure de la position courante du train;

- des antennes pour la lecture des informations de signalisation contenues dans les équipements au sol ; celles-ci sont préalablement transmises via des LEU qui les reçoivent de l'Interlocking.



Interface train-sol

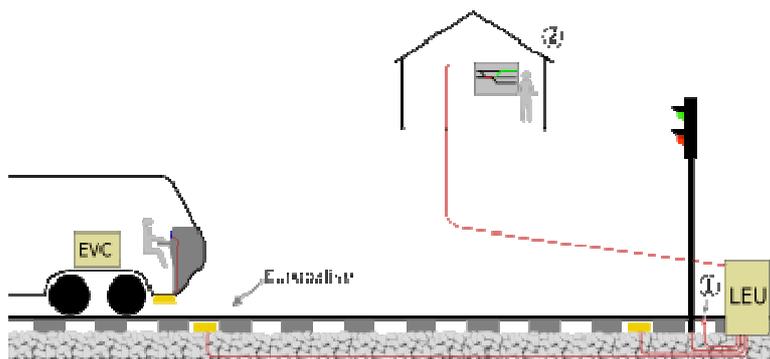
On distingue trois niveaux fonctionnels d'ERTMS correspondant à trois niveaux d'ETCS:

a. Niveau 1

Il peut être installé en parallèle au système national de sorte que chaque engin pourra continuer à utiliser le système dont il est pourvu. Les informations sont communiquées au conducteur via la signalisation classique ou via le système de signalisation de cabine.

Des émetteurs (*Eurobalises*) sont placés régulièrement sur la voie pour communiquer punctuellement en cabine les données de signalisation au train, souvent en avance par rapport à la signalisation latérale. Pour augmenter la régularité d'échange des informations, il est possible d'augmenter le nombre de balises ou d'installer une boucle (*Euroloop*), équivalent d'une balise longeant la ligne sur une certaine distance (jusqu'à 500m).

Le niveau 1 nécessite l'utilisation d'un système de détection des trains au sol.



**Légende :**

EVC (European Vital Computer): automate de contrôle-commande.

LEU (Lineside Electronic Unit): appareil qui communique les données relatives à la signalisation latérale aux balises installées dans les voies.

Eurobalise: appareil activé par l'antenne du train lors de son passage qui émet en retour les informations (sur haute fréquence à grande vitesse).

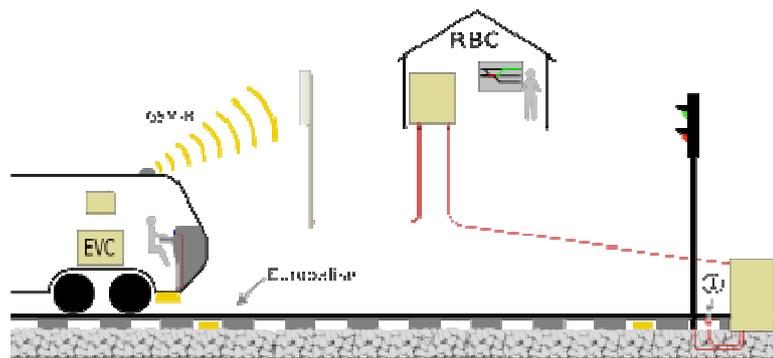
**Principe de fonctionnement de l'ERTMS niveau 1**

Les fonctions équivalentes à celles de l'ERTMS niveau 1 sont déjà réalisées par les systèmes de contrôle actuels. Cependant avec l'ERTMS, un seul type de balise standard sera généralisé dans toute l'Europe afin de rendre les systèmes interopérables.

### b. Niveau 2

Comme le niveau 1, le niveau 2 peut être utilisé en superposition avec le système existant, que ce soit sur une LGV ou sur une ligne classique et nécessite également l'utilisation d'un système de détection des trains au sol.

De plus, il rend obligatoire l'installation d'un réseau de communication GSM-R pour les échanges d'informations ferroviaires (voix et données) entre le bord (en cabine) et le sol (Radio Block Centre ou RBC). Ainsi, les données de signalisation sont transmises en continu via le réseau GSM-R : le train communique constamment sa position au centre de contrôle qui lui communique en retour les actions à effectuer (consignes de vitesse, arrêt, etc.).



**Principe de fonctionnement de l'ERTMS niveau 2**

Des *eurobalises* sont toujours présentes sur la voie, uniquement pour recalibrer l'odométrie embarquée (en annulant les erreurs de calcul accumulées), dont le train se sert pour estimer sa position en mouvement. L'odométrie se base sur le GPS mais utilise différents moyens indépendants de relevé de position, de façon à ce que la mesure de positionnement soit la plus fiable possible.

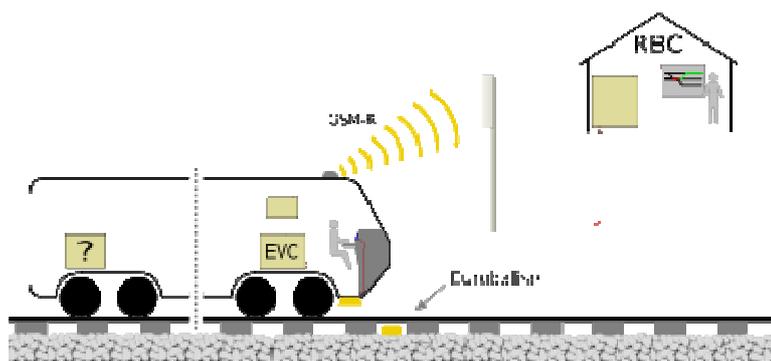
Par exemple, sur la ligne GV Mattstetten-Rothrist en Suisse, l'odomètre utilise des capteurs de mouvement placés sur des essieux, un accéléromètre et un radar pour s'assurer de la cohérence de l'estimation de position fournie; sur le TGV POS, l'odotachymètre est sécurisé par 3 mesures de vitesses utilisant des principes physiques différents, une relevée en bout d'essieu et deux radars Doppler.

### c. Niveau 3

Actuellement, le niveau 3 est encore en cours de développement.

Comme pour le niveau 2, l'installation du réseau GSM-R resterait obligatoire pour l'échange des informations de signalisation nécessaires à la supervision ainsi que l'implantation de *eurobalises* sur la voie pour régler l'odométrie embarquée, mais on abolirait la détection des trains par des systèmes situés au sol si le convoi est capable lui-même de vérifier son intégrité et de la transmettre alors au centre de contrôle (le RBC pouvant calculer l'occupation des voies par les données de positionnements fournies par le train).

La principale différence entre ce niveau et le précédent est que les cantons (sections de voie attribuées au train) seront mobiles car ils ne seront plus basés sur les circuits de voie. Grâce à cela, la densité de trafic pourrait être augmentée.



Principe de fonctionnement de l'ERTMS niveau 3

La sécurisation du relevé de la position par voie satellitaire (GPS) est actuellement à l'étude au sein du projet européen Galileo en tant que moyen alternatif de positionnement des véhicules ferroviaires et pour permettre de réduire les distances entre les trains et donc augmenter leur fréquence.

### 12.1.2.2 État courant d'implémentation

Il est important de noter que l'adoption de l'ETCS est souvent conditionnée à une migration intermédiaire dans laquelle les exploitants ferroviaires souhaitent bénéficier de lignes déjà équipées en ERTMS, mais continuent à utiliser l'ancien système de signalisation sur leur réseau pendant un certain temps, même jusqu'à sa fin de vie si cela s'avère plus intéressant économiquement, avant de l'abandonner définitivement: à bord le système de contrôle-commande est alors doublé pendant cette durée, alors qu'à terme il sera moins cher d'acquérir des locomotives déjà équipées d'ERTMS, plutôt que de modifier les anciennes<sup>122</sup>.

Les gestionnaires d'infrastructure répondent en ralentissant l'installation du système européen, car la majorité de la flotte aujourd'hui reste équipée du système de signalisation national<sup>123</sup>, alors que l'ERTMS leur offre une maintenance avancée et des facilités de télédiagnostic.

Le contrat, d'une valeur de près de 14 millions d'euros, signé entre Alstom et la DB pour intégrer l'ETCS Atlas aux ICE 3 utilisés sur les lignes de Francfort à Amsterdam, Bruxelles et Paris (équipés déjà jusqu'à neuf systèmes de protection de train nationaux), témoigne que l'adoption de l'ERTMS est assujéti à des questions d'intérêt économique<sup>124</sup>.

Généralement, la mixité des systèmes avec l'ERTMS est présente dans les phases de mise en service de projet, comme solution de repli pour réduire au minimum les risques en exploitation. Cela a été le cas en Suisse sur la ligne Mattstetten – Rothrist équipée en ERTMS niveau 2: le gouvernement suisse a décidé de garder la signalisation latérale comme "back-up", pendant que les CFF migraient progressivement de la signalisation conventionnelle (ZUB/Signum) à la phase pure ETCS, en commençant par des essais de nuit et des services commerciaux le soir, avant de passer aux journées entières de

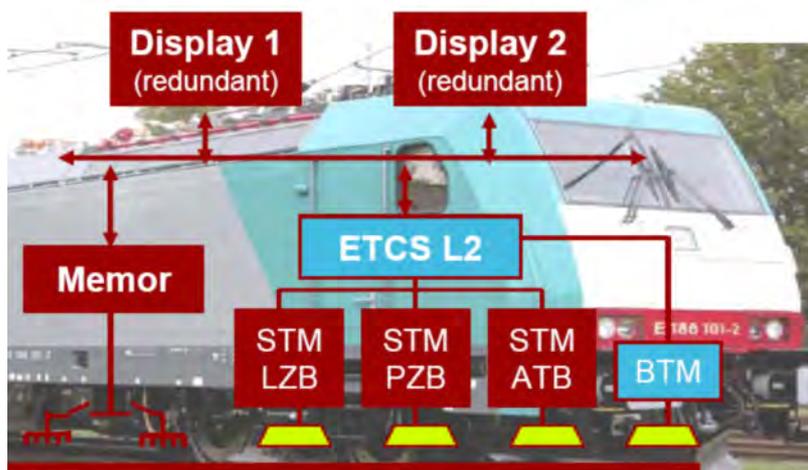
<sup>122</sup> Source: Le bulletin d'information de ERTMS n°1, DG-TREN, date de publication: 04/07

<sup>123</sup> Source: Le bulletin d'information de ERTMS n°2, DG-TREN, date de publication: 08/07

<sup>124</sup> Source: article "Alstom: ETCS pour ICE 3" de l'Eurailpress, date de publication: 29/04/08

fonctionnement et enfin à 200 km/h en juillet 2007, ce qui permet à CFF d'exploiter jusqu'à 12 trains à la fois sur les 40 km de ligne avec un intervalle de seulement 2 min entre trains successifs.

Pour la mise en exploitation du corridor entre l'Allemagne, les Pays-Bas et la Belgique, il faudra équiper le bord d'autres systèmes de signalisation (PZB, LZB et Memor) avec lesquels l'ETCS transitera dynamiquement aux frontières (l'affichage restant assuré par l'ETCS via des STM qui lui traduisent les consignes de conduite provenant des autres systèmes de signalisation), afin d'assurer l'interopérabilité.



Équipements de bord nécessaires à la circulation en ERTMS niveau 2 sur le corridor Allemagne - Pays-Bas - Belgique<sup>125</sup>

Selon des estimations de la DB AG, le déploiement de l'ETCS à l'échelle européenne demandera de 15 à 20 ans, et il ne sera pas uniforme par pays car certains Etats membres équiperont leur matériel et leurs lignes plus ou moins vite selon leur plan économique de déploiement, mais la demande de mobilité croissante en Europe et le besoin de maîtriser les émissions de CO<sub>2</sub> poussent à accélérer le déploiement de l'ERTMS globalement en Europe.

C'est pourquoi la Commission débloquera des fonds communautaires pendant la période 2007-2013, sous la forme d'appels à projets ERTMS récurrents (dotés chacun d'une enveloppe de 250 millions € environ), afin de réduire la période transitoire de migration vers l'ERTMS et de briser les barrières créées par les intérêts conflictuels entre gestionnaires de réseaux et exploitants ferroviaires.

Pour le premier appel lancé en mai 2007, 19 projets ERTMS ont été sélectionnés pour être cofinancés par l'UE pour la mise en œuvre de 3 000 km de voies et plus de 450 locomotives: 233 millions € seront affectés aux équipements de voie et 3 9 millions € aux équipements embarqués, pour un total de 272 millions €, sachant que le coût total de ces 19 projets sera de 543 millions €. <sup>126</sup>

Un deuxième appel à projets ERTMS sera lancé début 2009 dans le cadre du programme pluriannuel 2007-2013.

<sup>125</sup> Source: présentation du 6ème congrès UIC High Speed "Delivering the upgraded Amsterdam-Utrecht corridor", Rod Muttram, Bombardier, date de présentation: 17-19/03/08

<sup>126</sup> Source: Le bulletin d'information de ERTMS n°4, DG-TREN, date de publication: 01/08 et n°8, date de publication: 09/08

### 12.1.3 Sécurité

Le Japon a été le pionnier du transport ferroviaire à GV et après 42 ans d'exploitation et l'équivalent de 4.000 millions de voyageurs (jusqu'à 360.000 passagers par jour sur la ligne Tokyo-Osaka), il nous montre par l'absence d'accident mortel, quel degré de sécurité peut être atteint sur des LGV<sup>127</sup>.

Avec le système TGV, la SNCF confirme un niveau élevé de sécurité avec 0 décès dans l'exploitation de trains à grande vitesse depuis 26 ans, malgré des accidents sur les lignes classiques, notamment aux passages à niveau<sup>128</sup>.

Dans le cadre normalisé européen, l'ETCS est au moins aussi sûr que les ATP courants (TVM, TBL...). Il permet en effet de surveiller de façon constante le respect de la part du conducteur des consignes reçues (limitations de vitesses, arrêt, abaissement du pantographe, etc.); par exemple, s'il excède la vitesse autorisée sur le tronçon de voie courant, il sera automatiquement freiné par le système, le cas échéant jusqu'à l'arrêt du véhicule. Dans ce sens, l'ETCS réduit notamment la probabilité d'accidents ferroviaires provoqués par des erreurs de conduite en cabine ou à la suite de malaises humains.

L'ERTMS en tant que gestionnaire des circulations est un système hautement sécuritaire qui est conçu, suivant la définition de la norme EN 133006, pour réduire au minimum la probabilité de survenance de situations dangereuses ou critiques dans des conditions données, en particulier en mode dégradé (en cas de panne d'un train ou de dérangement d'une partie de l'infrastructure). Si un train a un problème grave, comme un défaut de freins, le système en sera informé en temps réel, le train sera bloqué par un arrêt d'urgence automatique et le RBC adaptera les autorisations de circulation des autres trains automatiquement en conséquence de sorte à éviter des accidents par rattrapage. La supervision du signaleur au centre de contrôle pourra aider à soulager la situation dégradée en changeant des itinéraires ou de priorités de passage des trains, mais l'arrêt inconditionnel du train faisant défaut ne sera levé qu'une fois le problème résolu ou le train défectueux ayant été isolé dans une voie de garage de façon à ne pas gêner les circulations normales.

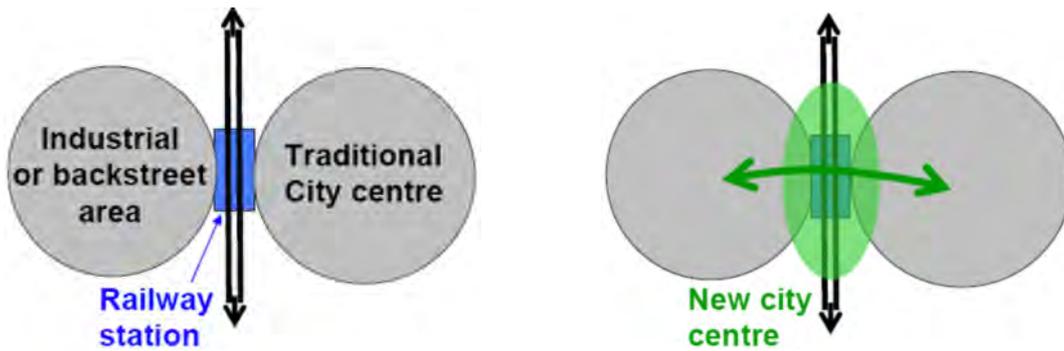
### 12.1.4 Les gares

Si auparavant une gare n'était qu'un lieu ouvert de passage au bord de la ville, à présent elle est devenue un lieu central de vie sociale, un environnement actif parfois 24h/24, où les personnes ne sont plus de simples voyageurs mais des consommateurs de services, tels que le commerce de détail ou les activités de détente.

---

<sup>127</sup> Source: présentation "Alta Velocidad", Iñaki Barrón de Angoití, UIC, Barcelone, 12/02/08

<sup>128</sup> Source: présentation du 6<sup>ème</sup> congrès UIC High Speed "Expectations for High Speed Rolling Stock in the future", Patrick Michelin- SNCF, date de présentation: 17-19/03/08



Évolution de gares voyageurs

Les gares desservies par de train à GV voyageurs correspondent en effet à des haltes principales dans des grandes villes, constituant des pôles intermodaux ou des lieux de correspondance entre plusieurs modes de transport urbains (bus, tramway, métro), pour en assurer l'accès des personnes. Elles peuvent comporter des commerces ou des services et parfois être privatisées, c'est-à-dire gérées par des sociétés distinctes des entreprises ferroviaires (comme par exemple la gare rénovée de Termini à Rome) ou influencer le développement environnant (comme par exemple le centre commercial de la Part-Dieu situé en face de ladite gare à Lyon).

Ces gares sont souvent des monuments, parfois classés, de l'architecture du XIXe siècle, mais un renouveau dans l'architecture des nouvelles gares est intervenu avec la construction des nouvelles lignes: c'est le cas notamment de la gare à voyageurs de Lyon-Saint-Exupéry en France, dessinée par l'architecte catalan Santiago Calatrava et mise en service en même temps que la LGV Rhône-Alpes en 1994: elle se situe à une vingtaine de kilomètres du centre-ville de Lyon et dessert l'Aéroport Lyon-Saint-Exupéry.



Façade et intérieur de la gare Lyon-St-Exupéry

Pour assurer un accès direct au centre des grandes villes d'Europe, certaines gares comportent des accès et/ou des bâtiments souterrains, comme:

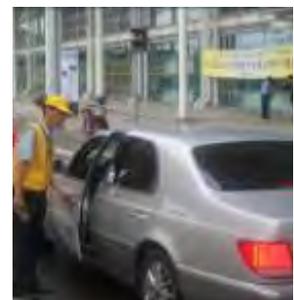
- la gare de passage de Lille-Europe, bâtie à l'occasion de la mise en service de la LGV Nord et mise en service en avril 1994, accueillant les Eurostar vers/depuis Bruxelles, Londres et Paris, les TGV assurant les relations de Boulogne, Calais ou Dunkerque et les TGV régionaux et contournant Paris, qui compte autour de 8 500 voyageurs par jour ; le sous-sol de la gare est directement relié au métro.
- la gare de Lyon-Part-Dieu, l'une des premières gares de correspondance au niveau national et international, desservie par de nombreux TGV et accessible par différents transports urbains.

On peut résumer en quelques points les facteurs clé de réussite des gares LGV :

- modernisation de la gare ;
- proximité à la ville ;
- raccourcissement du temps d'accès à la gare: renforcer les liaisons avec les transports publics, établir une liaison gare-métro et une liaison gare-aéroport, mettre à disposition des bus et métros reliés à la gare, offrir un service de location de voitures et un parc de stationnement à la gare;
- offrir des services conviviaux aux voyageurs (salon réservé aux voyageurs ou aux détenteurs de cartes de fidélité offrant la possibilité d'accès Internet, snack, boissons..., une salle d'attente pour familles avec bébés, des commerces variés, etc.;



**KTX Lounge Service for Korail Membership Card Holders/KTX Passengers (left) and ticket office adding product sales (right) at Seoul station**



**Infant Room (left), Train shop (center), valet parking service (right) at Seoul Station**

- conférer à la gare également un rôle culturel, en proposant comme par exemple à Seoul des concerts pour les clients ou des festivals ou des événements à thème.



**Concert at Seoul station**

- valoriser la valeur immobilière de la gare (allocation d'espace pour bureaux, création de salles des conférences...);
- influencer le développement de la ville : dans le cas de nouvelles gares LGV il faut privilégier une conception interactive et itérative orientée clientèle; ceci sera par exemple le cas à Breda: son choix en tant que gare sur la LGV Zuid lui conférera une position attractive qui lui permettra de développer des services et des commerces autour de celle-ci. Toutes les attentes du client seront intégrées dans le périmètre-même de la gare, grâce à la coopération entre le gestionnaire d'infrastructure (ProRail), les chemins de fer (NS), la municipalité locale et l'implication de promoteurs immobiliers et des citoyens. La spécification des attentes des clients et la prise en compte des opérations ferroviaires, des activités commerciales, de l'urbanisme, etc. permettront d'optimiser la conception de cette nouvelle gare dans un premier temps et ensuite d'en améliorer les spécifications par retour des parties prenantes<sup>129</sup>.



**Exemple de nouvelle station LGV à Breda**

- sécurité des gares voyageurs (face au terrorisme, vol, agression...): pour garantir au transport ferroviaire de rester ouvert et performant, la formation de personnel de vigilance, l'analyse de risques et des systèmes de prévention pour garantir l'accès de personnes, restent nécessaires.

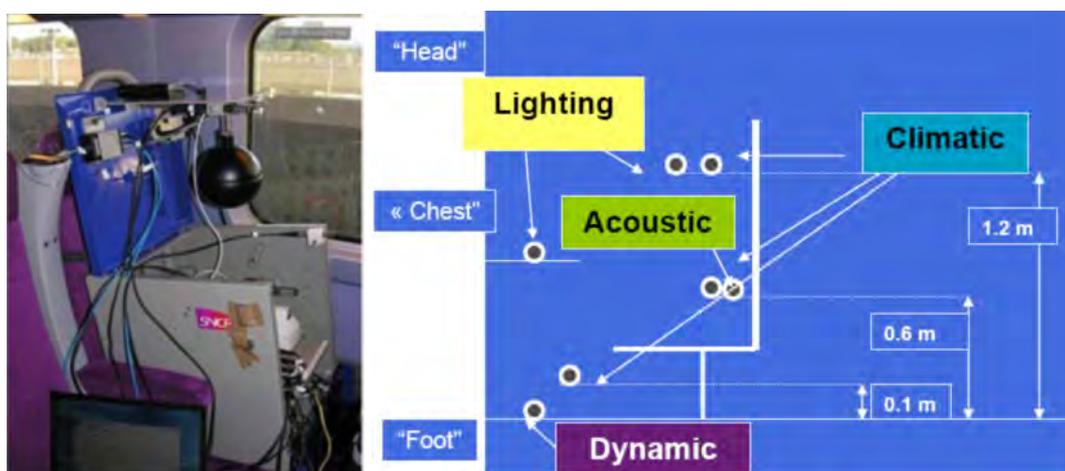
<sup>129</sup> Source: présentation du 6ème congrès UIC High Speed "La haute vitesse gare de l'avenir - Comment l'atteindre?", Ir. Rudolf Mulder - DHV, date de présentation: 17-19/03/08

Des recherches sont menées pour améliorer la sécurité des passagers et du personnel dès la phase de conception des gares (par ex. par l'automatisation de méthodes d'inspection, maintenance et construction)<sup>130</sup>.

## 12.1.5 Services pour les passagers: internet, etc.

Les prestations attendues par les passagers s'évaluent en termes de vitesse commerciale, fréquence, accessibilité, durée du voyage, fiabilité, prix, sécurité... mais surtout confort et "liberté"<sup>131</sup>.

La SNCF a mené des études psycho-environnementales, prenant en compte des diagnostics et des résultats d'enquêtes sur le confort de leur passagers, pour définir la perception du confort en termes d'acoustique, dynamique (mouvements du train) et climatique. Il s'agissait d'une étude multidisciplinaire qui a permis d'évaluer le facteur évolutif "humain" afin de l'intégrer dans la conception du matériel roulant futur.



Mesure du confort

Cette étude a donné lieu à des applications concrètes sous la forme de spécifications techniques de trains urbains, de compartiment à bagages, de l'habillement de l'intérieur des voitures et du confort spécifique aux TGV. D'autres questions sont abordées avec les mêmes principes de recherche : sièges, toilettes et éclairage<sup>132</sup>.

Dans la perception globale du client pour les voyages à GV, figure l'offre des services additionnels, comme l'accès à Internet sans fil sur les trains Thalys ou les TGV de la LGV Est, l'utilisation du GSM (dépendant des couvertures des réseaux de télécommunications le long des lignes), la présence de prises électriques pour le branchement d'appareils électroniques personnels (ordinateurs et téléphones portables, lecteurs de DVD et MP3), etc.

<sup>130</sup> Source: Strategic Rail Research Agenda 2020, ERRAC, date de publication: 05/07

<sup>131</sup> Source: présentation "Alta Velocidad", Iñaki Barrón de Angoiti, UIC, Barcelone, date de présentation: 12/2/2008

<sup>132</sup> Source: présentation du 6ème congrès UIC High Speed "SNCF Researches to meet customers' satisfaction about comfort and services", Sylvie Guerrand - SNCF, date de présentation: 17-19/03/08

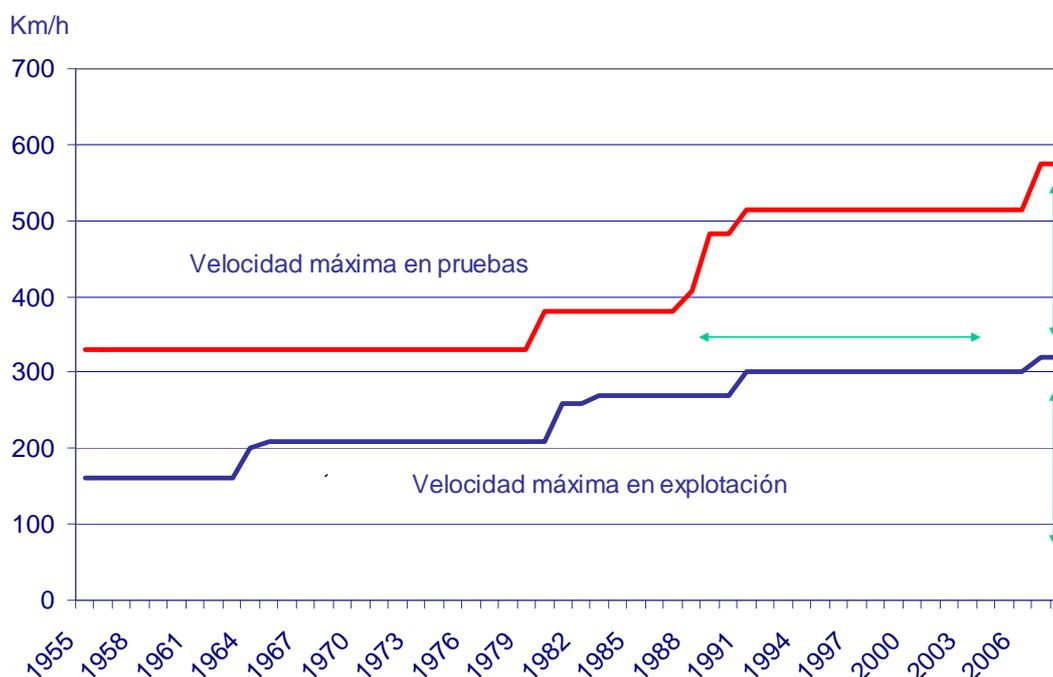
Des opérateurs ferroviaires proposent à l'heure actuelle des services privilégiés pour leurs voyageurs fréquents sur les lignes internationales: comme la carte personnelle Cybelys d'identification des voyageurs fréquents sur le Thalys qui permet de faciliter et d'accélérer la réservation, la modification ou l'annulation d'un voyage via internet ou par téléphone avec une grande flexibilité ; ou l'accumulation de points par voyage en Eurostar donnant droit à une série d'avantages allant de services spécifiques lors des voyages (accès aux salons business, check-in express...) à des réductions pour de futurs voyages, l'achat d'accessoires de voyage, etc.

Il est à noter que la qualité du service de ticket électronique (e-ticket) ne peut se faire sans une harmonisation des outils de communication et de sécurisation des informations entre les différents opérateurs.

## 12.2 PERSPECTIVES TECHNOLOGIQUES ET INDUSTRIELLES

La tendance à long terme de l'exploitation ferroviaire est l'augmentation de la vitesse des trains. Cette tendance est observée en ce qui concerne les essais de matériel roulant sur des lignes à grande vitesse ainsi que pour l'exploitation commerciale des trains à grande vitesse. Cette tendance ainsi que le décalage dans le temps entre l'évolution de la vitesse des trains en test et en exploitation commerciale sont représentés dans le graphique ci-dessous<sup>133</sup>.

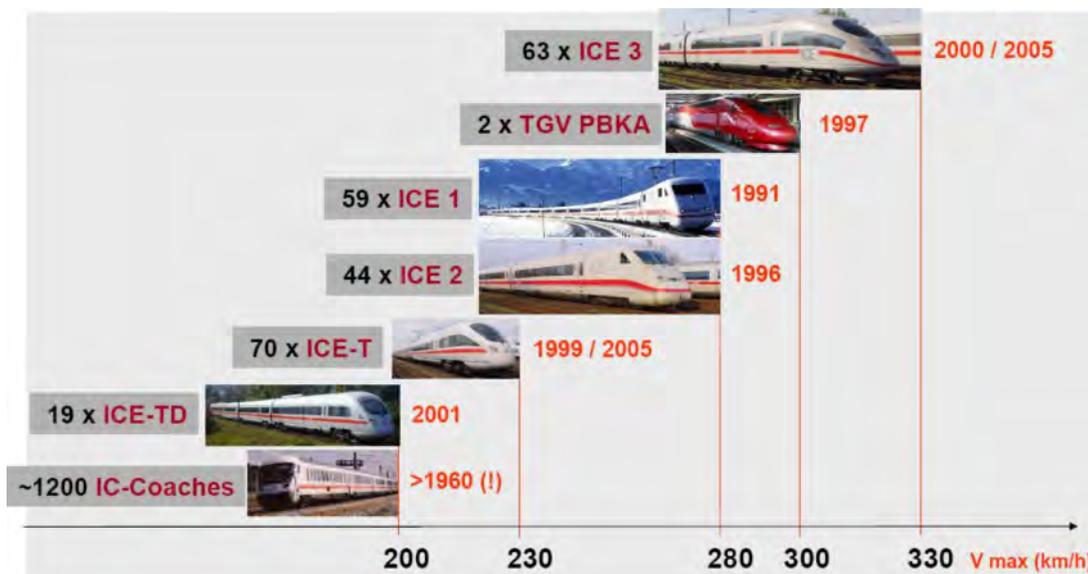
### Evolution de la vitesse maximum sur rail



Evolution de la vitesse maximum sur rail

<sup>133</sup> Source: présentation "Alta Velocidad", Iñaki Barrón de Angoiti, UIC, Barcelone, date de présentation: 12/2/2008. Légende: "Velocidad máxima en pruebas": vitesse maximum en test; "Velocidad máxima en explotación": vitesse maximum en exploitation.

Cette tendance a été observée dans la plupart de pays européens qui ont développé un réseau de lignes à grande vitesse, comme par exemple l'Allemagne<sup>134</sup>:



Flotte de matériel roulant à GV de la DB et évolution de la vitesse maximum

Dans ce contexte, des records de vitesse ont été établis par différents réseaux et opérateurs. Le plus récent en date est celui établi en avril 2007 sur la LGV Est Européenne, avec le concours de RFF, SNCF et Alstom.



Diagramme du record de vitesse sur la LGV EE (3/4/2007)<sup>135</sup>

<sup>134</sup> Source: présentation du 6ème congrès UIC High Speed "Requirements on High Speed Trains from DB AG's Point of View", Peter Lankes – DB AG, date de présentation: 17-19/03/08

<sup>135</sup> Source: présentation du 6ème congrès UIC High Speed "High speed rail in practice - Recent achievements in Europe", ÉDITEUR: Jean Claude Zabée - INEXIA, date de présentation: 17-19/03/08

La SNCF a étudié la possibilité d'une exploitation commerciale des trains à grande vitesse à 360 km/h. Cette analyse correspond aux attentes de la clientèle et au fait que la durée de trajet détermine la part de marché des différents modes de transport en concurrence. Des tests d'exploitation à 360 km/h ont été effectués par la SNCF, avec une attention particulière concernant les aspects techniques suivants: captation de courant électrique par les pantographes, puissance de traction, freinage et récupération d'énergie, aérodynamique, confort, vibrations, bruit, maintenance du matériel roulant<sup>136</sup>.

En corollaire, la conception du matériel roulant à GV devra évoluer vers une conception plus écologique, notamment dans les domaines suivants: consommation d'énergie, bruit, émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques, recyclage des composants, etc. L'industrie devra relever ces défis pour la production de matériel roulant à GV à l'avenir.

Parallèlement la recherche devra également se porter sur l'infrastructure ferroviaire et notamment sur des composantes du système telles que la caténaire, la voie, les traverses, etc.

---

<sup>136</sup> Source: présentations du 6ème congrès UIC High Speed "State of the art in the High Speed field in France", Alain Le Guellec, SNCF R&D Department, et "The 360 km/h test runs in France: Problem and solution", Louis-Marie Cléon, SNCF R&D Department, date de présentation: 17-19/03/08

## **13. EXTENSIONS DES LGV AUX PAYS VOISINS DE L'UNION EUROPEENNE**

---

Dans une étude réalisée pour la DG TREN en 2005<sup>137</sup>, une croissance rapide des flux commerciaux et de marchandises a été estimée jusqu'à l'horizon 2020 en Europe. La plus forte croissance dans le commerce et le transport était prévue entre les pays de l'UE 15 et les nouveaux Etats membres qui ont adhéré en 2004 et en 2007 ainsi qu'entre l'UE 27 et les pays voisins, y compris la Turquie et la Russie.

Les projets de LGV planifiés à l'heure actuelle dans les pays limitrophes à l'Union Européenne se situent en particulier en Russie et en Turquie. Ils sont décrits ci-après.

### **13.1 RUSSIE**

Les projets planifiés en 2007 sont les suivants.

---

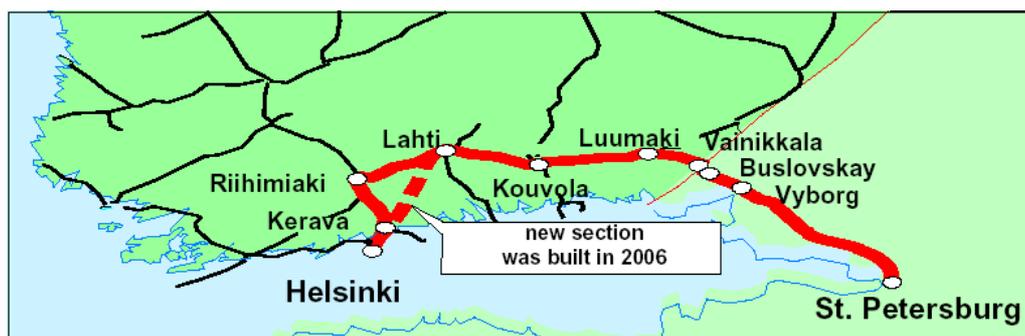
<sup>137</sup> Source: "Ex ante evaluation of the TEN-T Multi Annual Programme 2007-2013 - Final report-2", Ecorys Nederland BV, date de publication: 22/10/2007

- Moscou - St Petersburg: 650 km (Vitesse: 250 km/h);



Réseau ferroviaire express et à grande vitesse pour le trafic de passagers en 2030<sup>138</sup>

- St Petersburg - Helsinki (220 km/h, 3h30 de trajet).



Ligne à GV entre Helsinki et St-Petersburg

La plus grande partie du trafic de passagers dépend de la liaison ferroviaire entre la Fédération de Russie et la Finlande. Le volume de passagers entre Helsinki et Saint-Pétersbourg a atteint le nombre de 229 600 voyageurs en 2007 et les prévisions sont de 481 200 voyageurs en 2014. Les caractéristiques de cette liaison sont détaillées ci-dessous.

<sup>138</sup> Source: présentation du 6<sup>ème</sup> congrès UIC High Speed "Development Prospects for High-Speed Traffic in Russian Federation", V.A. Gapanovich, JSC "Russian Railways", date de présentation: 17-19/03/08

Les deux trains actuels (les trains finlandais "Sibelius" et les trains russes "Ivan Repin") parcourent la liaison Helsinki-St. Pétersbourg une fois par jour et doivent respecter une vitesse maximale en Russie et en Finlande de 160 km/h, ce qui implique 5,5 heures de voyage. La ligne, d'une longueur totale de 415 km, est à double voie sur toute sa longueur sauf à la frontière entre Luumäki et Vyborg où elle est à voie unique.

La modernisation de la ligne ainsi que du matériel roulant s'avèrent nécessaires pour répondre à la demande croissante du trafic: ce projet constituera le premier service de transport ferroviaire rapide entre l'UE et la Russie (417 km en 3h30). La mise en œuvre des normes nationales russes et des exigences techniques européennes nécessite de surmonter des nombreuses différences techniques, dont les principales sont: la coexistence de deux ATP différents dans le même train, l'alimentation électrique avec des tensions différentes, des écartements de rails différents.

#### Différences techniques entre Russie et Finlande (EU).

	Russia	Finland
Catenary voltage	3 kV DC	25 kV AC
Track gauge	1520 mm	1524 mm
Rail inclination	1:20	1:40
Rail profile	R65	60E1
Platform height	1100 mm	550 mm
ATC system	KLUB-U	ATC/ETCS
Radio system	Analog 2 and 160 MHz	GSM-R
Frequency of typhon/horn	370/650 Hz	460/800 Hz

Le nouveau train express construit par Alstom, appelé Pendolino Sm6, sera composé de 7 voitures dont une de classe affaires. Le premier train sera livré à la Finlande en septembre 2009 et la mise en service opérationnelle est prévue pour 2010.



Pendolino Sm6 destiné au trafic entre St. Petersburg et Helsinki<sup>139</sup>

Les locomotives actuelles "Sibelius" et "Repin" vont être remplacées progressivement, d'abord par trois trains express Pendolino Sm6 quotidiens dans les deux sens. Plus tard la quatrième paire de trains sera mise en place, afin d'augmenter la fréquence d'exploitation.

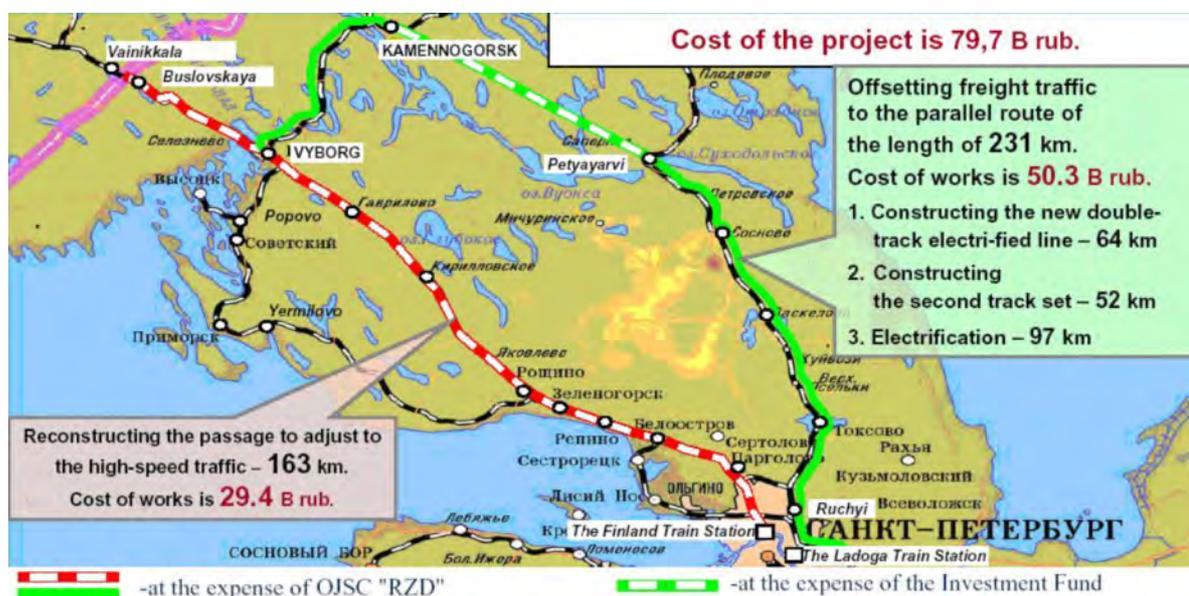
En ce qui concerne l'infrastructure de la ligne, des aménagements vont être réalisés pour augmenter la vitesse d'exploitation à:

- 220 km/h entre Helsinki et Vainikkala (2h) ;

<sup>139</sup> Source: présentation du 6<sup>ème</sup> congrès UIC High Speed "Development Prospects for High-Speed Traffic in Russian Federation", V.A. Gapanovich, JSC "Russian Railways", date de présentation: 17-19/03/08

- 200 km/h entre Buslovskaya et Saint-Pétersbourg (1h30) ;
- 250 km/h entre Saint Pétersbourg et Moscou (3h30);
- 160 km/h entre Moscou et Nizhny Novgorod (3h30).

En particulier près de la frontière russe, des travaux de reconstruction pour la LGV seront réalisés en même temps que les travaux de construction d'une déviation pour le fret.

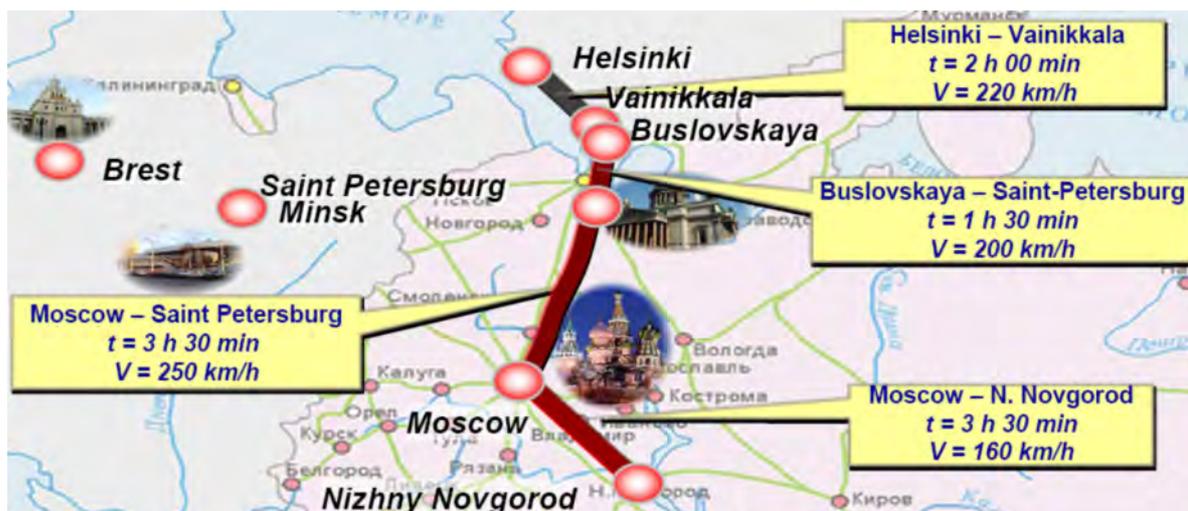


#### Aménagement pour la GV à la frontière russe

Depuis octobre 2008, les chemins de fer sont en train d'adapter à 200 km/h la section Buslovskaja - Vyborg / Viipuri - Kirillovskoje (66 km) dans la partie de l'isthme de Carélie.

Ces deux projets entrent dans le schéma gouvernemental de développement du transport ferroviaire russe de créer l'axe GV pour le trafic passagers Helsinki - Nizhny Novgorod<sup>140</sup>.

<sup>140</sup> Source: présentation du 6<sup>ème</sup> congrès UIC High Speed "High-speed St Petersburg – Helsinki Project", M.P. AKULOV, JSC "Russian Railways", date de présentation: 17-19/03/08



LGV Helsinki - Nizhny Novgorod

## 13.2 TURQUIE

Depuis 2004, la Banque Européenne d'Investissement (BEI) a engagé près de 3,5 milliards € en faveur de la Turquie pour cofinancer ses projets d'infrastructure de transport ferroviaire. La BEI a poursuivi son soutien aux chemins de fer de la République Turque (TRSR) par l'extension du prêt de 850 millions €, pour améliorer notamment les liens entre la capitale Ankara et les principaux domaines d'activité économique dans le pays. Ce prêt a servi pour construire la première LGV de 533 km de long, partant d'Istanbul et allant via Eskişehir jusqu'à Ankara, le couloir reliant les deux villes les plus peuplées du pays, dont l'âge de la voie ferrée exigeait impérativement une remise à neuf.

Ce projet phare - dont le coût total est de 2,6 milliards € - est mis en œuvre en parallèle à l'assistance de la Commission européenne envers le TRSR dans le cadre du projet de restructuration et de renforcement du secteur ferroviaire turc, qui vise à mettre en place un cadre législatif et institutionnel, conforme aux règles et aux règlements de l'UE. En outre, ce projet de LGV turque est très favorable aux objectifs stratégiques de la politique du transport ferroviaire de l'UE, dans la mesure où il s'agit de la poursuite du corridor paneuropéen IV<sup>141</sup>.

En ce qui concerne l'infrastructure, les travaux ont commencé en 2003 et sont réalisés par sections: Ankara - Sincan, Sincan - Esenkent, Esenkent - Eskişehir, Eskişehir - Kosekoy et Kosekoy - Gebze. La première phase du projet, concernant Ankara – Eskişehir, d'une longueur de 245 km, a été réalisée, mais elle n'est pas encore en service commercial. La partie restante du projet, Eskişehir - Istanbul, devrait être achevée d'ici 2009, y compris le tunnel Marmaray (tunnel de chemin de fer sous la mer) qui réalisera la première liaison ferroviaire entre l'Europe et la Turquie.

<sup>141</sup> Source: article "Turkey: EIB loan puts Istanbul-Ankara high-speed railway on track" sur le site [www.eib.org/](http://www.eib.org/) (référence: 2006-147-EN), BEI., date de publication:14/12/2006



Plan de l'infrastructure turque à GV

En ce qui concerne le matériel roulant, les dix premiers trains à GV TRSR qui seront exploités sur la liaison Ankara - Istanbul, seront des modèles HT65000 achetés auprès de la CAF. Ils ont une vitesse maximale de 250 km/h.



Modèle HT65000 de CAF

En outre, deux rames ETR 500, pouvant atteindre une vitesse maximale de 300 km/h, ont été louées à l'Italie. Elles ont été utilisées pour les essais de la 1<sup>ère</sup> phase du projet le 23/04/2007. Suite à une joint venture entre la Corée du Sud et la société turque TÜVASAŞ, les futures séries à être exploitées sur la LGV et les autres lignes à GV planifiées, correspondantes aux HSR-350x, qui peuvent atteindre une vitesse maximale de 350 km/h, seront construites dans une nouvelle usine à Adapazari, en province de Sakarya<sup>142</sup>.

<sup>142</sup> Source: [http://en.wikipedia.org/wiki/High-speed\\_rail\\_in\\_Turkey](http://en.wikipedia.org/wiki/High-speed_rail_in_Turkey)

Les avantages proposés par la LGV Ankara-Istanbul seront de<sup>143</sup>:

- diminuer la durée du voyage entre Istanbul et Ankara (de 6-7 heures à 3h10min.) ;
- offrir un moyen de transport confortable et sûr ;
- accroître la part du ferroviaire dans le corridor Ankara-Istanbul qui est le plus fréquenté en termes de trafic autoroutier, ferroviaire et aérien.

### 13.3 LGV DANS LE RESTE DU MONDE

Bien que cela sorte du cadre de ce rapport, le tableau suivant présente les projets ferroviaires de lignes à GV dans le reste du monde, en exploitation, en cours de réalisation et planifiés.

#### LGV hors d'Europe<sup>144</sup>

LGV en opération	Projets de LGV en construction	Projets de LGV planifiés
<b>Chine</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 442 km: Qinhuangdao-Shenyang (200 km/h) 2003</li> <li>▪ 330 km: Jinan-Qingdao (250 km/h) 2006</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 115 km: Beijing-Tianjing (300 km/h) 2008</li> <li>▪ 1045 km: Wuhan-Guanzhou-Shenzhen (300 km/h) 2010</li> <li>▪ 190 km: Shijiazhuang-Tai Yuan (250 km/h) 2010</li> <li>▪ 454 km: Zhengzhou-Xian (250 km/h) 2010</li> <li>▪ 1600 km: Hangzhou-Ningbo-Fuzhou-Shenzhen (250 km/h) 2010</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1320 km: Beijing-Shanghai (350 km/h) 2010</li> <li>▪ 1100 km: Beijing-Wuhan (300 km/h) 2010</li> <li>▪ 905 km: Harbin-Dalian (250 km/h) 2010</li> <li>▪ 260 km: Tianjin-Qinhuangdao (250 km/h) 2010</li> <li>▪ 490 km: Nanjung-Wuhan (250 km/h) 2010</li> </ul>
<b>Japon</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 515 km: Tokyo-Osaka (270 km/h) 1964</li> <li>▪ 161 km: Osaka-Okayama (270 km/h) 1972</li> <li>▪ 393 km: Okyama-Hakata (300 km/h) 1975</li> <li>▪ 466 km: Omiya-Morioka (270 km/h) 1982</li> <li>▪ 240 km: Omiya-Niigata (270 km/h) 1982</li> <li>▪ 125 km: Takasaki-Nagano (260 km/h) 1997</li> <li>▪ 97 km: Morioka-Hachinohe (270 km/h) 2002</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 60 km: Hachinohe-Aomori 270 km/h (2013)</li> <li>▪ 121 km: Wuhan-Guanzhou-Shenzhen (270 km/h) 2013</li> <li>▪ 193 km: Morioka-Aomori (160 km/h) 2013</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Shin Tosu-Nagasaki (270 km/h) 2020</li> </ul>

<sup>143</sup> Source: "Ankara-Istanbul High-Speed Train Project - Environmental Impact Assessment", Dokay Engineering and Consultancy Ltd., date de publication: 10/2006

<sup>144</sup> Source: présentation du 6ème congrès UIC High Speed "A High Speed Rail Overview", Jean-Pierre Loubinoux – SNCF International, date de présentation: 17-19/03/08

LGV en opération	Projets de LGV en construction	Projets de LGV planifiés
▪ 128 km: Yatsuhira-Kagoshima (270 km/h) 2004		
<b>Coré du Sud</b>		
▪ 330 km: Seoul-Daegu (300 km/h) 2004	▪ 82 km: Daegu-Pusan (300 km/h)	
<b>Taiwan</b>		
▪ 345 km: Taipei-Kaohsiung (300 km/h) 2007		
<b>USA</b>		
▪ 362 km: NorthEast Corridor (Boston-New York-Washington) 240 km/h		▪ 900 km: Los Angeles-Sacramento (300 km/h) 2025
<b>Mexique</b>		
		▪ 615 km: Mexico City / Guadalajara (300 km/h) 2025
<b>Brésil</b>		
		▪ 500 km: Rio de Janeiro / Sao Paulo (300 km/h) 2025
<b>Argentine</b>		
		▪ 315 km: Buenos Aires-Rosario (250 km/h) 2020
<b>Maroc</b>		
		▪ 240 km: Casablanca-Marrakech (250 km/h) 2015
<b>Inde</b>		
		▪ 495 km: Mumbai-Amehdabad (250 km/h)
<b>Iran</b>		
		▪ 475 km: Tehran-Isfahan (250 km/h)
<b>Arabie Saoudite</b>		
		▪ 550 km: Medina-Jeddah-Mecca (300 km/h) 2015

L'industrie européenne est impliquée dans plusieurs de ces projets et exporte ainsi sa technologie et son savoir-faire.

## 14.SUCCESS STORIES

---

### 14.1 PARIS – LYON

#### 14.1.1 Historique

Dès les années 1960, la ligne ferroviaire de Paris – Lyon, dite "ligne impériale" est saturée. Une bonne partie de son parcours est à quatre voies, pour les sections à deux voies, le coût de l'ajout de deux voies serait très élevé. Inspirée par le Shinkansen japonais qui a été mis en service en 1964 et circule à 210 km/h sur des infrastructures dédiées et par le projet de l'Aérotrain porté par l'ingénieur français Jean Bertin, la SNCF estime qu'il vaut mieux concevoir une nouvelle infrastructure totalement dédiée au transport de voyageurs.

Le projet TGV est donc mis en route. Le principe est de faire circuler des rames automotrices à des vitesses supérieures à 250 km/h sur une infrastructure entièrement nouvelle. Il s'agit du premier projet de train à grande vitesse en Europe selon la définition actuelle.

Après avoir dû vaincre de nombreuses oppositions, la ligne à grande vitesse Sud-Est est inaugurée le 22 septembre 1981. À cette date, seul le tronçon Sud entre Saint-Florentin et Sathonay (302 kilomètres) est opérationnel. En 1983, la LGV est opérationnelle de Lieusaint à Sathonay (soit 418,5 kilomètres, raccordements inclus). À partir de cette date, le trajet de Paris à Lyon est assuré en 2 heures.



TGV Paris – Lyon lors des premiers essais (Février 1981)<sup>145</sup>

---

<sup>145</sup> Source: SNCF

## 14.1.2 Tracé



La LGV Paris-Lyon, prolongée ultérieurement vers le sud jusqu'à Marseille par les LGV Rhône-Alpes et Méditerranée et vers le nord par la LGV Interconnexion Est, permet d'accélérer d'une part les dessertes ferroviaires entre Paris et le quart sud-est de la France avec des prolongements vers la Suisse et l'Italie, d'autre part les relations interrégionales entre le sud-est et le nord et l'ouest de la France avec des prolongements vers la Grande-Bretagne et la Belgique.

LGV Paris - Lyon<sup>146</sup>

## 14.1.3 Choix techniques du premier TGV<sup>147</sup>

"La justesse des choix techniques fondamentaux a été confirmée au fil des générations successives de TGV, en même temps que la conception engrangeait des progrès substantiels de performance.

Le choix le plus judicieux a porté sur l'architecture du train qui est une automotrice articulée à deux têtes motrices; tous les critères suivants en ont bénéficié: aérodynamisme, économie générale d'investissement et d'exploitation, bruit extérieur, étanchéité à la pression, limitation des conséquences en cas de déraillement, confort amélioré, conception favorisant la stabilité des bogies et permettant l'intégration d'une suspension d'excellente qualité. Outre cette impressionnante liste de qualités, quinze années plus tard le concept de rame articulée s'est révélé la meilleure architecture possible pour une conception de train à 2 niveaux.

Les autres choix techniques ont montré eux aussi leur pertinence: une rame allégée, des bogies naturellement stables, un nouveau système de captage de courant, une chaîne de traction de grande puissance massive, un système de freinage gérant de façon optimale l'adhérence. Enfin l'introduction de redondances et marges de sécurité qui confirment leur pertinence."

"Le succès de la première desserte Paris-Lyon ainsi que celle du secteur Sud-Est justifiait les hypothèses du projet suivant, la desserte Atlantique. Le système est ainsi devenu récurrent. La pertinence de ce mode de transport faisant disparaître miraculeusement la

<sup>146</sup> CR-Corporation, 2005

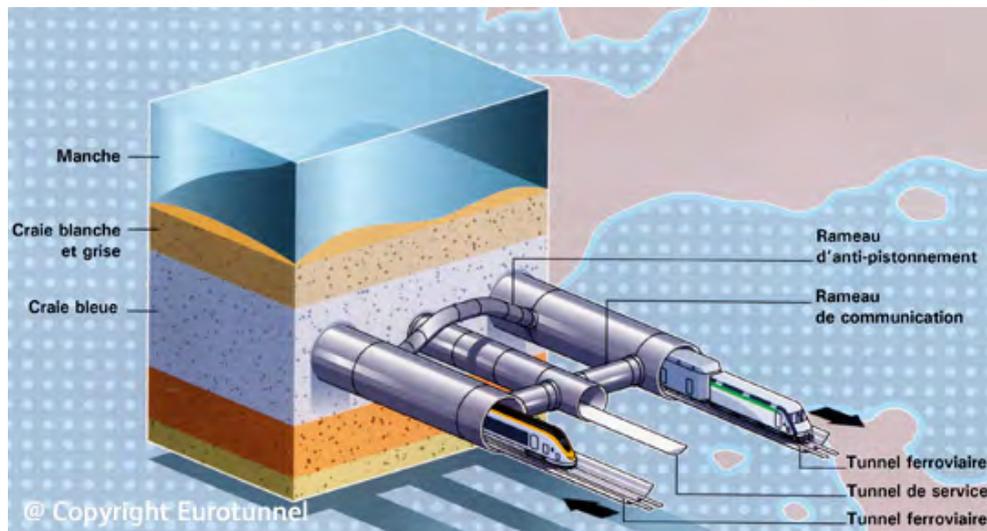
<sup>147</sup> "La grande vitesse faillit bien ne pas naître", Alain Bernheim, Revue Générale de Chemins de Fer, février 2002

plupart des oppositions de principe affirmées à l'origine. Ce sont alors les régions et les élus qui réclameront des dessertes TGV pour irriguer leurs villes."

## 14.2 LONDRES – PARIS / BRUXELLES

### 14.2.1 Historique

Le 6 mai 1994, le tunnel sous la Manche est inauguré par la Reine Elisabeth et le Président François Mitterrand. Dès novembre 1994, l'Eurostar circule entre Londres, Paris et Bruxelles.



**Tunnel sous la manche Coupe transversale représentant le positionnement du tunnel sous la Manche et du système de transport d'Eurotunnel<sup>148</sup>**

<sup>148</sup> Eurotunnel gère l'infrastructure du Tunnel sous la Manche et exploite deux types de navettes, des Navettes Fret transportant des camions et des Navettes Passagers transportant des voitures et des autocars entre Coquelles (France) et Folkestone (Grande-Bretagne). Eurotunnel perçoit aussi des péages de la part de compagnies ferroviaires qui utilisent le Tunnel (Eurostar pour les passagers ferroviaires; la SNCF et EWS pour les trains de marchandises).

Eurostar <sup>149</sup>

## 14.2.2 Tracé et temps de parcours

Le 14 novembre 2007, la première LGV britannique, High Speed 1, a été mise en service et Eurostar a lancé ses services à grande vitesse en provenance et à destination de St Pancras International, la nouvelle gare d'arrivée à Londres. Avec la mise en service du second tronçon de la ligne à grande vitesse britannique, les temps de trajet sont réduits de 20 minutes et ramenés à respectivement 2h15 entre Paris et Londres, 1h20 entre Lille et Londres et 1h51 entre Bruxelles et Londres.

Tracé Londres – Paris / Bruxelles <sup>149</sup>

Ces réalisations dynamisent le trafic des voyageurs et accroissent le potentiel du marché entre la Grande-Bretagne et le continent : 8,26 millions de voyageurs transportés en 2007

<sup>149</sup> Eurostar, 2008

entre Paris, Londres et Bruxelles, soit une progression de 5,1 % par rapport à 2006. Le lancement de High Speed 1 a encore accéléré cette augmentation du trafic voyageur : +13 % de passagers en décembre 2007 (par rapport à la même période de l'année précédente).

## 14.3 PARIS – BRUXELLES – COLOGNE / AMSTERDAM

### 14.3.1 Historique

En 1987, la France et la Belgique ont décidé la construction d'une première ligne à grande vitesse internationale: la LGV Nord-Europe. Cette ligne est un axe principal de communication entre les capitales de ces deux pays.

Le 2 juin 1996, le service Thalys est lancé avec 14 liaisons par jour : Paris et Bruxelles sont reliées en 2h03 ; Paris-Amsterdam en 4h42.

A partir du 14 décembre 1997, les temps de parcours se réduisent, suite à la mise en service de nouveaux tronçons de LGV. La durée de parcours entre Paris et Bruxelles est désormais de 1h25. Le trajet Bruxelles-Amsterdam est effectué en 2h40 et Bruxelles- Cologne en 2h20 sur ligne classique, avant l'ouverture des nouveaux tronçons de LGV prévue à partir de 2009. Le réseau s'étend depuis 1997 avec l'ouverture de nouvelles liaisons et dessertes. L'Allemagne, avec Cologne et Aix La Chapelle, s'ajoute désormais aux relations directes. Des dessertes supplémentaires sont créées en Belgique sur lignes classiques (Gand, Bruges, Ostende, Mons, Charleroi, Namur), et Thalys dessert l'aéroport de Paris Charles de Gaulle depuis Bruxelles. Ce service est assuré par la SNCF depuis 2007. Des destinations saisonnières sont également proposées vers les Alpes françaises.

Les rames interopérables permettant de circuler sur les réseaux des Pays-Bas, de Belgique et de France sont appelées PBA (Paris-Brussels-Amsterdam). Celles qui sont également capables de circuler en Allemagne sont appelées PBKA (Paris-Brussels-Köln-Amsterdam).



**Thalys PBA**



**Thalys PBKA**

- Les rames **Thalys PBA** sont dotées de:
  - 3 types d'électrification (1.500 Volts continu, 3.000 Volts continu et 25.000 Volts 50Hz)

- 4 types de signalisation (TVM, KVB, ATB, TBL).
- Les rames **Thalys PBKA** sont dotées de:
  - 4 types d'électrification (1.500 Volts continu, 3.000 Volts continu, 15.000 Volts 16.7Hz et 25.000 Volts 50Hz).
  - 7 types de signalisation (TVM, KVB, ATB, TBL, TBL2, INDUSI, LZB)

Des travaux sont en cours dans le but de renforcer la vocation de carrefour international de la Belgique qui devient l'un des maillons essentiels du réseau TGV européen. Les nouveaux temps de parcours qui seront possibles après l'ouverture de l'ensemble de la LGV PBKA vers Amsterdam et Cologne sont les suivants: Bruxelles-Midi – Anvers en 29 minutes; Anvers-Amsterdam en 1h07; Bruxelles-Midi – Amsterdam en 1h39. La ligne à grande vitesse vers les Pays-Bas pourra également être utilisée par les trains InterCity belges de nouvelle génération (200 km/h) pour relier Anvers à Breda en 35 minutes, au lieu de 1h28 actuellement.

### 14.3.2 Tracé



Destinations Thalys Paris – Bruxelles – Cologne / Amsterdam<sup>150</sup>

<sup>150</sup> 2008 : en route vers le « Nouveau Thalys », Dossier de presse, Thalys, Juin 2008

## 14.4 LGV EST EUROPEENNE: PARIS - STRASBOURG

### 14.4.1 Tracé et temps de parcours

Le projet de LGV Est-européenne vise à promouvoir une ouverture à la fois nationale et internationale des territoires desservis. En se connectant au réseau européen vers le Grand-Duché de Luxembourg et l'Allemagne, ce projet représente une multiplication des interconnexions à grande vitesse de la France vers l'Est de l'Europe.

La première phase du projet consiste en 300 km de ligne de Vaires à Baudrecourt qui a été mise en service le 18 juin 2007. La seconde phase prolonge la LGV jusqu'à Vendenheim sur 106 km. La mise en service intégrale de la seconde phase est prévue avant fin 2010.

Au plan technique, cette ligne est dite "interopérable" et sera parcourue par des trains rapides allemands (ICE) entre Paris, Sarrebruck et Francfort, tandis que des TGV poursuivront leur trajet jusqu'à Stuttgart et Munich. Des liaisons sont par ailleurs prévues vers le Luxembourg et la Suisse (vers Bale et Zurich)<sup>151</sup>.



La LGV Est Européenne et les temps de parcours<sup>152</sup>

### 14.4.2 Les ouvrages

La construction des 300 km de ligne nouvelle entre Vaires-sur-Marne et Baudrecourt aura nécessité trois années d'études, cinq années de travaux et la participation de 10 000 hommes et femmes. La LGV Est européenne c'est également la mise en place de nombreuses

<sup>151</sup> LGV Est Européenne deuxième phase (Baudrecourt – Strasbourg), Dossier de presse, Ministère des Transports de l'Équipement du Tourisme et de la Mer, France

<sup>152</sup> LGV Est Européenne, RFF 2007

innovations technologiques et la maîtrise des techniques en matière d'ouvrages d'art (338 ponts, viaducs et passages pour les animaux).

Le projet aura également nécessité 60 millions de m<sup>3</sup> de terre déplacés, 12 millions de tonnes de matériaux nobles, 12 000 poteaux caténaire, des milliers de km de câbles et de fibres optiques. 1 200 mètres de voies ont été posées chaque jour...<sup>153</sup>



Viaduc de la Moselle<sup>152</sup>

### 14.4.3 Coût et financement

Le coût du projet pour les 300 km de ligne de la première phase s'est élevé à 3,125 milliards d'euros. La ligne a fait l'objet d'un cofinancement assuré par 22 partenaires qui comprennent l'État français, les 17 collectivités locales traversées (régions, départements, villes ou agglomérations), le Grand Duché du Luxembourg, l'Union Européenne ainsi que la SNCF et Réseau Ferré de France.

### 14.4.4 Record du monde de vitesse sur rail

Le 3 avril 2007 à 13 h 14, au point kilométrique 194 de la LGV Est européenne, dans la région de l'Argonne (Marne), un TGV spécialement préparé a pulvérisé le record du monde de vitesse sur rail en atteignant 574,8 km/h<sup>152</sup>.



Record du monde de vitesse sur rail  
(3 avril 2007)<sup>152</sup>



Le train du record<sup>152</sup>

<sup>153</sup> La LGV est-européenne : Un projet novateur, La saga du rail n°1, T. Jankowski, C. Laufer, RFF 2007

## 14.5 MADRID-SEVILLE

"Même contestée au départ pour son opportunité, la ligne à grande vitesse Madrid-Séville est un succès pour la Renfe et une référence tant technique que commerciale pour les lignes à venir. Ouverte le 21 avril 1992, la liaison Madrid Atocha - Séville (471 km) a réussi à être très rapidement rentable. En quinze ans, la Renfe y a transporté 80,9 millions de clients, dont la moitié sur Madrid-Séville même. (...) Par rapport à 1992, l'offre de places y a été multipliée par quatre: de six allers-retours quotidiens à vingt aujourd'hui. Avec l'élévation de la vitesse de 250 à 300 km/h, le trajet de bout en bout ne demande plus que 2h15"<sup>154</sup>.

Le train Madrid-Séville propose un "engagement de ponctualité" inégalé: "Le train le plus moderne d'Espagne s'est imposé seulement deux ans après son inauguration un engagement digne de son importance: ponctualité rigoureuse ou remboursement du prix du billet. Depuis 1994, l'AVE Madrid-Séville rembourse le prix indiqué sur le billet s'il est en retard de plus de cinq minutes par rapport à l'heure fixée, si les causes du retard sont imputables à Renfe"<sup>155</sup>.

La LGV Madrid-Séville a été construite à écartement standard UIC, en vue d'une connexion future au réseau transeuropéen à grande vitesse.

Les principales étapes clés de la liaison à GV Madrid-Séville sont les suivantes:

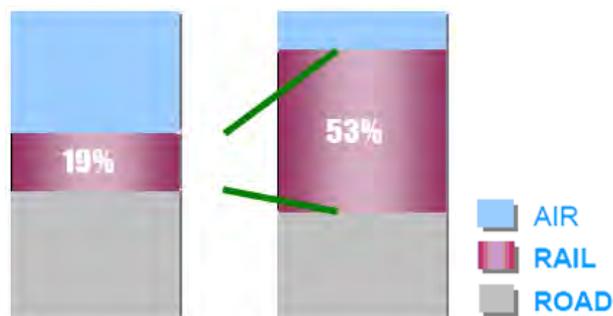
- Octobre 1986: décision du gouvernement espagnol de construire le "Nouvel accès ferroviaire à l'Andalousie"
- Avril 1992: inauguration de ligne Madrid-Séville et début de l'exploitation commerciale
- Avril 1993: l'AVE atteint la vitesse record de 356,8 km/h en essais
- Septembre 1994: Renfe s'impose un engagement de ponctualité. Les trains atteignent pour la première fois les 300 km/h en vitesse commerciale.
- 2005: inauguration des services "Avant" Séville-Cordoue (Cordoba), Madrid-Ciudad Real-Puertollano et Madrid-Tolède.
- 2007: inauguration de la branche Madrid-Malaga qui emprunte la ligne Madrid-Séville entre Madrid et Cordoue (Cordoba).

La nouvelle ligne à GV Madrid-Séville a eu un impact important sur les parts de marché respectives des voyageurs par rail, air et route: la part de marché du mode ferroviaire a été multipliée par un facteur 2,8 entre la situation précédant la création de la LGV et après sa mise en service.

---

<sup>154</sup> Source: "La grande vitesse espagnole, doucement mais sûrement", Ville & Transports magazine, 26/12/2007

<sup>155</sup> Source: Traduction de: "El pájaro que llevó a España hasta el siglo XXI", Dossier Transporte ferroviario, Alta velocidad en España, elaborado por TE Corp para XLSemanal, 2007



Répartition du marché rail/air/roule avant et après la mise en service de la LGV Madrid - Séville<sup>156</sup>



Déploiement des LGV en Espagne<sup>156</sup>

## 14.6 MADRID-BARCELONE

La LGV Madrid-Barcelone a été mise en service en février 2008. Grâce à cette nouvelle ligne, d'une longueur totale de 621 km, le temps actuel de parcours est de 2h38 entre Madrid et Barcelone au lieu de 7h00 avec un train Talgo en 1996.

A terme, cette ligne à écartement standard sera prolongée vers la France via Figueras, permettant ainsi à l'Espagne de s'affranchir de l'isolement lié à la voie large et de se connecter au réseau transeuropéen sans devoir procéder à un changement d'écartement du matériel roulant à la frontière.

<sup>156</sup> Source: présentation du 6ème congrès UIC High Speed "A High Speed Rail Overview", Jean-Pierre Loubinoux – SNCF International, date de présentation: 17-19/03/08

La ligne Madrid-Barcelone a été construite en trois phases, qui ont été mises en service successivement:

- Madrid - Saragosse - Lleida: mise en service en octobre 2003 à 200 km/h. La vitesse a progressivement été portée à 250 km/h en mai 2006 puis à 280 km/h en octobre 2006;
- Lleida – Tarragone: mise en service en décembre 2006;
- Tarragone – Barcelone: mise en service en février 2008.

Dans l'attente de la finalisation de la ligne entre Madrid et Barcelone, la liaison complète Madrid-Barcelone a été assurée par des trains S120 dont l'écartement des bogies pouvait être modifié automatiquement afin de pouvoir emprunter les tronçons à grande vitesse à écartement standard UIC et la ligne existante à écartement ibérique sans rupture de charge.

Un nouveau matériel roulant a été introduit avec la mise en service de la ligne Madrid-Barcelone. Il s'agit de trains S 103, basés sur l'ICE 3, qui peuvent atteindre la vitesse de 350 km/h. Ce matériel roulant est équipé du système de signalisation européen ERTMS de niveau 1 et 2, du STM LZB ainsi que du système ASFA. Il est alimenté à 25 kV - 50Hz. Ce train a une capacité de 404 places.



La mise en service de la ligne Madrid-Barcelone a marqué également une mutation pour les transports ferroviaires dans le quart nord-est de l'Espagne: l'AVE a dégagé des sillons pour les trains de marchandises et les services régionaux. Il permet de faire bénéficier indirectement de la grande vitesse des villes moyennes comme Logroño, Pampelune et Gérone, et à terme Soria et Teruel.

L'AVE crée également une alternative au pont aérien Madrid-Barcelone, la ligne aérienne la plus fréquentée et la plus rentable d'Espagne. Ce "pont aérien" était organisé par Iberia, Spanair et des compagnies à bas coût et offrait 160 vols par jour et comptait 4,5 millions de passagers par an. Après un an d'exploitation, la Renfe prévoit de capter 40% du trafic entre

Madrid et Barcelone aux dépens des compagnies aériennes dont la part de marché passerait de 32% à 12%, les autocars et les voitures s'adjudant le reste.



**Lleida-Tarragona: Ouvrage d'art<sup>157</sup>**

La vitesse des trains est actuellement limitée à 300 km/h par le système ERTMS de niveau 1, qui ne permet pas d'atteindre la vitesse maximale de 350 km/h prévue sur quelques sections de la ligne. Sans cette limitation, qui pourrait être levée en 2009, le temps de trajet entre Madrid et Barcelone serait de 2h30.

## 14.7 TORINO-MILANO-NAPOLI

Déjà en activité depuis les années 80 avec la liaison "Direttissima" entre Florence et Rome, depuis 2005/2006 avec les lignes entre Rome et Naples ainsi qu'entre Turin et Novare et depuis 2008 avec la ligne Naples-Salerno, le réseau "à grande vitesse (AV)/ à grande capacité (AC)" Turin-Milan-Naples-Salerno s'étend sur plus de 900 km de longueur et est relié au réseau conventionnel par 77 km de lignes d'interconnexion. Le tronçon entre Milan et Bologne est également en exploitation depuis décembre 2008.

---

<sup>157</sup> Source: ADIF

IL SISTEMA AV/AC  
DICEMBRE 2008



Les lignes Turin-Milan, Milan-Bologne et Rome-Naples présentent en plusieurs endroits la particularité d'être jumelées<sup>158</sup> à des autoroutes existantes.

Dans des zones au relief peu accidenté, le jumelage est souvent réalisé sans problème de compatibilité de profils et de tracés, comme pour la liaison Turin-Milan. Il est à noter que dans le cas de cette ligne, qui est une ligne mixte voyageurs et marchandises, le profil typique de la LGV est situé de 3 à 4m plus haut que l'autoroute en raison des différences de caractéristiques de profil en long ferroviaire et pour des aspects liés aux normes plus récentes en matière d'inondations que lors de la construction de l'autoroute dans les années cinquante. Cette différence de niveau permet notamment de résoudre les questions de pénétration accidentelle de véhicules routiers dans l'emprise ferroviaire sans nécessiter la construction de murs de protection.

Comme les contraintes pour une LGV sont beaucoup plus strictes en profil en long, gabarit et en rayon de courbure que pour une autoroute, les infrastructures jumelées doivent soit s'écarter dès que les tracés ne sont plus compatibles, soit adopter des profils différents

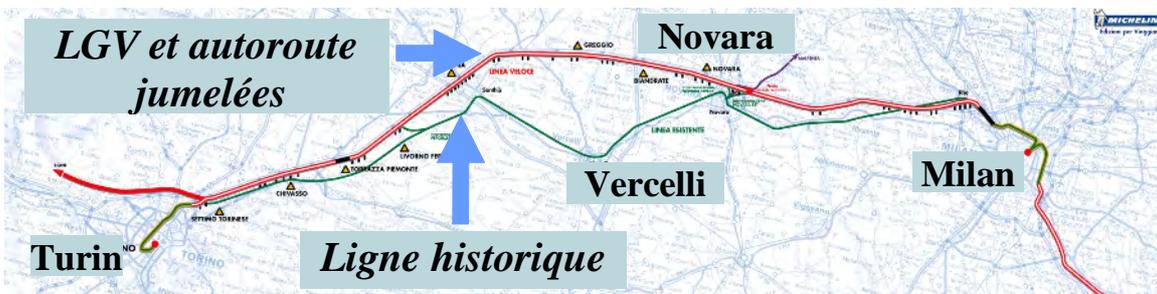
<sup>158</sup> Il est à noter que d'autres tronçons de LGV en Europe sont jumelés à des autoroutes, comme notamment en France (LGV nord et A1, LGV atlantique et A10, LGV sud-est et A5 au niveau de Melun-Sens, contournement de Tours par la LGV atlantique), en Belgique (tronçon de la LGV Bruxelles – Lille jumelé à l'autoroute A8 Halle- Tournai, LGV Bruxelles – Liège jumelée à l'autoroute E40 entre Bierbeek et Waremme, LGV Liège – Cologne jumelée à l'autoroute E40 sur le plateau de Herve, LGV Anvers – Breda jumelée à l'autoroute E19) et en Allemagne.

impliquant la construction d'ouvrages d'art et de tunnels pour la LGV avec notamment des impacts en termes de coûts d'investissement et d'entretien ainsi que des exigences spécifiques en matière de sécurité. C'est notamment le cas sur la ligne Rome-Naples, comme illustré ci-dessous.



Liaison Rome-Naples – Interconnexion de Cassino  
(Source: TAV.IT, <http://www.tav.it>, 20/02/2004)

L'effet de coupure est généralement un des critères prépondérants de la décision de jumelage. Par exemple, dans le cas de la liaison Turin-Milan, le tracé initial qui reliait Turin à Milan via Vercelli et Novara, indépendamment des tracés existants de l'autoroute et de la ligne ferroviaire historique, a été refusé par le ministère de l'environnement à cause de l'impact jugé excessif sur le territoire d'une troisième coupure.



Liaison Turin-Milan (Source: TAV.IT, <http://www.tav.it>, 07/09/2004)

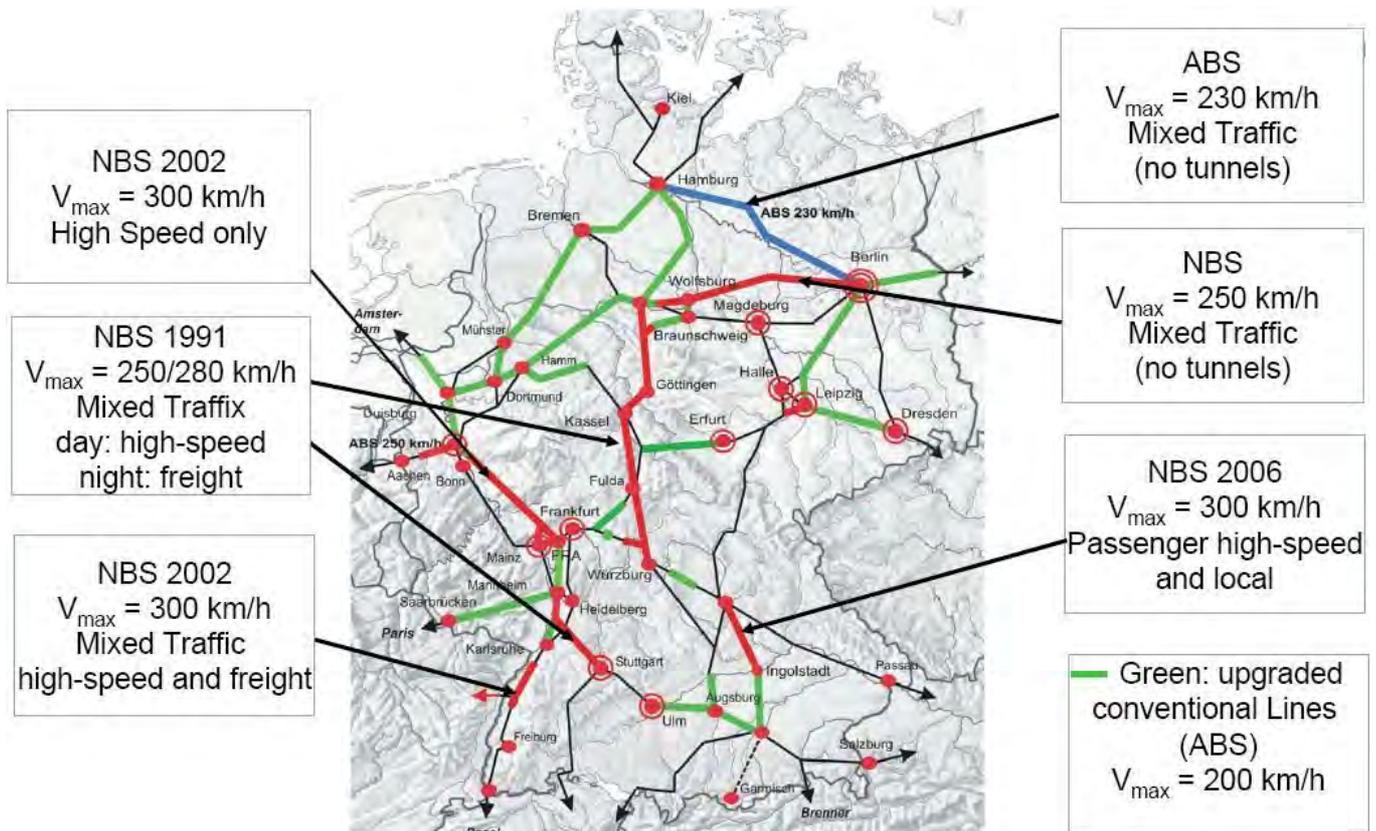
## 14.8 ALLEMAGNE: LIGNES A GRANDE VITESSE MIXTES

Le réseau ferré allemand est essentiellement conçu pour un trafic mixte de voyageurs (grandes lignes et trafic régional) et de marchandises: généralement le trafic de trains de voyageurs est exploité en journée et le trafic de fret pendant la nuit. La ligne Cologne-Francfort est toutefois réservée au trafic de voyageurs à GV en raison de sa forte déclivité (4 %).

Parmi les LGV allemandes en service commercial, les lignes suivantes ont été mises en service aux dates indiquées ci-après: Mannheim-Stuttgart (1991), Hanovre-Wurtzbourg (1991), Hanovre-Berlin (1998), Francfort-Cologne (2002), Berlin-Hambourg (2004), Cologne-Düren et Nuremberg-Ingolstadt (2006).

Les lignes Karlsruhe-Bâle (mise en service prévue en 2012) et Nuremberg-Erfurt-Halle/Leipzig (mise en service prévue en 2015) sont en construction.

Deux LGV sont en projet: Stuttgart-Ulm (-Munich) (début de construction en 2008) et Francfort-Mannheim. La carte schématique ci-après présente le type de ligne et son usage simple (passagers ou marchandises) ou mixte.



Plan de l'infrastructure allemande en 2008

Le matériel roulant associé aux trois types de lignes identifiées ci-dessus (NBS: nouvelle LGV, ABS: ligne aménagée pour la GV et ligne conventionnelle) est défini dans le tableau suivant.

Table 1: Vitesses maximales du matériel roulant autorisées par type de ligne en Allemagne

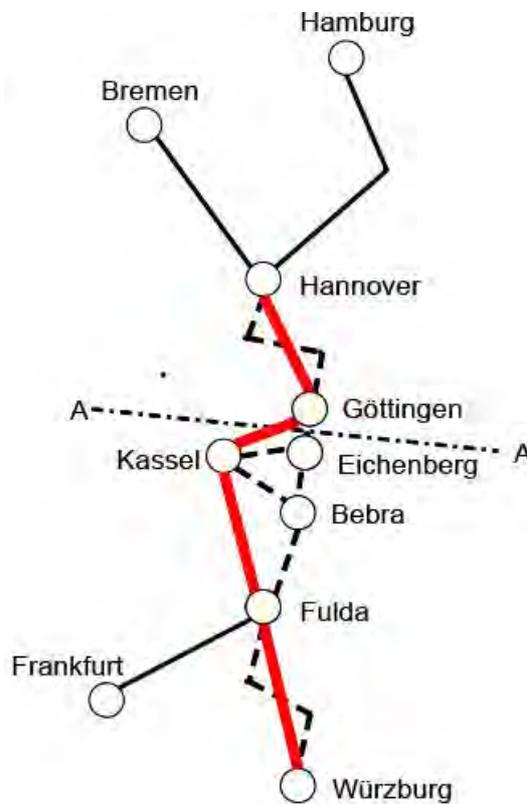
\* : lignes sans contrôle automatique continu ;

\*\* : 280km/h sauf 250km/ dans les tunnels et 300 km/h sur Cologne-Francfort et Nuremberg- Ingolstadt

Types de lignes	NBS New lines	ABS Upgraded lines	Conventional lines *
 InterCity (IC)	200	200	160
 InterCity Express (ICE)	250 ** -300	200	160
 InterCargo (ICG)	120	120	100
 Parcel InterCity (PIC)	160	160	140

Deux études de cas seront présentées ci-après. Elles montrent succinctement comment la mixité du trafic a été mise en œuvre efficacement dans le réseau à GV.

### 14.8.1 LGV Hanovre – Würzburg (NBS)



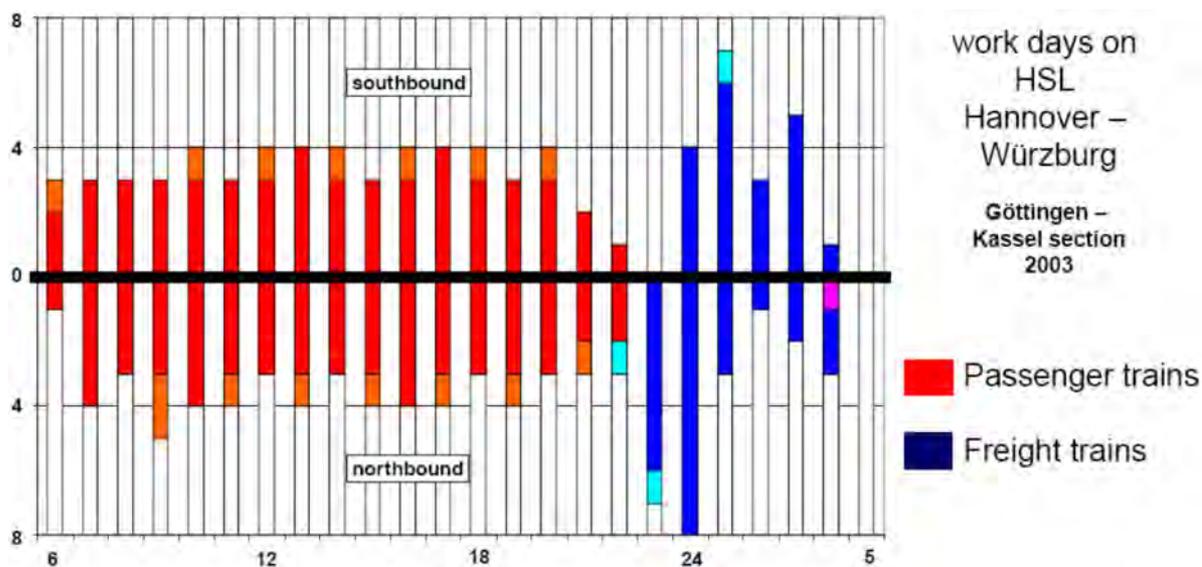
LGV Hanovre-Würzburg

La section Göttingen-Kassel-Fulda combine les circulations de trains de passagers et celles de trains de fret, sur les lignes conventionnelles ainsi que sur les lignes nouvelles. Le tableau suivant présente l'évolution du nombre de circulations par type de train au cours du temps.

**Table 2: Circulations sur la section Göttingen-Kassel**

	1990	1992	2005	2007
conventional line, freight	77	66	80	104
conventional line, passenger	68	45	35	35
new line, freight	0	35	22	18
new line, passenger	0	38	62	63
Total freight	77	101	102	123
Total passenger	68	83	97	98
Total	145	184	199	221

La circulation de trains de marchandises sur la ligne nouvelle Hanovre-Würzburg et la ligne Nord-Sud est rendue possible par une planification "classique", qui tient compte de la régularité de trains passagers à des horaires fixes en journée et laisse les sillons de nuit aux de trains de marchandises.



**Répartition des trains planifiés réguliers sur Hannover-Würzburg**

## 14.8.2 LGV Berlin – Hambourg (ABS)



LGV Hamburg – Berlin

- Légende :**
- 1-2-3-4-5** : Séparation des voies de marchandises
  - 2** : Appareils de voie additionnels
  - 1** : Nouvelle voie pour les trains de marchandises supplémentaires
  - 5 - 2** : Signalisation supplémentaire

La circulation de trains de marchandises sur la ligne Hambourg-Berlin (trajet rouge sur la LGV Hamburg – Berlin) est rendue possible par une planification qui insère des trains de fret dans les sillons libres de l'horaire régulier de trains passagers en journée et laisse les sillons de nuit aux trains de marchandises.

De plus, le dédoublement des itinéraires reliant Hambourg à Berlin permet d'augmenter le nombre de trains de fret en circulation: environ 18 trains journaliers plus d'autres la nuit (50 trains de fret au total par jour) par séparation des voies (tracé avec points rouges de la ) d'une part, et environ 15 trains additionnels (de l'ordre de 80 trains de fret au total) par jour par création d'une voie dédiée aux marchandises (tracé avec points verts de la ) d'autre part.

## 14.9 ROYAUME-UNI: WEST COAST MAIN LINE



Tracé de la West Coast main Line<sup>159</sup>

Construite au XIX<sup>ème</sup> siècle, la West Coast Main Line (WCML) est un des axes ferroviaires britanniques les plus importants. La WCML est une ligne de 640 km reliant Londres et Glasgow. Elle a été modernisée en entre 1959 et 1967. Elle est à présent à nouveau modernisée sur quasi toute sa longueur pour permettre aux trains de rouler à une vitesse de 225 km/h (contre 177km/h avant la mise en œuvre).

La WCML est composée, en plus de sa ligne principale, de plusieurs boucles desservant, entre autres, Birmingham et Manchester. Des extensions permettent de desservir Holyhead et Liverpool.

Des trains pendulaires sont utilisés pour les liaisons à vitesse rapide sur la West Coast Main Line.



Train pendulaire de la West Coast Mail Line<sup>160</sup>

De nombreux trains de fret parcourent également cette liaison, ce qui a nécessité le dédoublement de plusieurs tronçons. Ce dédoublement de tronçons permet d'augmenter le nombre de sillons réservés au fret sans perturber le trafic des passagers.

<sup>159</sup> Improvements on West Coast, Network Rail, 2008

<sup>160</sup> Franklin + Andrews, 2008

La diminution des temps de parcours est reprise dans le tableau ci-dessous ("Now"= 2003):

London Euston to/from	Now		Winter 2004		2005		2007-8*	
	Time (hr min)	Stops						
Birmingham New St (fast)	1h 39m	1	1h 23m	1	1h 22m	1	1h 18m	1
Birmingham New Street	1h 43m	3	1h 28m	3	1h 26m	3	1h 23m	3
Coventry	1h 11m	1	1h 05m	1	1h 04m	1	59m	1
Manchester peak (fastest)	n/a	n/a	2h 04m	1	2h 03m	1	1h 57m	1
Manchester fast via Stoke	n/a	n/a	2h 08m	2	2h 06m	2	2h 02m	2
Manchester via Stoke	2h 41m	4	2h 15m	4	2h 14m	4	2h 10m	4
Stoke	1h 51m	1	1h 32m	0	1h 31m	0	1h 28m	0
Liverpool (fast)	n/a	n/a	2h 14m	2	2h 12m	2	2h 08m	2
Liverpool	2h 53m	5	2h 27m	5	2h 24m	5	2h 21m	5
Crewe	2h 08m	3	1h 46m	2	1h 45m	2	1h 42m	2
Preston (fast)	2h 25m	0	2h 13m	0	2h 11m	0	2h 06m	0
Preston	3h 01m	5	2h 35m	5	2h 32m	5	2h 26m	5
Carlisle (fast)	3h 41m	2	3h 20m	1	3h 12m	1	3h 07m	1
Carlisle	4h 04m	8	3h 48m	8	3h 39m	8	3h 34m	8
Glasgow (fast)	5h 06m	3	4h 35m	2	4h 25m	2	4h 18m	2
Glasgow/Edinburgh	5h 35m	10	5h 05m	10	4h 53m	10	4h 48m	10
Holyhead	4h 28m	9	3h 50m	7	3h 50m	7	3h 48m	7

\*Projected date for achievement of the final elements of the upgrade outputs.

n/a: Not applicable – No equivalent time at present (fast) – Limited stop service

#### Temps de parcours prévus après la modernisation de la WCML<sup>161</sup>

Cette diminution des temps de parcours en train a entraîné une diminution de la part de l'avion de 40% dans la liaison Manchester – Londres, après la mise en œuvre du réseau modernisé, en 2005<sup>159</sup>.

La North West Development Agency a déclaré en 2006 que selon les résultats découlant des premières étapes de modernisation de la WCML, la plupart de la région du Nord Ouest de l'Angleterre profite d'une qualité de liaisons ferroviaires plus rapide, plus fréquente et plus régulière. Ceci favorise les opportunités de croissance du tourisme et de l'économie, de la compétitivité et du renouveau de la région<sup>162</sup>.

<sup>161</sup> West Coast Main Line Strategy, Strategic Rail Authority, June 2003

<sup>162</sup> West coast main line : progress report, department of transport, Mai 2006

## Annexe A: Parc de trains à grande vitesse en Europe (Situation 2008)<sup>163</sup>

Pays d'exploitation	Illustration	Opérateur	Classe	Nombre	Vitesse commerciale max. (km/h)	Type de traction	Alimentation électrique	Nombre total de places	Longueur du train (m)	Système(s) de signalisation	Année de mise en service
Allemagne Suisse		DB AG	401 - ICE 1	59 (+1 hors service)	280	Électrique	15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz	645	358	AFB, Indusi, OLT	1991
Allemagne		DB AG	402 - ICE 2	44	280	Électrique	15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz	368	205,36	Indusi, OLT, SIFA	1996
Allemagne		DB AG	403 - ICE 3	45	330	Électrique	15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz	441	200	80 OLT, Indusi PZB 90, SIFA	2000
Allemagne, Suisse, Pays-Bas, France, Belgique		DB AG  NS	406 - ICE 3M	13  4	330	Électrique	15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz  25 KV 50 Hz  1.5 kVcc 3 KVcc	431	200	LZB 80, Indusi PZB 90, SiFa  ZUB 121, Integra  TVM 430  ATBL	2000

<sup>163</sup> Données fournies à titre indicatif

Pays d'exploitation	Illustration	Opérateur	Classe	Nombre	Vitesse commerciale max. (km/h)	Type de traction	Alimentation électrique	Nombre total de places	Longueur du train (m)	Système(s) de signalisation	Année de mise en service
Allemagne France Pays-Bas Belgique		DB AG SNCF	409 / 43 TGV Thalys PBKA	17	320	Électrique	15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz  25 KV 50 Hz  1.5 kVcc 3 KVcc	377	200	Indusi, OLT  TVM 430, ATB TBL, TBL2	1997
Allemagne Suisse		DB AG	411 - ICE T	28	230	Électrique	15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz	358	185	OLT 80/16, Signum	1999
Allemagne Suisse		DB AG	411 - ICE T	28	230	Électrique	15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz	390	185	OLT 80/16, Signum	2004
Allemagne Suisse		DB AG	415 - ICE T	11	230	Électrique	15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz	250	133,5	OLT 80/16, Signum	1999

Pays d'exploitation	Illustration	Opérateur	Classe	Nombre	Vitesse commerciale max. (km/h)	Type de traction	Alimentation électrique	Nombre total de places	Longueur du train (m)	Système(s) de signalisation	Année de mise en service
Espagne		Renfe Operadora	AVE –100	18	300	Électrique	25 KV 50 Hz  3 kVcc	329	200.15	ASFA200  OLT 80/16 LZB	1992
Espagne		Renfe Operadora	AVE –102	16	330	Électrique	25 KV 50 Hz	316	200.244	ERTMS ASFA  STM LZB	2005
Espagne		Renfe Operadora	AVE–103 / Velaro E	26	350	Électrique	25 KV 50 Hz	404	200	ERTMS   STM LZB	2007
Espagne		Renfe Operadora	AVE–104	20	250	Électrique	25 KV 50 Hz	237	107.1	ERTMS ASFA  STM LZB	2004
Espagne		Renfe Operadora	AVE–120	12	250	Électrique	25 KV 50 Hz  3 KVcc	238	107.3	ERTMS ASFA	2006

Pays d'exploitation	Illustration	Opérateur	Classe	Nombre	Vitesse commerciale max. (km/h)	Type de traction	Alimentation électrique	Nombre total de places	Longueur du train (m)	Système(s) de signalisation	Année de mise en service
Espagne		Renfe Operadora	AVE-130 / TALGO 250	45	250 (220)*	Électrique	25 KV 50 Hz  3 KVcc	299	183	ERTMS - STM LZB EBICAB ASFA	2007 - 2008
France Suisse		SNCF	23 TGV-SE bicourant	99	300	Électrique	25 KV 50 Hz  1,5KVcc	350 ou 345	200,19	TVM 300 (partiellement TVM 430)	1978 - 1985
France Belgique Suisse		SNCF	33 TGV-SE tricourant	8	300	Électrique	15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz  25 KV 50 Hz  1.5 kVcc	350 ou 345	200,19	TVM 300 (partiellement TVM 430)	1978 - 1988
France Belgique		SNCF	TGV Poste	3	300	Électrique		60 t de courrier		TVM 430	1978 - 1985
France		SNCF	24 TGV-A	105	300	Électrique	25 KV 50 Hz  1,5 KVcc	485	237,59	TVM 300 (partiellement TVM 430)	1988 - 1992

Pays d'exploitation	Illustration	Opérateur	Classe	Nombre	Vitesse commerciale max. (km/h)	Type de traction	Alimentation électrique	Nombre total de places	Longueur du train (m)	Système(s) de signalisation	Année de mise en service
France		SNCF	28 TGV-R bicourant	50 (dont 1 hors service)	320	Électrique	25 KV 50 Hz 1,5 KVcc	393-394	200	TVM 430, KVB, Crocodile	1993 - 1996
France Italie		SNCF	38 TGV-R tricourant	6	320	Électrique	25 KV 50 Hz 1,5 KVcc 3 KVcc	393-394	200	TVM 430, KVB, Crocodile R54	1993 - 1996
France Belgique		SNCF	38 TGV-R tricourant	24	320	Électrique	25 KV 50 Hz 1,5 KVcc 3 KVcc	393-394	200	TVM 430, KVB, Crocodile TBL/TBL2	1993 - 1996
France Belgique Grande Bretagne		SNCF	373 TGV TMST (Transmanche) ou Eurostar	38	300	Électrique	25 KV 50 Hz 3 KVcc 75Vcc (rail)	794	394	TVM 430, KVB, Crocodile THC	1993 - 1994
France Pays-Bas Belgique		SNCF	38 TGV Thalys PBA	10	300	Électrique	25 KV 50 Hz 1,5 KVcc 3 KVcc	377	200	TVM 430, KVB, Crocodile ATB THC	1996

Pays d'exploitation	Illustration	Opérateur	Classe	Nombre	Vitesse commerciale max. (km/h)	Type de traction	Alimentation électrique	Nombre total de places	Longueur du train (m)	Système(s) de signalisation	Année de mise en service
France		SNCF	29 TGV Duplex	89 (+ 25 en 2009) (+ 55 en 2011)	320	Électrique	25 KV 50 Hz  1,5 KVcc	516	200	TVM 430, KVB, Crocodile ETCS	1996 - 1998
France Allemagne		SNCF	TGV POS/Est	16	320 <sup>a</sup>	Électrique	25 KV 50 Hz  1,5 KVcc	380	200	TVM 430, Crocodile  OLT, Indusi, SIFA	2007
France		SNCF	TGV Dasy	23 (+ 25 en 2009)	320	Électrique	25 KV 50 Hz  1.5kVcc	512		ETCS	2007 – 2009
Italie		Trenitalia	Eurostar Italia ETR 450	15	250	Électrique	3 KVcc	390	234		
Italie		Trenitalia	ETR 460	7	250	Électrique	3 KVcc	480	236,6		

Pays d'exploitation	Illustration	Opérateur	Classe	Nombre	Vitesse commerciale max. (km/h)	Type de traction	Alimentation électrique	Nombre total de places	Longueur du train (m)	Système(s) de signalisation	Année de mise en service
Italie		Trenitalia	ETR 460 bicourant	3	250	Électrique	1,5 KVcc 3 KVcc	480	236,6		
Italie		Trenitalia	ETR 480	15	250	Électrique	25 KV 50 Hz  3 kVcc	480	236,6	BACC	
Italie		Trenitalia	ETR 500	30	300	Électrique	25 KV 50 Hz  1.5 kVcc 3 kVcc	671	354		
Italie		Trenitalia	ETR 500 P	30	300	Électrique	25 KV 50 Hz  1.5 kVcc 3 kVcc	671	354	ETCS L2	
Italie		Trenitalia	Pendolino 4 / ETR 610 bicourant	12	250	Électrique	25 KV 50 Hz  3 kVcc	432	187.4	RS4-Codici, SCMT(Italy) ETCS L2	

Pays d'exploitation	Illustration	Opérateur	Classe	Nombre	Vitesse commerciale max. (km/h)	Type de traction	Alimentation électrique	Nombre total de places	Longueur du train (m)	Système(s) de signalisation	Année de mise en service
Italie Suisse Allemagne		Cisalpino AG	Pendolino 4 / ETR 610 tricourant	14	250	Électrique	15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz  25 KV 50 Hz  3 kVcc	431	187.4	RS4-Codici, SCMT  ZUB 262 PZB, LZB, OLT ETCS L2	
République Tchèque		Series 680	680	7	230	Électrique	15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz  25 KV 50 Hz  3 KVcc	335	184,4		
Turquie		TCDD	ATPRD s-120	10	250	Électrique	25 KV 50 Hz		158,92		

\* Vitesse dans les lignes classiques à écartement ibérique (Les trains S-120 et S-130 sont dotés de systèmes à écartement variable)

Sources: UIC, [www.hochgeschwindigkeitszuege.com](http://www.hochgeschwindigkeitszuege.com)