

# Rapport d'étude

## Étude de faisabilité de la création d'un train mixte voyageurs/fret entre Barcelone et Francfort



Figure 1 : Conteneurs fret et train de nuit

Réf Consultation	OTN Gré à gré
Réf Offre	O17 064 desserte mixte BCN FRK v16

1. OBJET DU RAPPORT	11
2. CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE	12
2.1. LES CONTEXTES FRET ET VOYAGEURS DE NUIT	12
2.1.1. Le contexte fret	12
2.1.2. Le contexte voyageurs de nuit	13
2.2. L'OBJET DE L'ETUDE	14
3. PREANALYSE TECHNIQUE	16
3.1. LES DIVERS SCENARIOS DE DESSERTE POSSIBLES	16
3.1.1. Scénario 1 : passage par la Suisse	17
3.1.2. Scénarios de desserte 3 et 4	19
3.1.3. Analyse du scénario 2 de desserte	20
3.2. ANALYSE TECHNIQUE DU SCENARIO RETENU	21
3.2.1. La desserte voyageurs	21
3.2.2. La desserte fret	22
3.3. VITESSE DE CIRCULATION	24
3.4. GABARIT AUTORISE	25
3.5. LONGUEUR AUTORISEE	25
3.6. TENSION DE TRACTION ELECTRIQUE	27
3.7. TYPE DE MATERIEL ROULANT VOYAGEUR DE NUIT	28
3.8. TYPE DE MATERIEL ROULANT FRET	29
3.9. ENGIN DE TRACTION	29
3.10. TEMPS DE PARCOURS	31
3.11. CAPACITE	32
3.12. LA COUPE / ACCROCHE	32
3.12.1. Composition du train	32
3.12.2. Coupe accroche au sud	33
3.12.3. Coupe accroche au nord	33
3.13. CHARGEMENT DECHARGEMENT DU FRET	34
3.13.1. En Catalogne	34
3.13.2. En Allemagne	35
4. LA QUESTION DES WAGONS APTES A V160 ET CONDITIONS D'HOMOLOGATION DU SERVICE	38
4.1. LES TRAINS DE FRET CIRCULANT A PLUS DE 140 KM/H	38
4.2. LES WAGONS APTES A 160 KM/H	38

4.2.1.	Equipement du bogie 160 km/h	38
4.2.2.	Freinage	39
4.2.3.	Type de wagon - délais de développement et d'homologation d'un wagon 160 km/h	40
<b>4.3.</b>	<b>VARIANTE A 140 KM/H</b>	<b>41</b>
<b>4.4.</b>	<b>CONDITIONS D'HOMOLOGATION DU SERVICE MIXTE</b>	<b>42</b>
4.4.1.	Autorisation de circulation des véhicules	42
4.4.2.	Homologation du concept de train mixte	42
<b>5.</b>	<b>BENCHMARK DES SERVICES VOYAGEURS DE NUIT</b>	<b>43</b>
<b>5.1.</b>	<b>OFFRE VOYAGEURS</b>	<b>43</b>
5.1.1.	Offre train de nuit en France	43
5.1.2.	Offre train de nuit en Allemagne & Autriche	45
5.1.3.	L'offre train de nuit en Espagne	48
5.1.4.	L'offre de train de nuit en Italie	49
<b>6.</b>	<b>BENCHMARK DES TRAINS MIXTES VOYAGEURS - FRET</b>	<b>51</b>
<b>6.1.</b>	<b>LE TRAIN MIXTE « OVERNIGHT EXPRESS » AMSTERDAM MILAN</b>	<b>51</b>
6.1.1.	Le premier service en 2000 avec des fourgons et palettes	51
6.1.2.	Le service en 2001 avec des wagons porte containers	52
6.1.3.	Ce qu'il faut retenir et la fin du service	53
<b>6.2.</b>	<b>LE TRAIN MIXTE TALGO « METEOR » HAMBOURG MUNCHEN</b>	<b>53</b>
<b>6.3.</b>	<b>LE SERVICE AUTO-TRAIN EN FRANCE</b>	<b>54</b>
<b>6.4.</b>	<b>LE FRET A SEMI GRANDE VITESSE</b>	<b>55</b>
6.4.1.	Comparatif et synthèse du benchmark des trains voyageurs de nuit	57
<b>6.5.</b>	<b>OFFRE FRET</b>	<b>62</b>
6.5.1.	Le contexte ferroviaire espagnol	62
6.5.2.	Offre de trains conteneurs caisses mobiles	62
6.5.3.	Offre autoroute ferroviaire	62
6.5.4.	Analyse du positionnement du marché fret par fer	63
<b>7.</b>	<b>L'INSERTION DANS LE GRAPHIQUE</b>	<b>65</b>
<b>7.1.</b>	<b>ANALYSE DE L'INSERTION</b>	<b>65</b>
<b>7.2.</b>	<b>HORAIRE FINAL PROPOSE</b>	<b>67</b>
<b>8.</b>	<b>ANALYSE DE MARCHE ET PREVISIONS DE TRAFIC VOYAGEUR</b>	<b>68</b>
<b>8.1.</b>	<b>OFFRE ACTUELLE</b>	<b>68</b>
8.1.1.	Offre routière	68
8.1.2.	Offre ferroviaire	68
8.1.3.	Offre aérienne	68
8.1.4.	Résumé de l'offre actuelle	68
<b>8.2.</b>	<b>DEMANDE ACTUELLE</b>	<b>69</b>

<b>8.3. ANALYSE PROSPECTIVE</b>	<b>72</b>
8.3.1. Report modal de l'aérien vers le fer	72
8.3.2. Report modal de la voiture vers le fer	72
8.3.3. Report modal du fer diurne vers le fer nocturne	73
8.3.4. Prévision de trafic sur le train de nuit	75
<b>8.4. TEST DE SENSIBILITE SUR LA DESSERTE FINE EN OCCITANIE</b>	<b>76</b>
<b>8.5. LES ARRETS DE NUIT</b>	<b>76</b>
<b>9. ANALYSE DE MARCHÉ ET PREVISIONS DE TRAFIC FRET</b>	<b>78</b>
<b>9.1. ANALYSE DE MARCHÉ</b>	<b>78</b>
9.1.1. Trafic routier	78
9.1.2. Typologie de marchandises	81
9.1.3. Trafic ferroviaire	83
<b>9.2. PREVISION DE TRAFIC</b>	<b>83</b>
<b>9.3. CROISSANCE DES TRAFICS</b>	<b>84</b>
<b>10. BILAN ECONOMIQUE ET FINANCIER</b>	<b>86</b>
<b>10.1. RECETTES</b>	<b>86</b>
10.1.1. Recettes voyageurs	86
10.1.2. Recettes fret	87
10.1.3. Recettes totales	89
<b>10.2. CHARGES D'EXPLOITATION</b>	<b>89</b>
10.2.1. Coûts d'exploitation communs voyageurs-fret par un opérateur historique	89
10.2.2. Coûts d'exploitation communs voyageurs-fret par un autre opérateur	90
10.2.3. Coûts d'exploitation complémentaires de la partie fret	92
<b>10.3. REDEVANCES</b>	<b>93</b>
10.3.1. Documents de référence	93
10.3.2. Redevance par GI	94
<b>10.4. BILAN ECONOMIQUE ET FINANCIER</b>	<b>99</b>
<b>11. BILAN SOCIO-ECONOMIQUE</b>	<b>100</b>
<b>11.1. USAGERS DU TRAIN DE NUIT</b>	<b>100</b>
<b>11.2. ENTREPRISES DE TRANSPORT</b>	<b>100</b>
11.2.1. Transport de voyageurs	100
11.2.2. Transport de marchandises	101
11.2.3. Bilan des entreprises de transport	101
<b>11.3. GESTIONNAIRES D'INFRASTRUCTURES</b>	<b>102</b>
<b>11.4. PUISSANCE PUBLIQUE ET RIVERAINS</b>	<b>102</b>
11.4.1. Puissance publique	102
11.4.2. Riverains	102

11.4.3. Bilan de la puissance publique et des riverains	102
11.5. BILAN SOCIO-ECONOMIQUE DU PROJET	103
12. CONCLUSION	104

FIGURE 1 : CONTENEURS FRET ET TRAIN DE NUIT .....	1
FIGURE 1 : LE RESEAU D'AUTOROUTES FERROVIAIRES EN 2020 (SOURCE : RGCF) .....	12
FIGURE 2 : SERVICE OFFERT PAR LES NIGHTJET D'OBB .....	14
FIGURE 3 : LES SCENARIOS DE DESSERTE POSSIBLES.....	16
FIGURE 4 : LE SCENARIO 1 DE DESSERTE PAR LA SUISSE .....	17
FIGURE 5 : SCHEMA DE DESSERTE DU SCENARIO 1 DE PASSAGE PAR LA SUISSE .....	17
FIGURE 6 : TEMPS DE PARCOURS DU SCENARIO 1.....	18
FIGURE 7 : VISION 2030 EXTRAITE DU RAPPORT « OUI AU TRAIN DE NUIT » .....	19
FIGURE 8 : TRACE DU TRAIN MIXTE ENTRE BARCELONE ET FRANCFORT.....	20
FIGURE 9 : LES PERSPECTIVES DE DESSERTES VOYAGEUR DE NUIT A MOYEN TERME.....	20
FIGURE 10 : CARTE DU TRACE DU TRAIN MIXTE ENTRE BARCELONE ET FRANCFORT .....	21
FIGURE 11 : SCHEMA DES SEGMENTS DE DESSERTE VOYAGEURS, AVEC ANCIENNE PROPOSITION DE TRACE POUR LE TRAIN MIXTE .....	22
FIGURE 12 : CARTE DES TRACES FRET ET VOYAGEURS DU TRAIN MIXTE ENTRE BARCELONE ET FRANCFORT .....	23
FIGURE 13 : INSTALLATION TP FERRO A LLERS .....	23
FIGURE 14 : SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DE L'ACCROCHE / DECROCHE DU FRET A NANCY .....	24
FIGURE 15 : CARTE DES VITESSES MAXIMALES AUTORISEES SUR L'ITINERAIRE.....	24
FIGURE 16 : CARTE DES GABARITS SUR L'ITINERAIRE .....	25
FIGURE 17 : SCHEMA REPRESENTATIF DES GABARITS FERROVIAIRES.....	25
FIGURE 18 : EXEMPLE DE COMPOSITION MIXTE VOYAGEUR FRET REpondANT A LA CONTRAINTE DE 750M DE LONGUEUR MAXIMALE .....	26
FIGURE 19 : CARTE DES LONGUEURS MAXIMALES DU TRAIN SUR L'ITINERAIRE.....	26
FIGURE 20 : CARTE ET SCHEMA DE L'ELECTRIFICATION SUR L'ITINERAIRE .....	27
FIGURE 21 : TYPES DE MATERIELS ROULANT POUR VOYAGEURS DE NUIT .....	28
TABLEAU 1 : COMPOSITION TYPE VOYAGEURS .....	29
FIGURE 22 : CARACTERISTIQUES DU WAGON FRET.....	29
FIGURE 23 : DECLIVITES SUR PERPIGNAN – FIGUERAS (SOURCE : TP FERRO) .....	29
TABLEAU 2 : ESSAIS REALISES PAR TP FERRO SUR DIFFERENTS TYPES DE LOCOMOTIVES (SOURCE : TP FERRO) .....	30
TABLEAU 3 : PERFORMANCES COMPAREES DES LOCOMOTIVES DISPONIBLES .....	30
FIGURE 24 : VUES DES 3 LOCOMOTIVES DISPONIBLES.....	30
FIGURE 25 : GRAPHIQUE VITESSE / POSITION DE LA MODELISATION.....	31
TABLEAU 4 : TABLEAU DES HORAIRES INDICATIFS (DESSERTTE COMPLETE) .....	32
TABLEAU 5 : TABLEAU DES HORAIRES INDICATIFS (DESSERTTE ALLEGEE) .....	32
FIGURE 26 : COMPOSITION NOMINALE DU TRAIN MIXTE .....	33
FIGURE 27 : SCHEMA DES INSTALLATIONS DE LLERS.....	33
FIGURE 28 : COUPE EN GARE DE NANCY LE MATIN .....	34
FIGURE 29 : VUE DU TERMINAL DE MORROT .....	34
FIGURE 30 : PARCOURS DU COUPON FRET EN ALLEMAGNE ET SITUATION DES INSTALLATIONS INTERMODALES .....	35
FIGURE 31 : SITUATION ET VUE DU CHANTIER INTERMODAL FRANKFURT OST.....	36
FIGURE 32 : SITUATION ET VUE DU CHANTIER INTERMODAL DE MANNHEIM HANDELSHAFEN .....	37
FIGURE 33 : BOGIE Y 25 GV AVEC AMORTISSEURS ANTILACET ET SEMELLES DOUBLES.....	39
FIGURE 34 : WAGON COUVERT GAHKSS 16 160 KM/H AVEC SA NOUVELLE DECORATION.....	39
FIGURE 35 WAGON PLAT S61 PORTE CONTAINER AUTORISE A 160 KM/H.....	40
FIGURE 36 – WAGON SGMNNS .....	40
FIGURE 37 : PLANNING PREVISIONNEL DE FOURNITURE D'UN WAGON APTE A 160 KM/H.....	41
FIGURE 38 : COMPARATIF DES TEMPS DE PARCOURS POUR V 140 ET 160 KM/H.....	41
FIGURE 39 : WAGON SFFGGMRRSS 106' DISPONIBLE EN LEASING.....	41

FIGURE 40 : CARTES DES TRAINS DE NUIT EN FRANCE EN 2010 (A GAUCHE) ET EN 2020 (A DROITE).....	43
TABLEAU 6 : HORAIRES DES TRAINS DE NUIT SUBSISTANT EN FRANCE (DEPART DE PARIS).....	44
TABLEAU 7 : TABLEAU TARIFAIRE INDICATIF DES TRAINS DE NUIT FRANÇAIS (SOURCE : OUI.SNCF.FR).....	44
TABLEAU 8 : RESULTATS DES LIGNES INTERCITES DE NUIT CONSERVEES EN 2017 (SOURCE : COUR DES COMPTES)...	45
FIGURE 41 : CARTE DES SERVICES DE TRAIN DE NUIT OPERES PAR ÖBB EN 2020 .....	46
FIGURE 42 : LES NIGHTJET SONT RECONNAISSABLES A LEUR LIVREE BLEU NUIT ; LES NIGHTJET COMMANDES POUR 2022 BENEFICIERONT D'UN CONFORT HAUT DE GAMME .....	46
TABLEAU 9 : TARIF DES PLACES, POUR UNE RESERVATION EFFECTUEE EN AVRIL POUR UN JOUR DE SEMAINE DE SEPTEMBRE .....	47
FIGURE 43 : LIGNES OPEREES EN TRAINS DE NUIT EN ESPAGNE.....	48
TABLEAU 10 : EXEMPLES DE TARIFICATION DE TRAINS DE NUIT EN ESPAGNE.....	48
FIGURE 44 : CARTE DE L'OFFRE DE NUIT EN ITALIE.....	49
TABLEAU 11 : TABLEAU HORAIRE DES SERVICES DE NUIT EN ITALIE .....	49
TABLEAU 12 : EXEMPLES DE TARIFICATION DE NUIT EN ITALIE .....	50
FIGURE 45 : VOITURE LIT OVERNIGHT EXPRESS.....	51
FIGURE 46 : WAGON COUVERT OVERNIGHT EXPRESS .....	51
FIGURE 47 : TRAIN OVERNIGHT EXPRESS AVEC WAGONS PLATS .....	52
FIGURE 48 : WAGONS PLATS PORTE-CONTENEURS .....	52
FIGURE 49 : LE TRAIN 1289 "METEOR" HAMBURG-ALTONA – MÜNCHEN OST, DANS LA LONGUE COURBE DE HATTENHOFEN SUR LA LIGNE AUGSBURG – MÜNCHEN (09/05/2008) .....	54
FIGURE 50 : WAGON PORTE AUTO DD 66 .....	55
FIGURE 51 : WAGON 160 Km/h DEVELOPPE PAR LA DB .....	55
FIGURE 52 : CONCEPTS DE GRANDE VITESSE POUR LE FRET .....	56
TABLEAU 13 : DESSERTES COMPAREES DES TRAINS DE NUIT EN EUROPE .....	57
TABLEAU 14 : TEMPS DE PARCOURS COMPARES DES TRAINS DE NUIT EN EUROPE .....	58
TABLEAU 15 : NIVEAUX DE SERVICE COMPARES DES TRAINS DE NUIT.....	59
TABLEAU 16 : TARIFICATIONS COMPAREES DES TRAINS DE NUIT.....	60
TABLEAU 17 : SYSTEME DE SUPPLEMENTS INTRODUIT PAR ÖBB.....	61
TABLEAU 18 : TARIFICATION PRATIQUEE SUR DES TRAJETS LONGUE DISTANCE DIURNES A GRANDE VITESSE .....	61
FIGURE 53 : SERVICES FERROVIAIRES EXISTANTS AU DEPART DE BARCELONE (SOURCE : PORT DE BARCELONE) .....	62
FIGURE 54 : SCHEMA DES AUTOROUTES FERROVIAIRES EN FRANCE .....	63
FIGURE 55 : PONCTUALITE DES SERVICES FRET A 60MN A SETE (SOURCE : ANALYSE BREHAT – RAIL CONCEPT).....	64
TABLEAU 19 : TABLEAU HORAIRE D'INSCRIPTION DES SILLONS (VITESSE 140 KM/H).....	65
FIGURE 56 : RETICULAIRE LANGUEDOC ROUSSILLON .....	66
TABLEAU 20 : OFFRE ACTUELLE DE TRANSPORT ENTRE BARCELONE ET FRANCFORT.....	68
FIGURE 57 : SEGMENTS DE MARCHE CONCERNES PAR LA LIAISON BARCELONE FRANCFORT .....	69
FIGURE 58 : DEPLACEMENTS SUR LE TRACE DU TRAIN MIXTE (SOURCE : ENTD 2008).....	70
FIGURE 59 : CARTE DES DEPLACEMENTS DES USAGERS DES MODES FERROVIAIRE ET AERIEN (SOURCE : ENTD 2008) .....	71
TABLEAU 21 : PRESENTATION DU REPORT MODAL AIR – FER .....	72
TABLEAU 22 : PRESENTATION DU REPORT MODAL VP – FER ET DES VOYAGEURS INDUITS.....	73
TABLEAU 23 : COEFFICIENTS DU CALCUL DE REPORT MODAL DU FER DIURNE VERS LE NOCTURNE .....	73
FIGURE 60 : POURCENTAGE DE REPORT MODAL DU TRAIN DIURNE VERS LE TRAIN NOCTURNE, EN FONCTION DE LA DUREE DU TRAJET.....	74
TABLEAU 24 : TYPES DE LIAISONS ENTRE LES PRINCIPALES VILLES DESSERVIES PAR LE TRAIN MIXTE .....	74
TABLEAU 25 : DUREE DU TRAJET EN TRAIN ENTRE LES PRINCIPALES VILLES DESSERVIES PAR LE TRAIN MIXTE .....	75
TABLEAU 26 : PRESENTATION DU REPORT MODAL DU FER DIURNE VERS LE FER NOCTURNE.....	75
TABLEAU 27 : PREVISION DE TRAFIC ANNUEL SUR LE TRAIN MIXTE .....	75

TABLEAU 28 : PREVISION DE FREQUENTATION DES TRAINS .....	76
FIGURE 61 : TRAFIC ROUTIER A TRAVERS LES PYRENEES (SOURCE : OTP 2006) .....	78
FIGURE 62 : SCHEMATISATION DES ECHANGES SENS NORD SUD (SOURCE : OTP 2006) .....	79
FIGURE 63 : SCHEMATISATION DES ECHANGES SENS SUD NORD (SOURCE : OTP 2006) .....	79
TABLEAU 29 : ÉCHANGES DE MARCHANDISES ENTRE L'ESPAGNE ET L'ALLEMAGNE (2017) .....	80
FIGURE 64 : CARTE REPRESENTANT LA ZONE AUTOUR DE FRANCFORT CONSIDEREE POUR ETUDIER LES ECHANGES AVEC LA CATALOGNE .....	80
FIGURE 65 - TRAFICS ROUTIERS 2010 .....	81
FIGURE 66 : LOCALISATION DES PRINCIPALES USINES DE PRODUCTION DE VOITURES EN ESPAGNE .....	81
TABLEAU 30 : FLUX DES ECHANGES DE MARCHANDISES ENTRE L'ESPAGNE ET L'ALLEMAGNE EN 2010.....	82
TABLEAU 31 : TRAFIC FERROVIAIRE DE MARCHANDISES ENTRE L'ESPAGNE ET D'AUTRES PAYS EUROPEENS.....	83
TABLEAU 32 : TYPES DE MARCHANDISES ECHANGEES PAR LE RAIL ENTRE L'ESPAGNE ET L'ALLEMAGNE EN 2017.....	83
TABLEAU 33 : HYPOTHESES DE REMPLISSAGE DES WAGONS FRET DU TRAIN MIXTE .....	83
TABLEAU 34 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA PARTIE FRET DU TRAIN MIXTE.....	83
TABLEAU 35 : PREVISION DE TRAFIC DE MARCHANDISES .....	84
TABLEAU 36 : PREVISION DES IMPORTS/EXPORTS POUR L'ESPAGNE ET L'ALLEMAGNE DEPUIS 2010 .....	84
FIGURE 67 : CROISSANCE TOTALE PREVUE PAR TYPES DE MARCHANDISES .....	85
TABLEAU 37 : COEFFICIENTS DE CALCUL DE TARIFICATION EN FONCTION DE LA DISTANCE .....	86
TABLEAU 38 : SUPPLEMENTS TARIFAIRES SELON LE TYPE DE CONFORT (HT) .....	87
TABLEAU 39 : REPARTITION DES VOYAGEURS PAR TYPE DE PLACE (SOURCE : ENQUETE FNAUT).....	87
TABLEAU 40 : RECETTES VOYAGEURS DU TRAIN MIXTE .....	87
TABLEAU 41 : RECETTES FRET DU TRAIN MIXTE .....	89
TABLEAU 42 : RECETTES TOTALES DU TRAIN MIXTE .....	89
TABLEAU 43 : CHARGES D'EXPLOITATION VOYAGEURS.....	90
TABLEAU 44 : COUTS D'ACQUISITION DU MATERIEL ROULANT VOYAGEURS .....	91
TABLEAU 45 : COUTS D'EXPLOITATION ESTIMES DE LA PARTIE VOYAGEURS DU TRAIN MIXTE.....	92
TABLEAU 46 : CHARGES D'EXPLOITATION FRET.....	93
TABLEAU 47 : CHARGES D'EXPLOITATION TOTALES DU TRAIN MIXTE .....	93
TABLEAU 48 : REDEVANCES D'UTILISATION DES VOIES EN ALLEMAGNE (SOURCE : ADIF).....	94
TABLEAU 49 : : REDEVANCES D'UTILISATION DES GARES EN ALLEMAGNE (SOURCE : ADIF).....	94
TABLEAU 50 : REDEVANCES TOTALES EN ALLEMAGNE (SOURCE : ADIF) .....	94
TABLEAU 51 : REDEVANCES DE LA LIGNE FIGUERAS – PERPIGNAN .....	96
TABLEAU 52 : REDEVANCES VOYAGEURS EN ALLEMAGNE .....	96
TABLEAU 53 : REDEVANCES D'UTILISATION DES GARES EN FRANCE .....	96
TABLEAU 54 : REDEVANCES FRET EN FRANCE ENTRE NANCY ET FORBACH .....	97
TABLEAU 55 : REDEVANCES TOTALES EN FRANCE.....	97
TABLEAU 56 : REDEVANCES EN ALLEMAGNE .....	97
TABLEAU 57 : REDEVANCES TOTALES DU TRAIN MIXTE .....	98
TABLEAU 58 : REDEVANCES DU TRAIN MIXTE EN CONSIDERANT QU'IL BENEFICIE D'UNE TARIFICATION DE TRAIN DE MARCHANDISES.....	98
TABLEAU 59 : BILAN ECONOMIQUE ET FINANCIER DU TRAIN MIXTE .....	99
TABLEAU 60 : BILAN FINANCIER DU TRAIN MIXTE SI SES PARTIES FRET ET VOYAGEURS CIRCULAIENT SEPAREMENT .....	99
TABLEAU 61 : BILAN DES USAGERS DU TRAIN MIXTE.....	100
TABLEAU 62 : BILAN DES ENTREPRISES DE TRANSPORT .....	101
TABLEAU 63 : BILAN DES GESTIONNAIRES D'INFRASTRUCTURES.....	102
TABLEAU 64 : BILAN DE LA PUISSANCE PUBLIQUE ET DES RIVERAINS .....	103
TABLEAU 65 : BILAN SOCIO-ECONOMIQUE DU PROJET POUR L'ANNEE 2025.....	103
TABLEAU 66 : SYNTHESE.....	104





## VERSION

Version	Date	Suivi des modifications	Auteurs	Validation
1	28 08 2020	Création	N. Fardoun	A Richard
2	21 09 2020	Ajouts suite demande OTN	M Petit	A Richard
3	22 09 2020	Reprise coquilles tableaux bilans	A Richard	
4	02 10 2020	Reprise recettes fret tableaux bilans	J Gaudremeau	A Richard
5	21/10/2020	Ajout du benchmark trains mixtes et reprises de formes + chapitre péages	J Gaudremeau	A Richard
6	04/11/2020	Relecture et prise en compte de dernières observations	J Gaudremeau	A Richard
7	20/02/2021	Intégration des compléments	J Gaudremeau	A Richard
8	22/02/2021	Finalisation	J Gaudremeau	A Richard

## DIFFUSION

Nom	Société	Contact
	Association OTN	
Alain RICHARD	Rail Concept	a.richard@railconcept.fr
Nadim FARDOUN	Rail Concept	j.gaudremeau@railconcept.fr
Éric BOISSEAU		boisseaueuric@wanadoo.fr

## CONTACTS

RAIL CONCEPT Siège	RAIL CONCEPT Paris
2 Allée de la Tramontane	1 Rue Emile Gilbert
30133 LES ANGLES - FRANCE	75012 PARIS - FRANCE
Tel : +33.(0)4.90.90.54.85	Tel : +33.(0)1.53.25.10.09
www.railconcept.fr	
SARL au capital variable – Siret : 483 880 985 00021	
Immatriculée au RCS de Nîmes sous le n°483 880 985	
TVA : FR40 483 880 985 – Code activité : 7112B	

## CONFIDENTIALITE

Selon les termes de la consultation ou par défaut, toute communication et reproduction de ce document sont interdites sans l'accord préalable de RAIL CONCEPT.

## 1. OBJET DU RAPPORT

---

Ce rapport a pour objectif de présenter les travaux menés lors de la première phase de l'étude de faisabilité de la **création d'un train de nuit mixte marchandises – voyageurs Barcelone – Francfort**.

Il contient l'ensemble des analyses menées dans le cadre de la première partie co-financée par les Régions Grand Est et Occitanie, par SNCF Réseau et par les Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya.

Il contient les parties suivantes :

- préanalyse technique de la faisabilité du service présentant la desserte voyageur et fret envisagée, les temps de parcours possibles compte tenu des impératifs de passage de frontières. Diverses solutions sont présentées et les raisons ayant conduit à retenir la solution présentée sont exposées.
- Une analyse sur les wagons aptes à 160 km/h et une proposition de commencer avec des wagons aptes à 140 km/h.
- Une préanalyse d'exploitation et d'insertion dans le graphique.
- Un benchmark voyageur et fret sur ce type de service saut de nuit avec quelques exemples en Europe de l'Ouest et en Europe centrale.
- Une analyse du marché voyageur avec une estimation du trafic de nuit captable par type de service offert ainsi que les recettes associées à ce service en précisant la saisonnalité des trafics sur l'année et sur la semaine.
- Une analyse du marché fret avec une estimation du trafic captable par type de fret (frigo, conteneurs, messagerie...) ainsi que les recettes associées à ces services. La synergie de remplissage du train mixte entre voyageurs et fret est analysée;
- Une présentation du bilan économique et des résultats.
- Une présentation du bilan financier et socioéconomique.
- Une conclusion.

## 2. CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

### 2.1. LES CONTEXTES FRET ET VOYAGEURS DE NUIT

#### 2.1.1. Le contexte fret

En décembre 2010, le premier train fret à écartement international a circulé sur la ligne à grande vitesse Barcelone – Perpignan, reliant Barcelone à Lyon. Le trafic fret tarde à monter en régime pour différentes raisons :

- Nécessité de mettre en service de nouvelles locomotives interopérables avec leur bord équipé en ERTMS,
- Temps important pour organiser le marché,
- Péages relativement élevés sur la ligne.

Toutefois des opérateurs alternatifs aux opérateurs historiques commencent à redévelopper des liaisons fret de transit avec des projets ambitieux d'acquisition ou de location de locomotives neuves interopérables.

Le chantier de Perpignan St-Charles se développe fortement du fait d'une demande forte de la part des transporteurs routiers et 2020 pourrait être une année record pour le chantier avec un trafic de 51 000 transbordements :

- Augmentation des fréquences sur la ligne Perpignan-Dourges. Une sixième rotation hebdomadaire a, en effet, été mise en place dès janvier.
- Assurée pour le compte de DB Cargo Logistics, la liaison Perpignan-Saint-Charles – Saarbrücken monte également en puissance avec l'ajout d'une sixième fréquence supplémentaire.

Le Port de Barcelone compte sur les opérateurs pour mettre en place des relations longue distance a raison de 5 à 6 dessertes par jour vers Lyon et l'Europe du Nord. La Société VIIA, filiale de SNCF Logistics, complète son réseau en créant une quatrième liaison d'autoroute ferroviaire entre Calais et Le Boulou avec desserte de Mâcon afin de ramifier le réseau tout en offrant des connexions vers la Suisse, puis une cinquième liaison d'autoroute ferroviaire entre Bettembourg et Barcelone.

**Cela montre qu'une demande fret par fer existe dès lors que la fiabilité est au rendez-vous et que les coûts d'exploitation sont maîtrisés.**

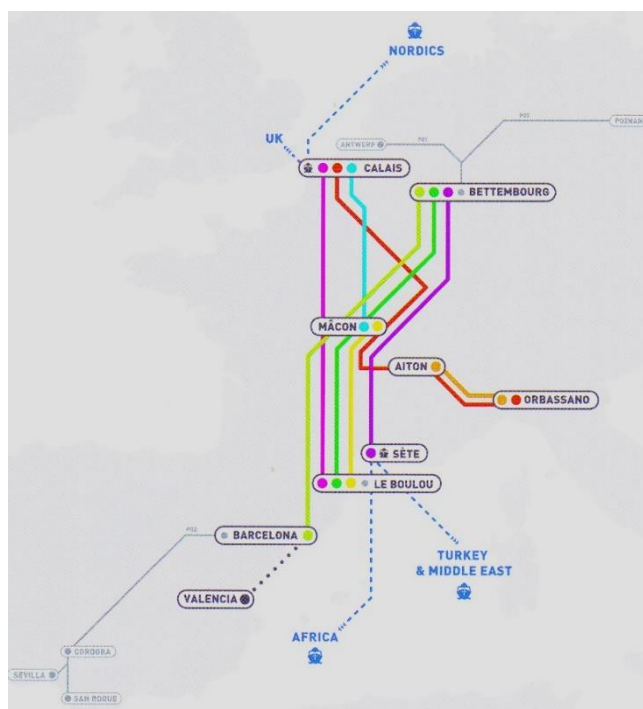


Figure 1 : Le réseau d'autoroutes ferroviaires en 2020 (source : RGCF)

### 2.1.2. Le contexte voyageurs de nuit

De nombreux trains voyageurs de nuit ont disparu du fait de l'émergence de compagnies aériennes low-cost et des dessertes à grande vitesse de jour. De plus les niveaux de péages fragilisent l'exploitation économique de ces trains. De nombreux services ont disparu tels que :

- Les services Ellipsos entre la Suisse puis entre Paris et l'Espagne,
- Les services entre la France et l'Allemagne,
- Les services au départ de la Belgique,
- Thello, qui a arrêté ses services de nuit entre Rome et Paris pour cause de fiabilité insuffisante des sillons et de la désertion consécutive des clients, la seule relation Paris – Milan – Venise ayant été maintenue et améliorée.

Les services de nuit sont sans aucun doute plus coûteux à exploiter du fait du faible nombre de voyageurs (une trentaine de personnes par voiture lits, une cinquantaine en voiture couchette) et des sujétions particulières liées au confort et à la sûreté des voyageurs. Les acteurs historiques et leurs modèles (Lunea-SNCF, City Nightline-DB) semblent être à bout de souffle. D'un autre côté, le service est assuré avec du matériel désuet qui donne un sentiment d'abandon.

En revanche, l'Autriche propose un modèle de qualité : Les Nightjets autrichiens sont clairement une réussite et incitent à l'investissement massif. Nightjet couvre maintenant une bonne partie de l'Europe rhénane et alpine, en poussant ses trains jusqu'à Rome et en Croatie, en Pologne, dernièrement en Belgique... C'est la société Newrest Wagons-Lits qui s'occupe du service à bord et de la restauration et qui est donc un partenaire important des ÖBB pour la gestion à bord des trains de nuit. Les chiffres parlent d'eux-mêmes : fin avril 2017, plus de 800 000 personnes avaient utilisé le nouveau Nightjet sur les six premiers mois seulement d'exploitation. Le bilan d'avril 2017 montrait aussi que les trains de nuit vers l'Italie et la Croatie étaient déjà fort bien réservés pour l'été et qu'il s'agissait d'être rapide pour espérer obtenir encore les places restantes. Le marketing et l'offre des ÖBB en Europe sont donc clairement couronnés de succès, même s'il a fallu une certaine « adaptation » du personnel de bord allemand pour passer chez Newrest.

Selon Valérie Hackl, directrice voyageurs des ÖBB : « *Les plans internes des ÖBB ont été remplis voire dépassés (...) Nous sommes très heureux du développement.* » Le groupe cible client est diversifié et va des familles avec de jeunes enfants aux voyageurs d'affaires et aux touristes individuels pour qui un billet aller-retour serait trop rigide. L'entreprise répond aux modes de voyage actuels.



L'offre Nightjet ne cesse de s'étendre, avec en décembre 2018, la création de nouvelles lignes. Avec les effets de synergie réalisables, les ÖBB ont amélioré leur rentabilité depuis 2011, et ont lancé un appel d'offre pour près de 400 millions d'euros de matériel roulant, mais en incluant aussi des Railjet, les Intercity de jour. Ce sont ainsi 9 nouveaux Nightjets composés de 7 voitures, à places assises et places couchées qui ont été commandés pour une livraison en 2022. Enfin la prise de conscience écologique qui conduit à rejeter les trajets aériens très consommateurs en énergie

fossile est favorable à une renaissance des trains de nuit dès lors que le confort est amélioré avec une tarification raisonnable.



Figure 2 : Service offert par les Nightjet d'OBB

## 2.2. L'OBJET DE L'ETUDE

Le train voyageur de nuit est une niche qui est économiquement fragile car coincée entre les offres de rapidité mais coûteuses (avion et TGV) et le « low-cost » (avion, autocar, covoiturage, ...)

En dépit des progrès réalisés dans le domaine des trains diurnes à haute et moyenne vitesse et des services aériens à faible coût, il existe toujours une demande potentielle élevée de trains de nuit dès lors que le service est confortable à des coûts raisonnables.

Par ailleurs, pour s'inscrire avec efficacité et pertinence dans les chaînes logistiques, le fret ferroviaire a besoin de :

- ponctualité,
- régularité,
- rapidité,
- fiabilité.

Le concept de train mixte Marchandises / Voyageurs constitue une réponse qui mérite d'être approfondie et l'objet de l'étude est précisément d'analyser la faisabilité économique et technique d'un tel service entre la Catalogne, le Sud de la France, l'Alsace et l'Allemagne. Le corridor retenu à titre de première réflexion était Barcelone – Lyon – Berne – Strasbourg – Francfort. **Après échanges et réflexions, le tracé retenu a finalement été Barcelone – Lyon – Nancy – Strasbourg – Francfort, sans desservir la Suisse<sup>1</sup>.**

Le train mixte voyageurs – fret apporte au fret à haute valeur ajoutée les garanties attendues de fiabilité et ponctualité. La mixité permettrait de réduire significativement la participation financière des clients en réduisant les coûts de production.

L'objet de cette étude sera d'analyser si ce nouveau concept de train mixte voyageurs – fret permettrait, par cette association de deux coupons voyageurs et fret dans un seul train et donc une mutualisation des charges d'exploitation concernant les deux courants de trafic, de présenter un résultat d'exploitation permettant de couvrir les charges courantes ainsi que les investissements, permettant la pérennisation durable du service sans recourir aux subventions et autres perfusions financières.

---

<sup>1</sup> Le détail des raisons des choix de l'itinéraire est évoqué dans le chapitre suivant.

### 3. PREANALYSE TECHNIQUE

Afin de constituer les entrants de l'analyse économique, il convient de procéder préalablement à une analyse technique afin de déterminer :

- Le type de desserte possible en termes d'arrêts voyageurs et de desserte fret (gares desservies, zones fret desservies),
- Les objectifs de temps de parcours et horaires possibles pour les voyageurs et le fret,
- L'opportunité de dégager des sillons de nuit sur l'itinéraire concerné (qualité et fiabilité), impacts travaux.

#### 3.1. LES DIVERS SCENARIOS DE DESSERTE POSSIBLES

Plusieurs scénarios de desserte ont été analysés. Ils sont représentés sur la carte ci-dessous :



Figure 3 : Les scénarios de desserte possibles



### 3.1.1. Scénario 1 : passage par la Suisse

Ce scénario est le premier qui a été étudié avec l'objectif de concilier une desserte Espagne Allemagne et Espagne Suisse.



Cet itinéraire présente l'avantage de desservir la Suisse sur la partie Berne Bâle. Le passage à Genève est mal positionné, en pleine nuit, et ne permet pas une desserte voyageurs de cette ville. La desserte n'est pas plus longue en distance que le passage par Nancy.

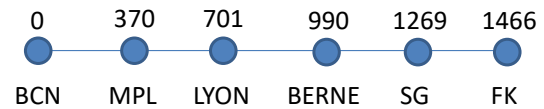


Figure 4 : Le scénario 1 de desserte par la Suisse

Le schéma de desserte du scénario 1 est représenté ci-dessous.

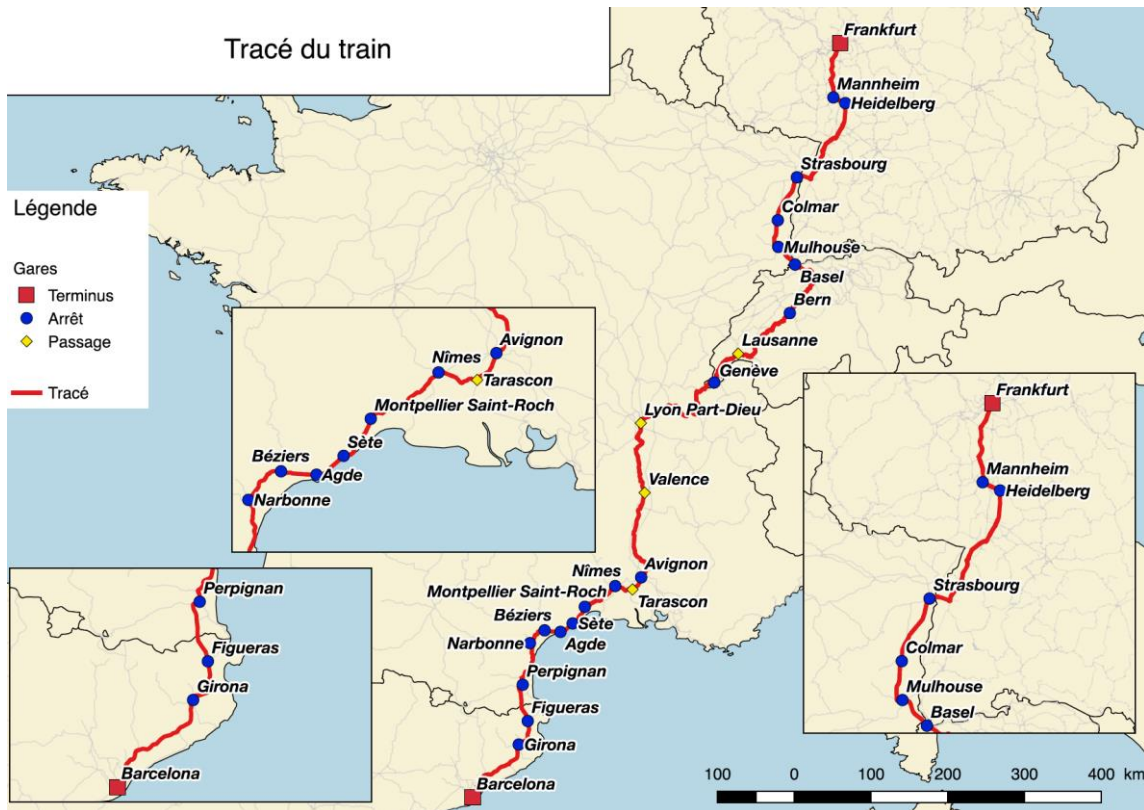


Figure 5 : Schéma de desserte du scénario 1 de passage par la Suisse

Une analyse plus fine de ce scénario a toutefois fait apparaître quatre inconvénients qui ont conduit finalement les co financeurs à lui préférer un autre scénario :

1. **Le temps de parcours de ce scénario est relativement plus long** du fait de temps de parcours importants en Suisse particulièrement entre Lausanne et Berne. Le positionnement horaire avec un passage à une heure très (trop ?) matinale à Berne conduit à une arrivée à Francfort vers 9h10. En supprimant certains arrêts on pourrait avancer cette arrivée à 8h35.

	19:00
Barcelone	19:00
Gerone	19:51
Figueres	20:37
Perpignan	21:07
Narbonne	21:43
Montpellier	22:32
Nîmes	23:02
Avignon	23:31
Berne	4:15
Bâle	5:25
Mulhouse	5:47
Strasbourg	6:51
Heidelberg	7:59
Mannheim	8:16
Francfort	8:35

	19:00
Barcelone	19:00
Gerone	19:51
Figueres	20:37
Perpignan	21:07
Narbonne	21:43
Béziers	22:02
Agde	22:19
Sète	22:38
Montpellier	22:58
Nîmes	23:28
Avignon	23:57
Berne	4:41
Bâle	5:50
Mulhouse	6:13
Colmar	6:40
Strasbourg	7:26
Heidelberg	8:33
Mannheim	8:50
Francfort	9:10

Figure 6 : Temps de parcours du scénario 1

2. Le passage par la Suisse induit deux passages de frontière qui peuvent être très pénalisant sur le temps de parcours et sur le confort. La Suisse fait partie de l'espace Schengen depuis le 12 décembre 2008. Toutefois, la confédération helvétique a une situation particulière dans cet espace : elle n'appartient pas à l'Union européenne douanière. **De ce fait, les contrôles douaniers subsistent.**

Traditionnellement, deux possibilités de passage des frontières existent :

- a. Les documents d'identité confiés à l'agent de train, mais le passager n'est pas réveillé ;
- b. Les documents d'identité confiés ou non à l'agent de train, mais le passager est contrôlé

Pour la Suisse, il semble que seul le second mode soit appliqué ce qui est très pénalisant en pleine nuit et peut ajouter 30mn de temps de parcours à chacun des deux passages.

3. **L'arrivée à Strasbourg par le sud** en pleine heure de pointe du matin ou du soir nécessite un rebroussement du train en gare. Même si le coupon fret a déjà été opéré à Bâle pour emprunter la rive droite du Rhin, ce rebroussement du coupon voyageur semble irréalisable.
4. **Le gabarit est limité au gabarit GA entre Lyon et Genève** ce qui contraint à utiliser des wagons à plancher surbaissé Par rapport à un plancher normal à 1,17m au-dessus du rail, le wagon doit avoir un plancher à 0,94m au-dessus du rail soit un abaissement de 23cm pour une largeur de container de 2,50m.

**Pour ces trois raisons, l'étude de ce scénario de desserte n'a pas été poursuivie en lui préférant un scénario présentant moins d'aléas pour ce premier service test. Cela n'empêche pas, à l'avenir, d'étudier une solution de desserte mixte Voyageurs + Fret dédiée entre Barcelone et la Suisse. Cette solution présenterait l'avantage d'horaires plus souples et d'un contrôle d'identité en dehors des heures de nuit.**

Une mise en perspective des liaisons de nuit en Europe met en évidence la possibilité de créer une relation Zurich Berne Genève / Milan / Barcelona prolongée jusqu'à Saragosse Madrid. L'horaire pourrait être : Départ de Zurich à 21h, Genève 23h50 pour une arrivée à Barcelona à 7h40 et à Madrid à 10h30

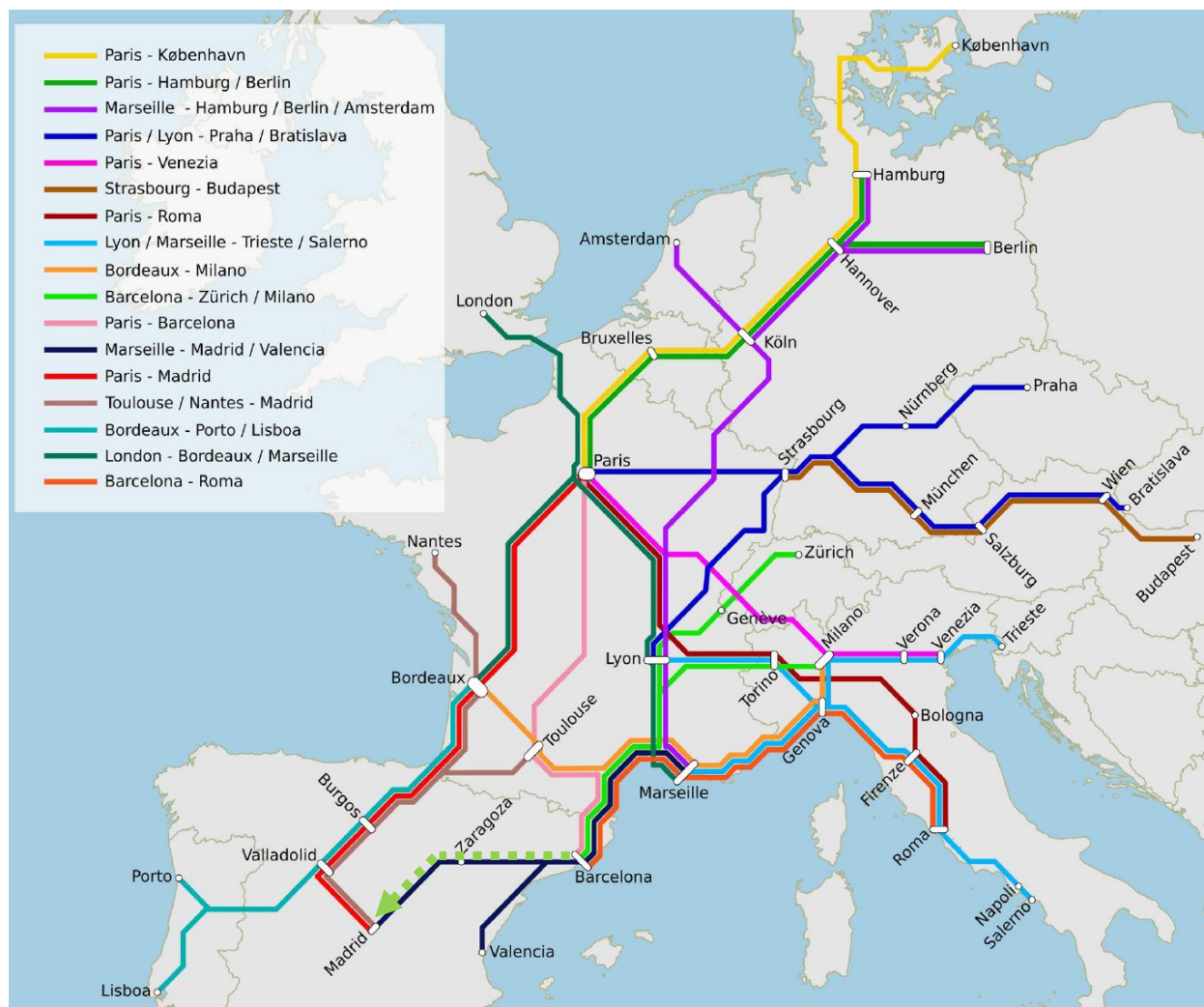


Figure 7 : vision 2030 extraite du rapport « Oui au train de nuit »

### 3.1.2. Scénarios de desserte 3 et 4

Le scénario de desserte 3 par la ligne du Revermont via Besançon et Belfort représente un gain de 95 Km par rapport au scénario 1 avec un temps de parcours réduit d'une heure. Toutefois ce scénario présente lui aussi les inconvénients suivants :

- Une arrivée à Strasbourg par le sud qui est difficile d'autant plus que la séparation du coupon fret devrait se faire avant peut être à Mulhouse.
- Des contraintes de gabarit analogue au scénario 1

L'itinéraire 4 passant par Metz et Sarrebruck péjore la desserte de l'Alsace puisque Strasbourg n'est plus desservi. Cet itinéraire convenable pour le fret, puisqu'au gabarit B1 de bout en bout, n'est pas acceptable pour la desserte voyageur.

**Les deux scénarios 3 et 4 ont également été écartés.**

### 3.1.3. Analyse du scénario 2 de desserte

Le scénario de desserte finalement retenu est le scénario 2 schématisé ci-dessous.



La desserte privilégiée est une desserte assez fine de la Catalogne et de l'Occitanie jusqu'à Avignon, puis une desserte de nuit jusqu'à Nancy avec ensuite une desserte diurne de l'Alsace par Strasbourg et du Bade Wurtemberg et de la Hesse via Karlsruhe, Heidelberg, Mannheim et Francfort.

Cet itinéraire cumule 1495 km comme le montre le détail ci-dessous :

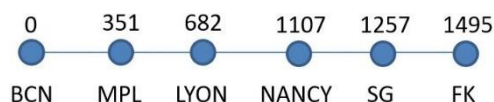


Figure 8 : Tracé du train mixte entre Barcelone et Francfort

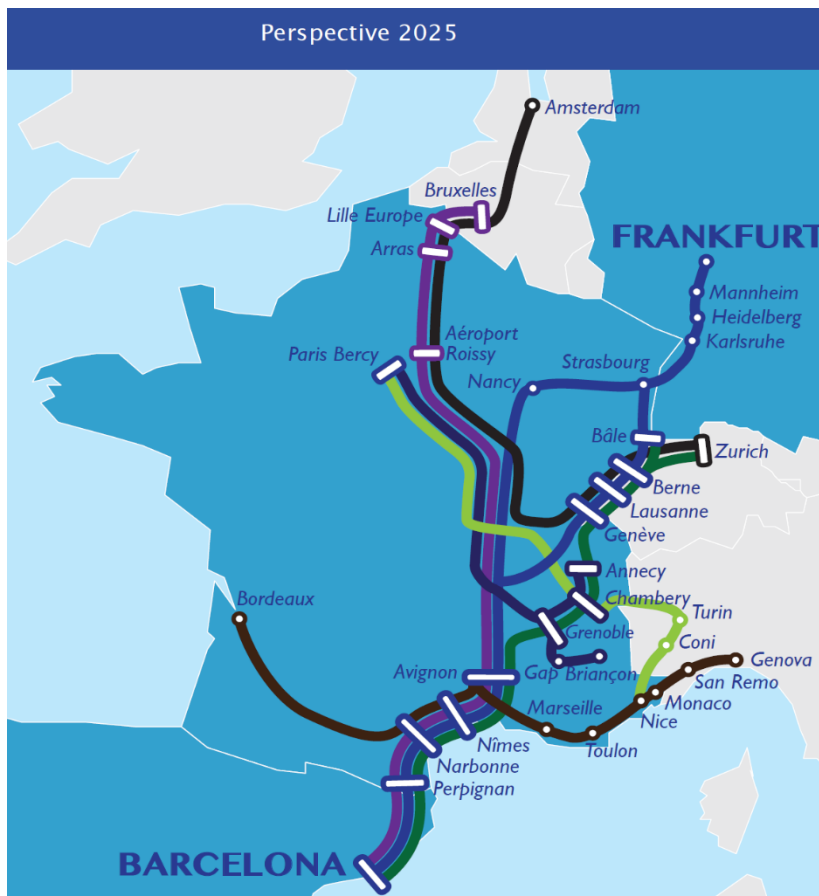
L'étude de la demande fret et voyageurs permettra de juger de la fiabilité de cette desserte. Il convient de souligner à ce stade que cette première desserte d'essai pourra ensuite être à la fois étendue et décomposée en fonction des prévisions de trafic et de l'attractivité du produit.

On peut par exemple imaginer, comme cela a été précisé avant, décomposer cette desserte en deux itinéraires :

- Barcelone - Francfort avec desserte de l'Alsace via Nancy
- Barcelone - Berne - Zurich

D'autres dessertes de nuit pourront ensuite être étudiées afin de constituer un vrai réseau Lunatrain comme le montre la figure ci-contre.

Figure 9 : Les perspectives de dessertes voyageur de nuit à moyen terme



### 3.2. ANALYSE TECHNIQUE DU SCENARIO RETENU

#### 3.2.1. La desserte voyageurs

À ce stade, nous prévoyons une desserte assez fine quitte à supprimer ensuite des arrêts en fonction de l'analyse économique et de la demande par arrêt. La carte ci-dessous présente le tracé retenu pour le train mixte, entre Barcelone et Francfort.

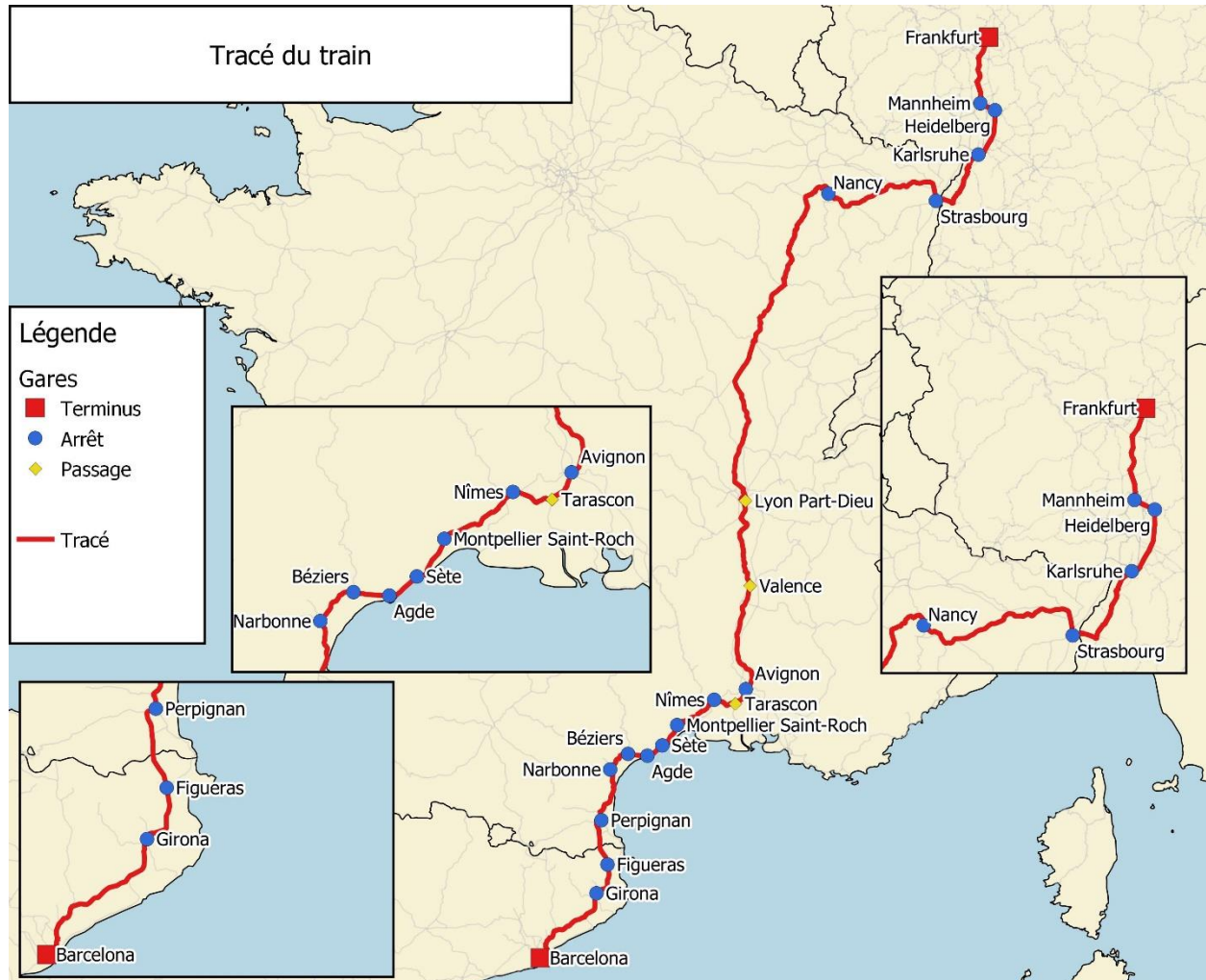


Figure 10 : Carte du tracé du train mixte entre Barcelone et Francfort

Ce tracé correspond à 3 segments de desserte, présentés sur la carte ci-dessous :

- Des dessertes transfrontalières (en bleu) pour les trajets de fin de soirée et de début de matinée qui permet de compléter les dessertes existantes sur des plages horaires de début de matinée ou de fin de soirée,
- Des dessertes intra régionales (en jaune),
- Et enfin une desserte longue distance de nuit en places couchées (en rouge).

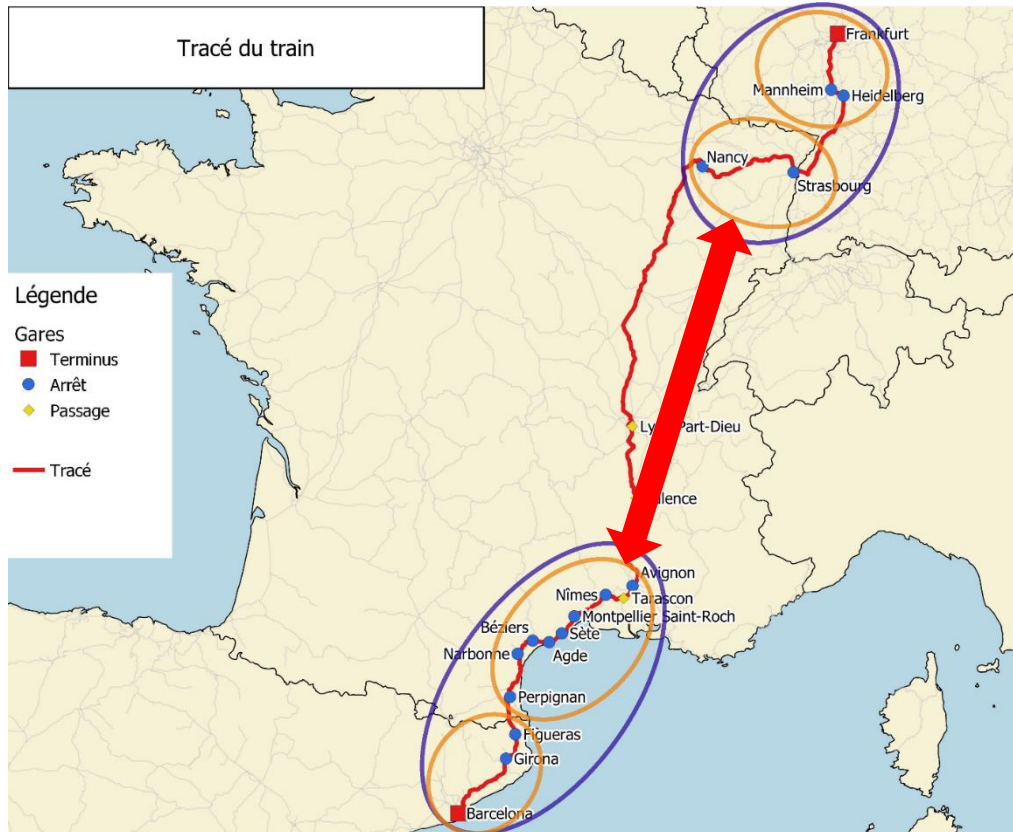


Figure 11 : Schéma des segments de desserte voyageurs, avec ancienne proposition de tracé pour le train mixte

### 3.2.2. La desserte fret

La desserte fret sera plutôt une desserte de type conteneurs caisses mobiles mais le type de fret reste à déterminer dans le cadre de l'analyse du potentiel transportable.

La desserte serait une desserte directe entre le Port de Barcelone et d'autres terminaux fret de Catalogne avec emprunt du contournement de Barcelone Mollet Papiol à écartement UIC. Afin de respecter les contraintes de longueur des trains en Allemagne (voir 3.6 Longueur autorisée), les parties fret et voyageurs du train seront séparées à Nancy. Les marchandises seront alors acheminées jusqu'à Mannheim et Francfort, en passant par l'itinéraire fret habituel, à savoir Metz – Forbach – Francfort.



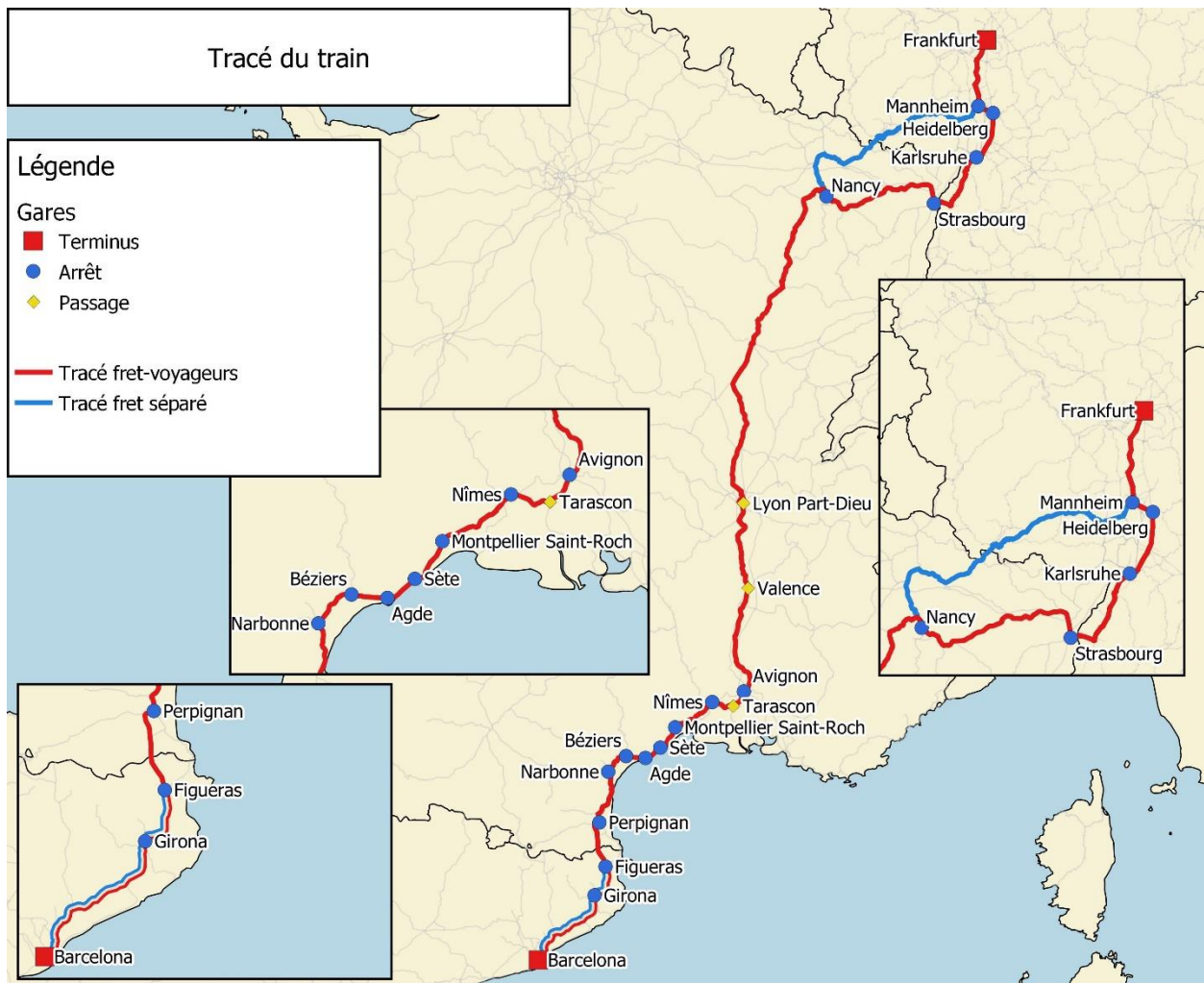


Figure 12 : Carte des tracés fret et voyageurs du train mixte entre Barcelone et Francfort

L'accrochage décrochage des coupons fret et voyageurs se ferait donc au nord de Figueras dans les installations de LFP (ex TP Ferro) à Llers (quelques Km au nord de Figueras) et à Nancy pour éviter de devoir le faire à Strasbourg où un rebroussement est nécessaire.

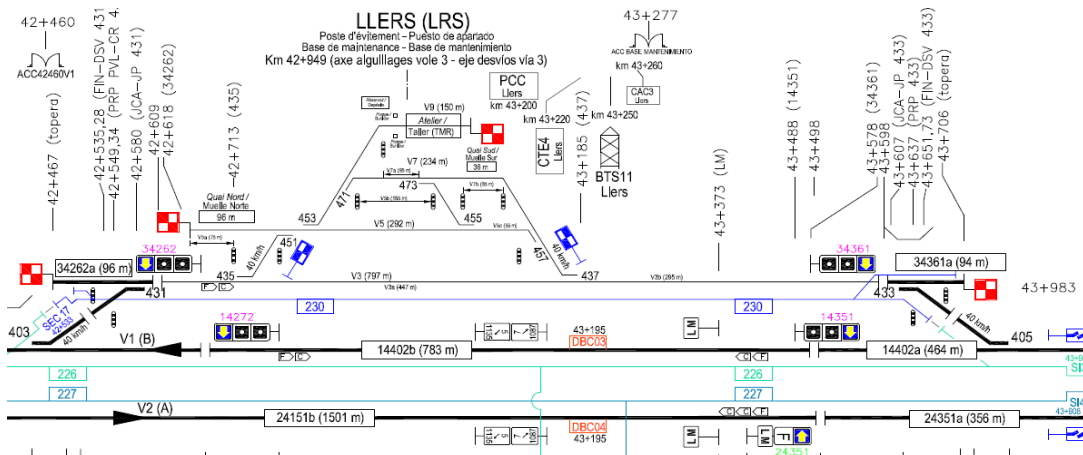


Figure 13 : Installation TP Ferro à Llers

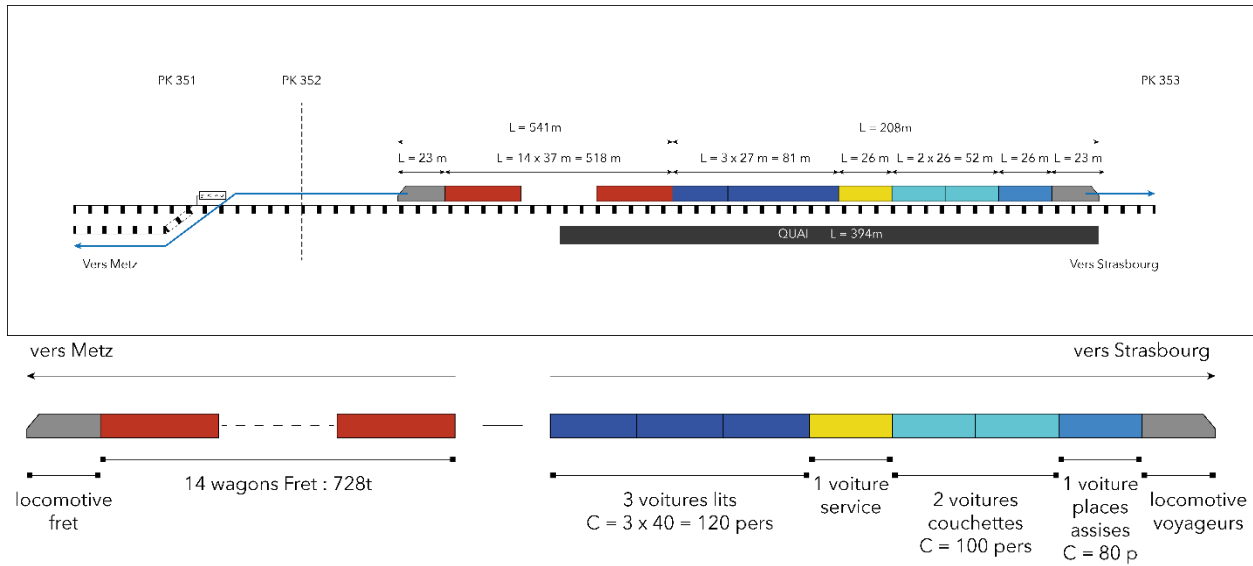


Figure 14 : Schéma de fonctionnement de l'accroche / décroche du fret à Nancy

### 3.3. VITESSE DE CIRCULATION

Les vitesses possibles sur l'itinéraire sont présentées ci-dessous :

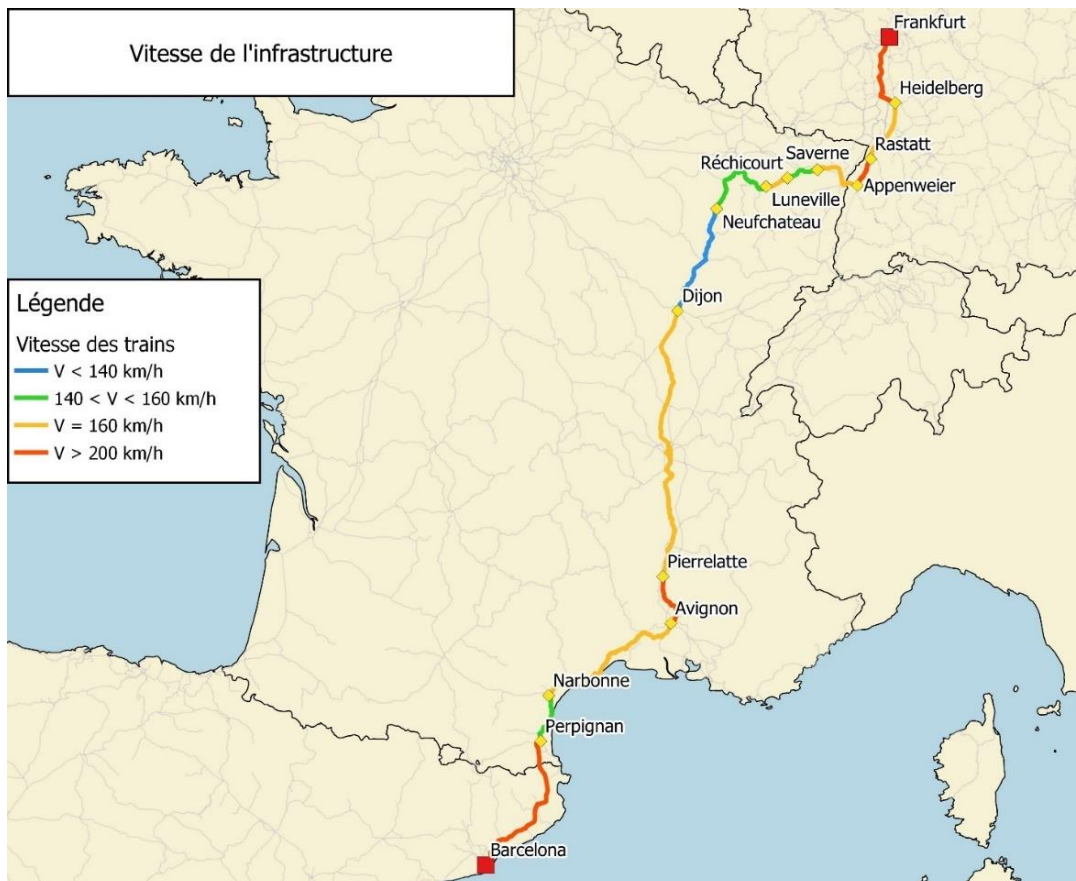


Figure 15 : Carte des vitesses maximales autorisées sur l'itinéraire

On note des vitesses réduites entre Dijon et Neufchâteau (entre 120 et 140 km/h). Ces vitesses sont malgré tout supérieures à celles admises sur l'itinéraire 1 initialement étudié, par la Suisse, pour lequel la vitesse moyenne entre Genève et Bâle était de l'ordre de 90 km/h.

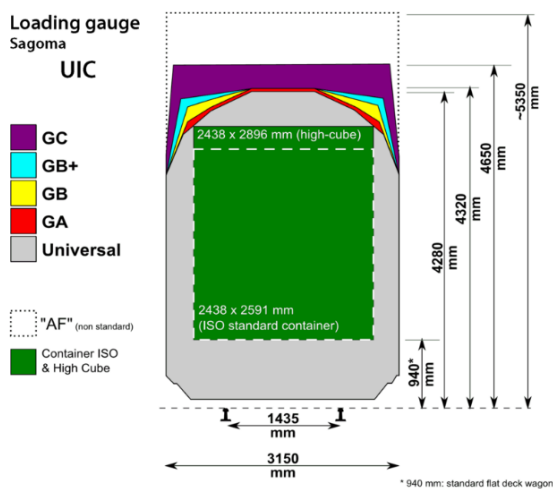


### 3.4. GABARIT AUTORISE

Les gabarits autorisés sur l'itinéraire sont présentés ci-dessous :



Figure 16 : Carte des gabarits sur l'itinéraire



L'itinéraire retenu ne pose pas de problème en termes de gabarit, puisque le gabarit GB1 ou GB+ est dégagé sauf au droit de Saverne au gabarit GB. Il est donc adapté à du transport de marchandises, comme le montre le schéma ci-dessous.

Figure 17 : Schéma représentatif des gabarits ferroviaires

### 3.5. LONGUEUR AUTORISEE

La longueur autorisée des trains ne présente pas de contrainte majeure sur l'itinéraire mixte voyageur fret entre Figueras et Nancy. Cette longueur maximale de 750m permet d'envisager une composition normale de 551 m détaillée ci-dessous :

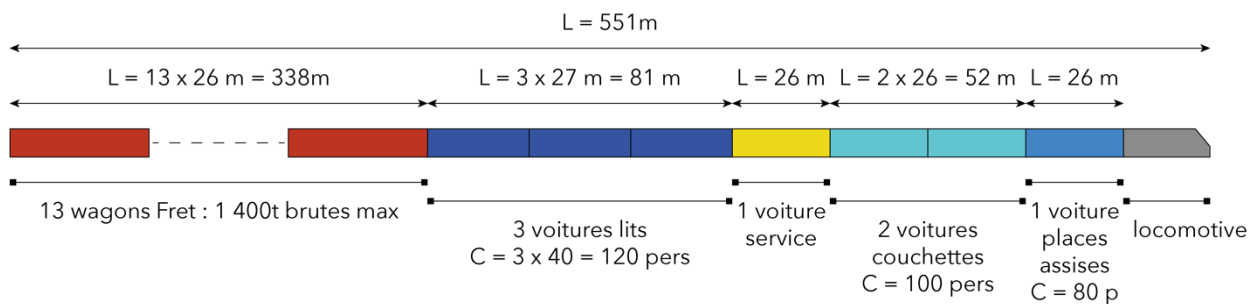


Figure 18 : Exemple de composition mixte voyageur fret répondant à la contrainte de 750m de longueur maximale

Cette composition peut être allongée soit pour la partie voyageur soit pour la partie fret en fonction de la saisonnalité sans dépasser toutefois un tonnage de 1800 t.

La longueur autorisée est présentée ci-dessous :



Figure 19 : Carte des longueurs maximales du train sur l'itinéraire

Les sections allemandes pourraient être les **sections limitantes vis-à-vis de la longueur des trains**, mais le décrochage / accrochage du coupon fret à Nancy permet de s'affranchir de cette contrainte.

### 3.6. TENSION DE TRACTION ELECTRIQUE

Les systèmes de traction électrique fonctionnent sous trois types de tension comme le montre la carte ci-dessous :



Figure 20 : Carte et schéma de l'électrification sur l'itinéraire

Ces différences de tension ne constituent plus une contrainte réelle car les locomotive puissantes nécessaires pour tracter le train sur le tronçon en mixité sont quadri-courant. Les locomotives spécifiques d'acheminement du coupon fret pourront être :

- Bi courant 25 kV 3000V entre le port de Barcelone et Figueras,
- Mono courant 15 kV entre Bâle et Mannheim Francfort par la rive droite du Rhin.

### 3.7. TYPE DE MATERIEL ROULANT VOYAGEUR DE NUIT

Pour le matériel couchette et place assises le choix est offert entre :

- **Solution 1** : La rénovation de matériel couchette et places assises série UIC corail existantes de la SNCF. La SNCF ne peut céder des voitures amiantées car la réglementation française le lui interdit, le propriétaire initial restant responsable du problème amiante tant qu'il n'est pas résolu. La SNCF devra donc régler la problématique désamiantage avant de céder les voitures, soit en réalisant les travaux elle-même soit en les sous-traitant à une entreprise agréée.
- **Solution 2** : achat de voitures UIC à l'étranger avec des réglementations amiante plus permissives. Par exemple la DB dispose de voitures UIC en très bon état qui peuvent être cédées à un prix raisonnable de 150 à 200 k€ la voiture et qui doivent ensuite être désamiantées et rééquipées à neuf pour un prix global de 1,5 à 2 millions d'€. Le délai est de 2 ans à 3 ans suivant le nombre de voitures à traiter. Plusieurs sociétés de transformation / maintenance de matériel roulant peuvent assurer cette prestation, par exemple Arlington Fleet en Grande Bretagne.
- **Solution 3** : La construction à neuf de voitures a un coût très important et avec des délais de l'ordre de 4 à 5 ans, les carnets de commande étant très chargés. Plusieurs constructeurs de matériel roulant voyageurs opèrent sur ce segment mais le coût à neuf est toujours supérieur à des voitures réhabilitées qui de plus présentent un bilan environnemental bien meilleur:
  - Siemens : Viaggio – exploitées par ÖBB,
  - Stadler : Sleeping Cars – exploitées par Azerbaijan Railways,
  - CAF : Caledonian Sleeper – exploitées par ScotRail,
  - Alstom : voitures Corail – exploitées par SNCF, à moderniser,
  - Talgo : Trenhotel – exploitées par Renfe.



Figure 21 : Types de matériels roulant pour voyageurs de nuit

Le choix de la vitesse interviendra également pour le coût du matériel à intégrer au bilan économique.

La solution 2 qui conduit à des délais et des coûts plus réduits en conservant une base confortable de voitures aptes à 160 km/h sur bogies Y 32 est celle que nous préconisons.

La partie voyageurs sera une combinaison, en fonction de la demande, de plusieurs voitures voyageurs :

- Voitures-lits (1, 2 ou 3)

- Voitures-couchettes (4 ou 6) avec une préférence pour des couchettes à 4 spécialement aménagées
- Voitures places assises (sièges inclinables ou non)

La composition du train proposée pourrait être par exemple :

	Nombre	Nombre de places
Voiture-Lit	3	120
Voitures-Couchettes	2	100
Voitures places assises	1	60

Tableau 1 : Composition type voyageurs

### 3.8. TYPE DE MATERIEL ROULANT FRET

Le Wagon porte-container 6 essieux Modèle Sggrs 80' est adapté au transport de marchandises et au gabarit du train. Il permet le transport de conteneurs 20', 30' et 40', avec une capacité de 4 EVP / wagon avec une hauteur de plancher normale à 1,17m.

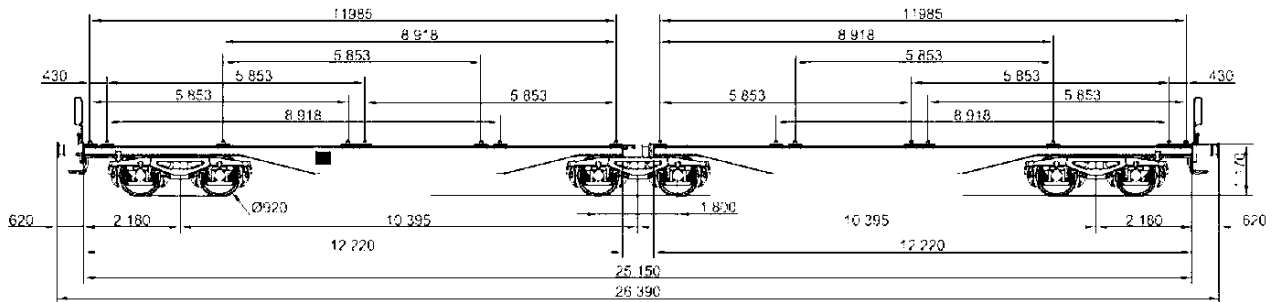


Figure 22 : Caractéristiques du wagon fret

Ce wagon est toutefois apte à une vitesse limitée à 120 Km/h . Le wagon nécessaire pour réaliser le transport à 160 Km/h reste à développer. Son développement sera long (environ 2 ans) et l'homologation sera également délicate pour les aspects freinage et performances dans une composition mixte.

### 3.9. ENGINES DE TRACTION

La contrainte principale est le franchissement de rampes de 18 pour mille (redémarrage en rampe) sur des longueurs de l'ordre de 3 Km sur Perpignan Figueras avec 1800 t.

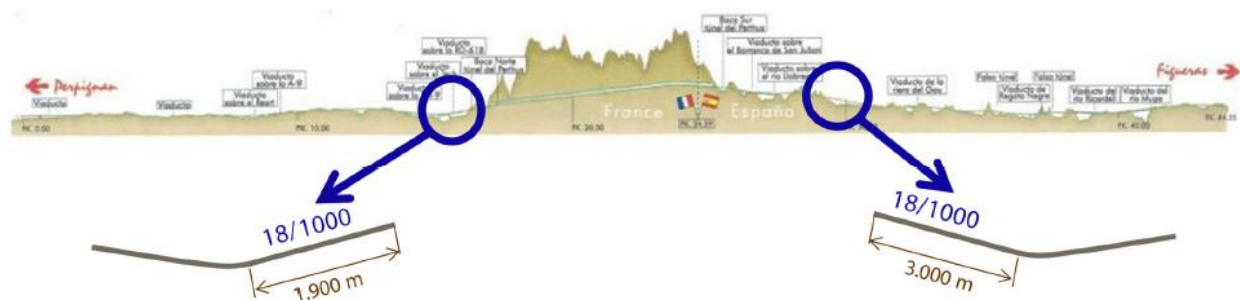


Figure 23 : Déclivités sur Perpignan – Figueras (source : TP Ferro)

Les données fournies par TP Ferro confirment que cela est possible en simple traction avec une locomotive de type CC suffisamment puissante. Sinon le recours à une double traction de locomotives type BB sera nécessaire, comme le montre le tableau ci-dessous.

LOCOMOTORA  LOCOMOTIVE	FABRICANTE, Gama  FABRICANT, Gamme	PROPIETARIO EF  PROPRIÉTAIRE EF	MASA MÁXIMA ARRANCABLE POR UNA (1) LOCOMOTORA (en la rampa máxima)  MASSE MAXIMALE DÉMARRABLE PAR UNE (1) LOCOMOTIVE (sur la rampe maximale)
S-252 (actual)	SIEMENS Europrinter	RENFE Mercancías	<b>880 t</b> NOTA <sup>1</sup>
BB-27000	ALSTOM Prima	Fret SNCF	<b>1.300 t</b> NOTA <sup>2</sup>
EURO-4000 (diésel)	VOSSLOH Euro 4000	VFLI	<b>1.927 t</b> NOTA <sup>2</sup>
EURODUAL (hibrida: eléctrica + diésel)	STADLER Eurodual	-	<b>2.050 t</b> NOTA <sup>2</sup>
BR-186	BOMBARDIER Traxx	DB Cargo, DB France	≈ 1.300 t NOTA <sup>3</sup>

<sup>1</sup> NOTA      **Datos reales** del expediente técnico del fabricante (SIEMENS) facilitados por RENFE Mercancías

<sup>2</sup> NOTA      **Datos reales** constatados y registrados durante **pruebas en condiciones reales** (2013, 2017 y 2018)

<sup>3</sup> NOTA      Estimación LFP.

*Tableau 2 : Essais réalisés par TP Ferro sur différents types de locomotives (source : TP Ferro)*

#### La locomotive

Quadri courant	Homologation EPSF	Type	Puissance maxi	Longueur	Masse maximale démarrable sur Perpignan – Figueras
BB 36000 Alstom	Fret SNCF	BB	5600 kW	19 m	1300 t
VECTRON Siemens	Non	BB	6400 kW	19 m	ND
EURODUAL Stadler 9000	VFLI	CC	7000 kW	23 m	2050 t

*Tableau 3 : Performances comparées des locomotives disponibles*

En conséquence, l'hypothèse technique de base à tester est la composition de 1800 t tractée par une locomotive Stadler de type EURO 9000 qui est le modèle non dual de la série.



BB 36000 Alstom



VECTRON Siemens



EURO9000 Stadler

*Figure 24 : Vues des 3 locomotives disponibles*

### 3.10. TEMPS DE PARCOURS

Pour déterminer le temps de parcours au stade de la préfaisabilité, l'infrastructure a été modélisée avec les vitesses limites et les profils en long réels et avec les hypothèses suivantes :

- Temps d'arrêt par gare : 5 minutes
- Temps d'accroche : 20 minutes
- Temps de décroche : 10 minutes
- Marge de régularité : 4,5 minutes / 100km
- **Vitesse maximale 160 Km/h**
- **Locomotive CC Euro 9000**

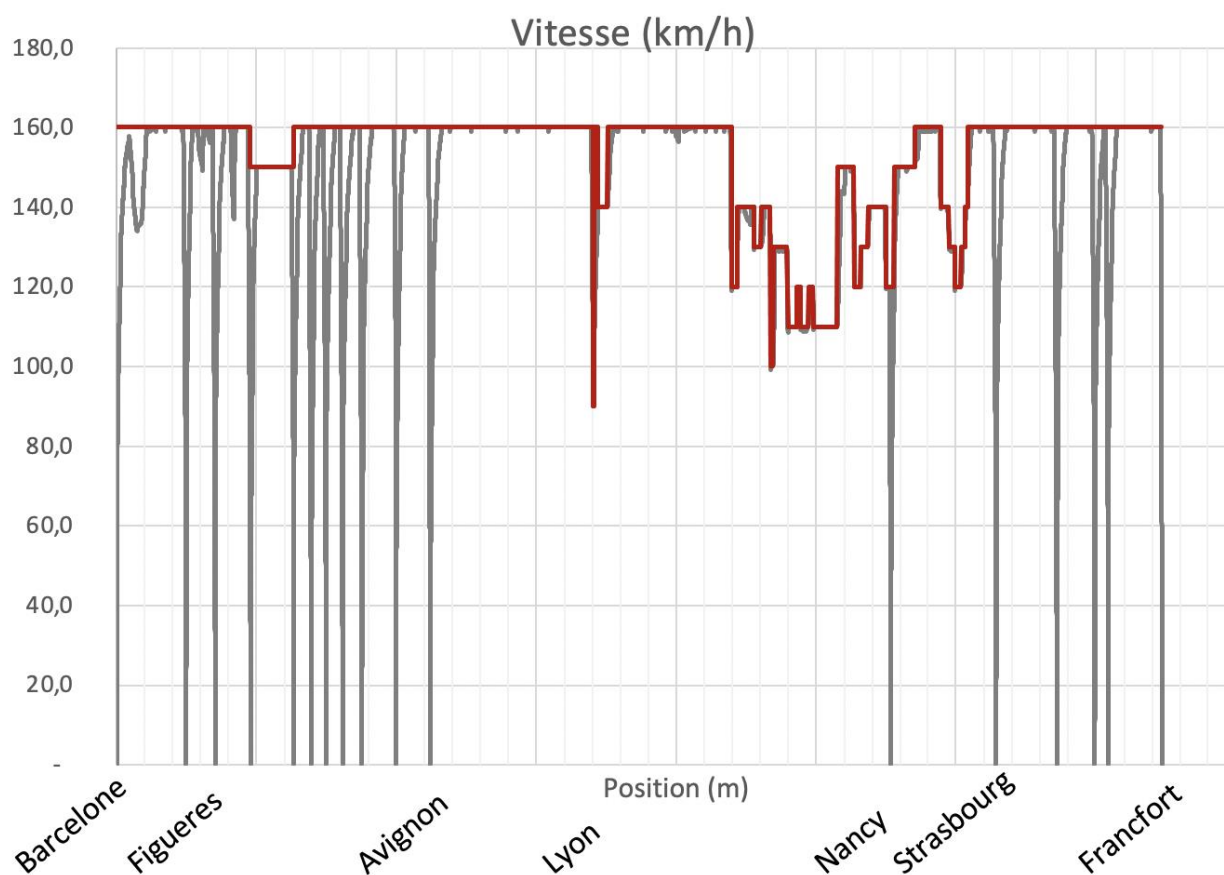


Figure 25 : Graphique vitesse / position de la modélisation

Les horaires possibles sont présentés ci-dessous. Une variante a été analysée en supprimant certains arrêts. Elle permettrait de gagner 30 à 40 minutes et pourrait s'appliquer à une desserte d'hiver par exemple.

Il est possible également de décaler le départ de Barcelone à 19h30 avec une arrivée à 9h14 à Francfort

Sens Aller		Sens Retour	
Barcelone	19:00	Francfort	20:15
Gérone	19:51	Mannheim	20:51
Figueres	20:37	Heidelberg	21:08
Perpignan	21:07	Karlsruhe	21:39
Narbonne	21:43	Strasbourg	22:24
Béziers	22:02	Nancy	23:40
Agde	22:19	Avignon	5:01
Sète	22:38	Nîmes	5:30
Montpellier	22:58	Montpellier	6:00
Nîmes	23:28	Sète	6:20
Avignon	23:57	Agde	6:39
Nancy	5:18	Béziers	6:56
Strasbourg	6:34	Narbonne	7:15
Karlsruhe	7:19	Perpignan	7:51
Heidelberg	7:50	Figueres	8:21
Mannheim	8:07	Gérone	9:07
Francfort	8:44	Barcelone	9:58

Tableau 4 : Tableau des horaires indicatifs  
(desserte complète)

### 3.11. CAPACITE

L'opportunité de dégager des sillons de nuit sur l'itinéraire concerné (qualité et fiabilité) sera à confirmer avec les différents gestionnaires d'infrastructure. Nous pouvons néanmoins réaliser les analyses suivantes :

- Sur Barcelone – Avignon le passage se fait en dehors des périodes travaux de nuit,
- Le passage de nuit entre Avignon et Lyon ne devrait pas poser de problème avec détournement possible sur la ligne RD du Rhône au prix d'un allongement du temps de parcours,
- Le passage entre Nancy et Strasbourg se fait en début de matinée ou en fin de soirée avant ou après la pointe TER,
- Le tracé en Allemagne sera plus problématique mais le passage par Heidelberg sur des lignes moins fréquentées devrait permettre de desserrer les contraintes.

### 3.12. LA COUPE / ACCROCHE

#### 3.12.1. Composition du train

La composition du train à couper assembler est composée d'un coupon fret de 370m environ pouvant être porté à 410 m en fonction du tonnage et de wagons vides et d'un coupon voyageurs de 200 m pouvant être porté à 300m en pointe de trafic voyageurs. Le train ne dépassera pas une longueur de 700m afin de faciliter les manœuvres en site de coupe accroche.

Sens Aller		Sens Retour	
Barcelone	19:20	Francfort	20:15
Gérone	20:11	Mannheim	20:51
Figueres	20:57	Heidelberg	21:08
Perpignan	21:27	Karlsruhe	21:39
Narbonne	22:03	Strasbourg	22:24
Montpellier	22:52	Nancy	23:40
Nîmes	23:22	Avignon	5:01
Avignon	23:51	Nîmes	5:30
Nancy	5:12	Montpellier	6:00
Strasbourg	6:28	Narbonne	6:49
Karlsruhe	7:13	Perpignan	7:25
Heidelberg	7:45	Figueres	7:55
Mannheim	8:01	Gérone	8:41
Francfort	8:38	Barcelone	9:33

Tableau 5 : Tableau des horaires indicatifs  
(desserte allégée)



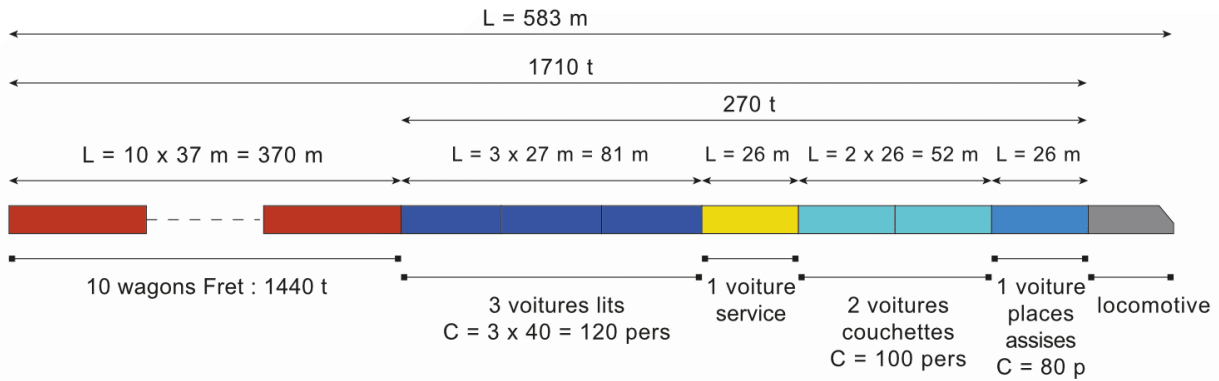


Figure 26 : composition nominale du train mixte

### 3.12.2. Coupe accroche au sud

L'accrochage décrochage des coupons fret et voyageurs est prévue de se faire au nord de Figueras dans les installations de LFP (ex TP Ferro) à Llers (quelques Km au nord de Figueras). Nous avons recherché une possibilité de coupe accroche plus près de Barcelone mais les évitements sur la ligne nouvelle qui sont des évitements simples de 750m de longueur sans voies de tiroir longue ne permettent pas d'effectuer ce type d'opération. LFP a été consulté sur la possibilité d'utiliser les installations de Llers et a donné son accord.

#### Accroche vers le Nord à 20h30:

Le coupon fret au bloc à 5mn entre sur le faisceau et vient sur voie 5 en dégageant l'aiguille 437. Le coupon voyageur arrive en dernier et se positionne au repère 34262 sur voie 5 Il n'engage pas l'aiguille 437. Une locomotive de manœuvre LFP placée en tiroir sud de la voie 3 reprend le coupon fret et l'attelle en queue du coupon voyageurs (10mn). Après essais de frein et vérification de la composition (10mn) le train mixte peut partir vers le nord. L'opération totale prend 20mn.

#### Coupe vers le sud à 8h10

Le train vient de voie 2 et cisaille pour venir sur voie 3 jusqu'au repère 34361. On coupe le train et le coupon voyageur peut repartir sur voie 1 puis voie 2 après essais de freins. Une locomotive fret placée sur tiroir sud de la voie 3 vient reprendre le coupon fret et part avec ce coupon vers Barcelone.

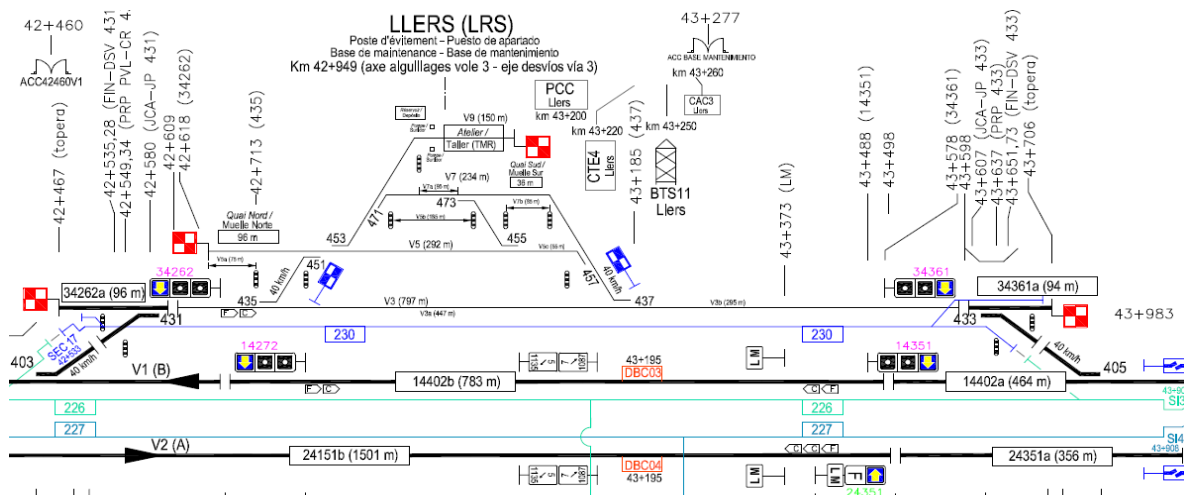


Figure 27 : Schéma des installations de Llers

### 3.12.3. Coupe accroche au nord

Nom du fichier : Desserte mixte BCN FRK - rapport phase 1 et avenant

Date du document : 22 février 2021

La coupe accroche se fait à Nancy pour éviter de devoir le faire à Strasbourg où un rebroussement serait nécessaire.

### Coupe vers le nord à 5h10

La gare permet de stationner le train qui est coupé avec la locomotive train mixte qui continue vers Strasbourg avec le coupon voyageur (durée 10mn). Une locomotive fret vient en queue du coupon fret le reprendre vers Metz.

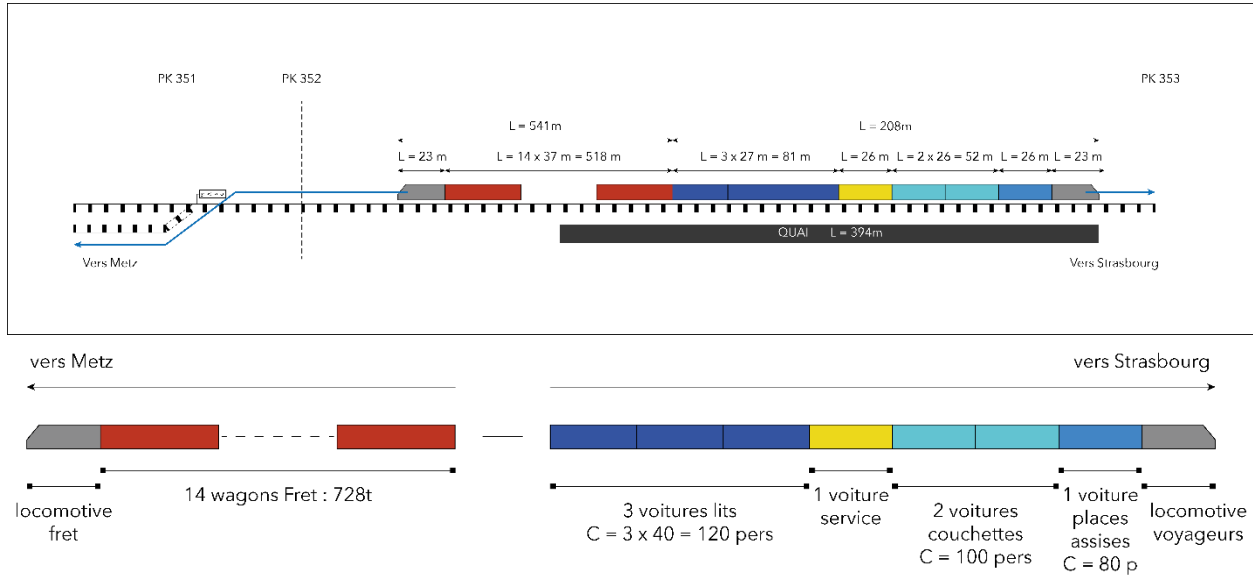


Figure 28 : Coupe en gare de Nancy le matin

### Accroche vers le sud à 23h30

Le coupon fret venant de Metz est stationné sur une voie parallèle. Le coupon voyageur arrive de Strasbourg et une locomotive de manœuvre vient refouler le coupon fret en queue du coupon voyageur. Après 20mn le train mixte repart vers Dijon Avignon.

## 3.13.CHARGEMENT DECHARGEMENT DU FRET

### 3.13.1.En Catalogne

Le coupon fret est chargé et déchargé dans les installations fret multimodales du port de Barcelone ou à proximité l'écartement international desservant ces installations.



Figure 29 : vue du terminal de MORROT

L'accès aux terminaux de Can Tunis et Morrot se fait via le Contournement fret de Barcelone

Nom du fichier : Desserte mixte BCN FRK - rapport phase 1 et  
Date du document : 22 février 2021



Mollet Papiol aménagé en double écartement (en vert sur le schéma joint).

Le terminal de Can Tunis est plus un faisceau de traitement des trains en attente de chargement déchargement à Morrot dont 6 voies en écartement UIC.

Toutefois des voies sont en cours d'aménagement et un terminal d'autoroute ferroviaire y est prévu. Un terminal multimodal est également exploité par SETEMAR.



Le terminal de Morrot peut traiter le chargement déchargement de 20 trains par jour.

Les voies sous portique sont au nombre de 10 avec des longueurs variant de 380 à 480 m. 2 voies sont à double écartement.

### 3.13.2. En Allemagne

Le coupon fret transite via Metz vers Sarrebruck et Francfort. Les deux installations multimodales de chargement déchargement sont situées à Francfort et Mannheim. Elles sont gérées par la filiale DUSS de DB Netz.

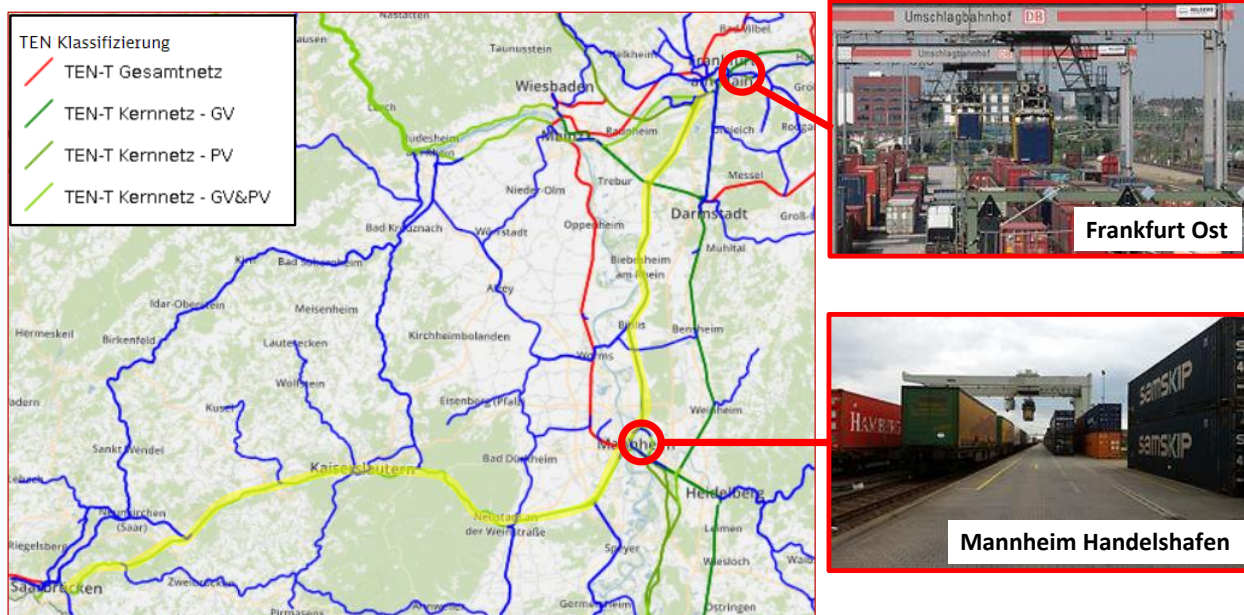


Figure 30 : parcours du coupon fret en Allemagne et situation des installations intermodales

### Installation de Frankfurt Ost

Avec quatre voies sous portique de 660 m de longueur et deux portiques l'installation est totalement adaptée pour le chargement déchargement du train.

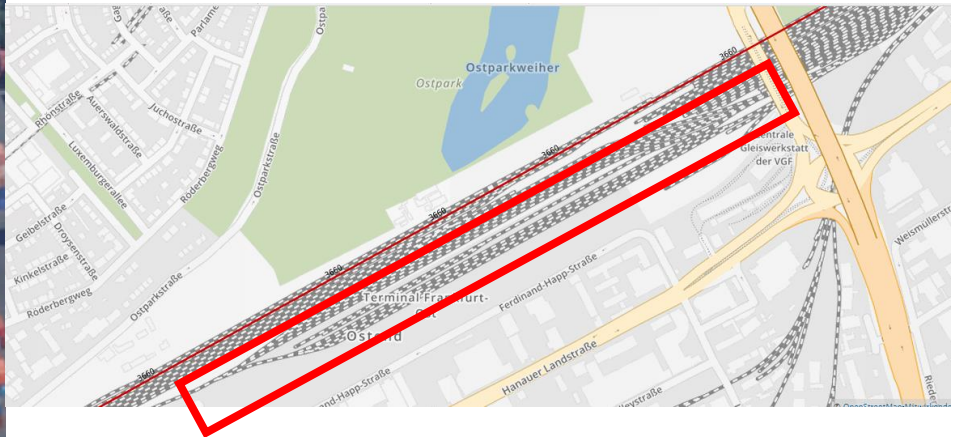
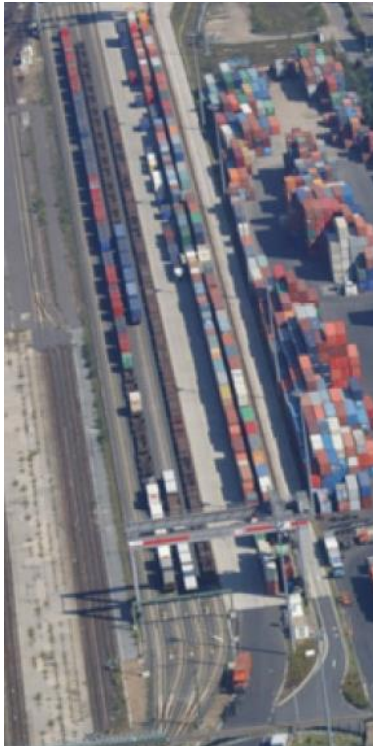


Figure 31 : Situation et vue du chantier intermodal Frankfurt Ost

### Installation de Mannheim Handelshafen

L'installation est accessible du sud et en impasse le long du Rhin. Sa capacité est de 4 voies de 700m sous portique. Elle est également très bien située et équivalente à l'installation de Francfort. Son accès ferroviaire sera plus facile et rapide.





Figure 32 : Situation et vue du chantier intermodal de Mannheim Handelshafen

## 4. LA QUESTION DES WAGONS APTES A V160 ET CONDITIONS D'HOMOLOGATION DU SERVICE

### 4.1. LES TRAINS DE FRET CIRCULANT A PLUS DE 140 KM/H

En France, le Sernam a fait circuler quatre trains bloc express (TBE) ou MVGV de fret léger tirés par des locomotives BB 22200 aptes à des vitesses de 200 km/h, jusqu'en 2011. Faisant le trajet de Paris vers Orange et Toulouse, elles empruntaient de nuit certaines sections de la LGV Sud-Est et de la LGV Atlantique. Ces trains ont été ralentis à 160 km/h puis supprimés et remplacés par des camions, la SERNAM jugeant le coût trop élevé.

Euro Carex est un projet européen de réseau de fret express ferroviaire. Son objectif est d'utiliser les lignes grandes vitesses existantes pendant les heures creuses du trafic voyageur (la nuit principalement) des rames adaptées au transport de colis. Il serait une alternative à l'avion et au camion pour les distances comprises entre 300 et 800 km mais il s'agit de rames de type indéformables TGV. Donc inapplicable pour le projet de train mixte.

Pour atteindre une vitesse moyenne supérieure à 100 km/h, la SNCF décida, dans les années 1980, de mettre en circulation des trains de messageries de grandes qualités circulant à la vitesse limite de 160 km/h sur des axes soigneusement choisis. Ces trains directs de chantiers à chantiers ou à lots ne passaient pas par un triage. Les contraintes de charges et le tracé peuvent sur certaines parties du parcours limiter la vitesse, mais c'est la vitesse moyenne sur le parcours et le facteur horaire qui importent. Nous analysons les conditions à satisfaire pour des wagons à 160 km/h.

### 4.2. LES WAGONS APTES A 160 KM/H

Afin de vérifier le comportement des wagons de marchandises à la vitesse de 160 km/h, des essais en ligne furent effectués en octobre 1986. La rame effectua des montées en vitesse entre Montereau et Laroche-Migennes. Ces marches permirent d'analyser le comportement dynamique d'un wagon couvert à bogies à la vitesse maximale de 170 km/h avec et sans amortisseurs antilacet. Pour les essais, les bogies de type Y 25 avaient été modifiés et appareillés.

Les résultats furent satisfaisants, il fût donc permis d'envisager la circulation de trains de messageries à la vitesse limite de 160 km/h.

#### 4.2.1. Equipement du bogie 160 km/h

Le nouveau bogie Y 25 dénommé: Y25 GV présente les caractéristiques spécifiques suivantes :

- Deux amortisseurs antilacet entre le châssis et le bogie.
- Semelles doubles.
- Capsule de pesée.
- Nouveau tarage des ressorts.

Tout wagon 160 km/h demandera donc une adaptation de bogie et restera limité à une charge



par essieu de 16 t ce qui limite la charge utile.

Figure 33 : Bogie Y 25 GV avec amortisseurs antilacet et semelles doubles.

#### 4.2.2. Freinage

Pour circuler à 160km/h, il est nécessaire d'avoir un freinage continu et immédiat sur l'ensemble du train. Il est nécessaire de freiner les trains fret 160 au frein continu-voyageurs à commande électropneumatique, comme les trains de voyageurs. Les wagons entrant dans la composition ME160 doivent donc être équipés du frein électropneumatique ce qui nécessite les opérations suivantes :

- Adjonction du freinage électropneumatique avec distributeurs Oerlikon et électrovalves de serrage et de desserrage.
- Installation de détendeurs de pesée agissant en fonction de la charge réelle.
- Installation de relais auto-variables commandant les électrovalves de serrage et de desserrage.
- Ajout d'une conduite principale.
- Ajout d'une ligne électrique de frein électropneumatique avec boîtier de ligne de train, câblots et boîtiers coupleurs.
- Ajout de réservoirs auxiliaires de frein et d'un cylindre de frein.

A l'époque les ateliers SNCF de Montigny-lès-Metz effectuèrent à partir de février 1987 les modifications de wagons couverts et de wagons plats porte-conteneurs pour les adapter à la vitesse 160.



Figure 34 : Wagon couvert Gahkks 16 160 km/h avec sa nouvelle décoration.

Pour composer deux rames, 75 wagons furent modifiés (50 wagons couverts G 10 série 2 et 25 wagons plats porte-conteneurs S68). En octobre 1987, une nouvelle relation, uniquement composée de wagons G 16 aptes à 160 km/h fut mise en service entre Perpignan et Rungis avec 70 wagons G16 supplémentaires.



Figure 35 Wagon plat S61 porte container autorisé à 160 km/h

Au service du 29 septembre 1996 la dernière relation Paris-Bercy train N° 450003 à 160 km/h sera supprimée du fait de l'abandon du train par les PTT et les groupeurs.

La catégorie ME 160 sera supprimée le 2 septembre 1998.

#### 4.2.3. Type de wagon - délais de développement et d'homologation d'un wagon 160 km/h

Le type de wagon proposé dans l'étude initiale ne conviendra pas du fait de sa limitation en tonnage et de sa mauvaise tenue dynamique à 160 km/h.

Nous opterons pour un wagon plus simple du type Sgmmnss à 120 km/h

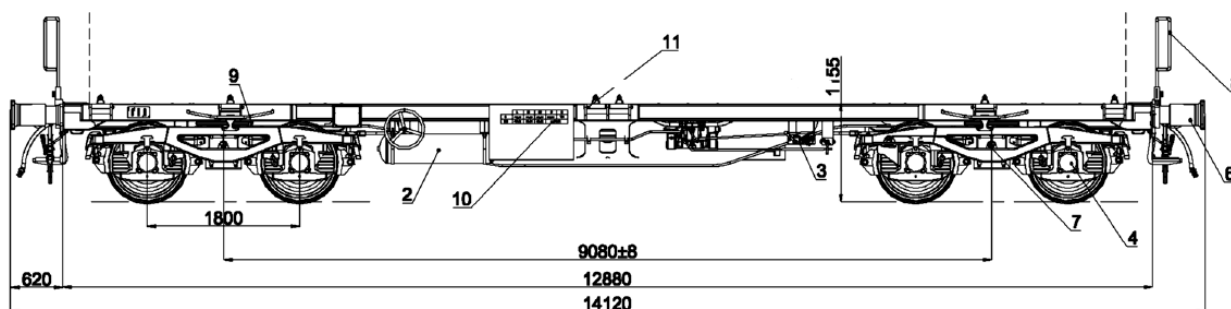


Figure 36 – Wagon Sgmmnss

Ce wagon comporte des bogies Y25 transformables pour 160 km/h avec une longueur hors tout de 14,12m. Le tonnage net pour 160 km/h limité à 16t par essieu sera de 48t ce qui n'est pas sensible au plan économique puisqu'un tonnage net moyen de 20t a été pris en compte (un EVP 40 pieds ayant une tare de 3,7 tonnes le tonnage net maximal sera de 44 t par wagon).

On peut estimer que le temps de développement d'un wagon 160 porte container sera de l'ordre d'un an. Ensuite il faudra construire un prototype et réaliser les essais ce qui prendra encore 9 mois . Il faudra compter 6 mois pour l'homologation complète par L'ERA + EPSF. Et ensuite la fabrication pourra démarrer et durera 40 mois pour 80 wagons sur la base de 2 wagons par mois.



Le délai total pour la mise en service de la relation sera de 67 mois sans aucune marge soit plus de 5 années.

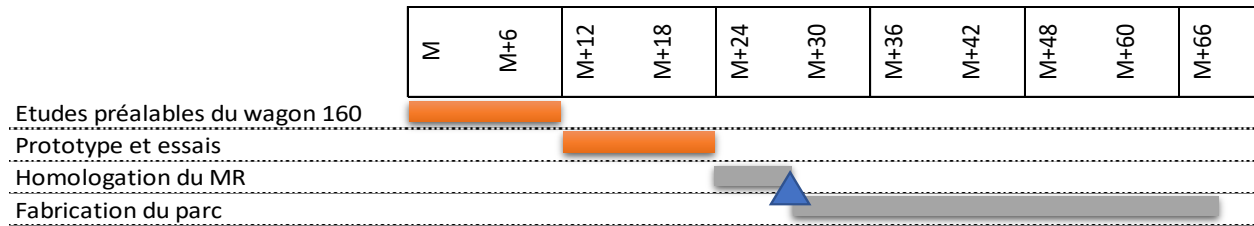


Figure 37 : planning prévisionnel de fourniture d'un wagon apte à 160 km/h

### 4.3. VARIANTE A 140 KM/H

Étant donné les surcoûts importants liés à l'homologation et aux ajouts nécessaires pour les wagons V 160 il nous semble utile d'examiner la possibilité de commencer le service avec des wagons à vitesse 140 km/h. L'impact en temps sera de l'ordre de 30mn sur l'ensemble du parcours.

#### V 160 km/h

Sens Aller	19:00	Sens Retour	20:15
Barcelone	19:00	Francfort	20:15
Gerone	19:51	Mannheim	20:51
Figueres	20:37	Heidelberg	21:08
Perpignan	21:07	Karlsruhe	21:39
Narbonne	21:43	Strasbourg	22:24
Béziers	22:02	Nancy	23:40
Agde	22:19	Avignon	5:01
Sète	22:38	Nîmes	5:30
Montpellier	22:58	Montpellier	6:00
Nîmes	23:28	Sète	6:20
Avignon	23:57	Agde	6:39
Nancy	5:18	Béziers	6:56
Strasbourg	6:34	Narbonne	7:15
Karlsruhe	7:19	Perpignan	7:51
Heidelberg	7:50	Figueres	8:21
Mannheim	8:07	Gerone	9:07
Francfort	8:44	Barcelone	9:58

#### V 140 km/h

Sens Aller	19:00	Sens Retour	20:15
Barcelone	19:00	Francfort	20:15
Gerone	19:51	Mannheim	20:51
Figueres	20:37	Heidelberg	21:08
Perpignan	21:09	Karlsruhe	21:39
Narbonne	21:46	Strasbourg	22:24
Béziers	22:06	Nancy	23:40
Agde	22:23	Avignon	5:23
Sète	22:42	Nîmes	5:54
Montpellier	23:04	Montpellier	6:25
Nîmes	23:35	Sète	6:46
Avignon	0:06	Agde	7:05
Nancy	5:49	Béziers	7:23
Strasbourg	7:05	Narbonne	7:43
Karlsruhe	7:50	Perpignan	8:20
Heidelberg	8:21	Figueres	8:52
Mannheim	8:38	Gerone	9:38
Francfort	9:14	Barcelone	10:29

Figure 38 : Comparatif des temps de parcours pour V 140 et 160 km/h

Il existe des wagons homologués en France pour V 140 km/h . Ce sont les wagons Sffggmrrss 106' d'une longueur de 37, 3 m avec une longueur de chargement de 2x 16,58m. La charge par essieu est de 18t au lieu de 16t pour V 160 ce qui permet une charge utile de 108 t par wagon double.

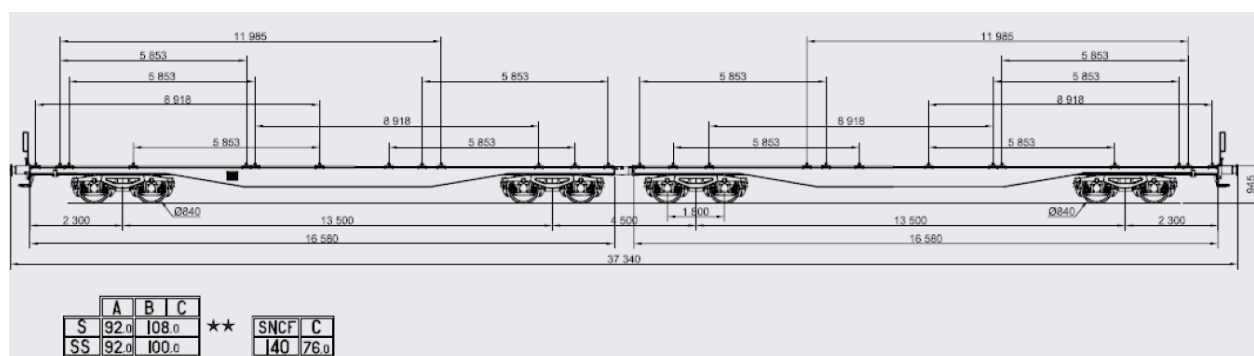


Figure 39 : Wagon Sffggmrrss 106' disponible en leasing

Ce wagon est disponible en leasing par la société TOUAX leader en Europe sur ce genre de services pouvant même être étendue à la maintenance ultérieure.

Il nous paraît donc, suite à ces analyses, préférable de démarrer le service avec des wagons déjà homologués à 140 km/h en leasing quitte ensuite à étendre la gamme avec des wagons 160 km/h 10 ans après les premiers résultats du service.

Ces wagons sont moins coûteux, faciles à obtenir et permettent des charges utiles plus importantes.

#### 4.4. CONDITIONS D'HOMOLOGATION DU SERVICE MIXTE

##### 4.4.1. Autorisation de circulation des véhicules

Afin de pouvoir circuler, tout véhicule ferroviaire, nouveau ou modifié, doit disposer d'une autorisation par type.

Pour les véhicules dont le domaine d'utilisation s'étend sur le réseau d'un autre ou plusieurs États membres, l'Agence Européenne (ERA) est seule compétente pour délivrer l'autorisation, les aspects nationaux des demandes étant évalués par l'EPSF qui fournit ses conclusions à l'Agence.

Dans le cas des voitures voyageurs transformées, le délai et l'importance du dossier dépendra de la teneur des transformations réalisées mais en général l'autorisation est assez facile à obtenir.

Afin que l'autorisation par type soit délivrée, le dossier doit démontrer le respect de la réglementation de sécurité et, le cas échéant, de l'interopérabilité. L'autorisation d'un véhicule en précise notamment les caractéristiques techniques, les conditions d'utilisation, le domaine d'utilisation ainsi que les prescriptions de maintenance. C'est le propriétaire du matériel qui doit en faire la demande.

Pour la locomotive et les wagons fret 140 Km/h aucune autorisation n'est à demander s'ils sont déjà homologués dans un pays européen. En revanche une homologation complète serait à prévoir pour des wagons 160 km/h.

##### 4.4.2. Homologation du concept de train mixte

Ce type de train mixte n'est pas autorisé dans la composition proposée.

La réglementation EPSF autorise l'adjonction de wagons fret dans une composition voyageur V140 à raison de 1 à 3 wagons. Elle ne prévoit pas d'adjoindre des wagons dans une composition V160.

Pour une composition V140 comportant des wagons porte autos la composition maximale est de 34 véhicules sans dépasser 100 essieux. En fait cela limite à 25 véhicules à bogies. Les trains avec porte autos à V160 ne sont plus autorisés.

La composition 140 km/h devra faire l'objet d'une demande d'autorisation appuyée sur un dossier technique reprenant entre autres les données de freinage du train, les questions de circulation en ligne et les longueurs de train dans les gares desservies.

C'est l'Entreprise Ferroviaire exploitant la desserte qui devra faire la demande. Si la réglementation V 140 est respectée l'instruction de la demande ne sera pas complexe. En revanche en cas de modification nécessaire de la réglementation il faudra procéder à des tests et essais préalables à V+ 10 Km/h ce qui évidemment sera long et coûteux.

## 5. BENCHMARK DES SERVICES VOYAGEURS DE NUIT

Ce chapitre a pour objet d'apporter un éclairage sur les pratiques actuelles d'exploitation des trains de nuit avant d'analyser les marchés potentiels voyageurs et fret :

- Ressorts de la baisse ou de la hausse selon les cas des services voyageurs de nuit en Europe,
- Évolutions en matière de fret ferroviaire de transit,
- Offres actuelles de trains de nuit voyageurs (système de réservation, horaires, types de services proposés),
- Éventail de tarification appliquée par type de service.

### 5.1. OFFRE VOYAGEURS

#### 5.1.1. Offre train de nuit en France

##### 5.1.1.1. Historique

Les trains de nuit ont progressivement été supprimés en France à partir des années 1990, et de manière encore plus brutale à partir de 2012. En effet, entre 2012 et 2017, 8 lignes ont été supprimées, dont Paris – Nice (« le train bleu ») jusqu'alors ligne la plus fréquentée, ou encore Paris – Hendaye. Aujourd'hui, seules quatre lignes d'Intercités de nuit subsistent en France :

- Paris – Briançon,
- Paris – Rodez,
- Paris – Latour-de-Carol, via Toulouse,
- Paris – Saint-Gervais (uniquement en saison hivernale).

Les lignes conservées en 2017 l'ont été dans le cadre des lignes conventionnées et subventionnées par l'État (AOT des Intercités), en tant que Trains d'Équilibre du Territoire (TET). Les cartes ci-dessous présentent l'évolution de la desserte des trains de nuit entre 2010 et 2020.

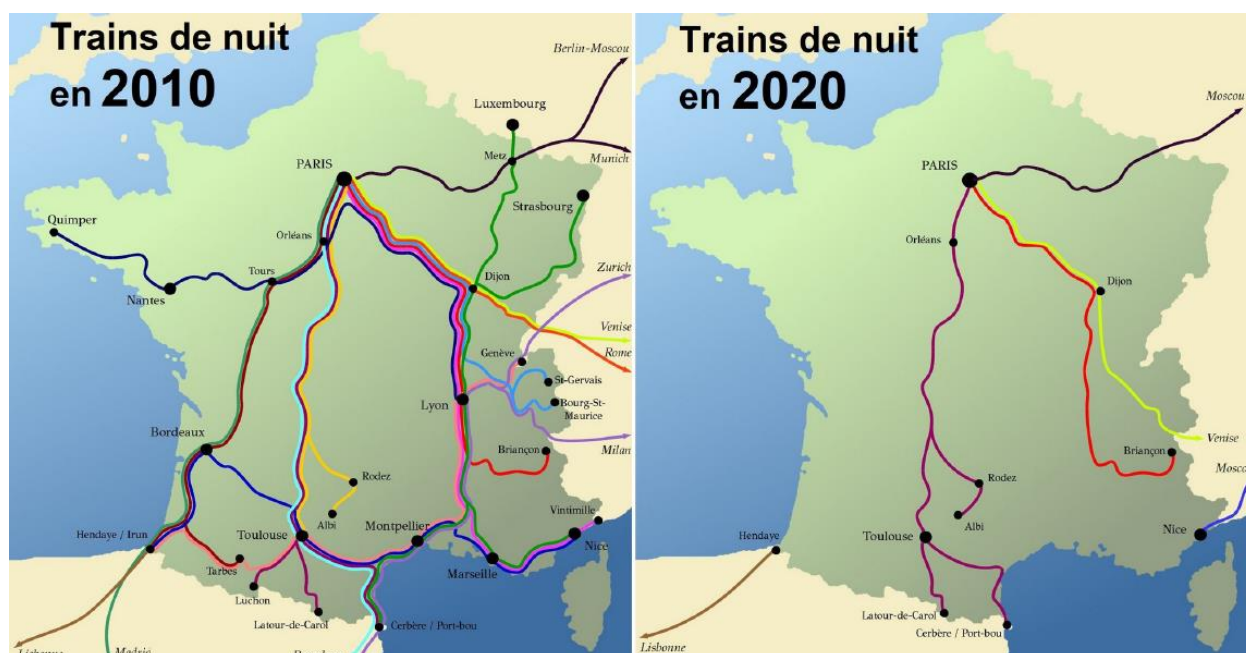


Figure 40 : Cartes des trains de nuit en France en 2010 (à gauche) et en 2020 (à droite)

Les causes de ces suppressions sont multiples.

Tout d'abord, la rentabilité des lignes était en cause. En 2017 par exemple, deux services de nuit analysés (Paris – Briançon et Paris – Latour-de-Carol) ne représentaient que 14% du trafic Intercités, mais presque 25% des pertes du réseau, comme le montre le rapport de la Cour des Comptes de février 2019 sur les Intercités.

De plus, la concurrence des autocars depuis la libéralisation du marché en 2015 a mis un peu plus à mal un service déjà peu fréquenté.

#### 5.1.1.2. Offre actuelle

##### ➤ Desserte

Comme expliqué précédemment, seuls trois services de train de nuit subsistent en France. N'existant pas de solution de transport de substitution, ces services sont quotidiens, et suivent les horaires suivants :

Ligne	Départ	Arrivée	Durée	Fréquence
Paris - Briançon	21h30	8h30	11h	Quotidienne
Paris - Toulouse - Latour-de-Carol	22h	7h30 - 10h	12h	Quotidienne
Paris - Rodez (- Albi)	22h	6h30	8h30	Jumelés entre Paris et Brive

Tableau 6 : Horaires des trains de nuit subsistant en France (départ de Paris)

##### ➤ Niveau de service

En ce qui concerne le niveau de service, le matériel roulant des trains de nuit est composé de voitures « Corail de nuit ». Ce matériel est ancien, les voitures datant d'avant 1989, et nécessite une rénovation et modernisation. Pour cela, l'État a annoncé la mise en place d'un plan de rénovation des trains de nuit pour un montant de 30 M€ pour les années à venir.

Les types de places proposés sont les suivants :

- Place assise (2<sup>nde</sup>),
- Couchette 6 lits (2<sup>nde</sup>),
- Couchette 4 lits (1<sup>ère</sup>).

##### ➤ Tarification voyageur

Étant considérés comme un service Intercités classique, les trains de nuit disposent d'une tarification et d'une réservation classique de SNCF. En revanche, ils disposent d'une faible visibilité, au sens où les options de trains de jour seront plus mises en avant. Le tableau suivant présente les tarifs des places pour les différents trajets, pour une réservation 3 mois à l'avance :

Ligne		Tarifs (€)		
Départ	Arrivée	Place assise (2nde)	Couchette (2nde)	Couchette (1ère)
Paris	Rodez	30 €	59 €	85 €
Paris	Briançon	30 €	59 €	85 €
Paris	Toulouse	30 €	59 €	85 €

Tableau 7 : Tableau tarifaire indicatif des trains de nuit français (source : oui.sncf.fr)

## ➤ Charges d'exploitation et redevance

En ce qui concerne les coûts des trains de nuit en France, le rapport de la Cour des Comptes de 2019 fournit les indicateurs suivants :

Ligne	Résultat net (M€)	Recettes/ charges	Recettes (M€)	Charges (M€)
Paris - Latour-de-Carol	-17,8	43%	13,43	-31,23
Paris - Briançon	-20,5	22%	5,78	-26,28

Tableau 8 : Résultats des lignes Intercités de Nuit conservées en 2017 (source : Cour des Comptes)

### 5.1.2. Offre train de nuit en Allemagne & Autriche

#### 5.1.2.1. Historique

À partir de 1995, les exploitants ferroviaires allemand, autrichien et suisse (DB, ÖBB, SBB-CFF-FSS) collaborent au sein du service « City NightLine » de trains de nuits sur et entre les 3 territoires, qui sera finalement racheté par la DB en 1997. Cependant, après une réduction progressive de ses lignes, la DB finit par supprimer définitivement son service de trains de nuit en 2016. En cause, la non-rentabilité du service : malgré un chiffre d'affaires de 90 M€, les trains de nuit présentent un résultat net de -32 M€ annuels, soit un taux de couverture des charges par les recettes inférieur à 75%, soit un coût de 25€ / voyageur. La concurrence naissante avec les liaisons assurées par autocars, libéralisées en 2013, a confirmé l'opérateur ferroviaire dans son choix de suspendre son activité de trains de nuit.

C'est alors que l'opérateur autrichien a décidé de reprendre ce service à la DB, afin de créer « NightJet ». Pour se faire, ÖBB a racheté en 2016 42 wagons-lits et 15 wagons-couchettes pour 40 M€ à la DB, et c'est désormais l'unique opérateur de trains de nuit sur les territoire allemand et autrichien.

Les raisons de la réussite de ce service autrichien sont que la fiscalité autrichienne est plus avantageuse, que les conducteurs autrichiens sont moins payés que leurs homologues allemands, et également le fait que Vienne soit un hub européen du transport ferroviaire de voyageurs, du fait de sa localisation. De plus, la faible concurrence du transport aérien low-cost en Autriche joue en faveur du train de nuit.

5.1.2.2. Offre actuelle

➤ **Desserte**

À l'heure actuelle, ÖBB opère 26 lignes de trains de nuit sur les territoires autrichien, allemand, suisse, italien, belge, polonais, croate et hongrois, comme le montre la carte ci-dessous.



Figure 41 : Carte des services de train de nuit opérés par ÖBB en 2020

➤ **Niveau de service**

Le matériel roulant racheté à la DB avait dans son ensemble moins de 15 ans et est donc aux normes actuelles, à la fois techniques et d'exigence des usagers des trains de nuit.



Figure 42 : Les NightJet sont reconnaissables à leur livrée bleu nuit ; les NightJet commandés pour 2022 bénéficieront d'un confort haut de gamme

De plus, ÖBB a commandé en 2018 13 trains de nuit à Siemens, pour une mise en service en 2022.

En ce qui concerne les places proposées, cela va de la place assise à la cabine individuelle avec douche, en passant par la traditionnelle place en couchette.

### ➤ Tarification voyageur

La tarification annoncée aux voyageurs démarre à 30€ pour une place assise, allant jusqu'à 130€ pour les classes affaires. Le tableau ci-dessous présente les prix pour différents trajets, avec une réservation 3 mois à l'avance, en sachant que le Yield Management effectué par ÖBB augmente ces prix à plus court terme.

Départ	Ligne		Tarifs (€)		
	Arrivée	Place assise	Couchette	Cabine individuelle	
Berlin	Zurich	ND	74 €	120 €	
Vienne	Bruxelles	54 €	47 €	140 €	
Vienne	Berlin	27 €	68 €	110 €	
Vienne	Hambourg	54 €	74 €	160 €	

Tableau 9 : Tarif des places, pour une réservation effectuée en avril pour un jour de semaine de septembre

### ➤ Charges d'exploitation et redevance

Comme expliqué précédemment, la fiscalité autrichienne ainsi que les coûts de la main d'œuvre jouent en faveur d'ÖBB.

(d'après Le Monde : [https://www.lemonde.fr/economie/article/2019/08/06/l-improbable-renaissance-du-train-de-nuit-outr-rhin\\_5497033\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2019/08/06/l-improbable-renaissance-du-train-de-nuit-outr-rhin_5497033_3234.html) ).

Bien que nous n'ayons pas accès aux données sur les coûts des services de nuit autrichiens, ÖBB a transmis ses résultats dans la presse, en affirmant que, même s'ils ne représentent que 3% des trafics de longue distance, les trains de nuit représentent 17% du chiffre d'affaires grandes ligne de l'opérateur autrichien, réussissant ainsi à être rentable.

### 5.1.3. L'offre train de nuit en Espagne

#### 5.1.3.1. Historique

L'Espagne suit la France dans sa trajectoire de suppression progressive des trains de nuit au profit des trains à grande vitesse. Alors que 17 lignes (dont 6 internationales) étaient anciennement opérées par la RENFE, cette dernière n'en opère plus que 7 (dont 2 internationales). De plus, l'opérateur espagnol est en train de transformer ses voitures de nuit en voiture de jour, signe de son désintérêt pour ce service.

#### 5.1.3.2. Offre actuelle

##### ➤ Desserte

La desserte actuelle comprend 7 lignes régulières de trains de nuit :

- Madrid – Galice (2 itinéraires)
- Barcelone – Galice (2 itinéraires)
- Barcelone – La Corogne (par St-Jacques de Compostelle)
- Madrid – Lisbonne
- Hendaye – Lisbonne



Figure 43 : Lignes opérées en trains de nuit en Espagne

##### ➤ Niveau de service

Le matériel roulant utilisé sur les trains de nuit est le même que celui des trains de jour régionaux d'Espagne, du constructeur Talgo. Comme évoqué précédemment, 13 trains (156 voitures) vont être transformés en trains de jour pour un coût de 100 M€. Les places proposées suivent les services des autres pays : place assise et couchette.

##### ➤ Tarification voyageur

La réservation d'un train de nuit étant actuellement impossible, le tableau ci-dessous présente des tarifs à partir de recherches antérieures effectuées par l'UE :

Ligne		Tarifs (€)		
Départ	Arrivée	Place assise	Couchette	Cabine individuelle
Madrid	Ferrol	55 €	83 €	186 €
Madrid	Lisbonne	24 €	34 €	178 €
Barcelone	La Corogne	57 €	-	116 €

Tableau 10 : Exemples de tarification de trains de nuit en Espagne



## 5.1.4. L'offre de train de nuit en Italie

### 5.1.4.1. Historique

Les lignes InterCity italiennes fonctionnent comme leurs homologues françaises, elles sont conventionnées, entre l'État italien et l'opérateur Trenitalia. Les 9 lignes de nuit retenues par l'État en 2015 sont donc subventionnées en tant que « services universels », leur nombre étant en décroissance depuis 2011.

### 5.1.4.2. Offre actuelle

#### ➤ Desserte

Comme évoqué précédemment, l'offre actuelle de trains de nuit italiens se compose de 9 lignes régulières reliant le Nord et le Sud du pays. Une liaison par ferry permet également de rejoindre la Sicile depuis Turin ou Milan, le trajet durant presque une journée entière.



Figure 44 : Carte de l'offre de nuit en Italie

Ligne	Départ	Arrivée	Durée	Fréquence
Rome - Lecce	0h	8h	8h	1 AR le Week-End
Rome - Palerme / Syracuse	21h30	9h30	12h	Quotidienne
Milan - Lecce	21h	9h	12h	Quotidienne
Milan - Palerme / Syracuse	20h	17h	21h	Quotidienne
Turin - Salerne	22h	9h	11h	Quotidienne
Turin - Lecce	20h	9h	13h	Quotidienne
Turin - Reggio Calabria	13h30	8h	18h30	Quotidienne
Trieste - Rome	20h30	6h30	10h	Quotidienne
Bolzano - Rome	21h30	6h	8h30	1 AR le Week-End

Tableau 11 : Tableau horaire des services de nuit en Italie

#### ➤ Niveau de service

Les différentes places proposées aux voyageurs sont les suivantes :

- Seconde classe :
  - Place assise,
  - Compartiment 4 couchettes.
- Première classe :
  - Cabine individuelle,
  - Cabine avec 2 ou 3 lits.

➤ **Tarifcation voyageur**

La réservation d'un train de nuit étant actuellement impossible, le tableau ci-dessous présente des tarifs à partir de recherches antérieures effectuées par l'UE :

Ligne		Tarifs (€)		
Départ	Arrivée	Place assise	Couchette	Cabine individuelle
Turin	Lecce	25 €	40 €	80 €
Turin	Salerne	30 €	40 €	217 €
Milan	Naples	30 €	40 €	208 €
Rome	Bolzano	13 €	40 €	193 €
Rome	Venise	13 €	45 €	184 €

*Tableau 12 : Exemples de tarification de nuit en Italie*

## 6. BENCHMARK DES TRAINS MIXTES VOYAGEURS - FRET

### 6.1. LE TRAIN MIXTE « OVERNIGHT EXPRESS » AMSTERDAM MILAN

#### 6.1.1. Le premier service en 2000 avec des fourgons et palettes

Un service international innovant a opéré entre Amsterdam et Milan en 2000 avec la combinaison de fret rapide et de trains couchettes de nuit. Cette opération s'est révélée être une formule commerciale réussie entre Amsterdam et Milan après le lancement d'OverNight Express le 28 mai 2000.

Fonctionnant six soirs par semaine dans les deux sens, le projet pilote ONE était une initiative conjointe de NS International et de Railion Benelux. ONE gère l'opération et les partenaires propriétaires prennent le risque commercial. En dehors des Pays-Bas, l'équipe de traction et de train est embauchée par ONE auprès de DB, SBB et FS.

FS était étroitement impliqué dans le projet, car le train se séparait au terminal de fret Greco Pirelli 20 minutes avant le départ des passagers à Milano Centrale.

Ainsi, la renaissance d'une vieille idée était née. Un train mixte de voitures lits, de voitures couchettes et sièges était exploité avec une section de fret. Parce qu'il transportait des passagers,



Figure 45 : voiture lit Overnight Express

un calendrier rapide avec des retards minimaux à la frontière a été assuré avec la même fiabilité obtenue par les appels internationaux sur une base régulière.

Pour les voyageurs, de nouvelles voitures lits de type W1ab28 ont été louées chez Wagons-Lits, offrant un très haut niveau de confort, et WL équipe le train. Il y a aussi une voiture-buffet, des couchettes et un compartiment de première classe pour les passagers assis, avec tout l'espace entièrement réservé à des prix spéciaux.

Pour le fret, le premier OverNight Express a été lancé avec une flotte de 12 anciennes fourgons couverts DB, conçus pour 200 km / h. Ceux-ci ont été convertis par Nedtrain avec des portes à volet roulant pour le chargement des palettes avec des chariots élévateurs à fourche et les passerelles traversantes bloquées. Mais bien qu'il y ait suffisamment de contrôle de la température de l'alimentation du chauffage du train pour éliminer les dommages causés par le gel aux fleurs, les fourgons n'étaient ni climatisées ni réfrigérées.



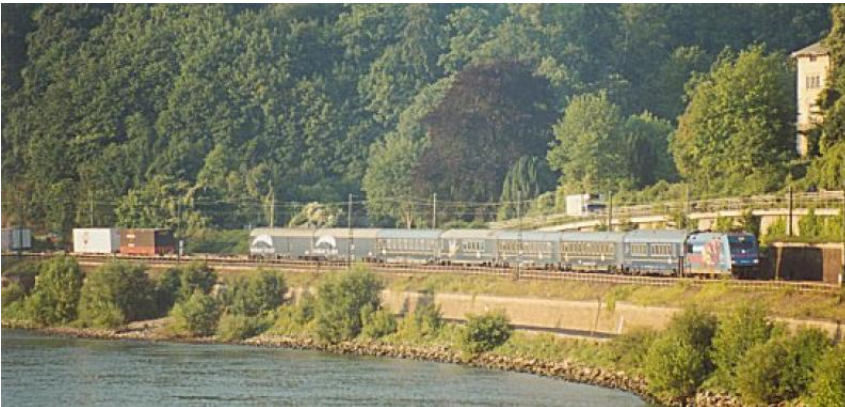
Figure 46 : Wagon couvert Overnight Express

Une charge de cinq ou six fourgons était typique, avec un équilibre acceptable entre la circulation nord et sud. Les fourgons étaient chargés à la gare de fret d'Amsterdam Westhaven et amenés à la gare centrale pour être couplées aux voitures avant le départ à 17h55. Après avoir récupéré des passagers à Utrecht et à Arnhem, le prochain arrêt commercial se faisait au terminal de fret de Greco Pirelli à Milan, à 07h29, où le coupon fret était détaché. Les voyageurs arrivaient à Milan Centrale à 07h50, laissant le jour ouvrable complet disponible.

Cet arrangement garantissait qu'il n'y aurait pas de retard dans le transfert du fret à Greco Pirelli après le départ des passagers.

Au retour, au départ de Milan Centrale à 20h05, l'arrivée est plus tardive à Amsterdam à 10h37. Comme le train doit s'arrêter de toute façon pour les changements de locomotives et d'équipages dans les gares frontalières d'Emmerich, de Bâle Bad et de Chiasso, le premier et le dernier d'entre eux deviennent des arrêts annoncés de l'horaire d'été.

#### 6.1.2. Le service en 2001 avec des wagons porte containers



À partir du 26 mars 2001, la partie fret de l'ONE a été modifiée. Les fourgons couverts ont été remplacés par des wagons porte-conteneurs plats de faible hauteur, permettant le fonctionnement de caisses mobiles frigorifiques au prix d'une réduction de la vitesse maximale de 160 à 120 km / h

Figure 47 : Train Overnight Express avec wagons plats

Comme il n'y a pas encore de conteneurs à 160 km/h, ONE a utilisé des wagons Sffggrss104. Ce sont des wagons jumeaux monoblocs avec une hauteur de pont de seulement 825 mm, ce qui permet d'accueillir toutes les tailles de conteneurs en gabarit routier. Bien qu'ils aient une vitesse de pointe de 120 km/h, l'élimination de certains arrêts d'exploitation ont permis au train de respecter le délai annoncé de 14 heures. Les partenaires ont travaillé à l'élaboration de spécifications pour les wagons porte-conteneurs qui seront adaptés à une exploitation à 160 km/h.



Figure 48 : wagons plats porte-conteneurs

Les conteneurs sont mieux adaptés que les fourgons à palettes aux besoins des membres d'Effortt, comme Jan de Ryk, un important transitaire spécialisé dans le fret aérien. Un changement a été opéré vers le terminal de fret de Hoofddorp à Amsterdam, plus pratique pour les expéditeurs.

### 6.1.3. Ce qu'il faut retenir et la fin du service

Ce service **associait le transport de voyageur au transport de fret**. Pour ce dernier, ce sont les produits fragiles qui étaient particulièrement visés, de type fruit ou fleurs, et nécessitant des temps de transport les plus réduits possible, pour le maintien de leur fraîcheur. Cette combinaison offre plusieurs avantages :

- le retour d'une liaison de qualité entre les Pays-Bas et l'Italie
- une rentabilité croisée entre le transport de voyageurs et de fret,
- une garantie horaire, par une priorité identique voyageurs/fret.

Les horaires du train permettent aux voyageurs, de bonnes correspondances à Milan, vers Venise ou Rome.

- Train 209 Amsterdam 17h55 - Milano 07h50 (ne circule pas les samedis)
- Train 208 Milan 20h05 - Amsterdam 10h37 (ne circule pas les dimanches)

Les premiers mois du service étaient prometteurs. Le nombre de wagons de fret passant de 3 à 5, tandis que le taux d'occupation des voitures voyageurs passait de 30% à plus de 70%. Ces bons scores amènent les opérateurs à réfléchir à étendre un service similaire, depuis Amsterdam vers Lyon, Munich, Berlin, Vienne.

En Mai 2001, l'OverNight Express propose désormais à ses clients fret l'acheminement de conteneurs, par incorporations de nouveaux wagons fret. Coté voyageurs, les arrêts de service de Chiasso et Milano Greco-Pirelli sont ouverts au service commercial quelques semaines plus tard.

Mais l'envol durable n'a pas lieu. Le concept reste économiquement très fragile, et l'OverNight-Express est finalement supprimé le 27 octobre 2001, amenant avec la lui la fin des études des extensions du concept. Les voitures-lits sont reprises par les chemins de fer autrichiens.

Les chemins de fer autrichiens ÖBB ont repris cette activité en rachetant à bas prix à la DB 42 voitures-lits et 15 voitures-couchettes récentes. 16 trajets sont exploités sous la marque Nightjets sans fret avec le succès que l'on connaît.

**La clé du succès réside donc plutôt dans la recherche d'un trafic fret suffisamment rémunérateur, pérenne sur l'année et équilibré entre les sens de circulations**

## 6.2. LE TRAIN MIXTE TALGO « METEOR » HAMBOURG MUNCHEN

C'est en juin 1992 que la DB commande auprès de Talgo, cinq rames Talgo Pendular 2000 6ème génération destinées aux relations nationales nocturnes. Les rames, composées de voitures-lits et de voitures places assises, ainsi que d'une voiture restaurant, sont mises en service le 29 mai 1994 sur deux allers-retours

- Un aller-retour Bonn Bad Godesberg - Berlin Charlottenbourg desservant Bonn Hbf, Köln Hbf, Düsseldorf Hbf, Duisburg Hbf, Essen Hbf, Dortmund Hbf, Berlin Wansee
  - ICN 1945 Bonn Bad Godesberg 21h58 - Berlin Charlottenbourg 06h57
  - ICN 1944 Berlin Charlottenbourg 22h30 - Bonn Bad Godesberg 08h10
- un aller-retour München Ost - Berlin Charlottenbourg desservant München Hbf, Augsburg Hbf, Halle, Berlin Wansee
  - ICN 1900 München Ost 22h44 - Berlin Charlottenbourg 07h53
  - ICN 1901 Berlin Charlottenbourg 22h03 - München Hbf 07h1

Le service débute sous l'appellation commerciale InterCityNight (ICN) et assure également un service auto-train Berlin Wansee - Düsseldorf et Berlin Wansee - Munich Ost. Au service annuel 2009, seuls circulent encore en matériel Talgo les trains Munich – Hambourg et Munich – Berlin. Ils ont intégré l'offre CityNightLine en décembre 2007. Baptisés *Meteor* et *Pluto* depuis 2001. Le retrait de ces matériels est effectif en décembre 2009.



Figure 49 : Le train 1289 "Meteor" Hamburg-Altona – München Ost, dans la longue courbe de Hattenhofen sur la ligne Augsburg – München (09/05/2008)

### 6.3. LE SERVICE AUTO-TRAIN EN FRANCE

En 2018, le service auto-train ne dessert plus, à partir de la gare de Paris-Bercy, que les gares d'Avignon-Sud, de Marseille-Saint-Charles, de Toulon, de Fréjus-Saint-Raphaël et de Nice-Ville. Toutefois, ces dernières dessertes sont supprimées le 14 décembre 2019,

Les wagons porte auto sont en fait à classer dans la catégorie des « fourgons » inclus dans une composition voyageurs et attelés systématiquement en queue de train.

Les fourgons sont de 3 types :

- Les TA 60 (Lekks) STVA
- Les DD 66 construits par ANF dans les années 60 aptes à 160 Km/h équipés de toutes les conduites voyageurs (freinage, sonorisation et alimentation 1500V) pouvant être intercalés même si cela n'était pas le cas.
- Les DD construits en 83 mais simplifiés et donc moins coûteux avec une vitesse maximale ramenée à 140 km/h ce qui suppose de limiter les auto-trains à 140 km/h



Figure 50 : Wagon porte auto DD 66

Le matériel DD 66 est monté sur bogies Y30. Ceux-ci ont été étudiés par les ateliers de Bischheim au début 1967. L'absence de balancier permet une réduction des masses non-suspendues. Par ailleurs le système de freinage permet d'envisager une vitesse limite de 160 km/h

#### 6.4. LE FRET A SEMI GRANDE VITESSE

On peut imaginer de concevoir un matériel de porte conteneur sur une base identique apte à circuler à 160 km/h mais il faut savoir que le coût de fabrication explose au-delà de 120 Km/h.

La charge sera limitée à 18t par essieu.



Figure 51 : Wagon 160 Km/h développé par la DB

Des wagons aptes à 200 km/h ont circulé sur LN1 Paris Lyon.

Une solution inverse a été testée en Italie consistant à transformer une rame voyageur en fret 250 km/h composée de 12 wagons encadrés par deux motrices à grande vitesse E.404.514 et 516, a impliqué un effort important au niveau de la transformation des wagons auparavant réservés au trafic de passagers.

Les compartiments ont été totalement vidés y compris le système de climatisation et les convertisseurs statiques pour la production de 220 volt destinés aux passagers et au service à bord. L'allègement des wagons a dû être compensé au niveau du poids par l'installation d'un chargement de 196 ballasts amovibles pesant chacune 18,5 kg, soit un poids total équivalent à 3,6 tonnes par ballast car il fallait maintenir la stabilité, chaque wagon est équipé de 17 racks pour le chargement des marchandises soit un total de 60 conteneurs roulants d'une capacité de 250 kg chacun, ce qui représente 7 tonnes par véhicule

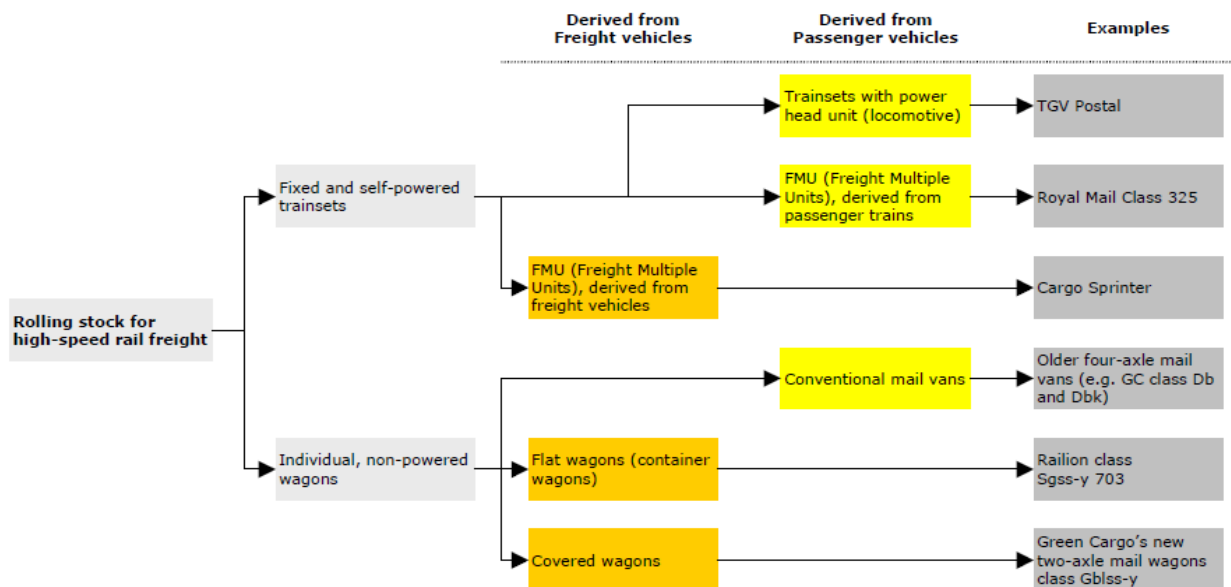


Figure 52 : Concepts de grande vitesse pour le fret

**La gamme fret jusqu'à 120 km/h est maîtrisée techniquement et économiquement**

**La gamme fret au-delà de 200 km/h pour du fret à haute valeur ajoutée est maîtrisée mais non encore répandue. Les nouvelles tendances devraient permettre de la développer même si la circulation de nuit sur ligne à grande vitesse est difficile.**

**Diverses réflexions sont menées par les opérateurs historiques ou des nouveaux entrants pour une vitesse 160 Km/h voire 200 km/h. Le coût de développement et de fabrication reste le frein au développement.**



#### 6.4.1. Comparatif et synthèse du benchmark des trains voyageurs de nuit

##### 6.4.1.1. Type de desserte

L'analyse des dessertes démontre que les arrêts nocturnes (entre 0h et 5h, sauf peut-être le Vienne – Bregenz) sont évités pour des raisons de sûreté mais également pour privilégier le confort des voyageurs. Certains arrêts restent motivés par des passages de frontières.

Opérateur	Ligne		Trajet				Fréquence	Arrêts			Heure de passage de la frontière
	Départ	Arrivée	Départ	Arrivée	Durée	Arrêts intermédiaires		Dont nocturnes (0h - 5h)	Dont pleine nuit (1h - 4h)		
SNCF	Paris	Rodez	20h30	6h00	09:30	Quotidienne	10	6	0	-	
SNCF	Paris	Briançon	20h50	8h20	11:30	Quotidienne	8	1	0	-	
SNCF	Paris	Latour de Carol	22h10	9h20	11 :10	Quotidienne	12	0	0	-	
Thello	Paris	Venise	19h15	9h15	14:00	Quotidienne	7	0	0	Entre 2h & 4h	
ÖBB	Vienne	Venise	21h30	8h30	11:00	Quotidienne	14	2	1	5h	
ÖBB	Vienne	Hambourg	20h30	8h45	12:15	Quotidienne	12	3	2	23h30	
ÖBB	Vienne	Bregenz	23h	8h30	09:30	Quotidienne	22	7	4	3h15 & 4h15	
Trenitalia	Turin	Lecce	20h30	9h00	12:30	Quotidienne	16	3	2	-	
Trenitalia	Turin	Salerno	20h30	9h00	12:30	Quotidienne	17	3	3	-	
Renfe	Hendaye	Lisbonne	18h30	7h30	13:00	Quotidienne	17	7	5	2h30	
Renfe	La Corogne	Barcelone	17h45	8h45	13:00	6 jours / 7	10	3	3	-	

Tableau 13 : Dessertes comparées des trains de nuit en Europe

#### 6.4.1.2. Temps de parcours

La distance Barcelone Francfort étant particulièrement longue pour un saut de nuit, nous avons analysé les temps de parcours et vitesses moyennes d'autres trains de nuit similaires. La vitesse moyenne (et le nombre d'arrêts) est ajustée pour permettre des arrivées dans une fourchette 6h - 9h quelle que soit la distance. Les parcours les plus longs présentent donc des vitesses moyennes élevées de l'ordre de 93 km/h sans atteindre la **vitesse moyenne de 103 Km/h du projet Barcelone – Francfort.**

Opérateur	Ligne		Trajet				
	Départ	Arrivée	Départ	Arrivée	Durée	Longueur (km)	Vitesse moyenne (km/h)
SNCF	Paris	Rodez	20h30	6h00	09:30	650	68
SNCF	Paris	Latour de Carol	22h10	9h20	11 :10	850	77
SNCF	Paris	Briançon	20h50	8h20	11:30	750	65
Thello	Paris	Venise	19h15	9h15	14:00	980	70
ÖBB	Vienne	Venise	21h30	8h30	11:00	700	64
ÖBB	Vienne	Hambourg	20h30	8h45	12:15	1130	92
ÖBB	Vienne	Bregenz	23h00	8h30	09:30	620	65
TrenItalia	Turin	Lecce	20h30	9h00	12:30	1165	93
TrenItalia	Turin	Salerne	20h30	9h00	12:30	920	74
Renfe	Hendaye	Lisbonne	18h30	7h30	13:00	1050	80
Renfe	La Corogne	Barcelone	17h45	8h45	13:00	1080	83

Tableau 14 : Temps de parcours comparés des trains de nuit en Europe

#### 6.4.1.3. Niveau de service offert

La comparaison des niveaux de service est résumée ci-après. La gamme la plus différenciée est celle d'ÖBB.

Transporteur	Thello	SNCF	Trenitalia	Renfe	ÖBB
- Places assises	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
- Couchettes					
- 6 personnes	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
- 4 personnes	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
- Wagon-lit					
- 3 personnes	Oui	Non	Oui	Non	Oui
- 2 personnes	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
- 1 personne	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
Wagon restaurant	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
Douches privatives	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
Service subventionné	Non	Oui	Oui	Oui	Non

Tableau 15 : Niveaux de service comparés des trains de nuit

#### 6.4.1.4. Tarification

Il est difficile d'établir des comparaisons très fiables dans la période épidémique actuelle. Toutefois la comparaison des tarifs à moyen terme (voyages à 3 mois) est possible. Cet examen des prix sera à reprendre une fois tous les trains ouverts de nouveau à la réservation. Cette comparaison conduit à des prix de marché moyens s'établissant dans les fourchettes suivantes :

- Place assise : 35 - 40 €
- Couchette : 50 – 60 €
- Wagon – lit : 180 – 200 €

Départ	Ligne Arrivée	Place assise	Tarifs (€)		
			Voiture Couchette 2e	Voiture Couchette 1e	Wagon lit (sans précision)
Paris	Rodez	30 €	59 €	85 €	-
Paris	Latour-de-Carol	-	29 €	44 €	-
Paris	Briançon	30 €	59 €	85 €	-
Paris	Venise	-	29 €	45 €	150 €
Vienne	Venise	31 €	49 €		149 €
Vienne	Hambourg	39 €	59 €		179 €
Turin	Salerne	30 €	40 €		217 €
Milan	Naples	30 €	40 €		208 €
Rome	Bolzano	13 €	40 €		193 €
Rome	Venise	13 €	45 €		184 €
Madrid	Ferrol	55 €	83 €		186 €
Madrid	Lisbonne	24 €	34 €		178 €
Barcelone	La Corogne	57 €	-		116 €

Tableau 16 : Tarifications comparées des trains de nuit

Il convient de noter une pratique tarifaire intéressante de la part d'ÖBB qui consiste à introduire un supplément pour chaque service plutôt qu'un prix de marché global.

Supplément ÖBB	Voiture - Couchette	Voiture - lit
6 places	+15 €	
4 places	+25 €	
3 personnes		+35 €
2 personnes		+55 €
1 personne		+105 €
Douche/WC privatives		+ 25 €

Tableau 17 : Système de suppléments introduit par ÖBB

#### 6.4.1.5. Synthèse

L'exploitation des enquêtes réalisées sur le plan européen (en particulier la thèse de M.K. Heufke Kantelaar) conduit à conclure que les éléments privilégiés par la clientèle encline à emprunter les trains de nuit sont :

- Un nombre de personnes par compartiment qui est le déterminant majeur du confort,
- Un service confortable et sûr plutôt que luxueux : Les voyageurs sont prêts à payer plus pour plus de confort plutôt que pour un service plus luxueux.

Il faut donc proposer des services confortables sans excès avec des services (wifi, restauration, accompagnement...) et des cabines de 1,2, 3 ou 4 personnes au maximum. Les tarifs qui peuvent être appliqués doivent être basés à la fois sur le benchmark et sur les tarifs de trains longue distance diurnes dont trois exemples sont fournis ci-après :

Trajet	Durée	Correspondances	Prix	Délai de réservation
Marseille - Francfort	7h45	0	~ 80€	3 mois à l'avance
Paris – Barcelone	6h40	0	~ 80€	3 mois à l'avance
Barcelone – Paris – Francfort	12h45	1	~ 150€	3 mois à l'avance

Tableau 18 : Tarification pratiquée sur des trajets longue distance diurnes à grande vitesse

## 6.5. OFFRE FRET

### 6.5.1. Le contexte ferroviaire espagnol

Les échanges entre l'Espagne et l'Union Européenne ont fortement augmenté depuis que le pays a rejoint cette dernière en 1986. Depuis le début des années 2000, dans le cadre de son « Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte » (Plan Stratégique d'Infrastructures et de Transport, PEIT), le pays investit afin de rénover son réseau ferré, afin de rendre ses voies conformes à l'écartement UIC, dans le but d'accroître et faciliter le trafic international, à l'horizon 2020.

La mise en service de la ligne Figueras – Perpignan en décembre 2010, avec l'ouverture du tunnel du Perthus, a amélioré la desserte de l'Espagne, grâce à un écartement UIC, qui permet de s'affranchir des contraintes à la frontière française, qui contraignait à changer l'écartement des essieux, et de gagner près de 50 minutes.

### 6.5.2. Offre de trains conteneurs caisses mobiles

Au départ du port de Barcelone, de nombreuses solutions de transport de conteneurs par voie ferroviaire sont disponibles. La carte ci-dessous les présente, et met en exergue un nombre important de relations vers le Nord-Est de la France et l'Allemagne, témoignant d'une réelle demande sur ce tronçon.

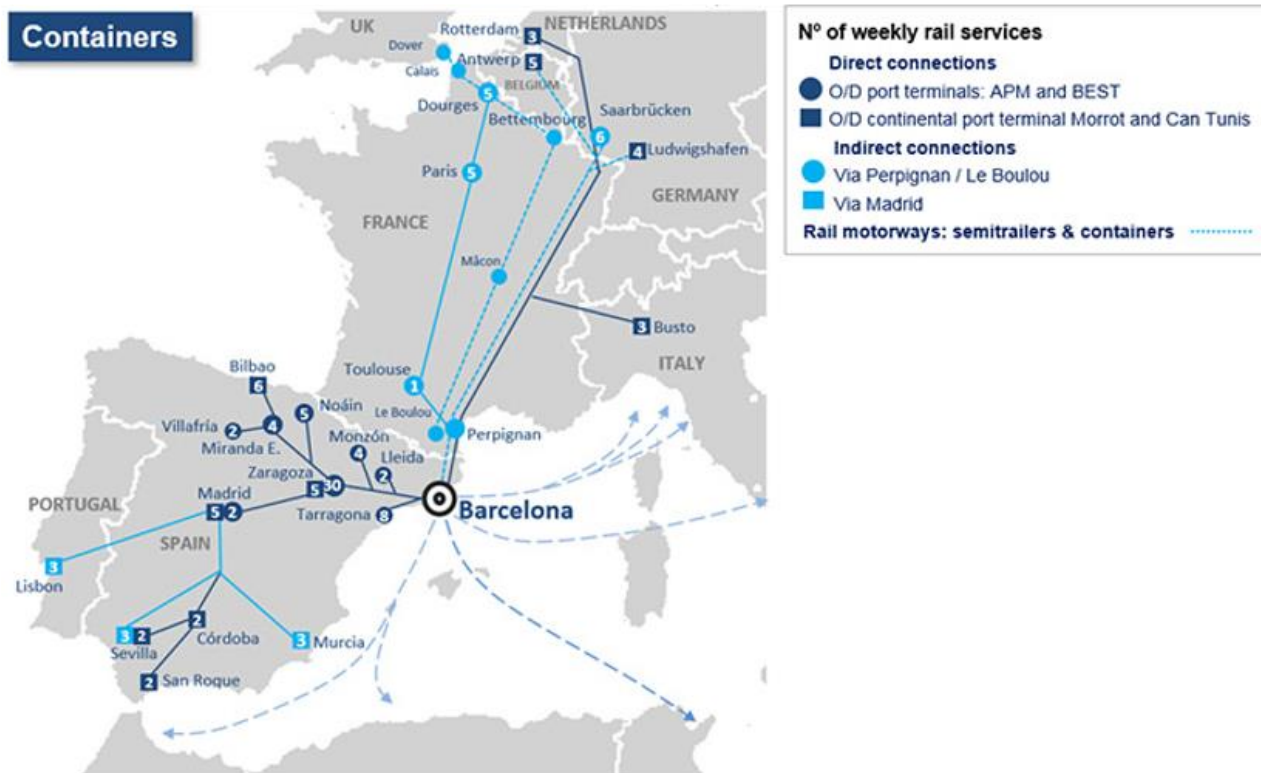


Figure 53 : Services ferroviaires existants au départ de Barcelone (source : Port de Barcelone)

### 6.5.3. Offre autoroute ferroviaire

#### 6.5.3.1. Les autoroutes ferroviaires françaises

Les autoroutes ferroviaires sont un mode de transport combiné de marchandises. Les semi-remorques sont chargées à bord de trains dans les plateformes multimodales, et sont ensuite

transportées, de manière non-accompagnée (sans conducteur ni engin de traction). Cela permet aux entreprises de transport routier d'économiser leurs ressources humaines et de matériel, en leur donnant la possibilité d'effectuer, sur les longues distances, un saut de nuit.

L'offre de transport de marchandises par les autoroutes ferroviaires en France est principalement proposée par Viia (filiale de SNCF) et Lorry Rail. Reliant tout d'abord Bettembourg au Luxembourg, et la plateforme du Boulou près de Perpignan, le service s'est étendu au fil des années. Depuis février 2019, une nouvelle autoroute ferroviaire relie Bettembourg et Barcelone, à raison de 6 aller-retours par semaine.

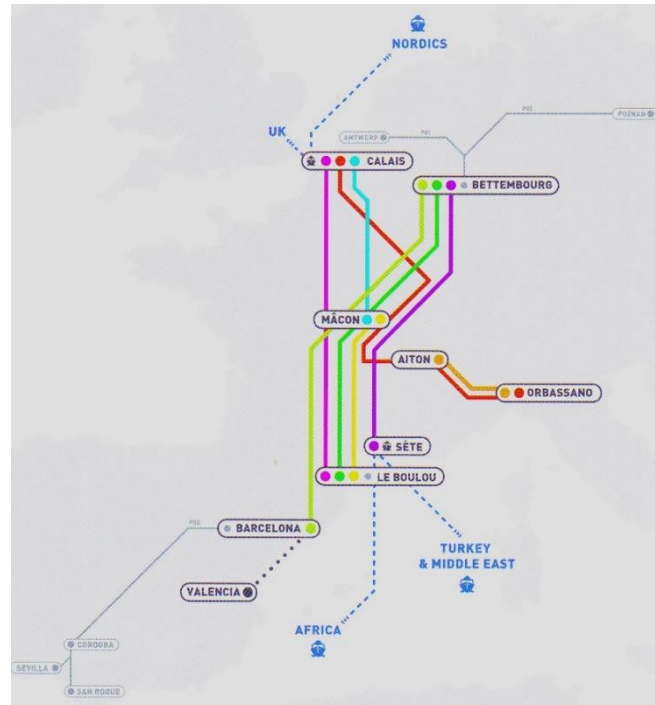


Figure 54 : Schéma des autoroutes ferroviaires en France

#### 6.5.3.2. Les autoroutes ferroviaires à l'étranger

Le service d'autoroute ferroviaire s'est notamment développé en Autriche et en Suisse, pays de transit de marchandises. Le fer leur permet de réduire la part de camions traversant leur territoire, ainsi que leur impact environnemental, et permet aux transporteurs de traverser le massif alpin.

Ces deux pays voient d'ailleurs la fréquentation de leurs autoroutes ferroviaires s'améliorer, avec 140 000 poids-lourds transportés par ÖBB en Autriche en 2014, et 110 000 par Ralpin en Suisse.

#### 6.5.4. Analyse du positionnement du marché fret par fer

**D'après des entretiens avec des chargeurs, deux variables sont les plus dimensionnantes :**

- **Le prix**
- **La régularité et la fiabilité**

##### 6.5.4.1. Le prix

**Le prix du transport est le premier critère de choix.** Le prix du PL français est aux alentours de 1,2€ / PL.km (y.c. péages) mais sur ces marchés, la concurrence est faite avec des transporteurs ibériques (espagnols ou portugais), voire des pays d'Europe de l'est dont le coût avoisine 0,6 à 0,8€ du PL.km

- Le cout d'un transport routier de Barcelone à Francfort par la route (1330km) est de l'ordre **de 1000 à 1100€.**

- **Compte tenu des temps d'acheminement, diffusion, le cout ferroviaire proposé doit être plus faible, de l'ordre de 15% à 25% moins cher. L'ordre de grandeur pour un « billet » sur l'AF Bettembourg – Le Boulou (plus court) est d'environ 700€**

#### 6.5.4.2. La fiabilité du transport

#### La régularité et la fiabilité est le second critère de choix

Or les trains de fret actuels ne sont *pas fiables en termes de temps de parcours* (cf. diagramme), mais surtout en **jours de circulations** : un service régulier est une des clefs du transfert modal.

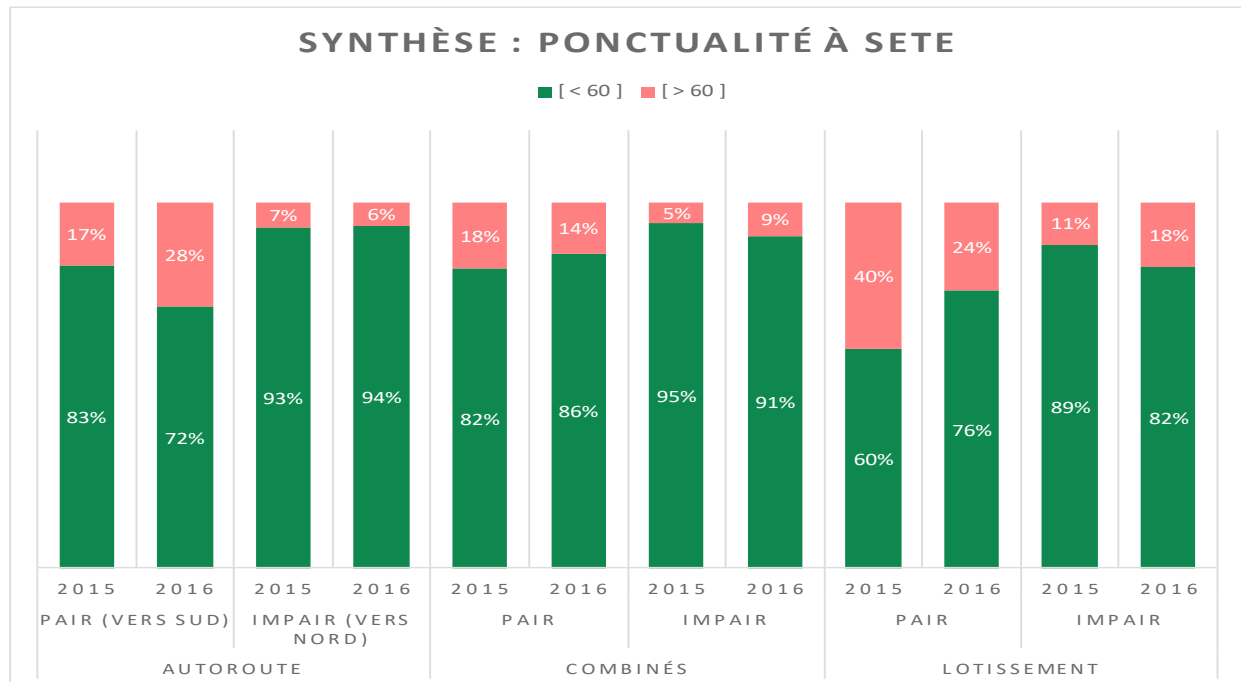


Figure 55 : Ponctualité des services fret à 60mn à Sète (source : Analyse Bréhat – Rail Concept)



## 7. L'INSERTION DANS LE GRAPHIQUE

### 7.1. ANALYSE DE L'INSERTION

En fonction des horaires prévus, nous analysons plus en détail les difficultés éventuelles d'insertion du sillon à l'aller et au retour.

Les points critiques sont surlignés en rouge dans les tableaux horaires. et concernent essentiellement le passage en Languedoc Roussillon le matin et le soir ainsi que le passage à l'aller au droit de Strasbourg et en Allemagne.

Pour l'itinéraire de nuit entre Avignon et Nancy, le sillon sera toujours traçable en fonction des travaux de nuit du fait des possibilités de double itinéraire au sud et au nord de Lyon. La seule incertitude reste l'itinéraire Dijon Nancy en double voie mais la maintenance y est programmée 4h de jour sur une des deux voies.

Sens Aller	19:00	Sens Retour	20:15
Barcelone	19:00	Francfort	20:15
Gerone	19:51	Mannheim	20:51
Figueres	20:37	Heidelberg	21:08
Perpignan	21:09	Karlsruhe	21:39
Narbonne	21:46	Strasbourg	22:24
Béziers	22:06	Nancy	23:40
Agde	22:23	Avignon	5:23
Sète	22:42	Nîmes	5:54
Montpellier	23:04	Montpellier	6:25
Nîmes	23:35	Sète	6:46
Avignon	0:06	Agde	7:05
Nancy	5:49	Béziers	7:23
Strasbourg	7:05	Narbonne	7:43
Karlsruhe	7:50	Perpignan	8:20
Heidelberg	8:21	Figueres	8:52
Mannheim	8:38	Gerone	9:38
Francfort	9:14	Barcelone	10:29

Tableau 19 : tableau horaire d'inscription des sillons (vitesse 140 km/h)

Pour ce qui concerne l'inscription du sillon en Languedoc Roussillon, le réticulaire prévu dans les horizons à moyen terme réserve un sillon entre Perpignan et Montpellier. Le sillon s'inscrit également en dehors des plages de maintenance de LFP.

On note l'existence d'un sillon TGV chaque heure qui ne sera pas occupé ni le matin ni le soir.

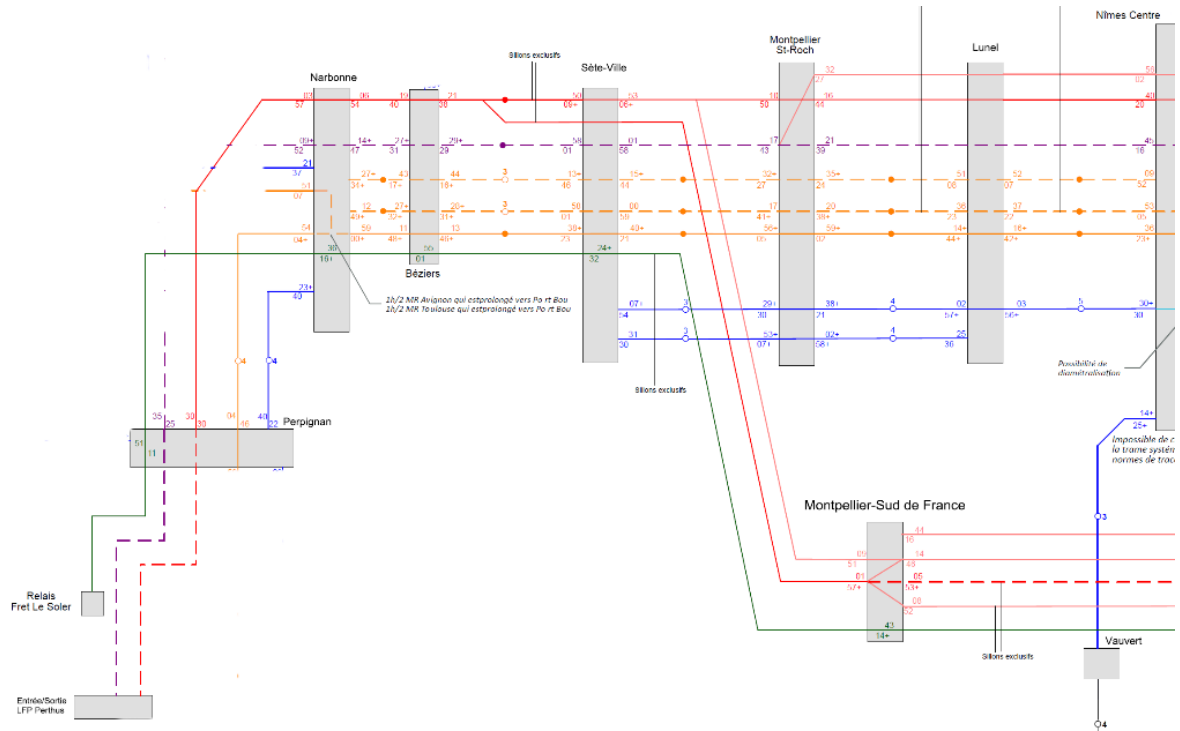


Figure 56 : Réticulaire Languedoc Roussillon

Pour ce qui concerne le passage au droit de Strasbourg, le matin, le sillon s'insère entre Strasbourg et Kehl entre les TER à la demi-heure vers Kehl et au quart d'heure vers Bâle.

Le passage en Allemagne par Heidelberg facilite l'insertion en matinée.

## 7.2. HORAIRE FINAL PROPOSE

En fonction de l'ensemble des analyses précédentes nous avons bâti un nouvel horaire optimisé tenant compte des éléments suivants :

- Réduction de certains temps d'arrêts
- Optimisation des temps de coupe accroche
- Vitesse 140 km/h sur la partie mixte (160 km/h sur la partie voyageurs)
- Suppression des arrêts Agde et Sète
- Positionnement dans le sillon TGV à Perpignan (30/30)

Ces horaires optimisés permettent de compenser partiellement la réduction de vitesse à 140 km/h avec des heures de départ et d'arrivée plus favorables.

Sens Aller	18:29	Sens Retour	19:28
Barcelone	18:29	Francfort	19:28
Gérone	19:18	Mannheim	20:09
Figueres	20:00	Heidelberg	20:26
Perpignan	20:30	Karlsruhe	20:56
Narbonne	21:06	Strasbourg	21:40
Béziers	21:21	Nancy	23:15
Agde		Avignon	4:47
Sète		Nîmes	5:17
Montpellier	22:14	Montpellier	5:49
Nîmes	22:43	Sète	
Avignon	23:13	Agde	
Nancy	4:52	Béziers	6:40
Strasbourg	6:13	Narbonne	6:57
Karlsruhe	6:57	Perpignan	7:30
Heidelberg	7:28	Figueres	8:09
Mannheim	7:45	Gérone	8:32
Francfort	8:22	Barcelone	9:18

## 8. ANALYSE DE MARCHÉ ET PREVISIONS DE TRAFIC VOYAGEUR

L'objectif de cette partie est d'analyser le marché voyageur tous modes et d'en déduire une estimation du trafic de nuit captable par type de service offert ainsi que les recettes associées à ce service. La saisonnalité des trafics sera précisée sur l'Année et sur la semaine (JOB, pointes annuelles et hebdomadaires)

### 8.1. OFFRE ACTUELLE

Dans cette partie nous allons nous intéresser aux modes de transports disponibles actuellement pour relier les villes de Barcelone et Francfort.

#### 8.1.1. Offre routière

##### 8.1.1.1. La voiture particulière

Relier la Catalogne à la région d'Hessen – Unterfranken, prend 12h30 par la route. En termes de coût, les estimations donnent un total de 227 €, dont 95 € de péages et 132 € de carburant (pour un véhicule diesel moyen).

##### 8.1.1.2. L'autocar

Les transports en commun routiers, comme les autocars, permettent de relier Barcelone et Francfort en 21h30, pour un coût aux alentours de 60 € (source : Flixbus).

#### 8.1.2. Offre ferroviaire

Il n'existe, à l'heure actuelle, aucune liaison directe en train entre Barcelone et Francfort. Il est néanmoins possible de relier les deux villes avec ce mode de transport, avec une correspondance par Paris. Ce trajet s'effectue en 12h50 (dont 2h de correspondance à Paris), pour un coût aux alentours de 150 – 180 € (source : oui.sncf.fr).

#### 8.1.3. Offre aérienne

En avion, la liaison Barcelone – Francfort s'effectue en 2h10. Avec une compagnie low-cost comme Ryanair, le prix d'un billet s'élève à 25 €, et se situe autour de 80 € sur une compagnie classique comme Lufthansa.

#### 8.1.4. Résumé de l'offre actuelle

Le tableau ci-dessous présente l'ensemble de l'offre de transport actuelle entre Barcelone et Francfort.

Trajet	Mode	Durée	Prix	Délai de réservation
Barcelone - Francfort	Avion (RyanAir)	2h10	~ 25€	3 mois à l'avance
Barcelone - Francfort	Avion (Lufthansa)	2h10	~ 80€	3 mois à l'avance
Barcelone - Francfort	VP	12h30	~ 230€	-
Barcelone - Francfort	Car (Flixbus)	21h30	~ 60€	3 mois à l'avance

Tableau 20 : Offre actuelle de transport entre Barcelone et Francfort

## 8.2. DEMANDE ACTUELLE

L'analyse de la demande actuelle par différents modes est basée sur l'étude des déplacements entre départements desservis par le train de nuit, sur une base des déplacements datant de l'ENTD 2008 (version la plus récente à ce jour).

L'étude concerne deux segments de marché :

- Le marché principal (en bleu sur la carte ci-dessous) : échanges entre les deux pôles du train séparés par la nuit
  - Offre nouvelle : on peut espérer capter une part de la clientèle aérienne, voire une part de la clientèle VP
- Les marchés complémentaires (en orange sur la carte) : échanges entre des départements proches
  - Offre concurrente à l'offre actuelle : on peut espérer capter une part de la clientèle fer actuelle + un peu de report modal

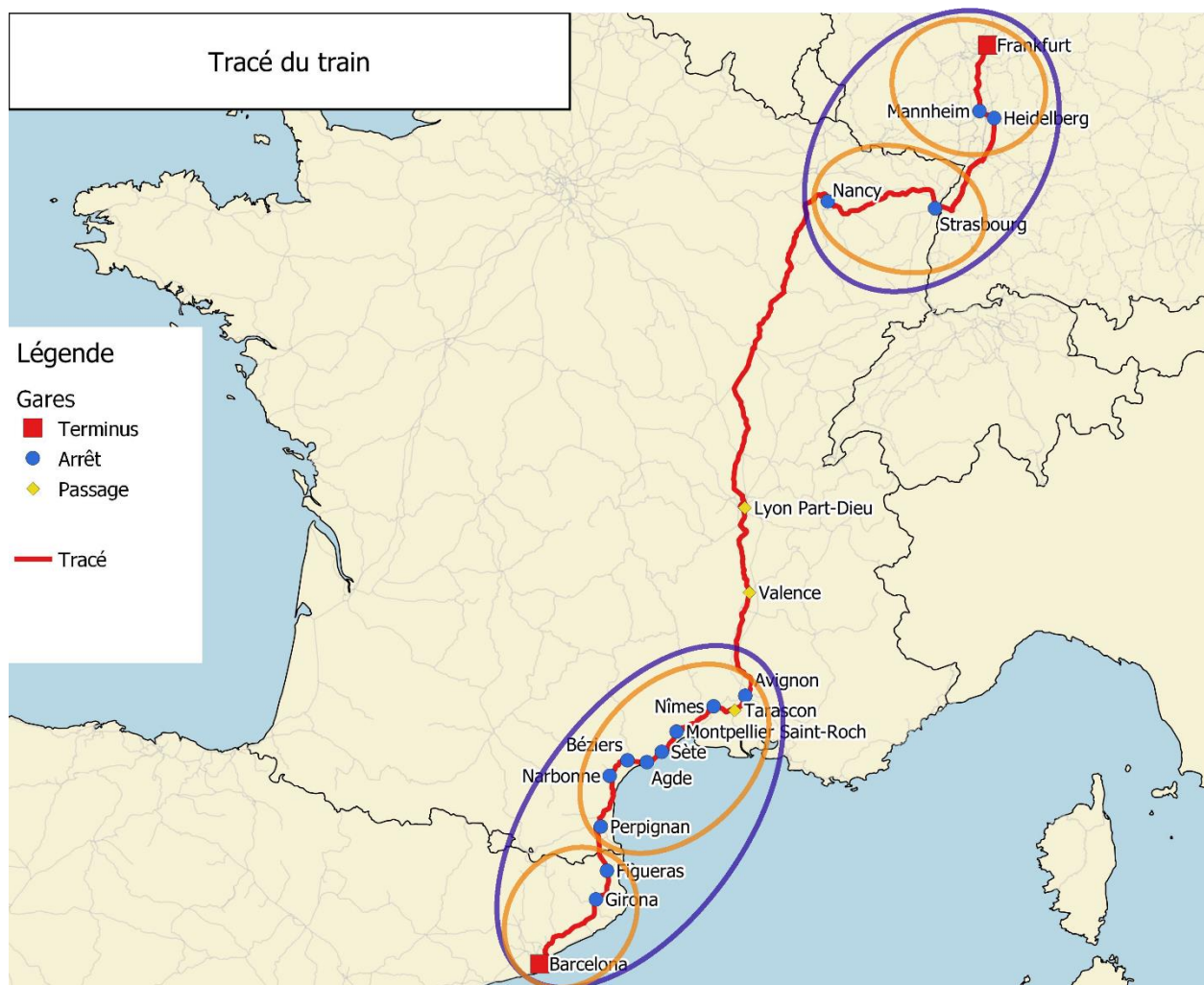


Figure 57 : Segments de marché concernés par la liaison Barcelone Francfort

Les cartes ci-dessous présentent le nombre de déplacements sur le tracé du train mixte.



Figure 58 : Déplacements sur le tracé du train mixte (source : ENTD 2008)

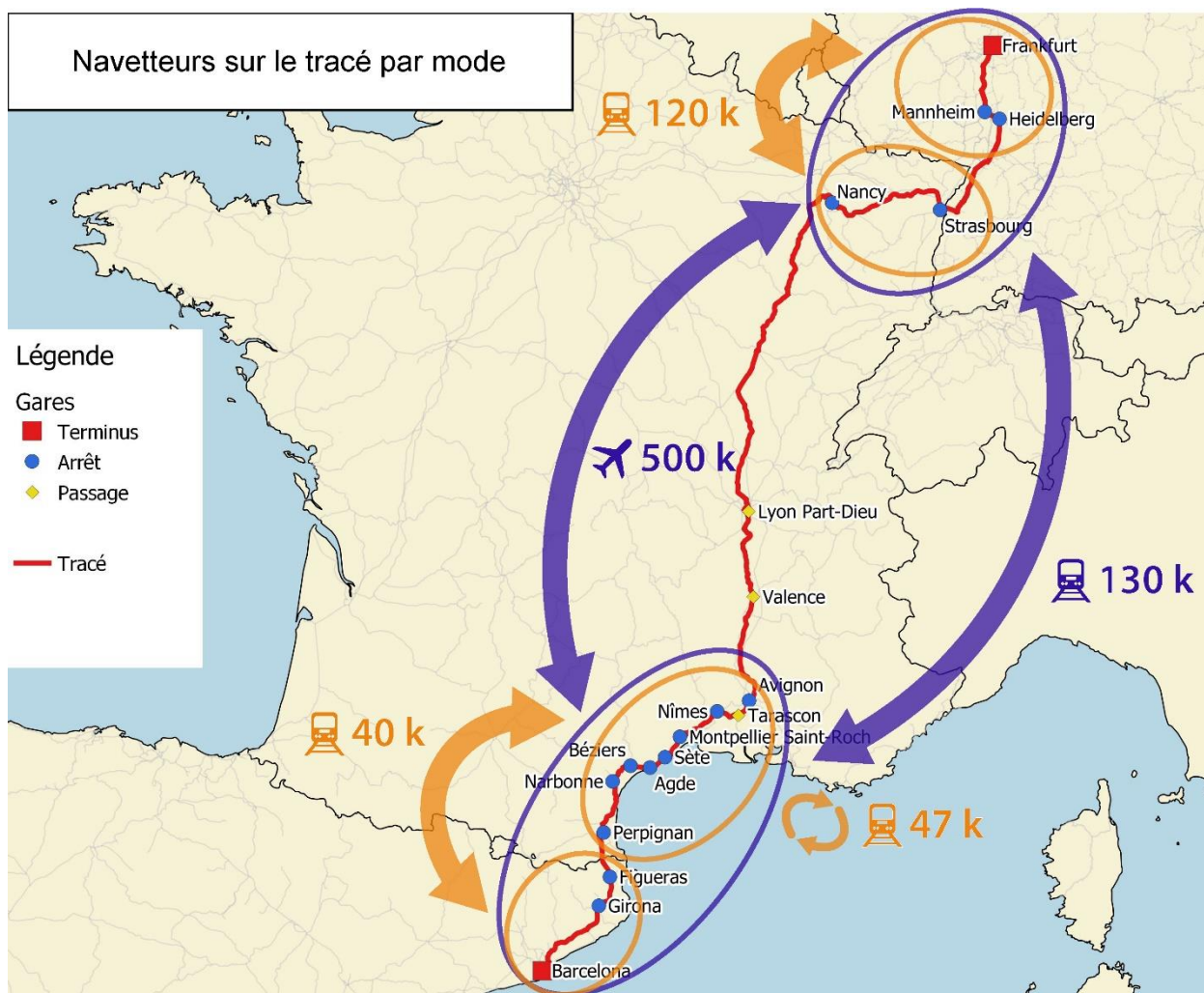


Figure 59 : Carte des déplacements des usagers des modes ferroviaire et aérien (source : ENT D 2008)

Ainsi les volumes de trafic voyageur tous modes, susceptibles d'être captés par la desserte de nuit sont les suivants :

- Marché principal (bleu) :
  - 1,9 M de voyageurs au total entre le Sud et le Nord
  - 500k voyageurs aériens/an entre Sud et Nord
  - 130k voyageurs ferroviaires / an entre Sud et Nord (75% de national)
- Marchés complémentaires (orange) :
  - 90k voyageurs train dans le Sud (9 Millions tous modes)
  - 120k voyageurs train dans le Nord (4,9 Millions tous modes)

### 8.3. ANALYSE PROSPECTIVE

Les données de l'ENTD 2008 doivent être corrigées, à cause de leur ancienneté. Pour se faire, la comparaison des données de voyageurs ferroviaires, entre 2008 et 2019 (hors mois de grèves), permet d'appliquer un coefficient de correction des données, illustrant une hausse des trafics et donc de la fréquentation potentielle.

En effet, d'après les données du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 68 millions de voyages de longue distance ont été effectués en France en 2008 (11 premiers mois), contre 78 millions sur les 11 premiers mois de 2019, soit une augmentation de trafic de 15%. Ce coefficient sera appliqué au nombre total de voyageurs estimé sur le train mixte.

#### 8.3.1. Report modal de l'aérien vers le fer

Nous allons ici estimer la part de marché captée par le train de nuit, sur les vols longue distance entre le Sud et le Nord du tracé. Pour rappel, 500 000 personnes se déplacent annuellement entre ces zones.

##### 8.3.1.1. Hypothèses

Les études actuelles montrent que 30% à 50% environ de la clientèle des vols du soir et du matin peuvent se détourner vers le fer. Les vols du soir et du matin représentent quant à eux, environ 20% du trafic aérien total.

On peut ainsi en conclure qu'entre 6% et 10% des usagers de l'aérien entre le Sud et le Nord, vont se reporter vers le train de nuit.

##### 8.3.1.2. Préviation de trafic

Le tableau ci-dessous présente le nombre de voyageurs qui pourraient se reporter de l'avion vers le train de nuit.

	Hypothèse basse	Hypothèse haute
Voyageurs air (milliers)	501	501
% report air Matin & Soir vers train de nuit	30%	50%
% air Matin & Soir / air total	20%	20%
Voyageurs reportés air – fer (milliers)	30	50

Tableau 21 : présentation du report modal air – fer

#### 8.3.2. Report modal de la voiture vers le fer

Nous allons ici estimer la part de marché captée par le train de nuit, sur les déplacements en voiture, ainsi que les voyageurs induits, c'est-à-dire les nouveaux voyageurs qui ne se déplaçaient pas sur le tracé du train de nuit avant sa création, et qui le feront après celle-ci.

##### 8.3.2.1. Hypothèses

On estime le report modal des usagers de la voiture, auquel s'ajoutent les voyageurs induits, représente entre 2 et 5% du nombre de navetteurs usagers de la voiture. N'ont été retenus ici que les navetteurs de longue distance, le report modal de la voiture vers le train de nuit, pour des trajets courts, interdépartementaux, étant négligeable.



### 8.3.2.2. Prévion de trafic

Le tableau ci-dessous présente le nombre de voyageurs qui pourraient se reporter de la voiture vers le train de nuit.

Hypothèse	Basse	Haute
Déplacements VP longue distance (millions)	1,26	1,26
% report air Matin & Soir - Train de nuit	2%	5%
Voyageurs reportés route – fer (milliers)	<b>25</b>	<b>63</b>

Tableau 22 : Présentation du report modal VP – fer et des voyageurs induits

### 8.3.3. Report modal du fer diurne vers le fer nocturne

Enfin, il s'agira de prévoir le report modal du trafic ferroviaire diurne de longue distance vers le train de nuit. On présentera le calcul utilisé pour obtenir les résultats, avant de les commenter.

#### 8.3.3.1. Hypothèses

Le report du ferroviaire diurne vers le nocturne dépend de deux éléments :

- L'existence ou non d'une liaison directe entre les origines et destinations
- Le temps de parcours en train diurne entre les origines et les destinations

Une fois ces deux données connues sur les trajets identifiés, on utilise la formule suivante, calée en 2010, pour estimer le report modal du diurne vers le nocturne :

$$\% \text{ report} = \tanh(\alpha * \text{temps de parcours} + \beta) + \gamma * \text{nombre de liaisons quotidiennes}$$

Avec :

$\alpha$	<b>-0,1346</b>
$\beta$	0,1547
$\gamma$	-0,0884
Nombre de liaisons quotidiennes	2,5

Tableau 23 : Coefficients du calcul de report modal du fer diurne vers le nocturne

Le graphe ci-dessous présente le taux de report du diurne au nocturne en fonction des temps de parcours :

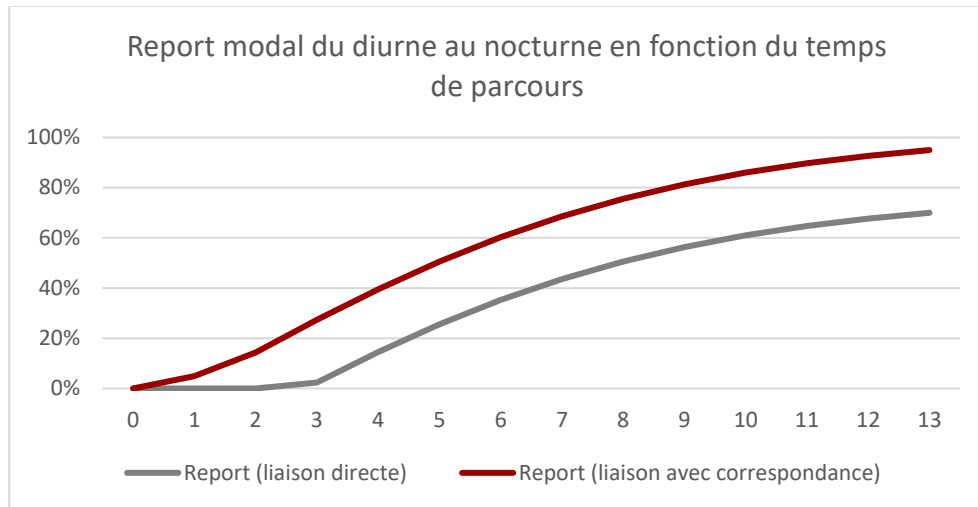


Figure 60 : Pourcentage de report modal du train diurne vers le train nocturne, en fonction de la durée du trajet

### 8.3.3.2. Données

Différents trajets sur le tracé du train de nuit ont été étudiés afin d'obtenir des ordres de grandeur des temps de parcours entre différentes origines et destinations, ainsi que la présence ou non de liaisons directes.

Les tableaux ci-dessous présentent respectivement, sur des origines destinations établies entre les villes principales desservies par le train de nuit, la présence ou non d'une liaison directe et le temps de parcours entre les villes.

Villes	Barcelone	Perpignan	Narbonne	Montpellier	Nîmes	Avignon	Nancy	Strasbourg	Mannheim	Francfort
Barcelone	-	DIRECTE	DIRECTE	DIRECTE	DIRECTE	CORRESP	CORRESP	CORRESP	CORRESP	CORRESP
Perpignan	DIRECTE	-	-	DIRECTE	DIRECTE	DIRECTE	CORRESP	CORRESP	CORRESP	CORRESP
Narbonne	DIRECTE	-	-	DIRECTE	DIRECTE	DIRECTE	CORRESP	CORRESP	CORRESP	CORRESP
Montpellier	DIRECTE	DIRECTE	DIRECTE	-	DIRECTE	DIRECTE	CORRESP	DIRECTE	CORRESP	CORRESP
Nîmes	DIRECTE	DIRECTE	DIRECTE	DIRECTE	-	DIRECTE	CORRESP	DIRECTE	CORRESP	CORRESP
Avignon	CORRESP	DIRECTE	DIRECTE	DIRECTE	DIRECTE	-	DIRECTE	DIRECTE	DIRECTE	DIRECTE
Nancy	CORRESP	CORRESP	CORRESP	CORRESP	CORRESP	DIRECTE	-	DIRECTE	CORRESP	CORRESP
Strasbourg	CORRESP	CORRESP	CORRESP	DIRECTE	DIRECTE	DIRECTE	DIRECTE	-	DIRECTE	DIRECTE
Mannheim	CORRESP	CORRESP	CORRESP	CORRESP	CORRESP	DIRECTE	CORRESP	DIRECTE	-	-
Francfort	CORRESP	CORRESP	CORRESP	CORRESP	CORRESP	DIRECTE	CORRESP	DIRECTE	-	-

Tableau 24 : Types de liaisons entre les principales villes desservies par le train mixte

Villes	Barcelone	Perpignan	Narbonne	Montpellier	Nîmes	Avignon	Nancy	Strasbourg	Mannheim	Francfort
Barcelone	-	1h30	1h30	3h	3h30	5h	9h30	10h	13h	13h
Perpignan	1h30	-	-	2h	2h30	3h	8h	8h30	10h	10h
Narbonne	1h30	-	-	2h	2h30	3h	8h	8h30	10h	10h
Montpellier	3h	2h	2h	-	30min	1h	6h	6h	8h30	8h30
Nîmes	3h30	2h30	2h30	30min	-	30min	6h	5h	8h	8h
Avignon	5h	3h	3h	1h	30min	-	7h	5h	7h	7h
Nancy	9h30	8h	8h	6h	6h	7h	-	1h30	4h	4h
Strasbourg	10h	8h30	8h30	6h	5h	5h	1h30	-	2h	2h
Mannheim	13h	10h	10h	8h30	8h	7h	4h	2h	-	-
Francfort	13h	10h	10h	8h30	8h	7h	4h	2h	-	-

Tableau 25 : Durée du trajet en train entre les principales villes desservies par le train mixte

### 8.3.3.3. Prévision de trafic

Le tableau ci-dessous présente le nombre de voyageurs captés aux trains diurnes par le train de nuit :

	Marché longue distance
Voyageurs train captables	129 442
Voyageurs captés	78 562
% du report du fer diurne vers le train mixte	61%

Tableau 26 : Présentation du report modal du fer diurne vers le fer nocturne

### 8.3.4. Prévision de trafic sur le train de nuit

Le tableau ci-dessous rassemble les éléments précédents, à savoir les reports modaux de l'aérien, de la voiture particulière et du ferroviaire diurne, vers le train de nuit.

	Hypothèse basse	Hypothèse haute
Voyageurs captés sur ferroviaire	78 562	78 562
Voyageurs captés sur aérien	30 111	50 185
Voyageurs captés sur VP	25 198	62 996
TOTAL (ENTD 2008)	133 871	191 743
TOTAL (corrigé 2019)	153 952	220 504

Tableau 27 : Prévision de trafic annuel sur le train mixte

Les estimations de trafic prévoient donc entre 153 000 et 220 000 passagers par an sur le train mixte. Le tableau ci-dessous présente la fréquentation et le remplissage des trains, en fonction du nombre de services annuels.

	Hypothèse basse	Hypothèse haute
Nombre de passagers / an	153 952	220 504
Nombre de services / an	730	730

Nombre de passagers / train	211	300
Taux de remplissage	70%	100%

Tableau 28 : Prévion de fréquentation des trains

#### 8.4. TEST DE SENSIBILITE SUR LA DESSERTE FINE EN OCCITANIE

Un **test de sensibilité au trafic est effectué en supprimant la desserte des gares de Narbonne, Béziers et Agde et Sète**. La suppression de ces arrêts a **deux effets** : un **raccourcissement du temps de parcours** sur les OD de bout en bout (et donc un effet vertueux), une **diminution de la zone de chalandise du train**, bien que des correspondances puissent permettre aux populations de ces zones de chalandise de reprendre le train.

L'Hérault (desservi par Béziers, Agde, Sète, Montpellier) représente un trafic d'environ 1/4 du total du trafic du train, mais la population montpelliéraine représente une part importante du bassin de chalandise.

Concernant la desserte de l'Aude, seule Narbonne est desservie et ce trafic représente environ 1/15 du trafic total du trafic du train. Le test est résumé ci-dessous, avec la comparaison avec le cas central :

	Prévion de trafic
Rappel du cas central	153 600
Baisse de la zone de chalandise par suppression de ces gares (Narbonne, Béziers, Agde, Sète)	diminution de 17 000 passagers
Diminution du temps de parcours (environ 15')	augmentation de 3 000 passagers
Cas variant sans la desserte de ces 4 gares	138 600

Nous proposons une solution intermédiaire qui pourrait être celle de supprimer les arrêts Agde et Sète, en conservant les arrêts Narbonne et Béziers. Le trafic serait a peu près constant, Agde et Sète pourraient être desservies via de bonnes correspondances. **Cela correspond à l'horaire proposé dans le chapitre précédent.**

#### 8.5. LES ARRETS DE NUIT

La desserte actuelle fait état d'arrêts entre minuit et six heures du matin : il s'agit des arrêts Avignon et Nancy, où la desserte se fait dans cette plage selon le sens, et selon les temps de parcours. Un test trafic est également fait en supprimant ces arrêts.

	Prévion de trafic
Rappel du cas central	153 600

Baisse de la zone de chalandise par suppression de ces gares (Nancy, Avignon)	diminution de 15 000 passagers
Diminution du temps de parcours (environ 7')	augmentation de 1 000 passagers
Cas variant sans la desserte de ces 4 gares	139 600

Cette option n'apparait pas intéressante.

## 9. ANALYSE DE MARCHÉ ET PREVISIONS DE TRAFIC FRET

L'objectif de cette partie est de réaliser une analyse du marché fret tous modes et de réaliser sur la base de cette analyse une estimation du trafic de nuit captable par type de fret (frigo, conteneurs, messagerie...) ainsi que des recettes associées à ces services. La saisonnalité des trafics sera précisée comme pour les voyageurs sur l'année et sur la semaine (JOB, pointes annuelles et hebdomadaires) afin d'analyser la synergie de remplissage du train mixte.

### 9.1. ANALYSE DE MARCHÉ

Nous analysons ci-après les volumes de marché captables par la relation fer mise en place. Il s'agit de faire une étude de marché sur le transport de fret susceptible d'emprunter les deux axes. Pour ce faire, une **analyse précise des tonnages actuels transportés est faite** et cartographiée.

Au-delà du diagnostic, des scénarios prospectifs seront faits, en procédant :

- A des entretiens ciblés avec des chargeurs, permettant de comprendre l'intérêt pour des chargeurs d'un tel service ;
- En analysant l'offre comparée entre ce futur service ferroviaire, et les services actuels, que ce soit par la route ou bien par les solutions ferroviaires actuelles, incluant notamment les services d'autoroute ferroviaire actuels ou à venir.

#### 9.1.1. Trafic routier

Les volumes de fret routier traversant les Pyrénées, soit en échange avec la France, soit en transit vers les autres pays européens traversant la France sont représentés ci-contre.

Il apparaît que la Catalogne est la Région la plus importante en volumes importés et exportés.

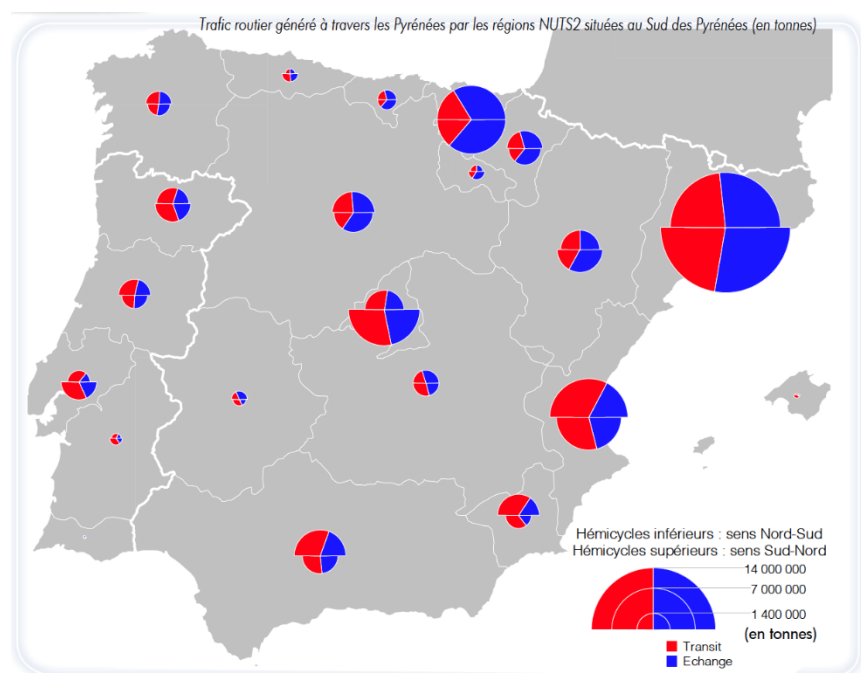


Figure 61 : Trafic routier à travers les Pyrénées (source : OTP 2006)

Les volumes échangés sont représentés ci-après :

- Sens Nord-Sud

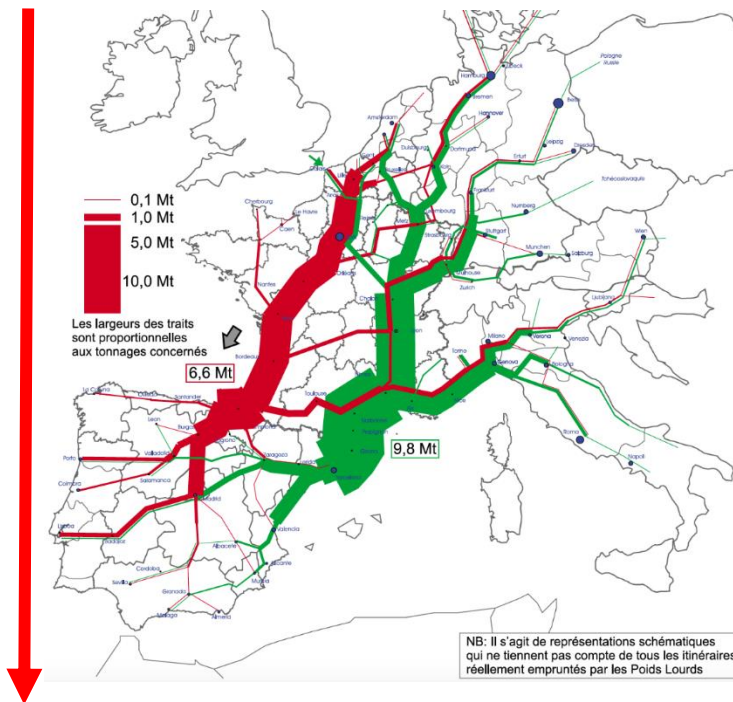


Figure 62 : Schématisation des échanges sens Nord Sud (source : OTP 2006)

- Sens Sud-Nord

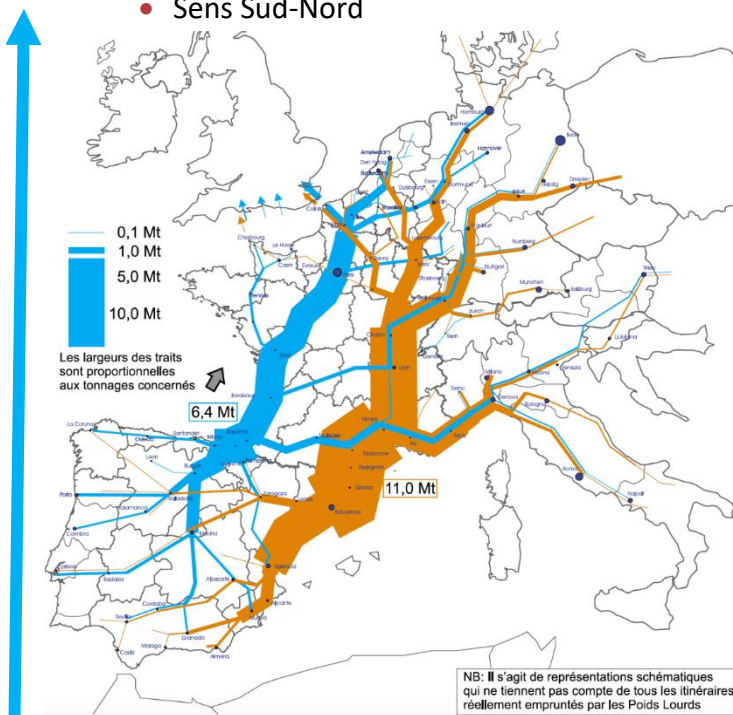


Figure 63 : Schématisation des échanges sens Sud Nord (source : OTP 2006)

En 2017, le marché routier entre l'Espagne et l'Allemagne représentait **12,5 millions de tonnes**. Ils se répartissaient de la manière suivante :

Origine	Destination	Milliers de tonnes (2017)	% des échanges Espagne <> Allemagne
Allemagne	Espagne	5 600	44%
Espagne	Allemagne	6 990	56%
Catalogne	S-O Allemagne	2 250	18%
S-O Allemagne	Catalogne	1 600	13%

Tableau 29 : Échanges de marchandises entre l'Espagne et l'Allemagne (2017)

On remarque que ces échanges sont assez symétriques, et que les échanges entre la Catalogne et le Sud-Ouest de l'Allemagne, zone présentée en bleu sur la carte ci-dessous, représentent plus de 30% des échanges entre les deux pays.



Figure 64 : Carte représentant la zone autour de Francfort considérée pour étudier les échanges avec la Catalogne



Concernant les flux en lien avec les 5 principaux Länder d'Allemagne de l'Ouest en 2010 (Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen et Rheinland-Pfalz), le tableau suivant donne un détail land par land et région par région, pour un total de 8,9 millions de tonnes.

Code	Area	Andalucía	Aragón	Cantabria	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Cataluña	Comunidad de Madrid	Comunidad Foral de Navarra	Comunidad Valenciana	Extremadura	Galicia	La Rioja	Pais Vasco	Principado de Asturias	Región de Murcia	Total
DE1	Baden-Württ	277,9	102,6	64,6	98,4	94,3	462,5	202,6	65,0	297,5	10,7	20,8	40,4	181,9	0,2	107,8	2 027,1
DE11	Stuttgart	92,4	19,4	39,0	11,9	20,0	162,9	52,4	24,7	95,1	1,0	12,1	10,8	90,8	0,0	54,5	687,0
DE12	Karlsruhe	61,4	53,0	24,0	50,5	71,3	155,2	98,5	34,1	80,3	7,5	3,0	9,5	47,5	0,0	21,6	717,5
DE13	Freiburg	100,3	16,7	0,7	34,1	2,8	89,3	32,7	6,2	89,0	0,6	5,0	0,4	30,9	0,1	19,0	427,9
DE14	Tübingen	23,7	13,5	0,9	1,9	0,2	55,0	19,0	-	33,2	1,6	0,6	19,6	12,8	0,0	12,7	194,7
DE2	Bayern	99,0	71,8	17,9	73,6	65,7	447,4	107,4	49,4	142,6	5,9	56,3	19,0	62,6	6,5	85,5	1 310,6
DE2A	Südbayern	66,1	37,3	5,8	51,4	53,2	241,9	74,0	40,8	96,4	5,9	32,8	9,6	39,5	6,5	44,9	806,1
DE2B	Nordbayern	32,9	34,4	12,1	22,2	12,6	205,4	33,4	8,7	46,2	0,0	23,5	9,4	23,1	0,0	40,7	504,5
DE7	Hessen	29,7	36,1	0,3	59,8	88,0	867,5	85,0	37,3	74,5	6,2	9,5	1,3	61,8	0,0	28,3	1 385,2
DE71	Darmstadt	20,3	25,3	-	25,2	22,1	111,4	40,3	5,6	36,7	6,0	6,5	-	23,3	-	28,1	350,8
DE72	Gießen	6,0	6,9	0,1	11,9	27,3	283,3	17,8	7,3	14,3	0,0	0,2	1,2	16,1	0,0	0,1	392,4
DE73	Kassel	3,5	3,9	0,2	22,6	38,6	472,7	26,9	24,5	23,5	0,1	2,9	0,1	22,4	0,0	0,1	642,0
DEA	Nordrhein-W	338,5	117,3	85,7	78,0	76,7	905,0	189,3	129,8	497,6	45,8	73,4	27,8	356,0	69,2	229,1	3 219,1
DEA1	Düsseldorf	47,5	10,0	46,8	15,1	9,9	267,8	35,7	52,7	231,0	6,0	4,9	14,5	86,3	34,6	54,3	917,1
DEA2	Cologne	204,3	33,9	1,4	31,6	38,4	340,2	60,7	43,3	146,8	37,0	18,8	3,2	101,3	12,8	98,6	1 172,3
DEA3	Münster	15,8	8,2	4,4	2,1	14,4	50,4	28,7	6,1	25,8	0,0	3,7	0,0	38,5	12,2	7,9	218,3
DEA4	Detmold	16,3	3,5	5,9	9,1	4,5	78,1	31,9	14,9	28,5	2,1	26,0	9,7	25,5	0,0	16,6	272,7
DEA5	Arnsberg	54,6	61,6	27,2	20,1	9,5	168,5	32,3	12,8	65,5	0,6	19,8	0,4	104,4	9,6	51,6	638,6
DEB	Rheinland-Pf	73,0	41,1	31,8	72,6	38,1	288,0	67,6	44,1	109,4	5,1	28,1	51,7	125,0	8,0	27,1	1 010,8
DEB1	Koblenz	42,8	5,9	16,6	11,8	9,6	72,2	22,7	21,1	40,3	0,0	20,7	39,9	59,2	-	16,8	379,6
DEB2	Trier	6,7	15,2	2,3	6,9	17,5	52,5	9,8	14,4	11,0	5,1	-	3,5	11,3	3,2	2,4	161,6
DEB3	Rheinland-Pa	23,5	19,9	13,0	53,9	11,0	163,4	35,1	8,6	58,1	-	7,4	8,3	54,6	4,9	7,8	469,6
	<b>Total</b>	<b>818,1</b>	<b>368,7</b>	<b>200,3</b>	<b>382,3</b>	<b>362,8</b>	<b>2 970,4</b>	<b>651,9</b>	<b>325,7</b>	<b>1 121,6</b>	<b>73,7</b>	<b>188,0</b>	<b>140,1</b>	<b>787,4</b>	<b>83,9</b>	<b>477,8</b>	<b>8 952,7</b>

Figure 65 - Trafics routiers 2010

### 9.1.2. Typologie de marchandises



Figure 66 : Localisation des principales usines de production de voitures en Espagne

Les types de biens échangés à travers le corridor sont largement influencés par la production interne aux différents pays. L'Espagne est un pays où la **production automobile a une grande importance**. Comme le montre la carte ci-contre, de nombreuses usines de production automobile sont localisées dans le Nord et l'Est du territoire. **Néanmoins, les principaux biens exportés par l'Espagne vers l'Allemagne sont issus des filières agricoles, sylvicoles et chasses**. Le tableau ci-dessous donne le détail des marchandises échangées entre l'Espagne et l'Allemagne.

Le tableau ci-dessous donne la répartition 2010 des typologies de marchandises

Description	Tons 2010	Tons 2010
	Germany->Spain	Spain->Germany
Products of agriculture, hunting, and forestry; fish and other fishing products	3%	43%
Coal and lignite; crude petroleum and natural gas	1%	0%
Metal ores and other mining and quarrying products; peat; uranium and thorium	1%	1%
Food products, beverages, and tobacco	16%	9%
Textiles and textile products; leather and leather products	1%	0%
Wood and products of wood and cork (except furniture); articles of straw and plaiting materials; pulp, paper and paper products; printed matter and recorded media	9%	3%
Coke and refined petroleum products	1%	1%
Chemicals, chemical products, and man-made fibers; rubber and plastic products ; nuclear fuel	17%	6%
Other non metallic mineral products	2%	6%
Basic metals; fabricated metal products, except machinery and equipment	7%	7%
Machinery and equipment n.e.c.; office machinery and computers; electrical machinery and apparatus n.e.c.; radio, television and communication equipment and apparatus; medical, precision and optical instruments; watches and clocks	4%	1%
Transport equipment	14%	15%
Furniture; other manufactured goods n.e.c.	1%	1%
Secondary raw materials; municipal wastes and other wastes	1%	2%
Mail, parcels	6%	1%
Equipment and material utilized in the transport of goods	3%	1%
Goods moved in the course of household and office removals; baggage and articles accompanying travellers; motor vehicles being moved for repair; other non market goods n.e.c.	1%	0%
Grouped goods: a mixture of types of goods which are transported together	11%	3%
Unidentifiable goods: goods which for any reason cannot be identified and therefore cannot be assigned to groups 01-16.	1%	0%
Total	100%	100%

Tableau 30 : Flux des échanges de marchandises entre l'Espagne et l'Allemagne en 2010

### 9.1.3. Trafic ferroviaire

Le tableau ci-dessous présente le trafic ferroviaire de marchandises entre l'Espagne et d'autres pays européens.

En milliers de tonnes		Nord-Sud	Sud-Nord	Deux sens	Répartition / sens	
		TOTAL	TOTAL	TOTAL	Import	Export
Allemagne	DE	500	700	1200	42%	58%
France	FR	1100	200	1300	85%	15%
Belgique	BE	350	250	600	58%	42%

Tableau 31 : Trafic ferroviaire de marchandises entre l'Espagne et d'autres pays européens

On remarque que les échanges entre l'Espagne et l'Allemagne sont également, pour le mode ferroviaire, relativement symétriques, ce qui garantit un remplissage similaire du train dans les deux sens.

Les types de marchandises transportées par le rail sont les suivants :

Type de marchandises	Allemagne -> Espagne	Espagne -> Allemagne	TOTAL ALL<>ES
Métaux et produits fabriqués en métal	40%	51%	45%
Produits chimiques	0%	49%	22%
Equipements de transports et produits manufacturés	60%	0%	33%

Tableau 32 : Types de marchandises échangées par le rail entre l'Espagne et l'Allemagne en 2017

## 9.2. PREVISION DE TRAFIC

Tout comme la prévision de trafic voyageurs, il convient d'établir des hypothèses sur le marché fret. Une hypothèse basse se basant sur les faits actuels et la faible part modale du fret ferroviaire dans les échanges de marchandises, et une hypothèse plus optimiste sur la part modale du fret ferroviaire, prenant en compte la possible évolution du secteur, vis-à-vis des annonces récentes concernant la relance du transport ferroviaire de marchandises, en France notamment.

Ces hypothèses se feront sur le taux de remplissage des wagons de fret du train mixte, comme le présente le tableau ci-dessous :

Hypothèse sur le taux de remplissage FRET	Taux
Basse	50%
Moyenne	65%
Haute	80%

Tableau 33 : Hypothèses de remplissage des wagons fret du train mixte

Étant donnés les éléments suivants :

Nombre EVP max / service	52
Tonnage moyen d'un EVP	20

Tableau 34 : Caractéristiques techniques de la partie fret du train mixte

On peut considérer que le trafic fret sur le train mixte sera donc le suivant :

Hypothèse sur le taux de remplissage FRET	Taux	Nombre d'EVP transportés / an (milliers)	Nombre de tonnes transportées / an (milliers)
Basse	50%	19	380
Moyenne	65%	25	494
Haute	80%	30	608

Tableau 35 : Prévission de trafic de marchandises

A titre de comparaison, l'autoroute ferroviaire Lorry-rail entre Bettembourg et Le Boulou a transporté environ 60 000 UTI (semi-remorques et caisses mobiles confondus) en 2018, soit environ 1 million de tonnes. La capacité maximale de cette autoroute ferroviaire est de 87 600 semi-remorques par an. Elle présente donc un taux de remplissage moyen de 68%. L'hypothèse moyenne présentée ici est donc réaliste sur du moyen à long terme. On peut penser qu'au lancement du train mixte, le taux de remplissage sera plus faible, et nous étudierons donc par la suite, l'hypothèse basse.

### 9.3. CROISSANCE DES TRAFICS

Les hypothèses de projection de trafic à travers le corridor prévoient une forte augmentation de ce dernier à l'horizon 2050. Cet accroissement des volumes échangés est porté par la croissance économique des différents pays concernés. La croissance économique des autres pays stimule les exportations quand la croissance économique interne stimule les importations. La croissance des exportations et importations de l'Espagne et de l'Allemagne est présentée dans le tableau ci-dessous.

Années	Espagne		Allemagne	
	Importations	Exportations	Importations	Exportations
2020	22,9%	25,5%	23%	29,3%
2030	83,2%	61,2%	81,3%	54,9%
2050	167,6%	136,1%	166,1%	93,8%

Tableau 36 : Prévission des imports/exports pour l'Espagne et l'Allemagne depuis 2010

Des hypothèses ont également été réalisées sur l'évolution des marchandises échangées à travers le corridor. Ces évolutions sont présentées dans le graphique suivant :

Les produits relatifs à l'industrie automobile sont ceux qui bénéficient le plus de la croissance des échanges à travers le corridor, contrairement aux métaux et aux produits issus de l'exploitation céréalière.

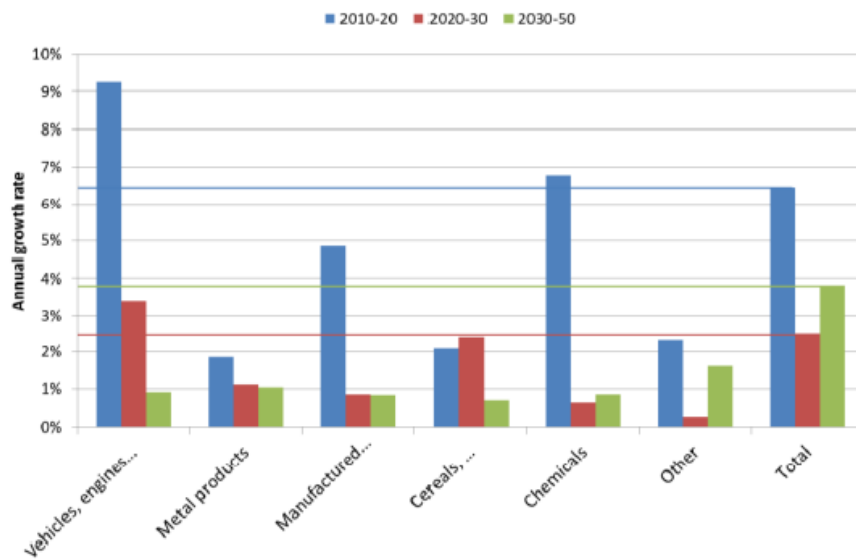


Figure 67 : Croissance totale prévue par types de marchandises

## 10.BILAN ECONOMIQUE ET FINANCIER

### 10.1.RECETTES

Il s'agit d'estimer les recettes :

- Fret suivant part des wagons vides et pleins,
- Voyageurs suivant composition et coefficient de remplissage, selon les analyses faites ci-avant.

Sera retenue ici, par sécurité, l'hypothèse basse de prévision de trafic voyageurs.

Concernant le fret, l'hypothèse moyenne, avec un remplissage de 65%, sera retenue.

#### 10.1.1.Recettes voyageurs

##### 10.1.1.1. Hypothèses

Afin d'estimer les recettes, des hypothèses ont d'abord été faites sur le prix de vente kilométrique. Les barèmes de prix de SNCF, selon la distance avec une part fixe, ont été utilisés, et sont les suivants :

Distance (km)	a	b
0 – 64	-	0,21
65 – 109	2,14	0,18
110 – 149	4,29	0,15
150 – 199	6,43	0,13
200 – 300	8,57	0,10
301 – 500	10,71	0,08
501 – 799	12,86	0,05
800	15,00	0,02

Tableau 37 : Coefficients de calcul de tarification en fonction de la distance

Ces coefficients sont utilisés dans une logique de calcul affine :

$$\text{Prix} = a + b \cdot \text{distance}$$

Ces éléments permettent d'évaluer les recettes des billets d'entrée de gamme, en places assises. Le modèle qui a été choisi pour les suppléments de confort (couchettes ou wagons-lits) est forfaitaire et basé sur le modèle de l'exploitant autrichien ÖBB, présenté précédemment. Pour rappel :

Supplément ÖBB	Voiture - Couchette	Voiture - lit
6 places	+15 €	
4 places	+25 €	
3 personnes		+35 €
2 personnes		+55 €

1 personne		+105 €
------------	--	--------

Tableau 38 : Suppléments tarifaires selon le type de confort (HT)

La répartition des voyageurs de longue distance dans les différents types de confort est la suivante :

Type de place	Courte distance (sans saut de nuit)	Longue distance (saut de nuit)	Supplément TTC
Place assise	100%	13%	- €
Couchettes 6 places		17%	17 €
Couchettes 4 places		30%	28 €
Wagon-lit 3 personnes		13%	39 €
Wagon-lit 2 personnes		12%	61 €
Wagon-lit 1 personne		15%	116 €

Tableau 39 : Répartition des voyageurs par type de place (source : enquête FNAUT)

#### 10.1.1.2. Résultats

Les recettes voyageurs sont donc la somme des recettes kilométriques et des recettes liées aux suppléments de confort. Le nombre de voyageurs choisi ici correspond à l'hypothèse basse évoquée précédemment, soit 163 000 voyageurs annuels. Le tableau ci-dessous les présente :

Type de place	Nombre de places vendues	TOTAL (millions d'€)
Place assise	20,0	0,9
Couchettes 6 places	26,1	1,5
Couchettes 4 places	46,1	3,1
Wagon-lit 3 personnes	20,0	1,6
Wagon-lit 2 personnes	18,4	1,8
Wagon-lit 1 personne	23,0	3,4
<b>TOTAL</b>	<b>153,6</b>	<b>12,3</b>

Tableau 40 : Recettes voyageurs du train mixte

#### 10.1.2. Recettes fret

##### 10.1.2.1. Hypothèses

L'estimation des recettes fret se base sur l'estimation du trafic, présentées précédemment, ainsi que sur des hypothèses de coût de la tonne.kilomètre. Afin d'offrir un service concurrentiel au transport routier, le choix a été fait ici d'appliquer une **tarification de l'ordre de 0.03€ / tonne.km.**

Pour un transport de Barcelone à Francfort (1460 km pour l'itinéraire fret) d'un EVP de 20 tonnes, cela revient à 876€ par trajet.

À titre de comparaison, un tel trajet en transport routier coûte 1064€ (en prenant un coût de 0.8€ / km – chauffeur espagnol) pour 18t en moyenne, soit 35% de plus. Pour des coûts plus faible le transport ferroviaire reste compétitif.





### 10.1.2.2. Résultats

Ainsi, les recettes générées par la partie fret, en se plaçant également dans l'hypothèse basse, sont les suivantes :

Recettes fret	
Tarifification (€ / tonne.km)	0,030 €
Longueur fret pour une OD Barcelone Francfort	1 460
Tonnes transportées par service compte tenu d'un coefficient de remplissage du train de 70% : 52 EVP de 20t x 70%	728t
Tonnes.km par service (un sens) : 728 x 1460	1 062 880 TK
Recettes / service (€)	31 886 €
<b>Recettes FRET annuelles (millions d'€)</b>	<b>23,3M€</b>

Tableau 41 : Recettes fret du train mixte

### 10.1.3. Recettes totales

Ainsi, les parties voyageurs et fret sont à l'origine des recettes suivantes :

Recettes	
Milliers de voyageurs transportés	153,6
Recettes voyageurs (millions d'€)	12,3
Millions de tonnes.km transportées	776
Recettes fret (millions d'€)	23,3
<b>Recettes totales annuelles (millions d'€)</b>	<b>35,6</b>

Tableau 42 : Recettes totales du train mixte

## 10.2. CHARGES D'EXPLOITATION

Il s'agit d'estimer les coûts d'exploitation du service :

- Avec opérateurs historiques (type SNCF)
- Avec autres opérateurs

On présentera tout d'abord les coûts d'exploitation voyageurs, sur l'ensemble du tracé, de Barcelone à Francfort, puis le surplus fret, pour l'acheminement de la partie marchandises de Barcelone à Figueras et de Nancy à Francfort. Nous présenterons les CEX si le service était opéré par un opérateur historique comme SNCF, puis par un autre opérateur, avec réduction des coûts.

### 10.2.1. Coûts d'exploitation communs voyageurs-fret par un opérateur historique

Les charges d'exploitation sont décomposées en 3 catégories :

- Fonctionnement : conduite, entretien, énergie,
- Coûts de capital lié au MR et IFER
- Charges de structure

Le coût des unités d'œuvre provient du référentiel SNCF Réseau [B21] (version de 2019), et sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Poste de charge	Unités	Coût / unité (€2020)	Nombre d'unités / an	Coût annuel (M€2020)
<b>Conduite</b>	€ / train-h	315	10 038	3,2
<b>Manceuvre</b>	€ / train	728	730	0,5
<b>Accompagnement</b>	€ / train-h	248	10 038	2,5
<b>Energie</b>	€ / train-km	2	1 091 350	1,9
<b>Entretien matières premières</b>	€ / train-km	2	1 091 350	2,3
<b>Entretien main d'œuvre</b>	€ / train-km	2	1 091 350	2,3
<b>Service à bord de nuit par voyageur</b>	€ / voyageur	20	133 595	2,7
<b>Distribution</b>	€ / voyageur	6	153 558	0,9
<b>Services en gares</b>	€ / voyageur	1	153 558	0,1
<b>Capital (principal+interet)</b>	€ / train-h	586	10 038	5,9
<b>IFER</b>	€ / loc	26 880	3	0,1
<b>Charges de structure</b>	10% du total	0	0	2,2
<b>TOTAL</b>				<b>24,6</b>

Tableau 43 : Charges d'exploitation voyageurs

#### 10.2.2. Coûts d'exploitation communs voyageurs-fret par un autre opérateur

Il est cependant possible de réduire ces coûts d'exploitation, qui sont ici ceux d'un opérateur comme SNCF, dont les coûts fixes et marginaux sont très importants.

Afin d'estimer les réductions possibles des coûts d'exploitation de SNCF, deux solutions étaient envisageables :

- Appliquer un taux de réduction, de l'ordre de 50%, sur les postes de charges concernés par des réductions possibles (conduite, accompagnement, capital)
- Reprendre poste par poste les dépenses, et les évaluer de manière réaliste, afin d'estimer au mieux les CEX

C'est cette seconde solution qui a finalement été retenue ici.

Les coûts d'exploitation envisagés ont donc été étudiés de manière séparée sur les postes de charge suivants :

- Conduite,
- Accompagnement,
- Services à bord,
- Capital.

##### 10.2.2.1. Conduite

Concernant la conduite, on peut faire les hypothèses suivantes :

- Nécessité de 2 conducteurs par service (environ 7h de conduite, pour 9h de travail) et donc 4 pour l'aller-retour de nuit

- Nécessité, avec les récupérations, d'une équipe 3 fois plus importante (hypothèse large)
- Nécessité de disposer de 12 conducteurs

En supposant que le salaire chargé d'un conducteur est de l'ordre de 80k€/an, le coût envisagé de la conduite est alors de l'ordre de **1 Million d'euros annuel** (hors frais de structure).

#### 10.2.2.2. Accompagnement

Concernant l'accompagnement des voyageurs à bord, on peut faire les hypothèses suivantes :

- Nécessité de 4 accompagnants par service et donc 8 pour l'aller-retour de nuit
- Nécessité, avec les récupérations, d'une équipe 3 fois plus importante (hypothèse large)
- Nécessité de disposer de 24 accompagnants

En supposant que le salaire chargé d'un accompagnant est de l'ordre de 60k€/an, le coût envisagé de l'accompagnement est alors de l'ordre de **1,4 Million d'euros annuel** (hors frais de structure).

#### 10.2.2.3. Services à bord

Concernant les services à bord, le référentiel SNCF Réseau prévoit un cout de 20€ par personne, qui peut sembler important.

Au regard de ce qui se pratique dans l'hôtellerie, le cout marginal d'un passager dans les conditions couchette et wagon-lit peut se situer aux alentours de 10€.

On suppose par ailleurs que le personnel de restauration fait partie des 4 accompagnants, et que le cout de la restauration n'est que celui du personnel (le cout de la matière est remboursé par ce qui est payé par le voyageur).

#### 10.2.2.4. Capital

Concernant le capital, on peut se baser sur les tarifs auxquels ÖBB avait racheté le matériel roulant de la DB, comme évoqué précédemment. Ils sont les suivants :

Matériel	Prix unitaire (€)
Locomotive	6 000 000
Voiture Places assises	1 600 000
Voiture Couchettes	1 700 000
Wagons-lits	2 500 000
Voiture service	2 000 000

Tableau 44 : Coûts d'acquisition du matériel roulant voyageurs

D'après le tableau ci-dessus, et d'après la composition du train présentée précédemment, un train couterait ~ 20 M€. Supposant 1 train complet de réserve, on a besoin d'un ensemble de trois trains, soit un montant total de 60 M€. En faisant l'hypothèse d'un amortissement du matériel roulant sur 30 ans, **le coût annuel du capital serait alors de 2 M€.**

#### 10.2.2.5. Coûts d'exploitation totaux optimisés

Ainsi, en prenant en compte les réductions possibles des coûts d'exploitation sur certains postes de charge, on peut estimer de la façon suivante les CEX voyageurs du train mixte :

Poste de charge	Coût annuel estimé	Source	Rappel cout référentiel SNCF R
Conduite	1,0	Hypothèses précédentes	3,2
Manœuvre	0,5	SNCF R	0,5
Accompagnement	1,4	Hypothèses précédentes	2,5
Energie	1,9	SNCF R	1,9
Entretien matières premières	2,3	SNCF R	2,3
Entretien main d'œuvre	2,3	SNCF R	2,3
Service à bord de nuit par voyageur	1,4	Hypothèses précédentes	2,7
Distribution	0,4	SNCF R	0,9
Services en gares	0,1	SNCF R	0,1
Capital MR	2,0	Hypothèses précédentes	5,9
IFER	0,1	SNCF R	0,1
Charges de structure	1,3	SNCF R	2,2
<b>TOTAL</b>	<b>14,8</b>		<b>24,6</b>

Tableau 45 : Coûts d'exploitation estimés de la partie voyageurs du train mixte

#### 10.2.3. Coûts d'exploitation complémentaires de la partie fret

En ce qui concerne la partie fret, il convient d'ajouter la maintenance des wagons pour leur trajet de Barcelone à Francfort, et la conduite entre Barcelone et Figueras et entre Nancy et Francfort. Le tableau ci-dessous présente le supplément de charges d'exploitation pour le fret :

Le coût d'un wagon 120 Km/h est estimé à 115 000 €. Toutefois, il est estimé que le coût d'un wagon 160 Km/h serait de l'ordre de 250 000 € auquel il faut ajouter les coûts de développement et de certification de 4 000 000 € répartis sur 52 wagons. Le coût annuel par wagon est de 10 897 €.

Poste de charge	Unités	Coût / unité	Réduction possible	Nombre d'unités / an	Coût annuel (M€)
<b>Conduite</b>	€ / train-h	315	50%	5 110	0,8
<b>Manœuvre</b>	€ / train	728	0%	2 920	2,1
<b>Énergie</b>	€/ tonne.km brute complète	0	0%	959 220 000	1,2
<b>Maintenance locomotive</b>	€ / loc	35 400	0%	3	0,2
<b>Maintenance wagon</b>	€ / wagon	25 000	0%	52	1,3
<b>Couts fixes (issus référentiel SNCFR)</b>	€/ tonne brute complète	3	0%	493 480	1,6
<b>Capital locomotive</b>	€ / loc	200 000	0%	3	0,6
<b>Capital wagon</b>	€ /wagon	10 897	0%	52	0,6

<b>TOTAL</b>				<b>8,3</b>
--------------	--	--	--	------------

Tableau 46 : Charges d'exploitation FRET

Au total, les charges d'exploitation fret et voyageurs sont les suivantes :

Poste de charge	Coût annuel (M€)	Coût / service (k€)	Coût (€ / train.km)
<b>Voyageurs</b>	<b>14,8</b>	<b>20,2</b>	<b>13,6</b>
<i>Fonctionnement</i>	11,3	15,5	10,4
<i>Capital</i>	3,4	4,7	3,1
<b>Fret</b>	<b>8,3</b>	<b>11,4</b>	<b>7,8</b>
<i>Fonctionnement</i>	7,1	9,7	6,7
<i>Capital</i>	1,2	1,7	1,1
<b>TOTAL</b>	<b>23,1</b>	<b>31,5</b>	<b>21,1</b>

Tableau 47 : Charges d'exploitation totales du train mixte

## 10.3. REDEVANCES

### 10.3.1. Documents de référence

Pour chaque réseau emprunté, le péage a été calculé sur la base du document de référence du réseau le plus récent. Ces documents sont détaillés ci-dessous :

- Espagne : *Declaración sobre la red*, ADIF, 2020
- Tunnel du Perthuis : Annexe 6.2 du *Document de Référence du Réseau*, LÍNEA FIGUERAS PERPIGNAN S.A., 2020
- France : Annexe 6.2 du *Document de Référence du Réseau*, SNCF Réseau, 2020
- Allemagne : Annexe 6.2 du *Network Statement*, DB Netz AG, 2020

Nous allons ensuite détailler pour chaque pays ou tronçon traversé, les différentes redevances à verser aux gestionnaires d'infrastructures.

### 10.3.2. Redevance par GI

#### 10.3.2.1. Espagne : ADIF

En Espagne, les parties fret et voyageurs sont séparées entre Barcelone et Figueras, il convient donc de sommer, sur ce tronçon, les péages fret et voyageurs.

Les redevances d'infrastructure en Espagne concernent d'une part l'utilisation des voies, et d'autre part l'utilisation des gares. Elles sont classées en modalités, lesquelles sont présentées ci-dessous :

Péage d'utilisation des voies (voyageurs)		Péage d'utilisation des voies (fret)	
Modalité A : réservation de sillon		<b>Modalité A : réservation de sillon</b>	
Nombre de trains.km	102200	Nombre de trains.km	102200
Tarif (€ / tr.km)	1,93	Tarif (€ / tr.km)	1,93
Tarif A (milliers d'€)	197	Tarif A (milliers d'€)	197
Modalité B : circulation		<b>Modalité B : circulation</b>	
Nombre de trains.km	102200	Nombre de trains.km	102200
Tarif (€ / tr.km)	4,79	Tarif (€ / tr.km)	4,79
Tarif B (milliers d'€)	490	Tarif B (milliers d'€)	490
Modalité B : surplus ligne Barcelone-Figueras		<b>Modalité C : consommation électrique</b>	
Nombre de places.km offertes (en millions)	31	Nombre de trains.km	102200
Tarif (€ /100 places.km)	0,30	Tarif (€ / tr.km)	0,80
Tarif B (milliers d'€)	93	Tarif C (milliers d'€)	82
Modalité C : consommation électrique		<b>TOTAL (milliers d'€)</b>	
Nombre de trains.km	102200		
Tarif (€ / tr.km)	0,80		
Tarif C (milliers d'€)	82		
TOTAL (milliers d'€)	<b>862</b>		

Tableau 48 : Redevances d'utilisation des voies en Allemagne (source : ADIF)

Péage d'utilisation des gares	
<b>Modalité A : arrêts aux gares</b>	
Tarif Barcelone départ (€ / arrêt)	86,8
Tarif Figueras & Gérone arrêt (€ / arrêt)	30,4
Nombre d'arrêts / an	730
TOTAL (milliers d'€)	<b>108</b>

Tableau 49 : Redevances d'utilisation des gares en Allemagne (source : ADIF)

Redevances totales Allemagne	
Utilisation des voies (milliers d'€)	1631
<i>dont voyageurs</i>	862
<i>dont fret</i>	769
Utilisation des gares (milliers d'€)	108
TOTAL (milliers d'€)	<b>1739</b>

Tableau 50 : Redevances totales en Allemagne (source : ADIF)



### 10.3.2.2. Tunnel du Perthus – LFP

Les redevances d'infrastructure pour traverser la frontière franco-espagnole par le tunnel du Perthus, exploité par LFP, est une redevance par passage, dont le tarif varie selon l'heure de la journée. Le tableau ci-dessous présente cette modalité :

Redevances LFP	
Tarif / passage (sens aller)	958
Tarif / passage (sens retour)	1313
Nombre de trains par an	730
Péage LFP (milliers d'€)	<b>829</b>

Tableau 51 : Redevances de la ligne Figueras – Perpignan

### 10.3.2.3. France SNCF

Pour calculer les redevances d'infrastructure en France, il faudra sommer l'itinéraire entre Perpignan et la frontière Allemande pour le voyageur et mixte, ainsi que l'itinéraire fret entre Nancy et Forbach pour le coupon fret. Ils sont présentés ci-dessous.

Redevance voyageurs	
<b>Redevance de Circulation (RC)</b>	
Millions de tr.km effectués / an	0,8
Tarif (€ / tr.km)	0,43
Millions de tonnes.km / an	1,4
Tarif (€ / kT.km)	3,21
Tarif RC (millions d'€)	4,8
<b>Redevance de Circulation Électrique (RCE)</b>	
Millions de tr.km effectués / an	0,8
Tarif (€ / tr.km)	0,28
Tarif RCE (millions d'€)	0,2
<b>Redevance de Marché (RM)</b>	
Millions de tr.km effectués / an	0,8
Tarif (€ / tr.km)	3,15
Tarif RM (millions d'€)	2,5
<b>Redevance de Transport et Distribution de l'Énergie de Traction (RCTE)</b>	
Nombre de tr.km	0,8
Tarif (€ / tr.km)	0,12
Tarif RCTE (millions d'€)	0,1
<b>TOTAL (millions d'€)</b>	<b>7,6</b>

Tableau 52 : Redevances voyageurs en Allemagne

Péage d'utilisation des gares	
Nombre de services / an	730
Tarif d'arrêts aux gares (€ / départ-train)	1316
TOTAL (millions d'€)	1

Tableau 53 : Redevances d'utilisation des gares en France



Redevance fret Nancy – Forbach	
<b>Redevance de Circulation (RC)</b>	
Millions de tr.km effectués / an	0,1
Tarif (€ / tr.km)	1,03
Tarif RC (millions d'€)	0,1
<b>Redevance de Circulation Électrique (RCE)</b>	
Nombre de tr.km	0,1
Tarif (€ / tr.km)	0,28
Tarif RCE	0,0
<b>Redevance de Transport et Distribution de l'Énergie de Traction (RCTE)</b>	
Nombre de tr.km	0,1
Tarif (€ / tr.km)	0,09
Tarif RCTE	0,0
<b>TOTAL (millions d'€)</b>	<b>0,1</b>

Tableau 54 : Redevances fret en France entre Nancy et Forbach

Redevances totales sur le tracé en France	
Redevances voyageurs (millions d'€)	7,6
Redevances arrêt en gares (millions d'€)	1
Redevances fret (millions d'€)	0,1
<b>TOTAL (millions d'€)</b>	<b>8,7</b>

Tableau 55 : Redevances totales en France

#### 10.3.2.4. DB Netz

Le calcul des redevances en Allemagne est plus simple que pour les autres pays traversés. En effet, le train mixte prendra en Allemagne la dénomination « Night Express » et aura une tarification kilométrique unique entre la Frontière et Francfort, présentée ci-dessous :

Voyageurs		Fret	
Milliers de tr.km effectués / an	174	Milliers de tr.km effectués / an	166
Tarif (€ / tr.km)	4,6	Tarif (€ / tr.km)	3,0
<b>Redevance (millions d'€)</b>	<b>0,8</b>	<b>Redevance (millions d'€)</b>	<b>0,5</b>
<b>TOTAL</b>		<b>1,3</b>	

Tableau 56 : Redevances en Allemagne

### 10.3.2.5. Redevances totales

En sommant les redevances dues aux quatre gestionnaires d'infrastructure sur le tracé du train mixte, on obtient finalement la redevance totale suivante :

Redevances	/ an (en M€)
<b>ADIF (millions d'€)</b>	1,7
<b>Tunnel du Perthus – LFP (millions d'€)</b>	0,8
<b>SNCF Réseau (millions d'€)</b>	8,7
<b>DB Netz (millions d'€)</b>	1,3
<b>TOTAL (millions d'€)</b>	<b>12,5</b>
<b>Total / service (milliers d'€)</b>	17,2
<b>Total / TK (€/tr.km)</b>	9,3

Tableau 57 : Redevances totales du train mixte

Une hypothèse d'optimisation serait de considérer que le train bénéficie d'une réduction de péages et que le train est un train de marchandises. Les péages seraient alors les suivants :

Redevances	/ an si FRET (en M€)
<b>ADIF (millions d'€)</b>	1,74
<b>Tunnel du Perthus – LFP (millions d'€)</b>	166
<b>SNCF Réseau (millions d'€)</b>	3,0
<b>DB Netz (millions d'€)</b>	0,5
<b>TOTAL (millions d'€)</b>	<b>3,9</b>
<b>Total / service (milliers d'€)</b>	5,3
<b>Total / TK (€/tr.km)</b>	2,9

Tableau 58 : Redevances du train mixte en considérant qu'il bénéficie d'une tarification de train de marchandises

## 10.4. BILAN ECONOMIQUE ET FINANCIER

Le bilan est réalisé pour une situation encadrée entre une optimisation maximale des coûts et des péages et une hypothèse sans optimisation. Nous en avons déduit une situation moyenne qui est la plus vraisemblable qui correspondrait à :

- une décision favorable sur les péages intermédiaire entre fret et voyageurs
- une optimisation moyenne des coûts qui est la plus probable en fonction des freins au changement y compris chez les opérateurs privés.

Ainsi, le bilan économique et financier du train mixte est le suivant :

	Bilan économique et financier - Millions Euros 2020 HT		
	Hypothèse optimisée	Hypothèse moyenne	Hypothèse minimale
<b>Voyageurs / an (milliers)</b>	153,6	153,6	153,6
<b>Voyageurs.km / an (millions)</b>	776	776	776
<b>Trains.km / an (millions)</b>	1,1	1,1	1,1
<b>Recettes</b>	<b>35,6</b>	<b>35,6</b>	<b>35,6</b>
<i>dont voyageurs</i>	12,3	12,3	12,3
<i>dont fret</i>	23,3	23,3	23,3
<b>CEX</b>	<b>- 23,1</b>	<b>- 28,1</b>	<b>- 33,6</b>
<i>dont voyageurs</i>	- 14,8	- 19,4	- 24,6
<i>dont fret (marginal)</i>	- 8,3	- 8,7	- 9,2
<b>Péages</b>	<b>- 3,9</b>	<b>- 8,2</b>	<b>- 12,5</b>
<b>Total</b>	<b>8,6</b>	<b>-0,7</b>	<b>-10,5</b>
<b>Marge (%)</b>	24%	-2%	-29%

Tableau 59 : Bilan économique et financier du train mixte

Le bilan moyen correspond à une marge nulle. Les deux situations encadrantes sont peu probables et il faut retenir une marge probable proche de l'équilibre.

Les tableaux ci-dessous présentent les résultats du train mixte si ses parties fret et voyageurs circulaient séparément. Cela permet de mettre en avant la réduction des coûts par la mise en commun.

Bilan du train voyageurs seul - Millions Euros 2020 HT		Bilan du train Fret seul - Millions Euros 2020 HT	
<b>Recettes</b>	12,3	<b>Recettes</b>	23,3
<b>Coûts d'exploitation (optimisés)</b>	14,7	<b>Coûts d'exploitation (optimisés)</b>	9,5
<b>Péages</b>	11,1	<b>Péages</b>	2,9
<b>TOTAL</b>	<b>-13,6</b>	<b>TOTAL</b>	<b>10,9</b>
<b>R / C</b>	0,48	<b>R / C</b>	1.87

Tableau 60 : Bilan financier du train mixte si ses parties fret et voyageurs circulaient séparément

## 11. BILAN SOCIO-ECONOMIQUE

Afin d'évaluer la mise en place d'un train mixte fret-voyageurs entre Barcelone et Francfort, il est nécessaire de dresser un bilan socio-économique. Celui réalisé ici est simplifié et prend en compte les acteurs suivants :

- Les usagers du train de nuit,
- Les entreprises ferroviaires :
  - EF du train mixte
  - EF voyageurs de jour
  - Transporteurs routiers
  - Transporteurs aériens
- Chargeurs fret
- Gestionnaires d'infrastructures :
  - Ferroviaires
  - Routiers
- Riverains
- Puissance publique

### 11.1. USAGERS DU TRAIN DE NUIT

On ne tient pas compte ici du gain de temps, mais nous valorisons seulement les gains monétaires, à savoir l'écart entre le coût du train de nuit, et le prix du mode de transport initial, accompagné d'une nuit d'hôtel, estimée à 50€. On obtient ainsi le bilan suivant pour les usagers :

Année 2025	Millions d'€ 2020
<b>Bilan usagers</b>	<b>7,8</b>
Anciens fer	4,7
Anciens VP + induits	1,2
Anciens air	2,0

Tableau 61 : Bilan des usagers du train mixte

Le bilan des usagers est positif, le train de nuit leur permettant d'effectuer l'économie d'une nuit d'hôtel, en considérant que le prix du mode de transport initial se situe dans la même échelle que le tarif du train mixte.

### 11.2. ENTREPRISES DE TRANSPORT

#### 11.2.1. Transport de voyageurs

Les entreprises de transport de voyageurs sont l'EF du train mixte, les autres EF de trains de voyageurs de jour, et les entreprises de transport aérien.

L'EF du train de nuit gagnant les usagers perdus par les autres EF de trains diurnes, les gains des entreprises ferroviaires correspondent à leur gain de voyageurs reportés de l'aérien et de la VP.

Pour chaque acteur, les variations de recettes et coûts par rapport à la situation initiale sans train mixte, sont les suivantes :

- EF du train mixte : variation de recettes, de coûts d'exploitation et de redevances
- EF voyageurs de jour : variation de recettes (voyageurs reportés du train diurne)
- Transporteurs aériens : variation de recettes (voyageurs reportés de l'avion)

Pour les transporteurs aériens, le report modal n'apparaît pas suffisant pour la suppression de services aérien, pour cette raison, seule une variation de recettes et non de coûts est prise en compte.

#### 11.2.2. Transport de marchandises

Les entreprises de transport routier de marchandises ainsi que les chargeurs fret sont ici concernés. Leurs variations de recettes et coûts sont les suivantes :

- Transporteurs routiers : variation de recettes et coûts
- Chargeurs : variation de coûts

Pour les chargeurs, nous valorisons ici le gain monétaire entre le prix payé aux transporteurs routiers et à l'EF du train mixte (prestation de transport moins chère).

#### 11.2.3. Bilan des entreprises de transport

Ainsi, le bilan des entreprises de transport est le suivant :

Année 2025	Millions d'€ 2020
<b>Bilan Opérateurs Transport de voyageurs</b>	<b>-24,4</b>
EF ferroviaires	-21,1
delta recettes	6,1
delta CEX voyageurs	-14,7
delta péages	-12,5
Compagnies aériennes	-3,3
delta recettes	-3,3
<b>Bilan Opérateurs Transport de marchandises + chargeurs</b>	<b>22,1</b>
Chargeurs	8,8
Delta Dépenses	8,8
Entreprises PL	-1,6
Delta recettes	-32,1
Delta charges	30,5
EF Ferroviaires	14,9
Delta recettes	23,3
Delta charges	-8,4

Tableau 62 : Bilan des entreprises de transport

### 11.3. GESTIONNAIRES D'INFRASTRUCTURES

Les gestionnaires d'infrastructures routières et ferroviaires voient leurs recettes de péage ainsi que leurs coûts d'entretien et d'exploitation varier, en fonction de la hausse du nombre de trains circulant, et de la baisse du nombre de VP.

Les variations de recettes et coûts des GI ferroviaires ont été estimées de la manière suivante :

- GI français : estimation d'après le référentiel SCNF Réseau
- GI étrangers : nous considérons que les recettes supplémentaires couvrent les coûts supplémentaires, leur bilan est donc équilibré

Pour les GI routiers, les coûts d'entretien et d'exploitation sont estimés à environ 30% des recettes.

Le bilan des gestionnaires d'infrastructures est donc le suivant :

Année 2025	Millions d'€ 2020
<b>Bilan GI</b>	<b>0,0</b>
GI fer France	5,2
delta péages	8,7
delta CMU	-3,4
GI fer étrangers	0,0
delta péages	3,8
delta CMU	-3,8
GI autoroutiers	-5,3
delta péages	-7,5
delta CMU	2,3

Tableau 63 : Bilan des gestionnaires d'infrastructures

### 11.4. PUISSANCE PUBLIQUE ET RIVERAINS

#### 11.4.1. Puissance publique

Les variations pour la puissance publique correspondent aux gains d'émission de gaz à effet de serre (report de la VP), à la réduction de la mortalité routière (report de la VP) et aux variations de taxes (TVA sur les billets de trains et taxes sur le carburant essentiellement).

#### 11.4.2. Riverains

Pour les riverains, les gains sont liés à la réduction des pollutions atmosphérique et sonore. La pollution sonore est ici négligée. Comme précisé précédemment, l'offre de transport aérien restant la même, la variation de pollution atmosphérique ici considérée est celle liée au report modal de la VP vers le train.

#### 11.4.3. Bilan de la puissance publique et des riverains

Ainsi, le bilan de ces deux derniers acteurs est le suivant :

Année 2025	Millions d'€ 2020
<b>Riverains</b>	<b>0,1</b>
Nuisances sonores	0,0
Pollution atmosphérique	0,1
<b>Puissance publique</b>	<b>3,1</b>
GES VP	0,3
GES PL	3,2
Sécurité routière	0,1
Variation des taxes	-0,4

Tableau 64 : Bilan de la puissance publique et des riverains

### 11.5. BILAN SOCIO-ECONOMIQUE DU PROJET

Ainsi le bilan socio-économique global du projet, pour l'année 2025, est le suivant :

Année 2025	Millions d'€ 2020
<b>Bilan usagers</b>	<b>7,8</b>
<b>Bilan chargeurs</b>	<b>8,8</b>
<b>Bilan Opérateurs Transport de voyageurs</b>	<b>-24,4</b>
EF ferroviaires voyageurs	-21,1
Compagnies aériennes	-3,3
<b>Bilan Opérateurs Transport de marchandises</b>	<b>13,2</b>
Entreprises PL	-1,6
EF Ferroviaires fret	14,8
<b>Bilan GI</b>	<b>0,0</b>
GI fer FR	5,2
GI fer étrangers	0,0
GI autoroutiers	-5,3
<b>Riverains</b>	<b>0,1</b>
<b>Puissance publique</b>	<b>3,1</b>
<b>TOTAL</b>	<b>8,3</b>

Tableau 65 : Bilan socio-économique du projet pour l'année 2025

La VAN du projet, entre 2025 et 2140, est ainsi de 800 M€.

## 12.CONCLUSION

Cette analyse permet de confirmer certaines tendances qui démontrent la validité du concept même si de nombreuses interrogations restent à confirmer.

Thèmes	Les plus apportés par le concept	Les interrogations subsistantes
Le matériel roulant	Le matériel voyageur et les locomotives existent	Le matériel fret à 160 Km/h existe mais il reste à développer en neuf. La certification est un problème important.
L'exploitation du service	Les manœuvres de constitution du train mixte sont possibles	Les normes de vitesse et de freinage du train mixte sont à revoir
La fiabilité du service	La circulation 365 j du service assure une bonne fiabilité liée au caractère voyageur du service	
Le marché de transport	Le marché existe tant pour les voyageurs que pour le fret.	Les opérateurs restent à interroger sur leur intérêt pour ce type de service.
Le bilan économique	Les premiers éléments démontrent un bilan équilibré lié à la synergie entre fret et voyageurs	Des enquêtes voyageurs pourraient permettre de conforter le niveau de prix.
Le bilan socio-économique	Favorable et permettant un financement de l'UE et des collectivités	

Tableau 66 : Synthèse

Nous recommandons de présenter cette étude à de futurs opérateurs pour recueillir leur avis sur les hypothèses et les simulations réalisées