



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

on nice paris turin madrid londres bordeaux bruxelles milan

montpellier barcelone strasbourg amsterdam nice madrid toulon montpellier barcelone marseille toulon



Les gains de temps envisageables sur
la ligne Marseille – Vintimille

Novembre 2004

LGV PACA PREPARATION DU DEBAT PUBLIC

LES GAINS DE TEMPS ENVISAGEABLES SUR LA LIGNE MARSEILLE - VINTIMILLE

SYNTHESE

Le projet de LGV PACA a pour ambition d'offrir « grande vitesse » et « grande capacité » pour répondre aux besoins de déplacement de la région Provence – Alpes – Côte d'Azur. Pour répondre à l'ambition de la « grande vitesse » tout en utilisant la ligne existante Marseille – Vintimille, il faudrait augmenter la vitesse des trains soit en améliorant la géométrie de la ligne, soit en ayant recours à la technologie du train « pendulaire ».

La ligne Marseille – Vintimille serpente à travers les massifs du littoral et présente une succession de courbes de faible rayon, ce qui limite considérablement la vitesse. Ainsi, le franchissement de l'Estérel s'effectue à moins de 120 km/h. Entre Marseille et Nice, distantes de 224 km, le temps de parcours théorique sans arrêt est de 2h01, correspondant à une vitesse moyenne de 111 km/h. Le meilleur temps commercial est de 2h18, correspondant à une vitesse moyenne de 97 km/h.

➤ **L'amélioration de la géométrie de la ligne**

La ligne Marseille – Vintimille présente une géométrie constituée d'une succession de courbes serrées, qui n'est pas propice à une amélioration significative et donc à une diminution sensible des temps de parcours.

Compte tenu des caractéristiques géométriques de la ligne existante, mais également de la densité de l'urbanisation à proximité immédiate des voies, l'amélioration significative des vitesses de la ligne conduirait de fait à construire des sections de ligne nouvelle ne réutilisant pas, ou très peu, l'infrastructure existante.

Les gains de temps envisageables en réutilisant essentiellement la ligne seraient limités à quelques minutes.

➤ **L'utilisation de la technologie pendulaire**

Sans modifier la géométrie de l'axe littoral, l'utilisation de trains pendulaires permettrait de gagner entre 10 et 15 minutes sur le trajet Marseille – Nice, ce qui représente **un gain d'environ 10 % du temps de parcours**.

Ce gain de temps n'est pas comparable avec celui attendu d'une ligne nouvelle à grande vitesse et n'apporterait pas l'amélioration décisive souhaitable tant pour l'augmentation escomptée du trafic ferroviaire que pour l'amélioration de l'accessibilité en train du Var, des Alpes-Maritimes et plus largement de l'arc ferroviaire méditerranéen.

Enfin, en augmentant la vitesse des TGV sur la ligne Marseille – Vintimille, on augmenterait la saturation de cette ligne, car on augmenterait la différence de vitesse entre les trains les plus lents et les trains les plus rapides.

**LGV PACA
PREPARATION DU DEBAT PUBLIC**

**LES GAINS DE TEMPS ENVISAGEABLES
SUR LA LIGNE MARSEILLE - VINTIMILLE**

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| PRÉAMBULE | 4 |
| 1 DESCRIPTION DE L'AXE LITTORAL MARSEILLE - VINTIMILLE | 4 |
| 1.1. Bref historique | 4 |
| 1.2. Description des performances de l'axe littoral | 5 |
| 2 AMÉLIORATION DE LA GÉOMÉTRIE DE LA LIGNE | 8 |
| 2.1. Principes | 8 |
| 2.2. Application à la ligne Marseille – Vintimille | 9 |
| 2.3. Conclusions | 11 |
| 3 UTILISATION DE LA TECHNOLOGIE DU TRAIN PENDULAIRE | 12 |
| 3.1. Principes de la technologie du train pendulaire | 12 |
| 3.2. Application à la ligne Marseille – Vintimille | 13 |
| 3.3. Conclusions | 13 |

LGV PACA PREPARATION DU DEBAT PUBLIC

LES GAINS DE TEMPS ENVISAGEABLES SUR LA LIGNE MARSEILLE - VINTIMILLE

Préambule

Le projet de LGV PACA a pour ambition d'offrir « grande vitesse » et « grande capacité » pour répondre aux besoins de déplacement de la région Provence – Alpes – Côte d'Azur.

Les possibilités d'utilisation de la ligne existante Marseille - Vintimille pour répondre à cette double ambition se déclinent en :

- Pour la « grande capacité » : augmenter la capacité de la ligne en ajoutant des tronçons de voies supplémentaires le long des deux voies existantes (par exemple en poursuivant les projets du Contrat de Plan Etat / Région de 3^{ème} voie entre Marseille et Aubagne, ainsi qu'entre Antibes et Nice) ;
- Pour la « grande vitesse » : augmenter la vitesse des trains en améliorant la géométrie de la ligne ou en ayant recours à la technologie du train « pendulaire ».

Cette note de synthèse présente les résultats des analyses ayant trait à l'augmentation de la vitesse des trains avec du matériel standard et d'une étude confiée à la société Scétauroute sur les possibilités de gain de temps avec du matériel pendulaire. Les questions liées à la capacité de l'axe littoral sont présentées dans une note spécifique.

1 Description de l'axe littoral Marseille - Vintimille

1.1. Bref historique

Dès 1838 un projet de liaison ferroviaire depuis Marseille vers l'Italie est proposé par la société concessionnaire de la ligne Marseille – Avignon représentée par monsieur Talabot. Ce projet est alors rejeté et ce n'est qu'en 1845 qu'un projet de liaison ferroviaire entre Marseille et Toulon est approuvé. Cette évolution a pour origine la pression des militaires, demandeurs d'une infrastructure de transport fiable et rapide entre le premier port militaire de Méditerranée et la capitale phocéenne.

La ligne atteint Nice en 1864, quatre ans seulement après le rattachement du comté à la France. En 1868, Monaco sort de son isolement, et en 1872 la voie ferrée est prolongée jusqu'à Vintimille. La ligne est alors à voie unique, mais le succès commercial est tel, que le doublement de la ligne est très vite entrepris.

En 1969, la ligne est totalement électrifiée. Depuis cette date, aucun investissement important n'a été engagé, malgré l'augmentation des besoins de transports.

En 2000, la réalisation de sections à 3 voies dans les zones les plus saturées (Marseille – Aubagne et Antibes – Nice) est inscrite au contrat de plan Etat / Région. Ces projets sont déclarés d'utilité publique en septembre 2003.



Figure 1 : Le réseau ferroviaire sur le littoral

1.2. Description des performances de l'axe littoral

La ligne Marseille – Vintimille est longue de 252 km jusqu'à la frontière italienne. Le tableau suivant donne, entre Marseille et Nice, la répartition des éléments géométriques de la ligne.

| Éléments géométriques | Longueur | % de la ligne |
|------------------------------|----------|---------------|
| Courbes < 500 m | 18 km | 8 % |
| Courbes entre 500 et 750 m | 42 km | 19 % |
| Courbes entre 750 et 1000 m | 36 km | 16 % |
| Courbes entre 1000 et 2000 m | 27 km | 12 % |
| Courbes > 2000 m | 11 km | 5 % |
| Total courbes | 134 km | 60 % |
| Alignements | 90 km | 40 % |
| Total courbes + alignements | 224 km | 100 % |

De Marseille à Nice et Vintimille, la ligne actuelle serpente entre les massifs montagneux. La ligne présente une succession de courbes de faible rayon, souvent compris entre 500 et 750 m et parfois inférieurs à 500 m, ce qui limite considérablement la vitesse.

Ainsi, les franchissements de l'Estérel et de la corniche de la Riviera se font à une vitesse inférieure à 120 km/h.

Il n'y a qu'entre Toulon et Fréjus, où la ligne s'inscrit dans le relief favorable du sillon permien que la vitesse peut être supérieure à 140 km/h.



Figure 2 : La ligne Marseille – Vintimille serpentant entre La Ciotat et Bandol

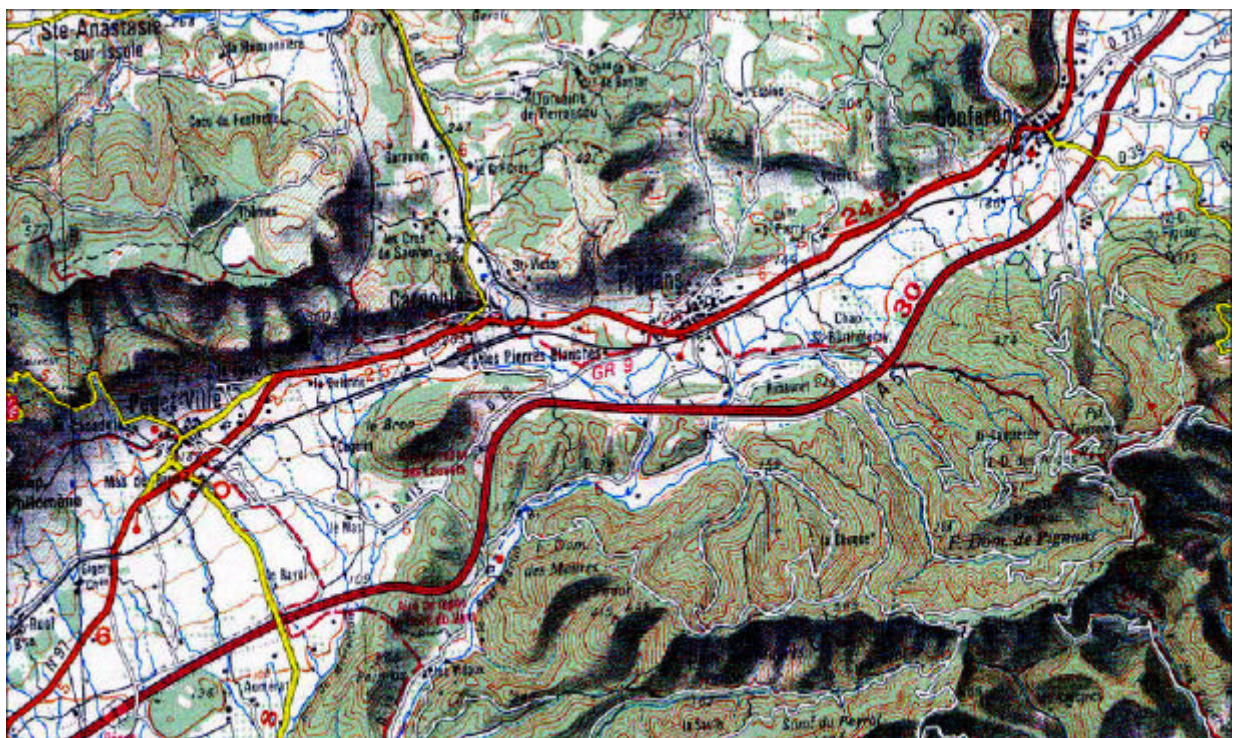


Figure 3 : La ligne Marseille – Vintimille dans le sillon permien entre Puget et Gonfaron

La géométrie de la ligne autorise les vitesses données dans le tableau suivant.

| Section | Longueur | Vitesse autorisée |
|------------------------|----------------|-------------------------|
| Marseille - Bandol | 50 km | 120 km/h < V < 140 km/h |
| Sanary – La Seyne | environ 5 km | V = 160 km/h |
| Toulon – Fréjus | environ 100 km | 140 km/h < V < 160 km/h |
| St Raphaël - Théoule | environ 25 km | 90 km/h < V < 120 km/h |
| Mandelieu - Cannes | environ 10 km | 140 km/h < V < 160 km/h |
| Vallauris - Golfe Juan | environ 5 km | 90 km/h < V < 120 km/h |
| Antibes - Nice | environ 25 km | 120 km/h < V < 140 km/h |
| Nice - Menton | environ 25 km | 90 km/h < V < 120 km/h |
| Vintimille | environ 10 km | V < 90 km/h |

Les principaux temps de parcours théoriques* qui en résultent sont donnés dans le tableau ci-dessous.

| Relation | Distance | Temps de parcours théorique* | Vitesse théorique** |
|----------------------------|--------------|------------------------------|---------------------|
| Marseille - Toulon | 67 km | 38 minutes | 106 km/h |
| Marseille - St Raphaël | 161 km | 1h23 | 116 km/h |
| Marseille - Cannes | 193 km | 1h43 | 112 km/h |
| Marseille - Nice | 224 km | 2h01 | 111 km/h |
| Toulon - St Raphaël | 94 km | 46 minutes | 123 km/h |
| Toulon - Cannes | 126 km | 1h06 | 115 km/h |
| Toulon - Nice | 157 km | 1h24 | 112 km/h |
| Nice – St Raphaël | 63 km | 39 minutes | 97 km/h |
| Nice - Cannes | 31 km | 19 minutes | 98 km/h |

* Le temps de parcours théorique est calculé sans arrêt intermédiaire et sans contraintes d'exploitation. Les temps de parcours commerciaux tiennent compte des arrêts en gares et de la coexistence des différents trafics sur la ligne (TGV, TER, trains de marchandises) conduisant généralement à la domestication des horaires (diminution de la vitesse des trains les plus rapides).

** Distance / temps de parcours théorique.

Entre Marseille et Nice, distantes de 224 km, le temps de parcours théorique sans arrêt est de 2h01, correspondant à une vitesse moyenne de 111 km/h. Le meilleur temps commercial est de 2h18, correspondant à une vitesse moyenne de 97 km/h.

2 Amélioration de la géométrie de la ligne

2.1. Principes

Sur une voie ferrée, comme sur une route, la vitesse est limitée par le rayon des courbes. Plus les courbes sont grandes, plus la vitesse permise augmente. A contrario, si les courbes sont plus serrées, la vitesse permise diminue.

Le tableau ci-dessous présente les vitesses permises en fonction du rayon des courbes. La vitesse permise dépend également du dévers des courbes, qui est un compromis entre le confort des trains les plus rapides et celui des trains les plus lents.

| Rayon minimal de la courbe | Vitesse permise | Commentaire |
|----------------------------|-----------------|--|
| 350 m | 90 km/h | Domaine des lignes classiques, généralement d'utilisation mixte (trains de voyageurs et trains de fret). |
| 550 m | 120 km/h | |
| 750 m | 140 km/h | |
| 1000 m | 160 km/h | |
| 1350 m | 180 km /h | |
| 2500 m | 230 km / h | Domaine des lignes à grande vitesse, généralement réservées aux TGV. |
| 3900 m | 270 km/h | |
| 4600 m | 300 km/h | |
| 7200 m | 350 km/h | |

Pour augmenter la vitesse des trains il faut donc augmenter le rayon des courbes. En pratique, si l'on souhaite améliorer sensiblement la vitesse des trains, l'amélioration de la géométrie de la ligne conduit à sortir des emprises actuelles de la voie ferrée et à construire des « morceaux » de ligne nouvelle.

L'ampleur et les bénéfices des travaux d'augmentation de vitesse dépendent fortement des caractéristiques initiales de la ligne :

- si la voie ferrée est par exemple constituée de deux longues lignes droites séparées par une courbe serrée, l'amélioration de la seule courbe permet d'augmenter la vitesse des trains sur tout l'itinéraire ;
- au contraire, si la voie ferrée est constituée d'une succession de courbes serrées, il faut améliorer la totalité de la ligne pour améliorer sensiblement le temps de parcours.

Le premier cas se rencontre généralement sur les lignes ferroviaires « de plaine » : la topographie présente peu d'obstacles et a permis de construire de longues lignes droites. C'est par exemple le cas de la ligne Strasbourg – Mulhouse, qui s'inscrit dans la plaine du Rhin, où la vitesse des trains peut atteindre 220 km/h.

Le second cas se présente au contraire sur les lignes ferroviaires « de montagne » : la topographie présente de nombreux obstacles et a nécessité de construire des

voies ferrées « serpentant » pour épouser le relief. C'est le cas de la plupart des sections de la ligne Marseille – Vintimille, comme par exemple au franchissement du massif de l'Estérel où la ligne serpente entre mer et montagne et a nécessité la construction de nombreux tunnels et viaducs (9 km de tunnels entre Marseille et Nice).



Figure 4 : La reprise d'une seule courbe permet d'augmenter la vitesse sur la totalité de l'itinéraire



Figure 5 : Il faut reprendre la géométrie de la totalité de la ligne pour améliorer la vitesse sur l'itinéraire

2.2. Application à la ligne Marseille – Vintimille

La ligne Marseille – Vintimille, conçue au 19^{ème} siècle dans l'environnement topographique chahuté du littoral provençal présente une géométrie constituée d'une succession de courbes serrées.

Pour améliorer sensiblement les temps de parcours sur l'axe littoral, il faut en conséquence améliorer presque partout la géométrie de la ligne. La « réutilisation » de l'infrastructure existante devient, de fait, marginale.

➤ Section Marseille – Aubagne

Entre Marseille et Aubagne, l'urbanisation qui s'est développée le long des voies ferrées ne permet pas une amélioration très significative de la géométrie de la ligne.

La seule solution permettant de diminuer très sensiblement le temps de parcours consiste à créer une section de ligne nouvelle, nécessairement en souterrain compte tenu de l'occupation du sol.

➤ Section Aubagne – Toulon

Entre Aubagne et Toulon, la voie ferrée serpente à travers plusieurs massifs (Calanques, collines de Bandol / St Cyr, etc...). L'amélioration significative de la géométrie de la ligne conduirait à l'abandon quasi-total de l'infrastructure existante.

Là encore, l'urbanisation importante qui s'est développée le long des voies ferrées entre Marseille et Toulon est une contrainte très importante.

Si l'on souhaite diminuer sensiblement le temps de parcours, il est préférable d'imaginer une ligne nouvelle en retrait du littoral plutôt qu'une « amélioration » de la ligne existante qui reviendrait de fait à construire une nouvelle ligne dans un environnement très urbanisé.

➤ **Traversée de Toulon**

A la traversée de l'agglomération, l'urbanisation qui s'est développée le long des voies ferrées ne permet pas une amélioration significative de la géométrie de la ligne.

La seule solution permettant de diminuer sensiblement le temps de parcours consiste à créer une section de ligne nouvelle, nécessairement en souterrain compte tenu de l'occupation du sol.

➤ **Section Toulon – Fréjus**

Cette section est théoriquement la plus propice à l'amélioration de la géométrie de la ligne existante : de nombreux alignements existent et peuvent être réutilisés.

Toutefois, même si l'urbanisation est moins dense que sur le littoral, elle n'est pas négligeable et se développe rapidement.

Aussi, le potentiel de gain de temps sur la section Toulon – Fréjus est-il probablement limité à quelques minutes sur les 46 minutes du temps de parcours théorique sur ce secteur.

➤ **Section Fréjus – Frontière**

L'amélioration significative de l'infrastructure à la traversée de l'Estérel, compte tenu de la géométrie de la ligne et de la topographie, requiert la construction d'une ligne nouvelle en intégralité.

Entre Cannes et Nice, c'est l'urbanisation qui s'est développée le long des voies ferrées qui ne permet pas une amélioration significative de la géométrie de la ligne. La seule solution envisageable pour diminuer sensiblement le temps de parcours consiste à créer une section de ligne nouvelle, majoritairement en souterrain compte tenu de l'occupation du sol.

➤ **Synthèse**

La section de l'axe littoral la plus propice à une amélioration de la géométrie se situe entre Toulon et Fréjus. Toutefois, les contraintes d'urbanisation limiteraient probablement les gains de temps à quelques minutes.

Sur les autres sections, l'urbanisation et la topographie sont les principales contraintes à une amélioration significative de la ligne existante :

- à la traversée des agglomérations, l'urbanisation qui s'est développée le long des voies ferrées ne permet pas une amélioration significative de la géométrie de la ligne. C'est le cas entre Marseille et Aubagne, à la traversée de Toulon et entre Cannes et l'Italie.

- lorsque la topographie est chahutée, l'amélioration significative de la géométrie de la ligne conduit à ne pas réutiliser la ligne existante. C'est le cas à la traversée de l'Estérel.

Ces deux contraintes se conjuguent parfois, comme entre Aubagne et Toulon, où topographie chahutée et urbanisation dense le long du littoral conduisent à privilégier la création d'un tronçon de ligne nouvelle en retrait du littoral si l'on souhaite améliorer sensiblement les temps de parcours.

2.3. Conclusions

La ligne Marseille – Vintimille, qui serpente à travers les massifs du littoral n'est pas propice à une amélioration significative de sa géométrie et donc à une diminution sensible des temps de parcours.

Compte tenu des mauvaises caractéristiques géométriques de la ligne existante, mais également de la densité de l'urbanisation à proximité immédiate des voies, l'« amélioration » significative de la ligne Marseille – Vintimille conduirait de fait à construire des sections de ligne nouvelle ne réutilisant pas, ou très peu, l'infrastructure existante.

Il convient enfin de noter qu'en augmentant la vitesse des TGV sur la ligne Marseille – Vintimille, on augmenterait la saturation de cette ligne, car on augmenterait la différence de vitesse entre les trains les plus lents et les trains les plus rapides.

3 Utilisation de la technologie du train pendulaire

3.1. Principes de la technologie du train pendulaire

La technologie pendulaire permet aux trains de s'incliner de quelques degrés dans les virages (comme les motos, mais évidemment de manière moins spectaculaire).

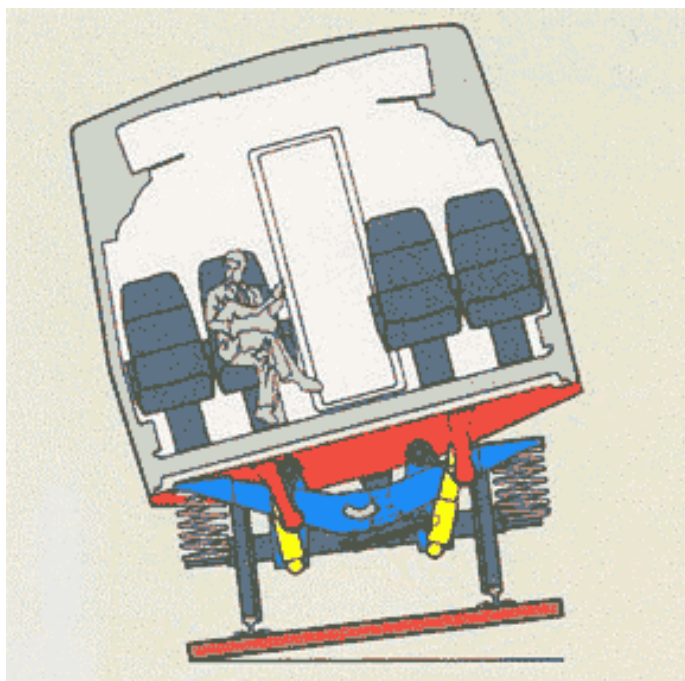


Figure 6 : Illustration de la technologie du train pendulaire

Cette inclinaison permet de compenser partiellement l'effet de la force centrifuge et diminue de ce fait le sentiment d'inconfort pour les voyageurs. A géométrie de ligne constante, l'inclinaison des trains permet de compenser une partie de l'insuffisance de dévers et les courbes peuvent ainsi être parcourues à plus grande vitesse par les trains pendulaires. Des gains de temps de parcours peuvent ainsi être dégagés.

Outre la nécessité d'acquérir du matériel roulant, la circulation de trains pendulaires est susceptible de générer les investissements suivants sur l'infrastructure de la ligne :

- renforcement des structures d'assise de la voie en courbe, où l'augmentation de la vitesse des trains crée des efforts plus importants ;
- reprise de gabarit de certains tunnels et passages supérieurs de la ligne pour y inscrire le gabarit dynamique des trains pendulaires ;
- reprise de la signalisation pour tenir compte de l'augmentation de vitesse des trains ;
- renforcement de l'alimentation électrique, l'augmentation de vitesse nécessitant d'avantage d'énergie ;
- suppression obligatoire des passages à niveau si la vitesse excède 160 km/h.

3.2. Application à la ligne Marseille – Vintimille

L'étude de l'utilisation de la technologie du train pendulaire a été menée sur la ligne Marseille – Vintimille, suivant deux hypothèses :

- limitation de la vitesse des trains à 160 km/h ;
- pas de limitation de la vitesse des trains.

La première hypothèse permet de s'affranchir de la suppression des passages à niveau, dont certains sont implantés dans des zones particulièrement contraintes.

La géométrie de la ligne Marseille – Vintimille permettant par endroits d'atteindre une vitesse de 220 km/h avec l'utilisation de trains pendulaires, la deuxième hypothèse permet d'augmenter encore les gains de temps de parcours.

- Limitation de la vitesse des trains à 160 km/h

Dans cette hypothèse, l'utilisation de la technologie pendulaire permet un gain d'environ 10 minutes sur le parcours Marseille – Nice.

- Pas de limitation de la vitesse des trains

Dans cette hypothèse, l'utilisation de la technologie pendulaire permet un gain d'environ 15 minutes sur le parcours Marseille – Nice.

Ainsi, sans modifier la géométrie de la ligne Marseille - Vintimille, l'utilisation de trains pendulaires permettrait de gagner entre 10 et 15 minutes sur le trajet Marseille – Nice, ce qui représente un gain de 10 à 15 % du temps de parcours.

3.3. Conclusions

Sans modifier la géométrie de la ligne Marseille - Vintimille, l'utilisation de trains pendulaires permettrait de gagner entre 10 et 15 minutes sur le trajet Marseille – Nice, ce qui représente un gain d'environ 10 % du temps de parcours.

Ce gain de temps n'est pas comparable avec celui attendu d'une ligne nouvelle à grande vitesse et n'apporterait pas l'amélioration décisive souhaitable tant pour l'augmentation escomptée du trafic ferroviaire que pour l'amélioration de l'accessibilité en train de la Côte d'Azur et plus largement de l'arc ferroviaire méditerranéen.

Il convient enfin de noter qu'en augmentant la vitesse des TGV sur la ligne Marseille – Vintimille, on augmenterait la saturation de cette ligne, car on augmenterait la différence de vitesse entre les trains les plus lents et les trains les plus rapides.