

Ligne à grande vitesse Provence-Alpes-Côte d'Azur

lyon nice paris turin madrid londres bordeaux bruxelles milan

montpellier barcelone strasbourg amsterdam nice madrid toulon montpellier barcelone marseille toulon



Les enjeux techniques de la mixité de la ligne nouvelle

Novembre 2004

LGV PACA

PREPARATION DU DEBAT PUBLIC

LES ENJEUX TECHNIQUES DE LA MIXITE DE LA LGV

SYNTHESE

Une ligne ferroviaire est dite mixte s'il est possible d'y faire circuler indifféremment des trains de fret et des trains de voyageurs. Les lignes à grande vitesse françaises ont été construites uniquement pour les circulations de TGV. Des projets de ligne à grande vitesse en projet sont conçus pour permettre la « mixité » (Perpignan – Figueras, Lyon – Turin, Nîmes – Montpellier).

La mixité d'une LGV influe sur la géométrie de la ligne: les courbes de la ligne doivent être plus grandes, les pentes doivent être plus faibles. Si cette contrainte a peu d'impacts dans les régions « plates », elle a au contraire une répercussion très importante pour la LGV PACA qui doit franchir d'importants reliefs. Les pentes réduites conduisent à allonger la longueur des tunnels nécessaires au franchissement des massifs montagneux.

La mixité d'une LGV influe également sur la conception des tunnels qui, pour des raisons de sécurité, doivent généralement comporter deux tubes indépendants pour ne pas faire circuler des trains de voyageurs et des trains de marchandises dangereuses simultanément. Le coût d'un tunnel à deux tubes (un par sens de circulation) est supérieur d'environ 40 % au coût d'un tunnel à un tube unique comportant deux voies.

La mixité d'une LGV influe enfin sur la capacité de la ligne. Plus les trains ont des vitesses différentes et plus ils sont nombreux à « s'entremêler », plus la capacité de l'infrastructure diminue.

La LGV PACA, qui doit s'inscrire dans un environnement topographique et humain particulièrement contraignant, nécessite la construction de très nombreux tunnels (plus de 40 km jusqu'aux environs de Nice). Cette spécificité aurait une implication très forte sur les coûts de construction si la LGV PACA devait être mixte.

A l'ouest, et jusqu'aux environs du Muy, la mixité de la LGV aurait un surcoût compris entre 40 et 115 % du coût d'une ligne réservée aux voyageurs. Les scénarios présentant les surcoûts les moins élevés sont ceux de la famille à trois axes de desserte se débranchant de la LGV Méditerranée au sud d'Aix-en-Provence, compte tenu de la topographie moins chahutée de ces itinéraires. Ces coûts n'incluent pas les investissements qui seraient nécessaires sur le réseau ferré classique pour acheminer les trains de marchandises depuis l'ouest sur la LGV PACA (la LGV Méditerranée n'est en effet pas mixte).

A l'est des environs du Muy, la mixité de la LGV PACA aurait un surcoût estimé à 40 % du coût d'une ligne réservée aux voyageurs.

LGV PACA

PREPARATION DU DEBAT PUBLIC

LES ENJEUX TECHNIQUES DE LA MIXITE DE LA LGV

1	GENERALITES	4
1.1	Principes	4
1.2	Projets de lignes « mixtes »	4
1.3	Les principaux enjeux techniques de la mixité	4
1.3.1	La géométrie de la ligne	5
1.3.2	Le gabarit de la ligne	7
1.3.3	La signalisation de la ligne	7
1.3.4	La sécurité en tunnel	7
1.4	L'exploitation ferroviaire d'une ligne mixte	8
2	LES ENJEUX TECHNIQUES SPECIFIQUES A LA LGV PACA	10
2.1	Généralités	10
2.2	Les enjeux techniques à l'ouest du Muy	11
2.2.1	Scénarios à 3 axes de desserte	11
2.2.2	Scénarios à deux axes de desserte	13
2.2.3	Scénarios à un axe de desserte	15
2.2.4	Conclusion	16
2.3	Les enjeux techniques à l'est du Muy	17
2.3.1	Prolongement de la LGV jusqu'aux environs de Cannes	18
2.3.2	Prolongement de la LGV jusqu'aux environs de Nice	18
2.3.3	Prolongement de la LGV jusqu'à Nice centre	18
2.3.4	Prolongement de la LGV jusqu'aux environs de Monaco	18
2.3.5	Prolongement de la LGV jusqu'en Italie	18
2.3.6	Prolongement de la LGV jusqu'en Italie depuis Nice centre	19
2.3.7	Conclusion	19

LGV PACA

PREPARATION DU DEBAT PUBLIC

LES ENJEUX TECHNIQUES DE LA MIXITE DE LA LGV

1 Généralités

1.1 Principes

Une ligne ferroviaire est dite « mixte », s'il est possible d'y faire circuler indifféremment des trains de fret et des trains de voyageurs.

De fait, pratiquement toutes les lignes du réseau français permettent la circulation de trains de fret et de trains de voyageurs. Ces lignes sont dites classiques par comparaison avec les lignes à grande vitesse qui, jusqu'à présent, ont été construites uniquement pour des circulations de TGV (c'est en particulier le cas de la LGV Méditerranée).

1.2 Projets de lignes « mixtes »

Aujourd'hui, en France, quatre projets de lignes nouvelles à grande vitesse sont conçus pour permettre la circulation des trains de fret et des trains de voyageurs:

- la liaison franco-espagnole Perpignan - Figueras ;
- le contournement de Nîmes et de Montpellier ;
- la section internationale de la liaison franco-italienne Lyon - Turin ;
- la branche sud de la LGV Rhin - Rhône

En Italie, les projets de LGV sont des projets de lignes mixtes. Les lignes Turin – Novare, Milan – Florence, Rome – Naples et Padoue – Venise sont ainsi en construction.

1.3 Les principaux enjeux techniques de la mixité

Le principe de mixité appliqué à la très grande vitesse constitue une véritable innovation. Les caractéristiques techniques à appliquer à la conception d'une LGV mixte doivent intégrer à la fois les exigences ferroviaires du transport de marchandises et du transport de voyageurs à très grande vitesse.

Ces exigences portent principalement sur la géométrie de la ligne (tracé en plan et profil en long), sur son gabarit, sur la signalisation ferroviaire et enfin sur l'enjeu majeur de la sécurité, notamment en tunnel.



Figure 1 : Les grands projets ferroviaires en France

1.3.1 La géométrie de la ligne

➤ Le tracé en plan

Comme une route, une voie ferrée est constituée par une succession de lignes droites et de courbes, c'est ce que l'on appelle le tracé en plan. Compte tenu de la vitesse des TGV, une LGV est moins sinueuse qu'une voie ferrée classique ou qu'une autoroute.

Pour s'opposer à la force centrifuge, les rails doivent être relevés dans les courbes, comme sur un vélodrome, c'est ce que l'on appelle le dévers :

- pour un rayon donné, le dévers de la voie augmente avec la vitesse maximale des trains ;

- pour un dévers donné, le rayon de la courbe augmente avec la vitesse maximale des trains.

Lorsque des trains de vitesse différente circulent sur une même ligne ferroviaire, les dévers retenus dans les courbes doivent être limités pour être admissibles par les trains les plus lents.

En conséquence, une ligne mixte, aux dévers en courbe limités, doit comporter des rayons plus grands qu'une ligne réservée aux TGV. Une LGV mixte est donc encore moins sinueuse qu'une LGV réservée aux TGV.

Le tableau ci-après donne, pour une ligne réservée aux TGV, la valeur minimale des rayons en fonction de la vitesse permise sur la ligne.

Vitesse des TGV	Trafic voyageurs uniquement	Trafic mixte voyageurs et fret à 100 km/h
	Rayon minimal conseillé	
270 km/h	3850 m	5550 m
300 km/h	4550 m	7700 m
350 km/h	7150 m	12500 m

➤ Le profil en long

Comme une route, une voie ferrée monte et descend pour s'adapter au relief, c'est ce que l'on appelle le profil en long. Le profil en long d'une ligne ferroviaire est constitué de rampes et de pentes (les montées et les descentes) séparées par des courbes.

De manière générale, les trains ne peuvent pas gravir des côtes aussi prononcées que les véhicules routiers. Ils sont limités par la puissance des locomotives et par la résistance des systèmes d'attelage des wagons. Par ailleurs, et pour des raisons de sécurité, les pentes sont également limitées pour permettre un freinage d'urgence suffisamment efficace.

La technologie du TGV (motorisation et freinage puissants, attelages robustes) permet des rampes et des pentes de 3,5 %.

Par contre, les trains de marchandises ne peuvent admettre que des rampes et des pentes de l'ordre de 1 %, sauf à multiplier le nombre locomotives pour un même train. A titre indicatif, il a été retenu une valeur de rampe de 0,8 % sur le contournement de Nîmes et de Montpellier, en cohérence avec les pentes maximales de la grande liaison fret nord/sud entre Dunkerque et Perpignan.

En conséquence, une ligne mixte doit comporter des rampes et des pentes nettement plus faibles qu'une ligne réservée aux TGV, elle s'adapte donc moins bien au relief.

1.3.2 Le gabarit de la ligne

➤ Le gabarit des ouvrages d'art

Le gabarit des ouvrages d'art est l'espace libre de tout obstacle en hauteur et en largeur par rapport à la voie ferrée. Il dépend essentiellement de l'encombrement maximal des trains que l'on souhaite faire circuler sur la ligne et de leur vitesse.

Le gabarit des ouvrages d'art d'une ligne mixte implique de retenir un gabarit compatible avec les trains de marchandises et les TGV. L'enjeu est particulièrement fort pour les éventuelles sections en tunnel.

A titre indicatif, pour le contournement de Nîmes et Montpellier et la section Perpignan - Figueras, il a été retenu un gabarit d'« autoroute ferroviaire », permettant d'embarquer des camions sur des wagons standards. L'objectif visé est de constituer progressivement un grand itinéraire européen nord/sud de transport de marchandises au gabarit d'autoroute ferroviaire.

1.3.3 La signalisation de la ligne

Sur les projets actuels de LGV mixtes, l'espacement des trains sera assuré par un double système de signalisation. En effet, si les TGV disposent d'un système de signalisation embarquée (à terme remplacé par le système ERTMS - voir encart ci-dessous), le parc de locomotives des trains de fret n'en est pas encore équipé et nécessite en conséquence une signalisation au sol classique (signaux fixes implantés le long de la voie, de type block automatique lumineux).

Cette contrainte aura pour conséquence de limiter la vitesse des trains les plus rapides à 220 km/h. La double signalisation et la limitation de la vitesse à 220 km/h devraient être maintenues jusqu'à ce que l'équipement en système de signalisation embarquée du parc de locomotives des trains de fret soit suffisant.

Le système ERTMS

La réalisation du réseau transeuropéen de transport ferroviaire nécessite que les trains, quelque soit leur origine, puissent circuler à terme sur l'ensemble du réseau européen, et donc, que les caractéristiques techniques le permettent : c'est ce que l'on appelle l'interopérabilité. Le système ERTMS vise à harmoniser au plan européen les réalisations techniques en matière de signalisation, en assurant la commande et le contrôle de la circulation des trains via un système embarqué faisant appel aux technologies numériques GSM.

1.3.4 La sécurité en tunnel

La sécurité dans les tunnels ferroviaires est une exigence majeure. Si les tunnels ferroviaires n'augmentent pas le risque d'accident, le risque en tunnel provient de l'aggravation potentielle de tout incident critique, incendie notamment, du fait du

confinement de l'espace qui peut rendre délicats l'évacuation des voyageurs et l'accès des secours.

A l'heure actuelle en France, les dispositions relatives à la sécurité dans les tunnels ferroviaires sont définies par l'instruction technique interministérielle n° 98.300 du 8 juillet 1998. Ce texte s'applique à tous les tunnels à construire dont la longueur est comprise entre 400 m et 10 km. Les tunnels de plus de 10 km, quel que soit le type de circulation, ou de plus de 5 km pour ceux qui acceptent un transit de convois d' « autoroute ferroviaire » sortent de son champ d'application et sont traités par des commissions « ad hoc » mises en place spécifiquement pour de tels ouvrages.

Si l'ITI n° 98.300 n'impose pas formellement que les tunnels des lignes ferroviaires mixtes soient des ouvrages bi-tube (un tube pour chaque sens de circulation), elle impose par contre des restrictions de circulation dans les tunnels monotube (un tube à double voie) :

- dans les tunnels de moins de 5 km de long, le croisement de trains de voyageurs et de trains entiers de marchandises dangereuses¹ doit être limité, par la construction des horaires notamment ;
- dans les tunnels de plus de 5 km de long, le croisement de trains de voyageurs et de trains de marchandises dangereuses² est interdit.

Ce critère relatif à la gestion des circulations des trains de fret par rapport aux trains de voyageurs se révèle généralement très contraignant en termes d'exploitation des circulations : la capacité de l'infrastructure est diminuée, des procédures doivent être mises en place pour s'assurer du respect des restrictions réglementaires, la productivité de l'activité fret est pénalisée.

Ce critère a *de facto* conduit à retenir la réalisation de tunnels bi-tube sur les projets de lignes mixtes (deux tubes à voie unique, reliés par des rameaux de communication). C'est par exemple le cas du tunnel du Perthus (8 km) du projet de LGV mixte Perpignan – Figueras.

1.4 L'exploitation ferroviaire d'une ligne mixte

La mixité d'une LGV induit des contraintes d'exploitation et une perte de capacité de la ligne, liée à la circulation de trains à des vitesses différentes. En effet, si les TGV circuleront à grande vitesse (autour de 300 km/h), la quasi-totalité des trains de marchandises rouleront à des vitesses nettement moindres (100 à 120 km/h). Or cette différence de vitesse des trains est déterminante pour la capacité d'une ligne ferroviaire :

- plus cette différence est grande, plus la capacité est réduite ;
- plus des trains de vitesse différente s'entremêlent, plus la capacité est réduite.

¹ On entend par train entier de marchandises dangereuses un train comportant au moins dix wagons chargés de ces marchandises.

² On entend par train de marchandises dangereuses un train comportant au moins un wagon chargé de ces marchandises.

En effet, les trains ne peuvent pas se doubler entre les gares. Cela n'est pas gênant s'ils roulent tous à la même vitesse comme dans le métro. Par contre, si les trains ont des vitesses différentes, les trains rapides rattrapent les trains lents.

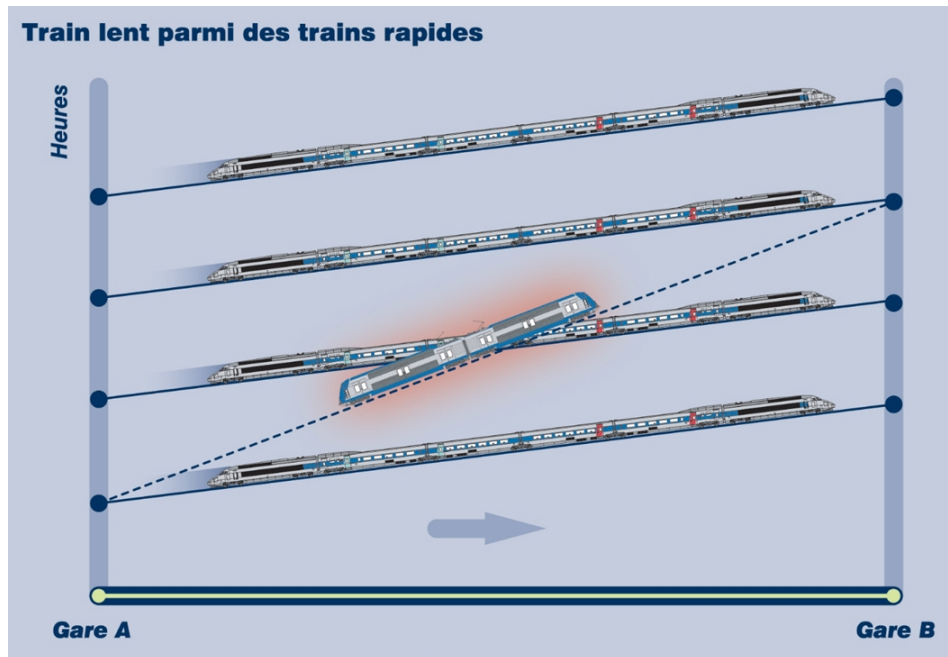


Figure 2 : Circulation de trains rapides et de trains lents

Plusieurs solutions peuvent être envisagées pour résoudre ce problème :

1 – Attendre que le train lent ait circulé

Cette solution consiste à attendre que le train lent ait circulé pour faire circuler le train rapide. Cette solution est pénalisante pour la capacité de la ligne. La circulation du train lent « consomme » plusieurs circulations potentielles de trains rapides.

2 – Créer des voies d'évitement courtes

Cette solution consiste à créer des « garages » tout au long de l'itinéraire. Le train lent s'y arrête pour laisser passer le train rapide, puis il repart. Cette solution est pénalisante pour la productivité des trains lents : les arrêts diminuent la vitesse de circulation, augmentent le temps de parcours et *in fine* le coût du transport.

3 – Créer des sections de ligne à 3 voies

Cette solution consiste à créer des sections de ligne à 3 voies, suffisamment longues pour que les trains rapides puissent « doubler » les trains lents sans que ceux-ci aient besoin de s'arrêter. Cette solution induit des coûts de construction importants, les sections à 3 voies devant mesurer plusieurs dizaines de kilomètres. En outre, la voie d' « évitement » ne peut être empruntée que dans un seul sens à la fois.

Dans tous les cas, la circulation de trains rapides et de trains lents sur une même ligne ferroviaire implique une diminution de capacité, ou une perte de productivité, ou des investissements complémentaires importants pouvant aller jusqu'à la construction de deux voies ferrées (une pour les TGV, une pour les trains de fret) si les besoins de capacité de chacune des activités le nécessitent.

2 Les enjeux techniques spécifiques à la LGV PACA

la LGV PACA doit s'inscrire dans un environnement topographique et humain contraignant, qui nécessite la construction de nombreux ouvrages souterrains. Les études techniques ont montré que le projet nécessitera la construction de plus de 40 km de tunnels entre la LGV Méditerranée et les environs de Nice. Cette spécificité aurait une implication très forte sur les coûts de construction si la LGV PACA devait être mixte.

Cette note présente les enjeux de coût d'investissement d'une ligne mixte, en distinguant deux zones :

- l'ouest des environs du Muy, où de nombreux itinéraires ont été envisagés depuis la LGV Méditerranée;
- l'est des environs du Muy, où la question principale concerne le prolongement de la LGV en direction de Nice et au-delà vers l'Italie.

2.1 Généralités

Les études techniques ont analysé, pour chaque itinéraire envisagé pour le projet de LGV PACA, les conséquences de la mixité de la LGV par rapport à une ligne réservée aux voyageurs. L'analyse s'est limitée à une ligne mixte qui serait équipée de voies d'évitement courtes permettant l'arrêt des trains de marchandises pour être dépassés par les TGV.

Les principaux surcoûts dus à la mixité proviennent :

1 - De la limitation des pentes et des rampes à 1,25 %

Si cette contrainte a peu d'impact dans des régions « plates », elle a au contraire des répercussions très importantes pour la LGV PACA qui doit traverser une région au relief très marqué. L'impact principal de cette contrainte est d'**augmenter les longueurs des tunnels**.

2 - Des enjeux de sécurité en tunnel

Compte tenu de l'importance du nombre de tunnels sur le projet de LGV PACA d'une part, et des dispositions retenues sur les projets de ligne mixte existants d'autre part, il a été retenu de **prévoir systématiquement des tunnels bi-tube reliés par des rameaux de communications**.

En effet, le nombre d'ouvrages souterrains ne permettrait pas de prendre les mesures d'exploitation visant à limiter voire interdire le croisement d'un train de voyageurs et d'un train de marchandises dangereuses, sauf à réduire très fortement la capacité de l'infrastructure.

Le surcoût de construction d'un tunnel bi-tube par rapport à un tunnel monotube est estimé à environ 40 %.

Compte tenu du nombre et de la longueur cumulés des ouvrages souterrains qui seront nécessaires à la construction de la LGV PACA, les surcoûts dus à la mixité seraient donc très importants.

A son extrémité est, la LGV PACA se raccordera au réseau ferré classique, offrant aux trains de fret une continuité d'itinéraire.

A son extrémité ouest il est envisagé de raccorder la LGV PACA à la LGV Méditerranée, qui n'est pas une ligne mixte. La question se pose donc du raccordement de la LGV PACA au réseau ferré classique à l'ouest de la région. Cette question n'a pas fait l'objet d'études à ce stade³. Cette note présente néanmoins quelques éléments de réflexion.

2.2 Les enjeux techniques à l'ouest du Muy

De nombreuses solutions ont été étudiées pour rejoindre les environs du Muy par une ligne nouvelle réservée aux voyageurs. Cette note se limite à présenter certaines de ces solutions pour ce qui concerne l'enjeu de la mixité.

2.2.1 Scénarios à 3 axes de desserte

Ces scénarios consistent à réaliser une ligne nouvelle se débranchant de la LGV Méditerranée au nord de Marseille en direction de l'est de la région et se prolongeant par deux branches : l'une en direction de Toulon, l'autre en direction de la Côte d'Azur.

Si l'on souhaite créer une ligne nouvelle mixte pour acheminer des trains de marchandises vers l'est de la région et au-delà vers l'Italie, seuls le tronc commun et la branche de la Côte d'Azur nécessitent d'être conçus pour la mixité. La présentation suivante exclut donc la branche « Toulon » de l'analyse des enjeux techniques liés à la mixité de la LGV PACA.



Figure 3 : Les itinéraires des scénarios à 3 axes de desserte

³ Les aménagements nécessaires sur le réseau classique n'ont pas été chiffrés (raccordements à la LGV PACA, mises à double voie, électrification...)

➤ Itinéraire Durance – Haut Var

Dans ce scénario, environ 120 km de ligne nouvelle sont à construire entre la LGV Méditerranée et les environs du Muy. Si environ 10 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 21 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 1,2 Md€, soit environ 50 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

A l'ouest, la LGV PACA pourrait être raccordée à la ligne à voie unique Cavaillon – Pertuis. De là, les trains de marchandises pourraient partir en direction du nord via la ligne Cavaillon – Avignon, ou du sud via Cavaillon – Miramas.

➤ Itinéraire Nord Aix– Haut Var

Dans ce scénario, environ 110 km de ligne nouvelle sont à construire entre la LGV Méditerranée et les environs du Muy. Si environ 21 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 35 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 1,65 Md€, soit environ 65 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

A l'ouest, la LGV PACA pourrait être raccordée à la ligne à voie unique Aix – Pertuis. De là, les trains de marchandises pourraient partir en direction du nord via les lignes Cavaillon – Pertuis puis Cavaillon – Avignon, ou du sud via les lignes Aix – Rognac puis PLM.

➤ Itinéraire Durance – Centre Var

Dans ce scénario, environ 120 km de ligne nouvelle sont à construire entre la LGV Méditerranée et les environs du Muy. Si environ 14 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 25 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 1,25 Md€, soit environ 50 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

Le raccordement à l'ouest au réseau classique pourrait être le même que dans le scénario Durance – Haut Var.

➤ Itinéraire Nord Aix – Centre Var

Dans ce scénario, environ 110 km de ligne nouvelle sont à construire entre la LGV Méditerranée et les environs du Muy. Si environ 11 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 40 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 2,3 Md€, soit environ 115 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

Le raccordement à l'ouest au réseau classique pourrait être le même que dans le scénario Nord Aix – Haut Var.

➤ Itinéraire Nord ou Sud Arbois – Centre Var

Dans ces scénarios, environ 100 à 105 km de ligne nouvelle sont à construire entre la LGV Méditerranée et les environs du Muy. Si environ 15 à 18 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 24 à 26 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué entre 0,95 et 1,0 Md€, soit environ 40 % à 45 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

A l'ouest la LGV PACA pourrait être raccordée à la ligne Marseille – Aix (scénario Sud Arbois) ou à la ligne Aix – Rognac (scénario Nord Arbois).

➤ Conclusions

Le surcoût de la mixité de la branche « Côte d'Azur » de la LGV PACA est compris entre 0,95 et 2,3 Md€ pour les scénarios à trois axes de desserte, soit entre 40 et 115 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

Les scénarios qui présentent les surcoûts les moins élevés (40 à 45 %) sont les scénarios Nord ou Sud Arbois – centre Var. Ceci est dû au moindre linéaire de tunnels supplémentaires à construire, compte tenu de la topographie moins chahutée des itinéraires suivant la vallée de l'Arc puis la dépression de St Maximin / Brignoles.

2.2.2 Scénarios à deux axes de desserte

Ces scénarios consistent à réaliser une ligne nouvelle se débranchant de la LGV Méditerranée au nord de Marseille en direction de l'est de la région, desservant à la fois la Côte d'Azur et l'agglomération toulonnaise.



Figure 4 : Les itinéraires des scénarios à 2 axes de desserte

➤ Scénario Durance – Nord Toulon

Dans ce scénario, environ 140 km de ligne nouvelle sont à construire entre la LGV Méditerranée et les environs du Muy. Si environ 23 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 38 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 1,75 Md€, soit environ 55 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

Le raccordement à l'ouest au réseau classique pourrait être le même que dans les scénarios à trois axes de desserte se débranchant de la LGV Méditerranée dans la vallée de la Durance.

➤ Scénario Nord Aix – Nord Toulon

Dans ce scénario, environ 130 km de ligne nouvelle sont à construire entre la LGV Méditerranée et les environs du Muy. Si environ 20 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 53 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 2,8 Md€, soit environ 110 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

Le raccordement à l'ouest au réseau classique pourrait être le même que dans les scénarios à trois axes de desserte se débranchant de la LGV Méditerranée au nord d'Aix-en-Provence.

➤ Scénarios Nord ou Sud Arbois – Nord Toulon

Dans ces scénarios, environ 120 à 125 km de ligne nouvelle sont à construire entre la LGV Méditerranée et les environs du Muy. Si environ 24 à 27 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 37 à 39 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 1,45 à 1,5 Md€, soit environ 50 à 55 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

A l'ouest la LGV PACA pourrait être raccordée à la ligne Marseille – Aix (scénario Sud Arbois) ou à la ligne Aix – Rognac (scénario Nord Arbois).

➤ Scénarios par le Sud du massif de la Sainte Baume

Les scénarios à deux axes de desserte passant au sud du massif de la Sainte Baume comportent, hors mixité, des linéaires déjà très importants de tunnels (entre 50 et 62 km jusqu'aux environs du Muy). Le coût de la mixité de la LGV suivant ces itinéraires, probablement encore plus élevé que sur les itinéraires passant par le centre Var, n'est en conséquence pas présenté.

➤ Conclusions

Le surcoût de la mixité de la LGV PACA est compris entre 1,45 et 2,8 Md€ pour les scénarios à deux axes de desserte passant par le centre Var, soit entre 50 et 110 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

Les scénarios qui présentent les surcoûts les moins élevés (50 à 55 %) sont les scénarios Nord ou Sud Arbois – Nord Toulon. Ceci est dû au moindre linéaire de tunnels supplémentaires à construire, compte tenu de la topographie moins chahutée des itinéraires suivant la vallée de l'Arc.

2.2.3 Scénarios à un axe de desserte

Ces scénarios consistent à réaliser une ligne nouvelle dans le prolongement de la LGV Méditerranée qui se termine à Marseille. Pour ces scénarios, la LGV PACA est raccordée au réseau classique à l'est de Marseille. La question des aménagements sur le réseau classique permettant la continuité des circulations de trains de marchandises à l'ouest de la LGV PACA ne se pose donc pas.



Figure 5 : Les itinéraires des scénarios à 1 axe de desserte

➤ Scénario littoral

Dans ce scénario, environ 100 km de ligne nouvelle sont à construire jusqu'aux environs du Muy. Si environ 19 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 40 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 1,9 Md€, soit environ 85 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

➤ Scénario Sud Sainte Baume

Dans ce scénario, environ 90 km de ligne nouvelle sont à construire jusqu'aux environs du Muy. Si environ 31 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 47 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 1,65 Md€, soit environ 55 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

➤ Conclusion

Le surcoût de la mixité de la LGV PACA est compris entre 1,65 et 1,9 Md€ pour les scénarios à un axe de desserte, soit entre 55 % et 85 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

Le scénario qui présente le surcoût le moins important (55 %) est le scénario Sud Sainte Baume. Ceci est dû au moindre linéaire de tunnels supplémentaires à construire et à la présence d'un tunnel déjà bi-tube sur l'itinéraire voyageurs, compte tenu de sa très grande longueur (>de 10 km).

2.2.4 Conclusion

Le tableau ci-dessous récapitule, pour les différents scénarios étudiés, les principaux impacts de la mixité de la LGV PACA jusqu'aux environs du Muy.

Scénario	Longueur de tunnels supplémentaire	Surcoût par rapport à une LGV voyageurs (en M€)*	Surcoût par rapport à une LGV voyageurs (en %)*
Durance – Haut Var	11 km	1200	50 %
Nord Aix – Haut Var	14 km	1650	65 %
Durance – Centre Var	11 km	1250	50 %
Nord Aix – Centre Var	29 km	2300	115 %
Nord ou Sud Arbois – Centre Var	8 à 9 km	950 à 1000	40 à 45 %
Durance – Nord Toulon	15 km	1750	55 %
Nord Aix – Nord Toulon	33 km	2800	110 %
Nord ou Sud Arbois – Nord Toulon	12 à 13 km	1450 à 1500	50 à 55 %
Littoral	21 km	1900	85 %
Sud Sainte Baume	16 km	1650	55 %

*hors aménagements des lignes classiques permettant la continuité de circulation des trains de marchandises à l'ouest (raccordements à la LGV PACA, mises à double voie, électrification...)

Les scénarios présentant les surcoûts les moins élevés (950 à 1000 M€, + 40 à + 45%) sont les scénarios de la famille à trois axes de desserte se débranchant de la LGV Méditerranée au sud d'Aix-en-Provence (au nord ou au sud de la gare d'Aix TGV sur le plateau de l'Arbois) et se poursuivant par le centre Var en direction de l'est de la région.

Ceci est dû au moindre linéaire de tunnels supplémentaires à construire, compte tenu de la topographie moins chahutée des itinéraires suivant la vallée de l'Arc puis la dépression de Saint Maximin - Brignoles.

2.3 Les enjeux techniques à l'est du Muy

A l'est du Muy, les enjeux techniques de la mixité de la LGV PACA sont étroitement liés au prolongement de la LGV à travers les Alpes-Maritimes. Les hypothèses suivantes sont présentées :

- prolongement de la LGV jusqu'aux environs de Cannes ;
- prolongement de la LGV jusqu'aux environs de Nice ;
- prolongement de la LGV jusqu'à Nice centre ;
- prolongement de la LGV jusqu'aux environs de Monaco ;
- prolongement de la LGV jusqu'en Italie ;
- prolongement de la LGV jusqu'en Italie depuis Nice centre.

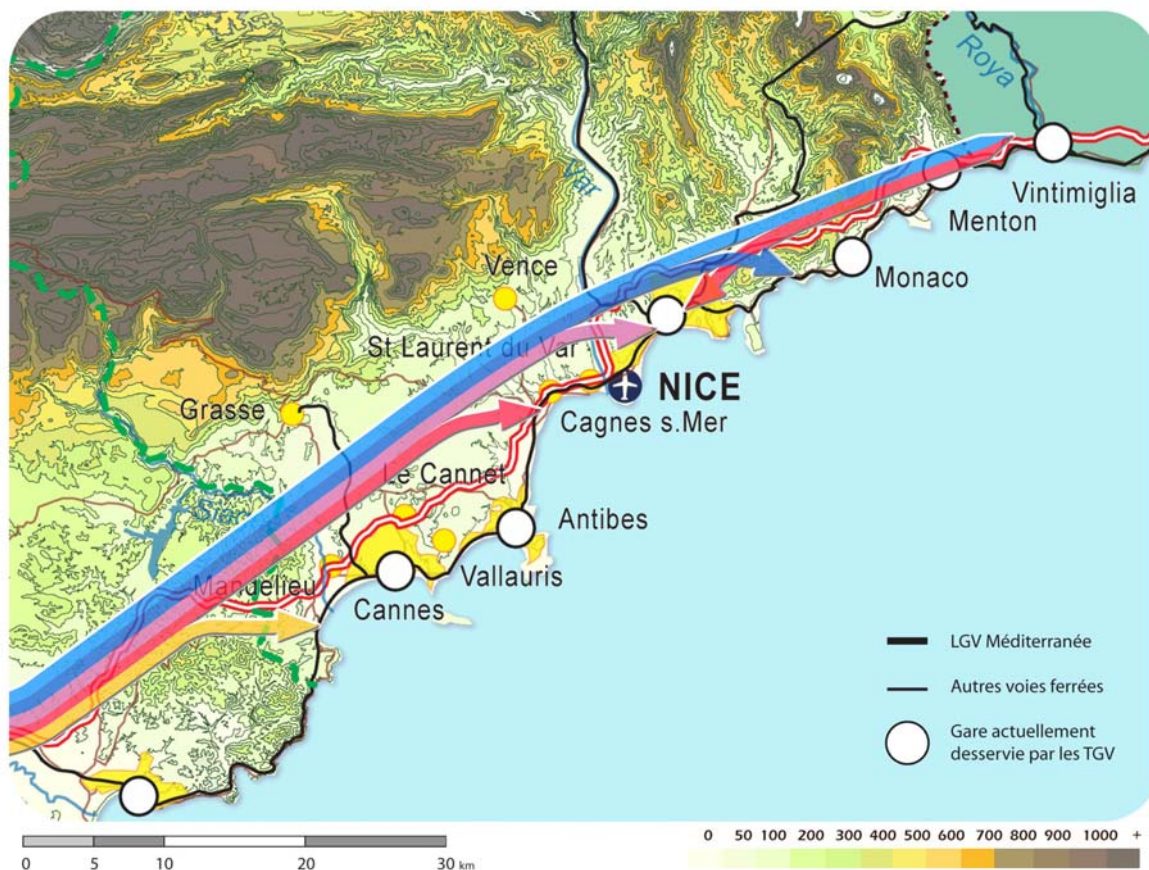


Figure 6 : Les possibilités de prolongement de la LGV dans les Alpes-Maritimes

2.3.1 Prolongement de la LGV jusqu'aux environs de Cannes

Dans ce scénario, environ 40 km de ligne nouvelle sont à construire depuis les environs du Muy. Si environ 11 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 15 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 0,45 Md€, soit environ 40 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

2.3.2 Prolongement de la LGV jusqu'aux environs de Nice

Dans ce scénario, environ 60 km de ligne nouvelle sont à construire depuis les environs du Muy. Si environ 27 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 32 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 0,85 Md€, soit environ 40 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

2.3.3 Prolongement de la LGV jusqu'à Nice centre

Dans ce scénario, environ 70 km de ligne nouvelle sont à construire depuis les environs du Muy. Si environ 36 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 42 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 1,35 Md€, soit environ 50 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

2.3.4 Prolongement de la LGV jusqu'aux environs de Monaco

Dans ce scénario, environ 80 km de ligne nouvelle sont à construire depuis les environs du Muy. Si environ 43 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 49 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 1,45 Md€, soit environ 40 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

2.3.5 Prolongement de la LGV jusqu'en Italie

Dans ce scénario, environ 95 km de ligne nouvelle sont à construire depuis les environs du Muy. Si environ 55 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 63 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 1,8 Md€, soit environ 40 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

2.3.6 Prolongement de la LGV jusqu'en Italie depuis Nice centre

Entre le centre de Nice et l'Italie, environ 25 km de ligne nouvelle sont à construire. Si environ 19 km de tunnels sont nécessaires dans le cas d'une LGV voyageurs, ce sont environ 23 km de tunnels qui seraient nécessaires dans le cas d'une LGV mixte.

Le surcoût est évalué à environ 0,7 Md€, soit environ 40 % de plus que le coût d'une LGV voyageurs.

2.3.7 Conclusion

Le tableau ci-dessous récapitule les principaux impacts de la mixité de la LGV PACA, depuis les environs du Muy, pour les différents scénarios de prolongement de la LGV PACA étudiés.

Scénario	Longueur de tunnels supplémentaire	Surcoût par rapport à une LGV voyageurs (en M€)*	Surcoût par rapport à une LGV voyageurs (en %)*
Prolongement jusqu'aux environs de Cannes	4 km	500	50 %
Prolongement jusqu'aux environs de Nice	5 km	900	40 %
Prolongement jusqu'à Nice centre	6 km	1500	55 %
Prolongement jusqu'aux environs de Monaco	6 km	1500	40 %
Prolongement jusqu'en Italie	8 km	1850	40 %
Prolongement jusqu'en Italie depuis Nice centre	4 km	800	40 %

Par rapport à une LGV réservée aux voyageurs, le surcoût de la mixité de la LGV PACA dans les Alpes-Maritimes est de l'ordre de 40 %. Le surcoût augmente proportionnellement au linéaire de ligne nouvelle à construire.