

Edition	Date	Objet de l'édition / révision
1	08/03/06	Création du document
2	11/05/06	Prise en compte des remarques de RFF

Edition : 2	Nom	Date	Visa
Auteurs :	Jean-Christian Avet		
	Serge Bourdin		
	Jean-Marc Ryckeboer		
	Laura Foglia		
	Alain Lutz		
Vérifié par :	Alain Lutz		
Approuvé par :	Laura Foglia		

DESSERTE FERROVIAIRE DE L'AEROPORT DE TOULON-HYERES ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

Sommaire

1. INTRODUCTION.....	6
1.1 CONTEXTE ET ENJEUX.....	6
1.1.1 Localisation et desserte ferroviaire actuelle.....	6
1.1.2 L'aéroport de Toulon-Hyères.....	7
1.1.3 Le contexte.....	7
1.2 LES ETUDES PRECEDENTES.....	8
1.2.1 Etude du potentiel commercial de la desserte ferroviaire de l'aéroport de Toulon Hyères et scénarios de desserte.....	8
1.2.2 Etude de conception de l'offre et de faisabilité.....	10
1.3 CADRAGE DE L'ETUDE.....	11
2. DIAGNOSTIC DE L'INFRASTRUCTURE ET ANALYSE DES CONTRAINTES	13
2.1 DIAGNOSTIC DES INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES.....	13
2.1.1 Caractéristiques générales de la ligne.....	13
2.1.2 Caractéristiques du tracé de la voie.....	14
2.1.3 Etat de l'infrastructure.....	15
2.1.4 Passages à niveau.....	17
2.1.5 Signalisation actuellement en place.....	17
2.1.6 Gares et haltes.....	18
2.2 AUTRES RESEAUX DE TRANSPORT DESSERVANT L'AIRE D'ETUDE.....	22
2.2.1 Réseau routier.....	22
2.2.2 Réseaux de transport en commun.....	23
2.2.3 Travaux et réflexions en cours concernant les réseaux de transport.....	24
2.3 ANALYSE DES CONTRAINTES AERONAUTIQUES.....	26
2.3.1 Généralités sur les contraintes aéronautiques.....	26
2.3.2 Contraintes aéronautiques de l'aérodrome d'Hyères le Palyvestre.....	29
3. ETUDE D'EXPLOITATION DE LA DESSERTE CADENCEE TOULON-AEROPORT.....	32
3.1 EXPLOITATION ACTUELLE DE LA LIGNE DE LA PAULINE-HYERES A HYERES.....	32
3.1.1 Rappel des caractéristiques générales de la ligne.....	32
3.1.2 Caractéristiques générales d'exploitation.....	32
3.2 CONTRAINTES ET LIMITES DE L'EXPLOITATION ACTUELLE.....	35
3.2.1 La bifurcation à niveau de La Pauline – Hyères.....	35
3.2.2 L'absence de point de croisement ou de cantonnement intermédiaire sur la ligne ..	36
3.2.3 Les installations de la gare d'Hyères.....	36
3.2.4 Limites de l'exploitation actuelle.....	37
3.3 ETUDES DE DEVELOPPEMENT DU TRAFIC DE LA LIGNE, REALISEES PAR LA SNCF EN 2004	38
3.3.1 Développement de trafic pris en compte.....	38
3.3.2 Aménagements proposés par les études SNCF.....	40
3.4 PROPOSITIONS DE SYSTRA DANS LE CADRE DU PROJET DE STRUCTURATION DU RESEAU A L'HORIZON 2008.....	44
3.4.1 Grille horaire des trains TGV, Intercités à longues distances et Intercités Régionaux PACA prise en compte.....	44
3.4.2 Hypothèses de schéma de desserte étudiées pour la relation Toulon – Aéroport de Toulon-Hyères.....	46
3.4.3 Grille horaire envisageable pour répondre à ce schéma de desserte.....	47

Sommaire

3.4.4	Estimation des coûts d'exploitation	49
4.	ETUDE DES INFRASTRUCTURES NECESSAIRES A LA REALISATION DE LA DESSERTE CADENCEE	51
4.1	AMENAGEMENTS CLASSIQUES DE L'INFRASTRUCTURE FERROVIAIRE.....	51
4.1.1	Aménagements strictement nécessaires pour la faisabilité de la grille proposée	51
4.1.2	Aménagements complémentaires envisageables destinés à renforcer la robustesse de la grille.....	56
4.1.3	Estimation des coûts d'aménagements.....	59
4.2	RECHERCHE D'AMENAGEMENTS RELATIFS AUX CONTRAINTES AERONAUTIQUES.....	60
4.2.1	Electrification de la ligne par caténaire	60
4.2.2	Electrification de la ligne par troisième rail.....	72
4.2.3	Exploitation de la ligne en traction thermique.....	79
4.2.4	Solution alternative : « Franchissement conditionnel des trouées ».....	80
4.2.5	Estimation du coût des solutions envisagées.....	83
4.3	APPROFONDISSEMENT DES AMENAGEMENTS D'INFRASTRUCTURE RELATIFS AUX CONTRAINTES AERONAUTIQUES	84
4.3.1	Solutions retenues pour l'approfondissement.....	84
4.3.2	Contraintes environnementales.....	85
4.3.3	Contraintes urbanistiques	88
4.3.4	Implantation retenue pour le terminus de l'Aéroport	92
4.4	APPROFONDISSEMENT DES SOLUTIONS ENTRE HYERES ET L' AEROPORT	93
4.4.1	Solution électrification par caténaire 25 kV	93
4.4.2	Solution électrification par 3 ^{ème} rail 1,5 kV	95
4.4.3	Conséquences d'un recul des seuils de piste.....	97
4.4.4	Chiffrage des solutions d'infrastructure entre Hyères et l'Aéroport	98
4.5	RECAPITULATION DES COUTS DU PROJET	99
5.	CONCLUSION.....	100

Table des illustrations

<i>Repérage de la zone d'étude</i>	6
<i>Fin de la section exploitée</i>	13
<i>Le poste de La Pauline</i>	14
<i>La gare de La Pauline et son parking</i>	18
<i>Le quai de la halte de La Crau</i>	19
<i>Trains à quai en gare d'Hyères</i>	20
<i>Sortie de la gare vers La Pauline</i>	20
<i>Le bâtiment voyageurs de La Plage d'Hyères</i>	21
<i>Carte du réseau routier dans le périmètre hyérois</i>	22
<i>Carte des lignes de bus urbains et interurbains</i>	23
<i>Schéma des contraintes aéronautiques de dégagement</i>	26
<i>Schéma explicatif du principe de massification par merlon</i>	27
<i>Schéma explicatif du principe de massification par couverture</i>	28
<i>Plan de situation des seuils de piste et de l'emprise ferroviaire</i>	29
<i>Plan de situation de la piste 05</i>	30
<i>Plan de situation de la piste 32</i>	31
<i>Situation géographique de la ligne de La Pauline – Hyères à Hyères</i>	33
<i>Schéma 1 : Synoptique simplifié des installations actuelles de la ligne de La Pauline-Hyères à Hyères</i>	34
<i>TGV, TER, et Fret : la gare d'Hyères est saturée !</i>	39
<i>Schéma 2 : Synoptique des modifications d'installations apportées par le Projet AVP de Mars 2004</i>	41
<i>Schéma 3 : Propositions de réaménagement de la gare de Hyères</i>	42
<i>Tableau des circulations actuelles de la section Toulon – La Pauline-Hyères (JOB)</i>	44
<i>Tableau des circulations mises au graphique de la section Toulon – La Pauline-Hyères (JOB)</i>	45
<i>Rame Z TER 2N de nouvelle génération (Z 26500)</i>	46
<i>Schéma 4 : Problématique de fonctionnement des correspondances GL / TER à TOULON</i>	48
<i>Schéma 5 : Schéma de modification des installations proposée par le projet</i>	54
<i>L'ancien BV de la gare de La Plage d'Hyères</i>	58

Table des illustrations

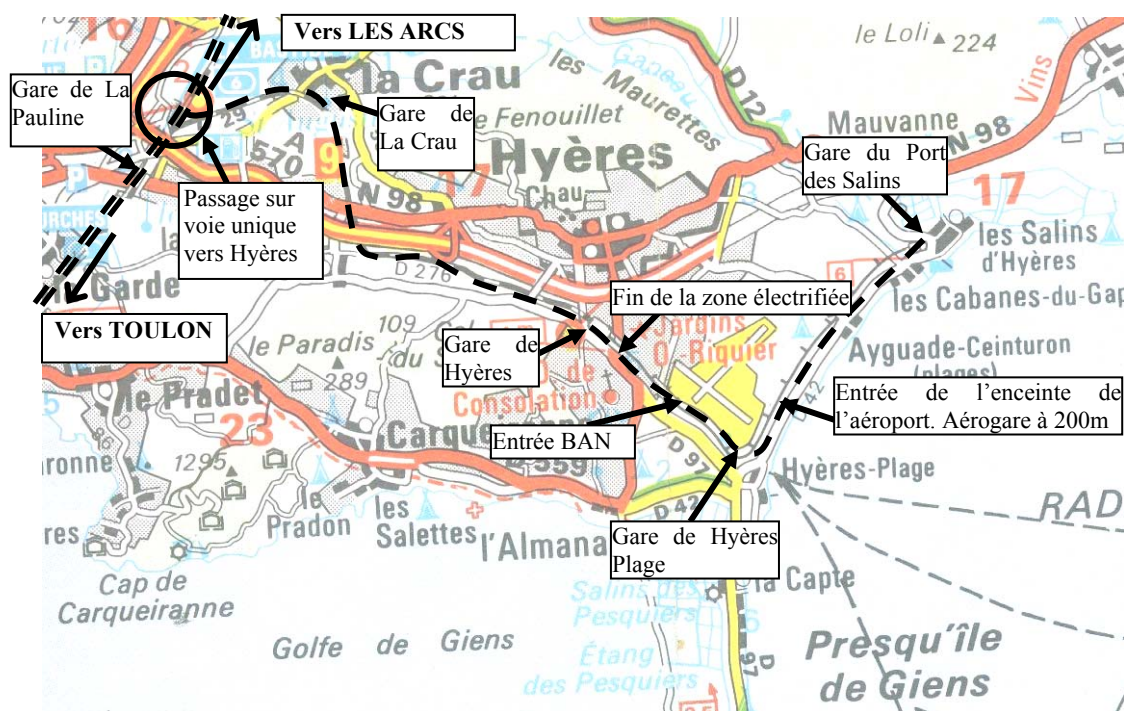
<i>La ligne prend fin à proximité de l'Aéroport</i>	58
<i>Schéma 6 : Coupe longitudinale de la massification par merlon piste 05</i>	60
<i>Schéma 7 : Problèmes relatifs à l'insertion avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 05 : solution « merlon »</i>	62
<i>Schéma 8 : Insertion avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 05 : solution « tunnel avec merlon »</i>	64
<i>Schéma 9 : Insertion avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 05 : solution « tunnel sans merlon »</i>	64
<i>Schéma 10 : Insertion avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 05 : solution « couverture »</i>	66
<i>Schéma 11 : Coupe longitudinale de la massification par merlon piste 05</i>	67
<i>Schéma 12 : Problèmes relatifs à l'insertion avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 32</i>	69
<i>Schéma 13 : Insertion de la voie avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 32 : solution « merlon »</i>	71
<i>Schéma 14 : Insertion de la voie avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 32 : solution « couverture »</i>	71
<i>Schéma 15 : Insertion de la voie avec électrification par 3^{ème} rail latéral à la voie dans la trouée de la piste 05</i>	76
<i>Schéma 16 : Insertion de la voie avec électrification par 3^{ème} rail latéral à la voie dans la trouée de la piste 32</i>	78
<i>Schéma 17 : Aménagements de signalisation pour le franchissement conditionnel</i>	81
<i>Situation de la ZNIEFF « Le Palyvestre – Ayguade Plage »</i>	85
<i>Plan du terminus retenu et son accès</i>	86
<i>Situation de la ZNIEFF « Plaine du Ceinturon et de Macany »</i>	87
<i>Parcelles impactées par le positionnement du terminus de l'Aéroport</i>	88
<i>Schéma 18 : Contraintes aéronautiques de dégagement</i>	93
<i>Gabarit caténaire et couverture</i>	94
<i>Gabarit 3^{ème} rail et couverture</i>	96

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte et enjeux

1.1.1 Localisation et desserte ferroviaire actuelle

A 23 km à l'est de Toulon, à proximité de la presqu'île de Giens, l'aéroport de Toulon-Hyères s'est implanté en 1966. Une voie ferrée, ouverte en 1875, desservait Hyères puis la gare d'Hyères Plage et passait à proximité de l'aéroport, avant de longer la côte et jusqu'au port des Salins. Seule la desserte de Toulon jusqu'à Hyères a été maintenue au-delà de 1982, la suite de la ligne étant inutilisée.



Repérage de la zone d'étude

La ligne actuellement exploitée jusqu'à Hyères se branche à La Pauline sur l'artère Marseille – Vintimille. La desserte actuelle se compose d'une vingtaine de mouvements, deux sens confondus, avec un aller-retour de TGV en relation avec Paris, les autres trains étant des TER de / vers Toulon ou Marseille.

1.1.2 L'aéroport de Toulon-Hyères

La Chambre de Commerce et d'Industrie du Var exploite l'aéroport de Toulon-Hyères avec autorisation de l'Aéronavale, qui gère les mouvements aériens. Cet aéroport comptait plus de 750 000 passagers en 2002, ce qui le place au dix-septième rang des plates-formes de province.

La région Provence Alpes Côte d'Azur dispose aussi de deux aéroports très importants, à Nice (140 km) et Marseille (100 km). Ils accueillent respectivement 9 millions et 4 millions de passagers par an.

L'aéroport de Toulon-Hyères est un aéroport d'import, et accueille majoritairement des passagers résidant hors de la région. En outre, ces voyageurs se déplacent principalement pour des motifs touristiques. En été, 75% des passagers de l'aéroport de Toulon-Hyères sont des touristes. Ils ne sont plus que 50% en hiver, l'autre moitié voyageant pour motif professionnel. Pour accéder à l'aéroport, les voyageurs utilisent la voiture ou le taxi à 95%. Seulement 2% utilisent les navettes qui relient l'aéroport à Hyères et Toulon. A titre de comparaison, moins de 80% des voyageurs de l'aéroport de Nice s'y rendent en voiture ou taxi.



Réseau des vols réguliers depuis l'aéroport de Toulon Hyères

La Chambre de Commerce et d'Industrie du Var mène une politique ambitieuse de développement de l'aéroport. L'objectif de 1,5 voire 2 millions de passagers par an est fixé pour 2015. Ceci correspond au trafic maximum autorisé par la Marine Nationale. Pour y arriver, la CCI veut développer l'image haut de gamme de l'aéroport ainsi que de nouveaux services, en particulier en favorisant des modes d'accès attrayants à l'aéroport.

1.1.3 Le contexte

Le Comité Interministériel de l'Aménagement et du Développement du Territoire du 18 décembre 2003 annonce que «le Gouvernement souhaite accélérer les études d'amélioration de la desserte ferroviaire régionale des grands aéroports existants». Le contrat de plan entre l'Etat et la Région Provence Alpes Côte d'Azur pour 2000-2006 prévoit ainsi une étude d'opportunité de la desserte ferroviaire de l'aéroport de Toulon-Hyères, prolongeant la ligne actuelle de Hyères vers l'aéroport.

Cette étude est complémentaire des projets de transport en commun de la communauté d'agglomération Toulon Provence Méditerranée qui a mis en place le Plan de Déplacement Urbain 2003-2010. L'intermodalité devra être garantie avec le réseau de transport en commun Mistral et entre autres avec le futur tramway. Un pôle d'échange intermodal sera ainsi mis en place à la gare de la Garde avec le tramway.

1.2 Les études précédentes

L'étude de la desserte ferroviaire a comporté au total trois temps. Le premier a permis de déterminer le potentiel de clientèle. Le deuxième consistait en une étude d'exploitation avec proposition de services. Dans un troisième temps, objet de la présente étude, il s'agit d'approfondir et de finaliser les travaux précédents à travers l'étude de l'infrastructure nécessaire à la réalisation des services souhaités pour la desserte de l'aéroport de Toulon-Hyères.

Les résultats des deux premières phases sont rappelés ci-dessous, et développés plus en détail dans le chapitre 3 « Exploitation ferroviaire ».

1.2.1 Etude du potentiel commercial de la desserte ferroviaire de l'aéroport de Toulon Hyères et scénarios de desserte

Cette étude, terminée en juin 2004, a quantifié les déplacements passagers des différents modes afin de déterminer les principaux marchés et leurs leviers. Une hypothèse forte de doublement du trafic aérien en 2015 a été faite. Les quatre marchés principaux sont les suivants:

- les passagers aériens avec un objectif de 264 000 voyages par an ;
- les navettes domicile travail avec 148 000 voyages par an ;
- la fréquentation des îles avec 13 800 voyages par an ;
- la fréquentation des plages avec 133 380 voyages par an ;

L'estimation effectuée dans l'étude est très générale, et en particulier elle n'est pas modulée en fonction du mode de transport mis en place (tramway, train ou bus). Elle correspond à un « marché de transport » de 2 150 voyages par jour sur la base de 260 jours ouvrables.

Les principaux leviers identifiés sont la fréquence des services, la garantie d'un temps de parcours fixe, une tarification incitative et éventuellement la proximité avec l'aérogare ou l'amplitude des services, suivant les marchés.

Sur cette base, quatre scénarios ont été envisagés et modélisés avec un chiffrage de la fréquentation entre Hyères et l'Aéroport aux horizons 2008 et 2015. :

- Desserte ferroviaire de La Plage d'Hyères avec terminus à 300 ou 500m de l'aérogare et arrêt à la Base Aéronavale :
 - Prévion 2008 : 144 500 voyageurs par an
 - Prévion 2015 : 217 900 voyageurs par an
- Desserte ferroviaire au plus près de l'aérogare et arrêts à la Base Aéronavale et à Hyères Plage :
 - Prévion 2008 : 173 300 voyageurs par an
 - Prévion 2015 : 262 200 voyageurs par an
- Desserte en transport en commun urbain routier :
 - Prévion 2008 : 194 500 voyageurs par an
 - Prévion 2015 : 263 100 voyageurs par an
- Desserte en tramway :
 - Prévion 2008 : 254 900 voyageurs par an
 - Prévion 2015 : 334 800 voyageurs par an

L'impact de chacun des quatre scénarios sur la fréquentation du mode ferroviaire a été évalué aux horizons 2008 et 2015. Il en ressort les conclusions suivantes :

- Le scénario tramway est celui qui intéresse le plus de voyageurs dans l'absolu. La fréquentation concerne surtout la partie entre Hyères et l'aéroport, alors que sur le mode ferroviaire entre Toulon et Hyères l'impact de ce scénario est moins favorable que celui du scénario ferroviaire pur.
- Le scénario bus est à peu près au même niveau de fréquentation que le scénario ferroviaire ; tout comme pour le mode tramway, la mise en place d'un service routier attire une clientèle moindre sur le mode ferroviaire, mais la desserte du centre-ville d'Hyères crée un trafic considérable.
- Parmi les deux alternatives ferroviaires, le scénario envisageant la réouverture de la ligne avec un terminus au plus près de l'aérogare est sans surprise le plus favorable pour le mode ferroviaire (environ 165 000 voyageurs entre Toulon et Hyères, 262 000 au-delà d'Hyères, à l'horizon 2015)
- La prolongation de la ligne ferroviaire jusqu'à la plage d'Hyères, à laquelle on adjoindrait un transport hectométrique sur le trajet terminal est le scénario le moins favorable en termes de fréquentation.

Une analyse des transports de marchandises a aussi été réalisée dans le cadre de la même étude. Le marché du fret ferroviaire est très restreint et son développement a été écarté pour la suite de l'étude.

1.2.2 Etude de conception de l'offre et de faisabilité

L'objectif de cette étude, réalisée par la SNCF et terminée en novembre 2004, était de proposer une offre de transport adaptée à la demande et compatible avec les services existants.

L'étude s'est focalisée sur les scénarios ferroviaires. Des principes forts ont été adoptés dès le début de l'étude. Ils concernaient :

- le rythme des dessertes entre Toulon, Hyères et l'Aéroport, fixé à 40' +/- 10' avec éventuellement des trajets partiels (Hyères – Aéroport en particulier), impliquant des discontinuités de service pour l'utilisateur ;
- les matériels utilisés : rames TER2N NG ;
- les gares et haltes intermédiaires desservies : La Garde, La Pauline, La Crau, Hyères, BAN, Hyères Plage ;
- le maintien des trafics Fret et Grandes Lignes.

Seules des **offres rythmées** ont été étudiées. Elles sont bâties **en accroche sur l'offre Marseille Toulon** et deux scénarios ont été distingués :

- une proposition d'offre rythmée sur la base du service 2004/05,
- une proposition d'offre rythmée à moyen terme avec la mise en place d'une troisième voie entre Marseille et Aubagne (horizon 2010).

Pour chacun de ces deux scénarios, il a été envisagé la mise en place d'un terminus à Hyères Plage, à l'entrée de l'aéroport ou à l'aérogare. Des grilles de dessertes ont été construites avec tableaux horaires et graphiques.

Il est important de signaler que l'étude d'exploitation n'a pas traité :

- les contraintes commerciales d'exploitation en gare de Toulon,
- les besoins en remisage de la gare d'Hyères,
- le principe du renforcement des dessertes de l'Est Toulonnais et du Moyen Var, qui ne rentrait pas dans le cadre de l'étude.

Par ailleurs, la mise en place d'une offre réellement cadencée n'a été abordée que sur le principe et non de façon concrète. En particulier, aucun graphique d'offre cadencée n'a été construit.

Des propositions d'aménagement ont été réalisées dans le cadre des scénarios étudiés.

1.3 Cadrage de l'étude

A l'issue de la réunion de lancement de l'étude, il s'est avéré que les hypothèses considérées dans l'étude d'exploitation réalisée par la SNCF ne satisfaisaient pas tous les partenaires de l'étude.

En particulier, le rythme de 40 minutes, sur lequel ont été bâties les différentes dessertes, est incompatible avec la structure de cadencement du réseau français, basée sur une « brique élémentaire » d'une heure. La Région Provence-Alpes-Côte-d'Azur, qui souhaite l'implémentation rapide du cadencement sur son réseau régional, a demandé une mise en cohérence de l'étude avec les hypothèses prises au niveau national, en particulier avec le projet de structuration du graphique menée par les services de RFF.

Cela a impliqué un recadrage de l'étude menée par SYSTRA, qui inclut par conséquent un volet exploitation. L'objectif défini par le Comité Technique est la mise en place d'une desserte cadencée entre Toulon, Hyères et l'Aéroport :

- Toulon – Hyères - Aéroport : cadence de 60 minutes toute la journée,
- Toulon – Hyères : cadence de 60 minutes en heures de pointe, mission intercalée à la précédente.

Le présent rapport réunit l'ensemble des analyses menées par SYSTRA. Il s'articule autour des volets suivants :

- ⇒ Diagnostic de l'infrastructure ferroviaire existante, des gares et des haltes entre la Pauline et la Plage d'Hyères et rappel des autres réseaux de transport en commun de l'aire d'étude ;
- ⇒ Analyse de l'ensemble des contraintes aéronautiques, environnementales et urbanistiques ;
- ⇒ Etude d'exploitation correspondant à la desserte souhaitée par le Comité Technique ;
- ⇒ Evaluation des aménagements nécessaires pour la faisabilité de la grille horaire proposée et pour sa robustesse ;
- ⇒ Recherche de solutions d'aménagements d'infrastructure face aux contraintes (essentiellement aéronautiques) identifiées ;

-
- ⇒ Recherche d'un terminus au plus près de l'entrée de l'aéroport ;
 - ⇒ Approfondissement des solutions d'infrastructure retenues par le Comité de Pilotage et évaluation des coûts correspondant.

Les chapitres ci-dessous détaillent ce plan, en l'illustrant par des schémas.

2. DIAGNOSTIC DE L'INFRASTRUCTURE ET ANALYSE DES CONTRAINTES

2.1 Diagnostic des infrastructures ferroviaires

2.1.1 Caractéristiques générales de la ligne

La ligne La Pauline – Hyères Plage prend son origine en gare de la Pauline, au PK 77,125 de la ligne Marseille – Vintimille. Le décrochage ferré vers Hyères se fait par une bifurcation à niveau qui engendre des cisaillements et perturbe les circulations de la ligne principale. C'est l'un des points délicats de la desserte ferroviaire entre la gare de Toulon et l'Aéroport d'Hyères.

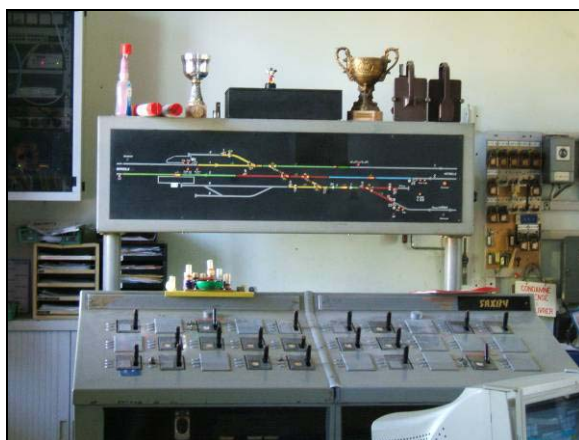
La ligne est actuellement exploitée jusqu'à la gare de Hyères, au PK 9,922. Elle est désaffectée depuis 1982 au-delà du PK 10,849, une voie en tiroir de 950 m restant utilisée pour les manœuvres de rames de wagons de marchandises en gare d'Hyères.



Fin de la section exploitée

La section exploitée de la ligne est électrifiée en courant alternatif 25 kV, y compris le tiroir de manœuvre de la gare d'Hyères.

La gestion des circulations est réalisée par un système de CAPI (Cantonement Assisté Par Informatique) avec gare de commande située à Hyères. La bifurcation de la Pauline est gérée localement par un agent circulation (Poste Electrique à Leviers d'Itinéraires de 30 leviers).



SYSTRA

Le poste de La Pauline

2.1.2 Caractéristiques du tracé de la voie

La vitesse est actuellement limitée à 80 km/h sur la totalité de la section exploitée, et ce pour toutes les catégories de circulation admises sur la ligne.

Le tracé de la voie serpente entre les nombreux hameaux situés entre La Pauline et Hyères. La section La Pauline – La Crau présente de bonnes caractéristiques, avec des rayons d'au moins 735 m. Le tracé en plan se dégrade après la halte de La Crau, avec une succession de courbes et contre-courbes de 400 m de rayon en moyenne jusqu'au PK 4,975. Au-delà, jusqu'au PK 7,194, le tracé s'améliore avec des rayons de 1000 m. L'arrivée à Hyères fait en revanche appel à des rayons plus faibles, inférieurs à 500 m.

Au-delà d'Hyères, la voie est principalement en alignement, mais présente une courbe serrée de plus de 90° lui permettant de s'orienter parallèlement à la côte, près de la halte de La Plage d'Hyères.

Le profil en long de la ligne est en dents de scies sur la première partie du parcours (jusqu'au PK 6,396), avec de faibles déclivités n'excédant pas 8 ‰, avant de descendre franchement vers Hyères et le littoral. Les déclivités les plus fortes sont de :

- 8‰ sur les 300m premiers mètres de la ligne,
- 9 et 10‰ en entrée de la gare d'Hyères sur respectivement 500 et 400 m.

Ces valeurs très faibles de déclivité n'ont aucun impact sur l'ensemble des trafics.

A noter que l'extrémité du tiroir au-delà de la gare d'Hyères présente une pente de 15 ‰ en direction du littoral.

2.1.3 Etat de l'infrastructure

2.1.3.1 De la gare de La Pauline à celle d'Hyères.

L'armement de la voie est constitué :

- Sur les 2 premiers kilomètres, d'un long rail soudé (LRS) U36 (50kg/m) sur traverses bois avec attaches rigides posé en 1976,
- Sur le reste du parcours, une pose classique à joints décalés sur traverses bois avec un rail de poids inférieur (U33 et LP48, respectivement 46 et 48kg/m).

Le LRS aurait pu être prolongé jusqu'à l'avant gare de Hyères, sans aucun problème. Le rayon minimum de la ligne étant de 400m, les règles de pose le permettaient facilement et le coût de maintenance serait plus faible. Le plancher de voie est âgé de 30ans mais ne nécessite pas un remplacement rapide et est correctement dimensionné par rapport au trafic actuel.

Dans le cadre d'une augmentation de trafic sur la ligne, une opération de Renouvellement Voie et Ballast (RVB) s'imposera pour une remise à niveau complète. Néanmoins, il ne nous paraît pas opportun de considérer cette opération au titre du projet de desserte de l'Aéroport : à l'horizon de ce projet, le niveau de trafic aura vraisemblablement augmenté suite à la mise en service du BAPR entre La Pauline et Hyères, et nous prenons comme hypothèse que l'opération de RVB aura déjà été réalisée dans ce cadre.

2.1.3.2 De la gare d'Hyères à l'aéroport

Entre la gare SNCF d'Hyères et l'entrée de l'aéroport de Toulon-Hyères, la voie unique, enfouie dans de hautes herbes, existe toujours. On peut diviser cette section en quatre tronçons :

- **Avant-gare d'Hyères côté sud**

Le plancher de voie en gare d'Hyères et sur la partie circulée (voie en tiroir) date de 1964.

Ce tronçon de 927 mètres, situé à la sortie est de la gare SNCF d'Hyères, est électrifié en 25.000 volts (régulateur sous-stations de Marseille). La signalisation est simplifiée. Ce tronçon permet de faciliter les manoeuvres en gare d'Hyères.

Sur ce petit tronçon, se trouvent 3 ponts-rails dont deux à tablier métallique et un ouvrage en maçonnerie. Il n'y a pas de passage à niveau. Les infrastructures sont en bon état sur la zone circulée par les manoeuvres (550m). Au-delà aucune maintenance n'est assurée et la voie est considérablement dégradée. Cette section est à renouveler, elle est à bout de souffle et date de 1901 (376m).

- **Tronçon Gare d'Hyères - Halte de La Plage d'Hyères**

Ce tronçon de 3500 mètres à voie unique n'est pas électrifié. Il n'est plus exploité et comporte des ouvrages d'art à rénover (en particulier remplacement des tabliers métalliques). La voie existe mais aucune circulation n'est possible. La plateforme est envahie par la végétation.

Il n'y a qu'une seule halte intermédiaire, La Plage d'Hyères, à 4 kilomètres de la gare d'Hyères. Une courte voie d'évitement subsiste en amont de la halte. L'emprise disponible permet de supposer la présence antérieure de 2 voies à quai.

Le tracé en plan n'est pas sinueux, les rayons de courbe varient de 400 à 1000 mètres. Le profil en long est plat.

Les ponts rails sont au nombre de 12 parmi lesquels 11 à tablier métallique dans un état de vétusté avancé, voire proche de la ruine, et 1 à tablier à poutrelles enrobées. Les passages à niveau sont au nombre de 3. Les infrastructures et équipements ferroviaires sont à reconstruire.

- **Tronçon Halte de La Plage d'Hyères - Entrée de l'Aéroport**

Entre la halte de la Plage d'Hyères et l'entrée de l'aéroport, des vestiges de la ligne allant jusqu'aux Salins d'Hyères sont encore visibles. Cette section est à reconstruire en totalité.

La particularité de cette section est de passer approximativement à 200m du seuil de la piste Sud - Nord. Cette zone est le point dur de toute l'étude de réhabilitation, du fait des contraintes aéronautiques, comme on le verra par la suite.

- **Tronçon entrée de l'Aéroport – Aérogare**

Une ligne nouvelle de 500 mètres serait à construire pour déposer les voyageurs à proximité de l'aérogare, vraisemblablement dans la zone des parkings.

A ce jour, aucune disposition n'a été prise pour garantir l'insertion d'un tracé ferroviaire.

Hormis la zone servant de tiroir de manœuvre pour la gare d'Hyères, la section au-delà d'Hyères n'a pas été parcourue depuis les dernières circulations qui datent de l'été 1982. Il s'agissait d'un train touristique éphémère assuré par des membres de l'association « Chemin de Fer des Alpilles » avec l'autorail X5845.

2.1.4 Passages à niveau

La partie exploitée de la ligne comporte 5 passages à niveau :

- le PN1, qui jouxte la halte de La Crau, côté La Pauline
- le PN2, au lieu-dit « Les Goys Fourniers »
- le PN3, réservé aux piétons, au lieu-dit « Gavary »
- le PN5, au lieu-dit « St Jean »
- le PN6, qui jouxte la gare d'Hyères, côté La Pauline.

Hormis le PN3, réservé au piétons, et muni de portillons, les passages à niveau sont tous automatisés et munis de barrières.

Sur la partie non exploitée, on recense :

- un passage à niveau au carrefour avec la route de la BAN, à convertir éventuellement en passage dénivelé
- un passage à niveau près de la gare de la Plage d'Hyères, sur la route d'accès à l'entrée secondaire de la Base Aéronavale de Hyères Le Palyvestre.

2.1.5 Signalisation actuellement en place

La ligne est actuellement gérée sous le régime de la signalisation simplifiée, avec Cantonnement Assisté par Ordinateur.

Ce système permet, moyennant une dérogation, la circulation de 16 trains par jour. Le système a atteint ses limites et l'augmentation du nombre de circulations nécessite la modification du système de signalisation de la ligne.

Une étude d'implantation de block automatique de type BAPR (Block Automatique à Permissivité Restreinte) a été réalisée dans ce sens par la SNCF. Elle prévoit la mise en place d'un canton de BAPR entre La Pauline et Hyères, ainsi que l'implantation d'un poste de type PIPC pour la gestion des itinéraires en gare d'Hyères.

Dans cette étude, la capacité de la ligne n'est toutefois que peu modifiée, du fait du maintien d'un unique canton entre La Pauline et Hyères, sans création d'un point de croisement ou/et de cantonnement intermédiaire à La Crau.

2.1.6 Gares et haltes

- Gare de La Pauline – Hyères



La gare de La Pauline et son parking

La gare de La Pauline, située sur la commune de La Garde, est desservie à la fois par les TER de l'axe Toulon – Hyères et par les TER de l'axe Toulon – Carnoules.

Le bâtiment voyageurs est accueillant, et propose au voyageur tous les services nécessaires à la préparation du voyage. Des installations techniques sont également présentes dans ce bâtiment, avec le poste d'aiguillage qui gère la bifurcation vers Hyères.

En revanche, plusieurs points devront être revus pour augmenter l'attractivité de la gare :

- l'accès à la gare, qui est un peu isolée, demande à être amélioré, avec une signalétique adaptée à distance de la gare, et non pas seulement aux plus proches abords
- le parking actuel, non revêtu, nécessite un aménagement de bonne facture (bitume, marquage au sol,...) et éventuellement un agrandissement
- un aménagement piétonnier permettant le franchissement des voies (passerelle) permettrait de créer un débouché vers la zone d'activité située de l'autre côté des voies.

- **Halte de La Crau**



Le quai de la halte de La Crau

Actuellement simple halte desservie par les TER Toulon – Hyères, la Crau ne joue aucun rôle dans l'exploitation de la ligne La Pauline – Hyères. Les installations commerciales (abri, composteur) sont en adéquation avec le rôle de l'arrêt et sont maintenues en bon état de fonctionnement.

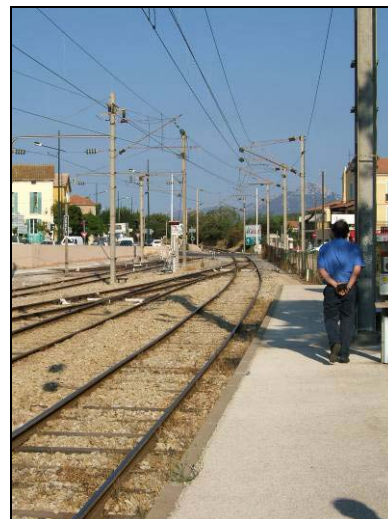
Dans le cadre de l'augmentation de la desserte consécutive à la réouverture du prolongement vers l'Aéroport, l'implantation d'un point de cantonnement intermédiaire ou le rétablissement du point de croisement de la Crau pourrait s'avérer nécessaire. Dans le second cas, il est probable qu'un passage dénivelé serait nécessaire pour garantir la sécurité des voyageurs.

L'augmentation substantielle de la desserte pourrait également justifier l'agrandissement du parking, d'une capacité actuellement très limitée.

- **Gare d'Hyères :**



Trains à quai en gare d'Hyères



Sortie de la gare vers La Pauline

SYSTRA

La gare d'Hyères est actuellement gare origine / terminus de mouvements TER vers Toulon et Marseille. Elle accueille par ailleurs un ou deux allers-retours quotidiens de TGV vers Paris. Notons également la présence d'un trafic de marchandises avec une desserte quotidienne donnant lieu à de longues manœuvres qui occupent plusieurs voies de la gare simultanément.

Au niveau des installations d'accueil des voyageurs, le bâtiment voyageurs est accueillant et propose aux voyageurs tous les services nécessaires à la préparation de leurs voyages.

Dans le cadre d'une augmentation du trafic et de la desserte de l'aéroport, la mise en place d'un passage dénivelé pour l'accès au quai n°2 semble indispensable pour garantir la sécurité des voyageurs lors de la traversée des voies actuellement effectuée par un passage planchéié. L'opération pourrait être mise à profit pour créer un accès à la gare aisé depuis l'ouest de la ville, en plein développement, et qui nécessite pour le moment un détour par le passage à niveau côté nord, ce qui n'est pas de nature à faire venir les clients vers le train.

Les parkings disponibles à proximité immédiate de la gare semblent rapidement saturés. Il faudrait envisager l'utilisation des terrains, actuellement sans utilisation, au sud de l'ancienne halle marchandises, pour la création de stationnements supplémentaires.

- **Ancienne gare de la Plage d'Hyères :**



SYSTRA

Le bâtiment voyageurs de La Plage d'Hyères

La gare de La Plage d'Hyères est située sur la section de la ligne non exploitée depuis 1982. Le bâtiment est actuellement loué à un particulier qui mène des travaux d'aménagements semble-t-il sans autorisation de la part du propriétaire des lieux qui reste la SNCF.

Cette ancienne gare, bien située dans un quartier résidentiel et à deux encablures du port et de la plage, doit indéniablement constituer un point d'arrêt de la future desserte de l'Aéroport.

Le bâtiment pourrait être conservé (voir cependant plus loin les implications du franchissement de la piste peu éloignée sur le positionnement de la halte) et éventuellement réactivé pour proposer durant la saison touristique un service minimal d'information et de vente.

2.2 Autres réseaux de transport desservant l'aire d'étude

2.2.1 Réseau routier



Source : MICHELIN

Carte du réseau routier dans le périmètre hyérois

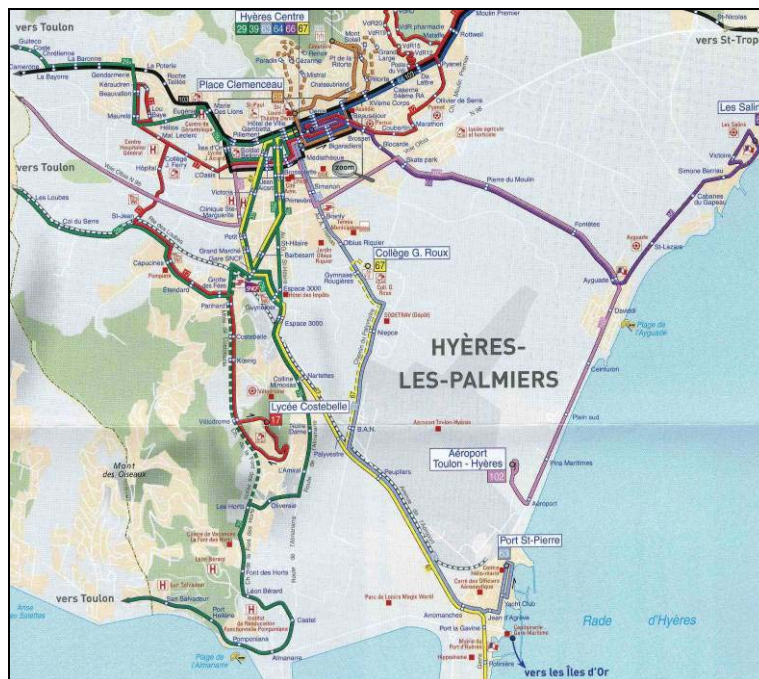
Seules 2 routes départementales permettent l'accès à l'aéroport par l'ouest ou par l'est :

- à l'ouest la RD 97 qui assure la liaison avec le centre d'Hyères et l'autoroute vers Toulon
- à l'est la RD 42 (route du bord de mer) qui permet de rejoindre la RN 98 en direction de La Londe, Le Lavandou, en évitant le centre d'Hyères.

Le trafic sur ces deux axes est très important durant toute l'année et est particulièrement renforcé pendant les mois d'été : la RD 97 est la principale route d'accès à la Presqu'île de Giens, haut lieu du tourisme estival, et se retrouve par conséquent totalement congestionnée durant les mois d'été (+ 40 % de trafic en été).

La consistance du réseau routier d'accès à l'aéroport ne permet pas d'offrir une desserte routière de qualité pour l'accès à l'aérogare, pénalisé par un manque manifeste de fluidité du trafic.

2.2.2 Réseaux de transport en commun



Source : SODETRAV

Carte des lignes de bus urbains et interurbains

- **Réseau de bus interurbain :**

Deux lignes de bus (29 et 39) assurent la liaison Toulon Gare SNCF – Hyères Gare routière, via La Crau ou via Carqueiranne. Leurs fréquences et leurs amplitudes de circulation sont élevées (30' à 35' de 5h à 22h). Le temps de parcours de bout en bout s'établit à 35 minutes via La Crau, et 30 minutes via Carqueiranne.

Environ $\frac{1}{4}$ des voyageurs de ces deux lignes réalisent le parcours Toulon – Hyères, ce qui représente un total de 55000 voyages pour les deux lignes.

La ligne 103 est une ligne à vocation plus longue distance qui effectue la relation Toulon Gare SNCF – St Tropez Gare Routière via Hyères et la côte varoise, à hauteur de 15 AR par jour. Le temps de parcours entre Toulon et Hyères est également de 35 minutes. Le volume de trafic sur la relation Toulon-Hyères est sensiblement le même que sur la ligne 29.

Enfin, la ligne saisonnière 64 relie l'aéroport d'Hyères à St Tropez via Ste Maxime. Seuls 2 AR sont proposés, quotidiennement en juillet et août, le week-end en arrière-saison d'été. Les volumes de trafic sont faibles (environ 3000 voyages sur Ste Maxime et 2000 sur St Tropez) et réalisés aux $\frac{3}{4}$ durant les deux mois du plein été.

- **Réseau de bus urbain**

Le réseau de bus urbain, réorganisé en 2005, ne dessert plus l'Aéroport. Toutefois, les lignes 63 (Hyères Centre – Port St Pierre) et 67 (Hyères Centre – La Tour Fondue) desservent le quartier du port, à proximité de la gare de la Plage d'Hyères.

Le service offert par la ligne 67 est de 15 AR par jour. Un total de 110000 voyageurs a été transporté en 2004, dont 40% pendant la période estivale (juillet et août).

La ligne 63 ayant été créée récemment, les chiffres de fréquentation ne sont pas disponibles à ce jour.

- **Navette Toulon – Aéroport via la Gare Routière d'Hyères**

La navette 102 Toulon Gare – Hyères Gare Routière – Aéroport d'Hyères offre un service de 5 AR en semaine et le samedi, et 4 AR le dimanche, en correspondance avec certains départs (40 minutes à 1 heure de correspondance) et arrivées (20 à 25 minutes de correspondance) des vols.

Le départ de la navette peut être décalé jusqu'à une heure limite (indiquée sur les fiches horaires) en cas de retard d'un avion à l'arrivée.

2.2.3 Travaux et réflexions en cours concernant les réseaux de transport

- **Limitation du trafic routier sur la Presqu'île de Giens**

De manière à sauvegarder le site naturel de la Presqu'île de Giens, des réflexions sont en cours qui pourraient déboucher sur la mise en place de mesures très restrictives concernant la circulation routière : l'interdiction pure et simple de la circulation automobile en période estivale est envisagée, avec mise en place d'un parc relais et de navettes « propres » éventuellement électriques permettant de rallier La Tour Fondue.

- **Déplacement de l'embarcadère des navettes pour les îles**

Parallèlement aux mesures évoquées précédemment, le report des navettes pour les îles de Port-Cros et du Levant vers le port des Salins devrait se concrétiser, pour désengorger le Port d'Hyères et le port de Giens, dédié alors à la desserte de Porquerolles.

- **Développement de la desserte maritime à partir d'Hyères**

Un projet de ligne Hyères – St Tropez est en cours de définition, en particulier concernant la localisation du bassin. Il est en effet envisagé de positionner ce bassin au plus près de l'Aérogare de Toulon-Hyères, pour proposer des correspondances sur les vols Paris-Hyères, et ainsi suggérer une alternative efficace au transit par l'aéroport de Nice.

- **Politique tarifaire pour les transports de l'Agglomération**

La mise en place d'un réseau de transport urbain à l'échelle du périmètre de Toulon Provence Méditerranée, ainsi que son intégration au niveau tarifaire est effective depuis septembre 2004. La volonté de proposer une tarification intégrée comprenant le mode ferroviaire a été mise en avant. Toutefois aucun accord n'a pour le moment été réalisé.

- **Aménagements routiers envisagés à Hyères**

La voie Olbia, qui traverse la commune de part en part, est souvent engorgée, du fait de la conjugaison de trafics qui, s'ils bénéficiaient d'une alternative, pourraient contourner la partie centrale de cet axe. C'est pourquoi la commune d'Hyères a en projet d'aménager un axe de détournement qui permettrait au trafic provenant de l'est d'Hyères et se dirigeant vers Giens ou Carqueiranne de transiter au plus près de l'aéroport (par le nord) et de rejoindre l'axe Hyères – l'Almanarre.

2.3 Analyse des contraintes aeronautiques

2.3.1 Généralités sur les contraintes aéronautiques

Le projet est concerné par deux types de contrainte au voisinage des pistes de l'aérodrome du Palyvestre :

- les servitudes aéronautiques de dégagement (*non altius tollendi*) qui s'appliquent aux trouées d'envol / de posée des pistes
- les servitudes radioélectriques qui s'appliquent autour du polygone antenneaire de la Base AéroNavale du Palyvestre.

2.3.1.1 Servitudes aéronautiques de dégagement

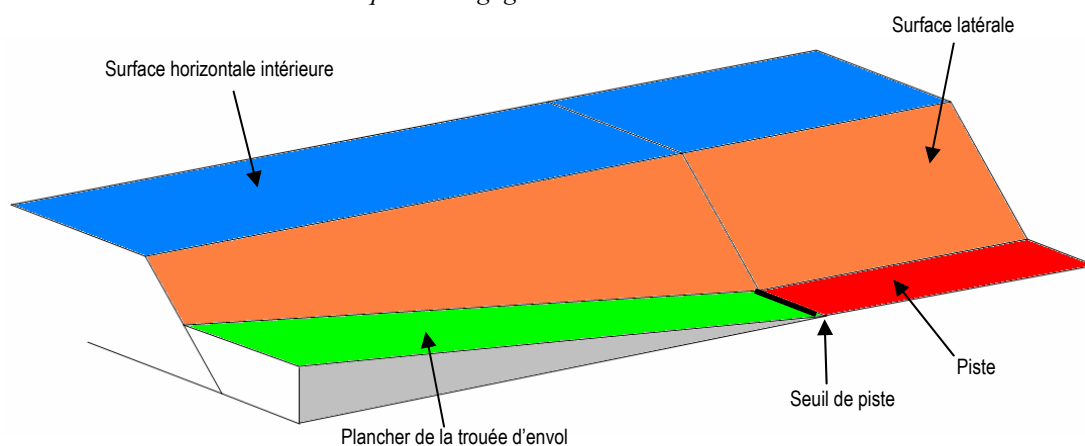
L'utilisation d'un aérodrome dans des conditions optimales de sécurité impose de limiter les obstacles dans son proche environnement. L'établissement de contraintes de dégagements aéronautiques a pour but de garantir que tout avion, pouvant être admis sur l'aérodrome, effectue sans aucune entrave ses manœuvres d'approche et de départ.

Les surfaces de dégagement délimitent un espace qui ne doit être intercepté par aucun objet.

Le projet est concerné par les trouées d'envol / de posée positionnées à partir des seuils de piste. Ces trouées sont délimitées par :

- un plancher en légère pente constante de 2 % qui s'élève dans l'axe de la piste à partir du seuil de piste
- des surfaces latérales en pente constante plus forte (10 ou 20 %) qui se raccordent au plancher
- une surface dite « horizontale intérieure » qui couvre toute la zone des abords de l'aérodrome.

Schéma des contraintes aéronautiques de dégagement



2.3.1.2 Interaction entre les servitudes de dégagement et l'emprise ferroviaire

La réglementation relative au dégagement des trouées est fort stricte et dépend de la nature des obstacles. Dans notre cas, deux types d'obstacles interviennent :

- des obstacles mobiles canalisés, que sont les trains circulant sur l'emprise
- des obstacles filiformes, que composent notamment les caténares que l'on souhaite implanter.

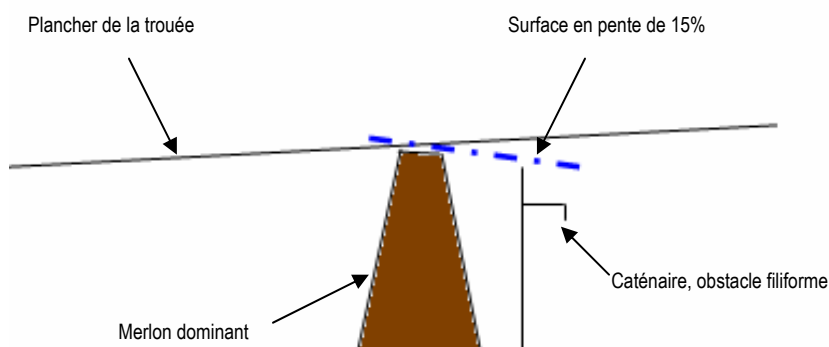
Une majoration du gabarit de 2 m doit être appliquée aux sections de voie parcourues par des mobiles canalisés et couvertes par une trouée.

Le gabarit SNCF peut être considéré à 4,80 m au-dessus de la voie. **La circulation de trains sur une ligne non électrifiée par caténaire requiert donc une hauteur libre de 6,80 m.**

Les obstacles filiformes doivent être majorés de 10 m pour l'étude de leur implantation. En considérant un gabarit à 6 m pour la caténaire, **la circulation de trains sur une ligne électrifiée par caténaire requiert une hauteur libre de 16 m.**

Toutefois, on peut appliquer le principe de la « massification » des obstacles pour réduire la hauteur très importante due à la majoration de 10 m de la hauteur des obstacles filiformes : on procède alors à l'érection d'un obstacle massif, généralement un merlon, qui couvre la caténaire par défilement.

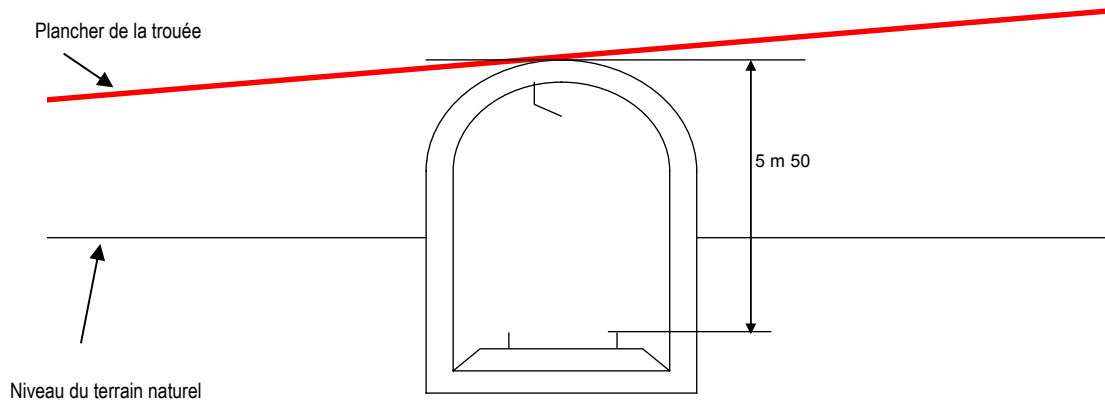
Schéma explicatif du principe de massification par merlon



L'obstacle filiforme est effectivement couvert lorsqu'il se trouve en dessous de la surface inclinée à 15% qui tangente le sommet de l'obstacle massif dominant.

On peut envisager également de massifier l'obstacle « voie ferrée » (avec caténaire ou non) en réalisant une couverture de la voie ferrée lors du passage dans les trouées. Cette couverture, associée à un abaissement de la plate-forme, peut permettre de descendre moins profondément, et donc d'éviter de descendre de façon excessive sous le niveau de la mer.

Schéma explicatif du principe de massification par couverture



2.3.1.3 Interaction entre les servitudes radioélectriques et l'emprise ferroviaire

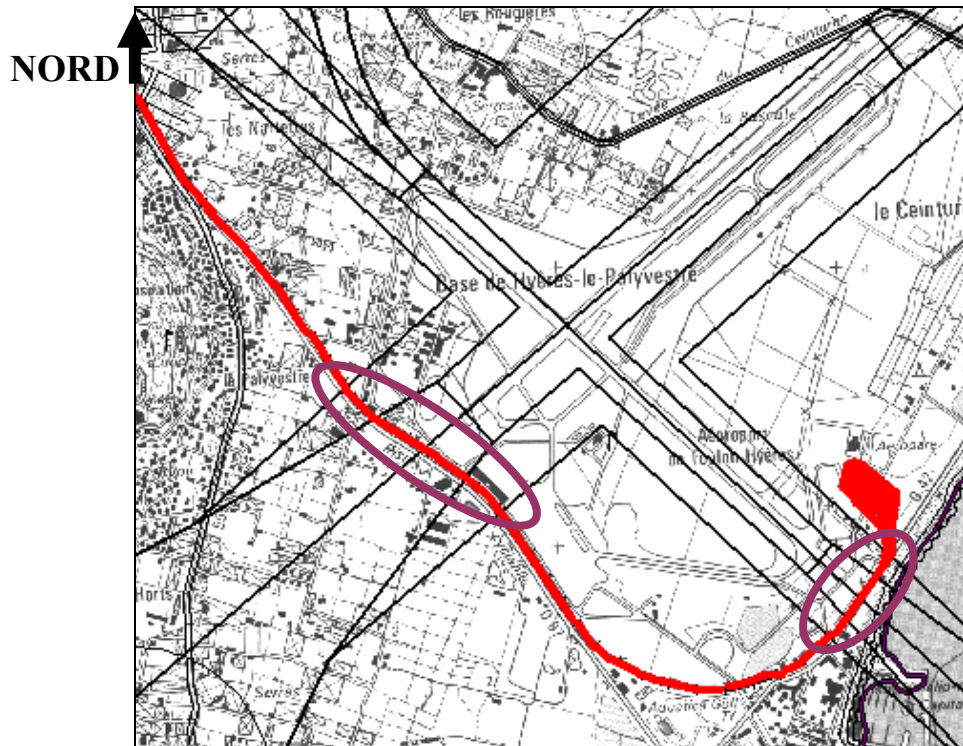
Les servitudes radioélectriques définissent la hauteur maximale des obstacles métalliques et non métalliques dans un périmètre autour du polygone antennaire d'émission / réception de la base. Ces mesures visent à limiter les perturbations électromagnétiques et à garantir la qualité des transmissions.

Ces contraintes interviennent pour la limitation de la hauteur des obstacles que pourrait comporter l'emprise ferroviaire : la hauteur des poteaux caténaire et du fil de contact peut être en particulier trop élevée dans le périmètre considéré. Par ailleurs, le matériel roulant lui-même, doté d'une caisse métallique, et pourvu en outre d'un émetteur / récepteur de radio sol – train, peut constituer un obstacle qui ne respecte pas les contraintes électromagnétiques.

2.3.2 Contraintes aéronautiques de l'aérodrome d'Hyères le Palyvestre

Le prolongement de la voie ferrée entre la gare d'Hyères et le terminus situé à l'Aéroport coupe à 2 reprises l'axe des pistes croisées de la base du Palyvestre :

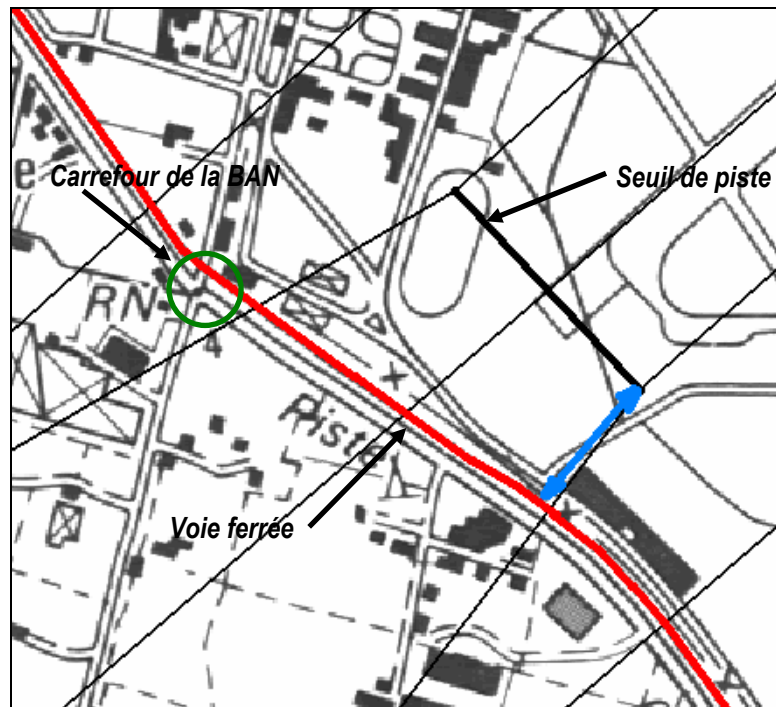
- une première fois, à l'extrémité Ouest de la piste Ouest – Est
- une deuxième fois, à l'extrémité Sud de la piste Nord – Sud.



Plan de situation des seuils de piste et de l'emprise ferroviaire

Le franchissement de l'axe des pistes a pour conséquence l'implantation d'obstacles fixes (installations d'alimentation électrique, dont la caténaire en particulier) ou d'obstacles mobiles (les véhicules ferroviaires eux-mêmes), dans les trouées d'atterrissage et de décollage de l'aérodrome.

2.3.2.1 Trouée 05 de la piste Est-Ouest



Plan de situation de la piste 05

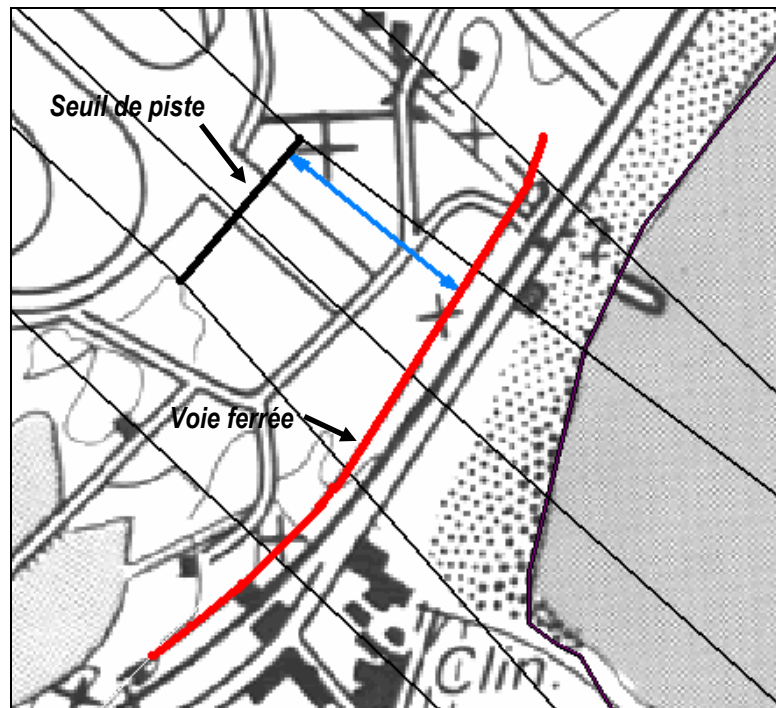
La voie ferrée franchit l'axe de la piste Ouest-Est à environ 200 m du seuil de piste 05.

Les servitudes de dégagement aéronautiques de la trouée d'envol imposent le respect d'une altitude comprise entre 5 et 7 m NGF sur une distance de 400 m, qui correspond au franchissement du plancher de la trouée.

Les surfaces latérales de la trouée limitent également la hauteur disponible, mais la cote +15 m NGF est atteinte à 280 m de l'axe de la piste.

Des servitudes radioélectriques contre les obstacles métalliques s'appliquent également à la zone : l'implantation d'obstacles métalliques dont le sommet excède l'altitude de 4 m est prohibée sur une longue portion de l'emprise ferroviaire.

2.3.2.2 Trouée 32 de la piste Nord-Sud



Plan de situation de la piste 32

La voie ferrée franchit l'axe de la piste Nord-Sud à environ 200 m du seuil de piste 32.

Les servitudes de dégagement aéronautiques de la trouée d'envol imposent le respect d'une altitude maximale comprise entre 5 et 6 m NGF sur une distance de 200 m, qui correspond au franchissement du plancher de la trouée.

Les surfaces latérales de la trouée limitent également la hauteur disponible, mais la cote +16 m NGF est atteinte à 150 m de l'axe de la piste.

Des servitudes radioélectriques contre les obstacles métalliques s'appliquent également à la zone mais, comme la zone se situe beaucoup plus loin du polygone antennaire que dans le cas précédent, l'altitude autorisée du sommet des obstacles s'établit à 21,5 mètres. Cette contrainte est caduque puisque nous n'envisageons pas des obstacles de cette ampleur.

3. ETUDE D'EXPLOITATION DE LA DESSERTE CADENCEE TOULON-AEROPORT

3.1 Exploitation actuelle de la ligne de La Pauline-Hyères à Hyères

3.1.1 Rappel des caractéristiques générales de la ligne

La ligne de La Pauline – Hyères à Hyères est à voie unique et à signalisation simplifiée (Cantonnement téléphonique Assisté Par Informatique ou « CAPI »).

Elle est électrifiée en 25 kV et est équipée de la radio sol - trains.

Elle prend origine au Km 77,125 de la ligne Marseille – Vintimille (Km 0,000 de la voie unique), et se termine en impasse au Km 10, 849, en aval de la gare de Hyères.

Au-delà, l'ancienne ligne existante jusqu'au Km 14,360 (ex-gare de Hyères Plage) est neutralisée, et en grande partie déposée, mais l'emprise ferroviaire a été préservée.

La ligne comporte deux gares ouvertes au service de la circulation et assurant le cantonnement :

- La Pauline - Hyères (Km 0,000),
- Hyères (Km 9,922).

La gare d'Hyères est « d'arrêt général ».

Une halte de pleine ligne existe à La Crau (Km 3,150).

3.1.2 Caractéristiques générales d'exploitation

SECTION DE LIGNE	Type de ligne	Mode de Traction	Longueur Section	Signalisation et Cantonnement	Canton pénalisant	Spécificités et déclivités
La Pauline - Hyères à Hyères	VU	Electrique 25 kV	9,9 km	CT + CAPI	9,9 km	10 ‰

3.1.2.1 Vitesses limites de circulation

SECTION DE LIGNE	TGV et AUTOM	AUTOR	V 160 V 140	ME 100	MA 100 à MA 80
La Pauline - Hyères à Hyères	80	80	80	80	80

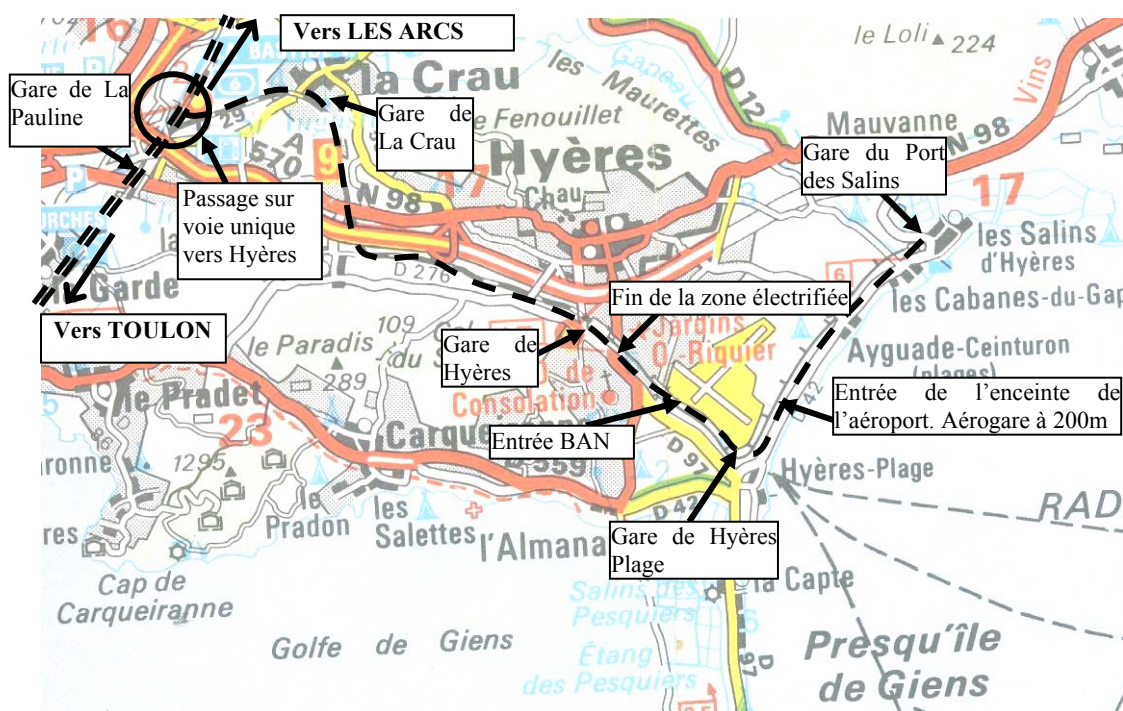
La bifurcation de La Pauline est franchissable à VL 60 km/h.

L'accès à la gare de Hyères s'effectue en « marche à vue » (VL 30 km/h) à partir du repère d'entrée de gare situé au Km 9,533.

3.1.2.2 Capacité et circulation actuelles de la ligne

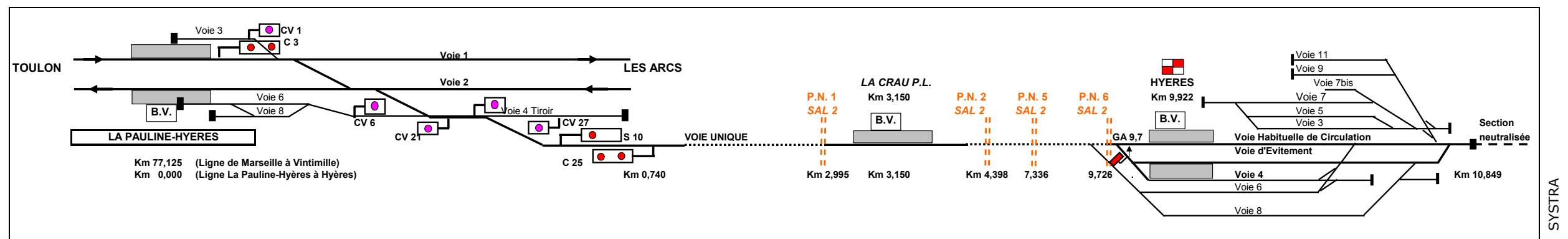
Période actuelle d'ouverture de la ligne	Capacité pratique	TGV	TER	MA100 MA 90 MA 80	Divers	TOTAL	Capacité résiduelle
5 h 30 / 20 h 45	28 (1)	2	14	2	4	22	6 (1)

(1) : Il est à noter que cette évaluation « technique » ne tient pas compte des dispositions réglementaires en vigueur, qui limitent la capacité utilisable sur les lignes à voie unique non équipées de block automatique ou de block manuel unifié, ce qui est le cas ici, et qui a déjà imposé l'octroi d'une dérogation (maximum admis habituellement dans les cas semblables : 13 à 14 circulations/jour, 2 sens inclus).



Situation géographique de la ligne de La Pauline – Hyères à Hyères

Schéma 1 : Synoptique simplifié des installations actuelles de la ligne de La Pauline-Hyères à Hyères



SYSTRA

3.2 Contraintes et limites de l'exploitation actuelle

L'exploitation actuelle est contrainte par plusieurs facteurs qui sont :

1. **La bifurcation à niveau de La Pauline – Hyères, qui crée une situation de cisaillement de la voie « 2 » Nice – Marseille par les circulations « impaires » de Toulon vers Hyères.**
2. **L'absence de point de croisement et de cantonnement intermédiaire entre La Pauline et Hyères.**
3. **Les installations de la gare d'Hyères, avec seulement deux voies principales à quai, utilisables par les trains de voyageurs.**
4. **Les installations et l'organisation de la desserte de fret à Hyères, qui nécessite de multiples manœuvres de parties de train, et de nombreuses évolutions de l'engin moteur, consommant simultanément plusieurs voies.**

3.2.1 La bifurcation à niveau de La Pauline – Hyères

Franchissable à 60 km/h, la liaison entre la voie 1 Toulon-Les Arcs et la voie unique s'étend sur une longueur de 400 mètres environ.

Elle traverse à niveau la voie 2 Les Arcs – Toulon, dont les signaux, (de protection de cette traversée et son avertissement à distance), sont distants respectivement de 1,2 km et de 3,5 km.

Cette voie 2 est utilisée par des TGV, des Intercités et autres trains de voyageurs dont la vitesse limite peut être de 150 km/h à cet endroit, et de trains de fret à vitesses potentielles comprises entre 90 et 140 km/h.

Il faut tenir compte de ces éléments de découpage du cantonnement de block automatique lumineux, du délai nécessaire de voie libre en application de la réglementation « VISA » (destinée à garantir l'observation des signaux par les conducteurs des trains), et du délai de dégagement de l'itinéraire nécessaire aux différents trains utilisant la bifurcation (TGV de 200 mètres de long, TER de 100/120 mètres, Fret de 200 à 250 mètres, avec 10 à 12 wagons régulièrement acheminés quotidiennement), pour évaluer l'intervalle minimal à concevoir dans la grille horaire entre un train « impair traversant » et un train « pair » de passage, afin que le train pair ne rencontre pas de signal « fermé ».

Ce délai est de 5 minutes au minimum dans pratiquement tous les cas analysés.

Cette « fenêtre », au demeurant d'une durée assez classique, doit également tenir compte du fait qu'aucun train en provenance de la voie unique n'est en circulation en sens contraire. Ce qui constitue une contrainte de « double fenêtre » de passage, dans le cas où un train Toulon - Hyères doit croiser successivement un train Les Arcs – Toulon, puis, (ou inversement derrière), un train Hyères - Toulon.

3.2.2 L'absence de point de croisement ou de cantonnement intermédiaire sur la ligne

La longueur du canton unique La Pauline-Hyères – Hyères, égale à la longueur de la ligne, est évidemment une situation qui dimensionne la capacité globale de la ligne.

Avec un temps de parcours de 9 à 11 mn (selon les catégories de trains et notamment avec un arrêt éventuel à la halte de La Crau), et un délai de croisement d'au moins 5 minutes à La Pauline et sensiblement autant à Hyères, la capacité de circulation horaire de la ligne est comprise entre 3 trains/heure (capacité théorique maximale), et 2 trains/heure (capacité pratique fiabilisée).

L'existence d'un point de croisement intermédiaire (à La Crau par exemple, bien que cette halte ne soit pas exactement située au milieu de la section de ligne) permettrait de doubler, (ou quasiment doubler), la capacité de la section.

L'existence d'un point de cantonnement intermédiaire (sans possibilité de croisement) aurait un impact moindre, mais cependant non négligeable, car on constate des plages horaires de la journée où des circulations successives de même sens existent déjà (par exemple en matinée, 3 trains se succèdent dans le sens Hyères -Toulon : TER 881618 à 9 h 55, Fret 426238 à 10 h 18, TGV 6116 à 11 h 08, au départ d'Hyères. Des situations similaires existent en soirée pour 2 trains de chaque sens).

3.2.3 Les installations de la gare d'Hyères

Avec seulement deux voies principales à quai, la gare d'Hyères ne peut accepter plus de deux trains de voyageurs en stationnement simultané.

Cette situation est donc déjà contrainte aujourd'hui (en milieu de matinée et fin de soirée), avec le stationnement de la rame des TGV 6116 et 6117 (quotidiens sauf dimanches), et la présence simultanée d'un TER au départ de la gare.

En matinée, cette situation est aggravée par la présence simultanée de la desserte fret. Le train de desserte conduit quotidiennement une douzaine de wagons, et est tracté par un engin électrique.

Les voies de débord 6 et 8 sur lesquelles peuvent être livrés ces wagons sont courtes, et surtout non électrifiées. Il en est d'ailleurs de même des voies de service en impasse pouvant servir de tiroirs de manœuvres.

La mise à disposition des wagons chargés (puis l'enlèvement des vides) nécessite ainsi actuellement l'adjonction de wagons « de sécurité », et des manœuvres de coupure et d'évolution des rames particulièrement peu ergonomiques et longues. Et elles participent à l'occupation parasite des voies de la gare, y compris à une ou deux reprises de la voie principale « d'évitement » : le train au départ est en effet formé sur la voie 4, électrifiée, mais sa locomotive doit changer d'extrémité de rame. Ceci ne peut se faire que par emprunt d'une des deux voies principales, en général par la voie de circulation avant l'entrée de la rame vide du TGV 6116 à 9 h 45, alors que la voie d'évitement est occupée par le TER 881618. **C'est une situation contrainte.**

A noter également que les installations de sécurité de la gare sont de type ancien, ce qui implique des manœuvres des appareils de voie exclusivement à pied d'œuvre : toutes les aiguilles sont à levier cadenassé, qu'il s'agisse des aiguilles d'extrémité des voies principales, non talonnables, ou des autres aiguilles qui sont talonnables-renversables, et des taquets cadenassés « hauts ».

La gare ne comporte pas de signaux de protection ou de cantonnement, à l'exception d'un guidon d'arrêt lumineux destiné à protéger le passage à niveau n° 6 (à signalisation automatique lumineuse à deux barrières ou « SAL2 »), situé en sortie immédiate de la gare. Le guidon d'arrêt est commun aux deux voies principales dites « habituelle de circulation » et « d'évitement ».

La gare comporte seulement à son entrée une pancarte « GARE » à distance du repère d'entrée (et de sortie). La circulation en secteur de gare est régie par l'obligation de marche à vue.

En gare, la protection des taquets hauts en sortie des voies de service est assurée par une pancarte « ARRÊT », implantée en amont des taquets et s'adressant à plusieurs voies simultanément.

3.2.4 Limites de l'exploitation actuelle

Avec 20 à 22 circulations selon les jours, pour les deux sens confondus et sur la totalité de la période d'ouverture de la gare (soit 5 h 30 à 21 h 00), la ligne a presque atteint sa capacité maximale pratique, que Systra a évalué à 28 circulations possibles (sans tenir compte d'intervalles éventuels de « blancs-travaux »). Cette situation est de plus déjà dérogatoire des dispositions réglementaires actuelles.

Pour développer le trafic de la ligne, et notamment le trafic régional de voyageurs qui est un objectif fort de l'Autorité Organisatrice Régionale de Provence Alpes Côte d'Azur, il convient donc en préalable de revoir la capacité de la ligne.

L'objectif constituant le scénario de desserte ciblée par le Conseil Régional et ses partenaires, à savoir un TER par heure et par sens de Toulon à l'Aéroport de Toulon-Hyères, et d'un TER supplémentaire aux heures de pointes de Toulon à Hyères, avec maintien de la desserte fret et TGV, dépasse de loin les capacités résiduelles actuelles de la ligne.

C'est l'enjeu clair des chapitres suivants de cette étude.

3.3 Etudes de développement du trafic de la ligne, réalisées par la SNCF en 2004

La SNCF a présenté au cours de l'année 2004 deux études permettant d'envisager le développement de l'offre ferroviaire de la ligne :

- l'étude d'Avant-Projet de l'augmentation du débit de la ligne (Mars 2004), avec l'installation d'un système de cantonnement de type « BAPR-S » à compteurs d'essieux ;
- une étude de conception de l'offre et de faisabilité d'une desserte ferroviaire de l'aéroport de Toulon-Hyères (Novembre 2004).

Les principales orientations données par ces deux études sont très succinctement résumées ci-après.

3.3.1 Développement de trafic pris en compte

L'étude réalisée pour le Conseil Régional PACA par le cabinet EURECA (avril 2004), donne les estimations suivantes :

3.3.1.1 Le marché des passagers aériens

Trafic annuel actuel : 700 000 passagers.

Potentiel actuel d'attractivité du fer (en fonction des destinations finales) : 38 % du trafic, soit 264.500 voyages

Perspectives d'évolution du trafic aérien : doublement voire triplement du trafic d'ici à 2015.

Localisation du potentiel d'utilisation ferroviaire par les passagers aériens :

177.000 voyages Aéroport – gare de Toulon ;

23.000 voyages Aéroport – gares situées en amont de Toulon

(Hyères, La Crau, La Pauline, La Garde) ;

64.500 voyages Aéroport – gares situées en aval (ouest) de Toulon

(La Seyne, Ollioules, Bandol, Cassis).

3.3.1.2 Le marché domicile – travail

Dans la zone de pertinence du fer, sont recensées 6.300 personnes par jour. Traduites en fonction des zones de pertinence du fer, ces 6.300 personnes permettent d'espérer un trafic ferroviaire de :

- 3.000 voyages allers-retours/jour vers ou depuis la gare de Toulon ;
- 2.800 voyages allers-retours/jour vers ou depuis les gares situées en amont de Toulon ;
- 500 voyages allers-retours/jour vers ou depuis les gares situées en aval (ouest) de Toulon.

Il n'est pas tenu compte du marché local d'Hyères, supposé important mais difficile à quantifier.

3.3.1.3 Le marché touristique

Le marché potentiel est estimé à environ 150.000 déplacements durant les deux mois d'été.

La part modale d'attractivité du fer se situe entre 3 et 4 %, soit entre 4.500 et 6.000 déplacements (allers-retours) sur 60 jours, soit entre 70 et 100 voyages/fer par jour.

3.3.1.4 Potentiel total de la ligne prolongée vers l'Aéroport

Le potentiel total est estimé à 560.000 déplacements annuels (soit 280.000 allers-retours), et donc approximativement 1.500 voyageurs par jour et par sens.

Le trafic de passagers aériens représente près de la moitié du total (48%). Une demande complémentaire non négligeable est assurée par les employés de la Base Aéronavale (26%).

74% de ces voyageurs viennent de, ou vont à, la gare de Toulon.

17% de ces voyageurs viennent de, ou vont à, la banlieue ouest de Toulon.



TGV, TER, et Fret : la gare d'Hyères est saturée !

3.3.2 Aménagements proposés par les études SNCF

L'étude d'AVP remise en mars 2004 par la Direction Régionale de la SNCF comporte plusieurs propositions d'aménagements, dont la principale concerne l'installation d'un BAPR-S à compteurs d'essieux, et des réaménagements plus ponctuels des deux gares :

- à La Pauline-Hyères: équipement d'une **traversée dénivelée des voies** pour améliorer la sécurité des voyageurs lorsque le trafic s'accroît, avec deux options possibles, soit par souterrain, soit par passerelle aérienne ;
- à Hyères, création d'un **tiroir de sécurité** en extrémité de la voie 6 (avec reprise du plan des voies 6 et 8, en amont du PN 6 et de la jonction entre voies de service et voies principales), **simplification du plan de voies** (suppression d'aiguilles intermédiaires, et remodelage important de la voie 8), et légère augmentation de la longueur du tiroir côté Aéroport (réfection et remise en exploitation de 70 mètres environ de la section neutralisée).

3.3.2.1 L'installation du block automatique

Dans cette étude d'augmentation du débit de la ligne, le prolongement de la desserte vers l'aéroport n'est pas pris en compte. Le terminus de la ligne se situe toujours à Hyères.

Cela explique la nature des aménagements de block proposés par l'AVP : uniquement côté La Pauline-Hyères.

De même, l'orientation prise de considérer un seul point de croisement et de cantonnement sur la ligne à Hyères (en plus bien entendu de la gare de La Pauline à double voie), peut justifier une exploitation « voyageurs » où deux voies principales seulement sont nécessaires : les voies principales actuelles devenant « A » et « B ».

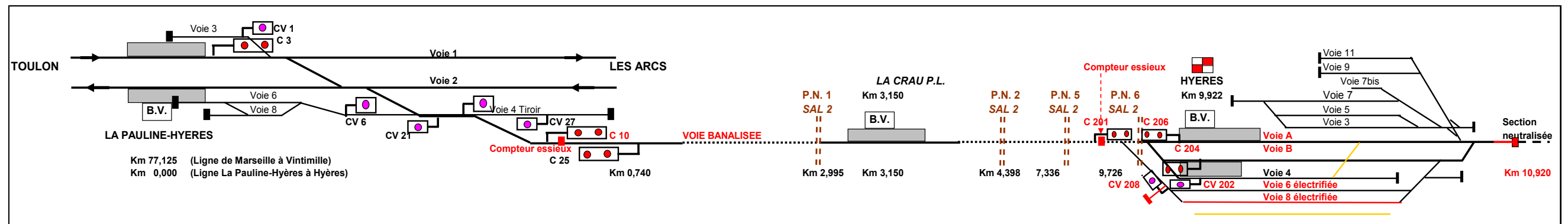
Deux points de comptage d'essieux sont alors suffisants : un à l'entrée de la voie banalisée (limite de secteur de La Pauline), un à son extrémité (entrée d'Hyères).

Un PIPC à 8 itinéraires gère la ligne depuis Hyères. Des signaux carrés (ou carrés violets) d'entrée et sorties de la gare d'Hyères, côté La Pauline, se substituent à la signalisation antérieure (pancarte GARE, repère d'entrée, guidon d'arrêt de protection du PN 6).

Côté Aéroport, des chevrons « pointe en haut » marquent le point d'arrêt maximal des trains reçus sur voies principales. Dans l'autre sens, une pancarte « ARRÊT » protège l'accès aux voies principales de la gare.

Le schéma synoptique simplifié de la page suivante résume les modifications apportées à la signalisation antérieure (voir schéma n° 1 précédent)

Schéma 2 : Synoptique des modifications d'installations apportées par le Projet AVP de Mars 2004



Source : AVP SNCF – Avant Programme Signalisation

En rouge : installation nouvelle, en jaune, installation déposée.

3.3.2.2 Aménagements nouveaux proposés par l'étude SNCF de Novembre 2004 : « Desserte ferroviaire de l'Aéroport d'Hyères »

La SNCF a présenté une étude comportant deux variantes d'horizon (d'une part, horizon 2005 sur la base de la desserte actuelle, et d'autre part, horizon de la « Réalisation 3^{ème} voie Marseille-Aubagne »), et diverses variantes d'aménagements des infrastructures permettant de faire évoluer la capacité de la ligne à partir d'un scénario « maximal » (ou « cible »), et décliné ensuite avec l'impact sur la desserte qu'impliquerait la non réalisation de certains des aménagements proposés pour le scénario cible.

Une troisième analyse, plus succincte et sans montage de grille horaire, propose les conditions de mise en œuvre d'une structure de grille cadencée entre Toulon et Hyères, soit à 30 minutes, soit à 20 minutes en pointes.

Pour rester cohérents avec les hypothèses retenues dans l'étude présente, Systra ne rappelle ici que les aménagements proposés par la SNCF pour répondre à une structure de grille cadencée à 30 minutes.

Il s'agit de :

- réaliser un point d'évitement (et de croisement) à La Crau ;
- banaliser les deux voies 1 et 2 entre Toulon et La Pauline ;
- créer une traversée dénivelée à La Pauline entre la voie 1 Toulon – Les Arcs et la voie banalisée vers Hyères
- réaménager la gare d'Hyères (selon schéma ci-dessous du scénario « cible », à partir du schéma de signalisation issu de l'AVP – voir Schéma 2 de la page précédente) ;
- installer le BAPR d'Hyères à l'Aéroport ;
- créer un terminus à deux voies à l'Aéroport d'Hyères.

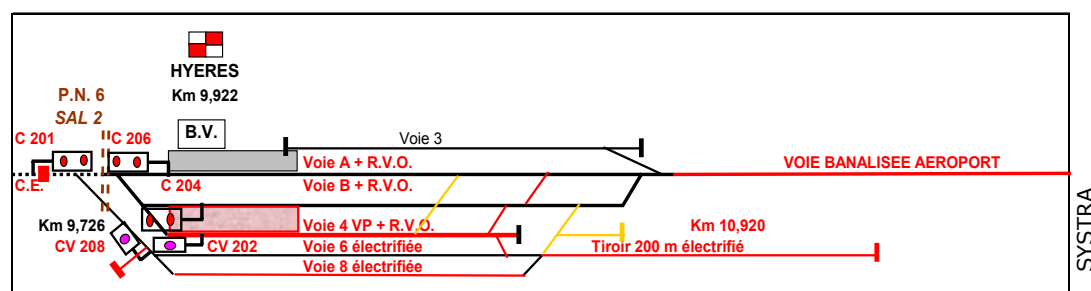


Schéma 3 : Propositions de réaménagement de la gare de Hyères

En gare d'Hyères, les principaux aménagements depuis la situation d'installation du BAPR consistent à :

- rendre la voie 4 mixte (voyageurs et fret),
- allonger et rehausser le quai 2 (pour réception trains de voyageurs voie 4),
- allonger à 400 m et électrifier les voies 6 et 8, avec pose d'une courte impasse de sécurité côté CV 208, et prolonger la voie 6 par un tiroir de 200 m électrifié côté aéroport,
- réaménager côté Aéroport les liaisons de voies utiles à l'exploitation et implanter la signalisation adéquate pour cet accès (non figurée ici, voir schémas présentés plus loin).

3.4 Propositions de Systra dans le cadre du projet de structuration du Réseau à l'horizon 2008

3.4.1 Grille horaire des trains TGV, Intercités à longues distances et Intercités Régionaux PACA prise en compte

La grille horaire des heures de pointe a été fournie par RFF pour l'horizon de projet (2008). Elle organise la structure cadencée des TGV, Intercités à longue distance (Bordeaux – Nice ou Vintimille par exemple), et TER Intercités (Marseille – Nice) et donne leurs attaches horaires en gare de Toulon (arrivées et départs vers/depuis Marseille ou Nice).

Cette grille n'indiquant pas le différentiel de fréquences par activités entre heures de pointes et heures normales de la journée, par prudence, Systra a conçu une grille où les heures normales reproduisent **la même fréquence qu'en pointes**.

Ce graphique est donc occupé par les circulations GL et Intercités très probablement bien au-delà de ce qu'il sera en réalité.

En contrepartie, les intervalles de blancs – travaux n'ont pas été graphiqués.

Sur la période « diurne » considérée (soit 6 h 00 / 23 h 00), la circulation actuelle de la section Toulon – La Pauline est reproduite sur le tableau ci-dessous.

Catégorie de train	Sens Impair	Sens Pair	Total 2 sens
TGV	11	11	22
TRN, TIR, Intercités GL	8	8	16
TER Intercités	8	8	16
SOUS-TOTAL	27	27	54
TER autres	12	10	22
Fret Réguliers	6	6	12
Fret facultatifs	1	1	2
Divers	5	8	13
TOTAL JOUR	51	52	103

Tableau des circulations actuelles de la section Toulon – La Pauline-Hyères (JOB)

Dans la grille RFF/RC 2008, la desserte prise en compte **en pointes** est la suivante :

- **TGV** : 1 AR Nice – Paris toutes les 2 heures, dont la moitié avec arrêt à Toulon ;
- **TGV intersecteurs et TRN ou Intercités Longues distances** : 1 AR par heure ;
- **Intercités TER** : 1 AR par heure.

Si l'on applique cette même fréquence à l'ensemble des heures de journée (pointes et heures normales), on arriverait à :

Catégorie de train	Sens Impair	Sens Pair	Total 2 sens
TGV Paris	7	7	14
TGV Autres	7	7	14
TRN, TIR, Intercités GL	8	8	16
TER Intercités	15	15	30
TOTAL JOUR	37	37	74

Tableau des circulations mises au graphique de la section Toulon – La Pauline-Hyères (JOB)

On constate ainsi la forte augmentation des circulations « rapides », qui passeraient de 54 par jour (2 sens), à 74 dans cette hypothèse. C'est cette circulation qui est prise en compte dans l'étude présente, elle laisse donc une marge de manœuvre importante entre la théorie de la grille et les besoins réellement à couvrir le moment venu.

Cette hypothèse « maximaliste » permet cependant de porter un jugement sur la faisabilité et la fiabilité des grilles construites à partir de ces éléments.

3.4.2 Hypothèses de schéma de desserte étudiées pour la relation Toulon – Aéroport de Toulon-Hyères

La desserte prise en compte est la suivante (elle correspond au scénario retenu en Comité de Pilotage de l'étude) :

- **TER TOULON – AEROPORT DE TOULON-HYERES** : un aller-retour toutes les 60 minutes de 5 h 45 (départ de Toulon) à 20 h 48, plus un train partant de l'aéroport à 22 h 48 (dernier retour de l'Aéroport). Elle couvre tous les besoins aéroportuaires mentionnés dans l'étude SNCF précitée.
- **TER TOULON – CARNOULES – LES ARCS-DRAGUIGNAN** : un aller-retour toutes les 60 minutes de 6 h 20 (premier départ Des Arcs) à 19 h 45 (dernier départ de Toulon). A noter qu'actuellement, la fréquence (rythmée et non cadencée) de ces trains correspond approximativement à un intervalle de 2 heures. Il s'agit donc là aussi d'une hypothèse très « volontariste ».
- **A Toulon**, la presque totalité des trains de ces deux missions pourraient être coupés et soudés pour avoir origine/destination à Marseille. Ils assurent et relèvent systématiquement des correspondances courtes à cette gare avec les circulations TGV, TIR, et Intercités reprises précédemment. Bien que la gestion de la gare de Toulon ne soit pas dans le périmètre d'analyse de l'étude, cela signifie que pour de nombreux cas, une correspondance quai à quai devra être recherchée.
- **TER TOULON – HYERES** : en complément de la desserte jusqu'à l'aéroport, quelques trains circulent en pointe entre Toulon et Hyères, intercalés aux précédents, offrant ainsi une fréquence cadencée de 30 mn entre Toulon et Hyères. 8 trains par sens ont été tracés au graphique, couvrant les pointes de matinée, de milieu de journée, et de soirée, pour les déplacements domicile / travail et études notamment. Ces trains assurent et relèvent également des correspondances à Toulon avec les circulations « rapides » reprises précédemment et situées dans la seconde demi-heure de leur structure cadencée.



Rame Z TER 2N de nouvelle génération (Z 26500)

3.4.3 Grille horaire envisageable pour répondre à ce schéma de desserte

La grille horaire présentée en annexe répond en tous points aux objectifs fixés ci-dessus.

Elle présente des **avantages considérables** par rapport à la desserte actuelle en termes de quantité de trains offerts, et de qualité des correspondances assurées, et de plus a une lisibilité commerciale inégalable, directement liée à la structure strictement cadencée du graphique.

Les circulations voyageurs ainsi tracées (et en nombre sans doute supérieur aux besoins), n'ont aucun impact négatif sur la circulation fret, qui conserve de larges espaces pour se développer, y compris en heures de pointe voyageurs. Les adaptations d'horaires qui ont été nécessaires pour les trains de fret et les parcours divers sont extrêmement peu nombreuses et d'amplitude très faible.

Seule la structure cadencée de l'offre est en mesure d'optimiser ainsi la consommation de capacité des différents sillons, de par leur répétition permanente sur la période entière étudiée.

En revanche, la grille conçue présente **l'inconvénient** d'imposer un stationnement important à Toulon pour les usagers de certains TER traversant la gare (origines Est de Toulon, destinations Ouest, ou vice-versa), lorsqu'ils se situent en périodes de pointe des circulations « grandes lignes » (ou « intercity »).

Ce n'est pas là une situation nouvelle. Déjà actuellement, certains TER traversant Toulon (dans les deux sens) ont des arrêts à la gare compris entre 7 et 15 minutes, pour assurer et relever les correspondances des trains « rapides », en devant circuler de plus à leur espacement (devant ou/et derrière).

Toutefois, le renforcement des services, tant grandes lignes que TER et la structure de grille répétitive mise en œuvre ont pour effet d'accroître le nombre de trains à stationnement prolongé et le délai de stationnement nécessaire.

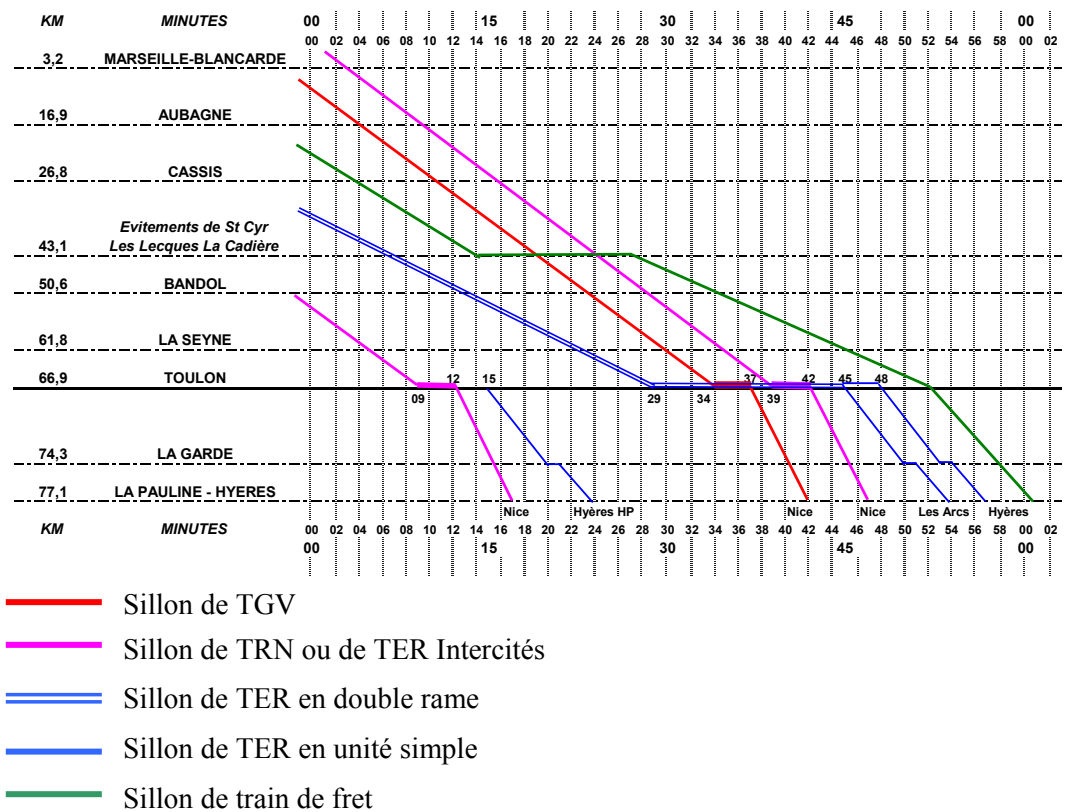
Cette situation semble difficile à éviter en dehors de la pointe de matinée des migrants régionaux : il s'agit en effet de la résultante de plusieurs éléments qui y concourent, tels que circulation plus fréquente des trains « rapides » en batteries, choix fait d'une desserte TER Marseille – Toulon « fusionnée » entre les deux missions de l'est toulonnais¹, volonté de mieux systématiser les correspondances offertes pour toutes les O/D, ainsi que respect des principes mêmes de fonctionnement d'un réseau structuré (ou « cadencé »), basés sur la symétrie des circulations.

¹ Situation qui réduit la consommation de sillons, notamment sur Marseille – Aubagne, tout en garantissant un maximum de relations traversantes de l'est à l'ouest de Toulon, et optimise l'utilisation de la sécabilité des rames Z TER 2N.

Des adaptations semblent certes possibles pour atténuer cet inconvénient, mais on ne « gagnera pas sur tous les tableaux » : Pour réduire les stationnements à certaines heures, il faudrait réduire le nombre ou la qualité des correspondances qui y sont ménagées, ou revenir sur le principe d'une desserte « fusionnée » entre Marseille et Toulon, qui est pourtant un concept fort intéressant du point de vue de la capacité de la ligne dans son secteur le plus chargé (Marseille - Aubagne).

Le schéma ci-dessous en explicite la problématique.

Schéma 4 : Problématique de fonctionnement des correspondances GL / TER à TOULON



3.4.4 Estimation des coûts d'exploitation

3.4.4.1 Situation de référence

Afin de procéder à une comparaison significative de l'évolution des coûts d'exploitation du service TER sur la ligne Toulon – Hyères, dans le cadre du projet de desserte de l'aéroport, en excluant tout facteur exogène pouvant fausser l'évolution et la comparaison de ces coûts entre la situation actuelle et la situation de projet, **la situation de référence a été supposée celle de l'année 2007**, et tient compte du nouveau barème de calcul des péages de RFF qui sera mis en œuvre à cet horizon. La desserte est supposée identique à l'actuelle, à savoir :

- 10,5 kilomètres de parcours de Toulon à La Pauline, 9,9 km de La Pauline à Hyères, avec arrêts à La Garde, La Pauline et La Crau,
- Circulation de 14 TER (7 allers-retours) du lundi au vendredi (soit 250 jours par an), et de 11 TER (5,5 allers-retours) les samedis, dimanches et fériés (soit 114 jours par an).
- Utilisation de 2 journées de roulement en éléments simples de Z TER 2N.

Le coût unitaire d'un TER au kilomètre-train tient compte des éléments suivants :

- Coût de conduite et d'accompagnement,
- Consommation d'énergie,
- Maintenance du matériel roulant (hors amortissement),
- Commercialisation (fonctionnement des ares et des services de l'Exploitant)
- Péages RFF (droit d'accès, droit de circulation, réservation de sillon, redevances complémentaires des lignes électrifiées et de transport de l'énergie), coûts des arrêts aux points de desserte). Ces péages sont fonction de plusieurs facteurs. En particulier ils sont modulés selon les heures de pointes et les heures normales, et la catégorie tarifaire des lignes classées d'après le nombre de sillons réservés (et utilisés). De Toulon à La Pauline, la ligne est actuellement classée en catégorie C, de La Pauline à Hyères en catégorie E.

Sur ces bases, avec un total des parcours annuels des trains de l'ordre de 95 000 km-trains pour cette ligne, le coût d'exploitation estimé (incluant les péages et hors amortissement des matériels et équipements) en situation de référence 2007 est de **1,7 millions d'euros** (valeur arrondie).

3.4.4.2 Situation de Projet à l'horizon 2008

Les hypothèses d'évolution dans le temps des valeurs unitaires de coûts sont négligées (on considère généralement dans les études actuelles que la dérive des prix en **euros constants** est nulle).

Le différentiel de coût d'exploitation est donc exclusivement lié :

- A l'augmentation des fréquences de dessertes,
- A l'allongement du parcours de 20 à 25 km pour les TER desservant l'aéroport.

La desserte proposée consiste à prévoir :

- 31 trains (soit 15,5 allers-retours) Toulon – Aéroport d'Hyères **tous les jours de l'année**, sur 25 kilomètres,
- 12 trains (soit 6 allers-retours) Toulon – Hyères en heures de pointes et en semaine ouvrable seulement, du lundi au vendredi, soit 250 jours et sur 20 kilomètres.
- Le nombre d'éléments Z TER 2N nécessaire en roulement pour assurer cette desserte limitée au parcours Toulon – Aéroport d'Hyères est de 4 rames en unité simple. Il est à noter que l'incidence du prolongement éventuel de TER sur Marseille par couplages et découplages de rames doubles à Toulon n'est pas prise en compte au titre de ce projet.

Il est à noter qu'avec la nouvelle desserte plus étoffée qu'actuellement, nous avons considéré comme probable l'évolution suivante du classement tarifaire des lignes entre situation de référence et situation de projet :

- Toulon à La Pauline : catégorie C maintenue,
- La Pauline à Hyères : passage en catégorie D,
- Hyères à Aéroport : classée en catégorie E.

Deux points d'arrêts supplémentaires sont pris en compte pour les trains desservant l'Aéroport (hors terminus lui-même) : « Base Aéronavale » et « Plage d'Hyères ».

Dans ces conditions, le total des trains-kilomètres annuels est de 342 000, et le coût d'exploitation (toujours incluant les péages, et hors amortissement des matériels et équipements) s'élève à **6,2 millions d'euros** (euros constants de valeur 2006).

4. ETUDE DES INFRASTRUCTURES NECESSAIRES A LA REALISATION DE LA DESSERTE CADENCEE

La mise en œuvre d'une desserte cadencée de l'Aéroport nécessite des aménagements d'infrastructure de deux natures :

- des aménagements classiques relatifs aux besoins de l'exploitation
- des aménagements imposés par les contraintes aéronautiques au voisinage de l'Aéroport.

4.1 Aménagements classiques de l'infrastructure ferroviaire

4.1.1 Aménagements strictement nécessaires pour la faisabilité de la grille proposée

4.1.1.1 Gare de La Pauline - Hyères

L'augmentation forte des circulations sur Hyères (de 21 trains aujourd'hui, toutes circulations des deux sens confondues, on passe avec ce schéma de desserte à 53 trains/jour dans cette nouvelle grille), se traduit pour la moitié d'entre elles par un cisaillement de la voie paire Carnoules – La Pauline par les trains impairs Toulon – Hyères. Soit une augmentation de 15 cisaillements par jour.

Heureusement, la grille TER envisagée dans le cadre de la structuration RFF/RC réduit au maximum les cas de présence de « double fenêtre » de cisaillement (adjonction d'un cisaillement entre voies 1 et 2 et d'un croisement entre deux trains Hyères de sens contraire).

C'est pourquoi le graphique est estimé **théoriquement faisable sans aménagement supplémentaire** à La Pauline.

En aucun cas, le délai entre entrée de train Hyères impair et la sortie (antérieure ou postérieure) d'un train Hyères pair ne descend en deçà de 5 minutes (le plus souvent, ce délai est d'au moins 10 minutes).

En aucun cas, le délai entre traversée de train Hyères impair et le passage (antérieur ou postérieur) d'un train Les Arcs - Toulon pair ne descend en deçà de 5 minutes (le plus souvent, ce délai est au moins de 6 à 7 minutes).

Ces délais sont suffisants pour affirmer la **faisabilité** de la grille dans les installations actuelles.

4.1.1.2 Gare de La Crau

Une grille cadencée repose sur le principe fondamental du croisement des trains sur un axe de symétrie à l'heure « zéro ». Cette situation, appliquée à l'ensemble des sections de lignes concernées, et en tenant compte des attaches horaires des trains « rapides » à Toulon et de qualité des correspondances qui y sont assurées, fait d'emblée pencher le choix sur la gare de La Crau comme axe de symétrie de la ligne, et donc comme point de croisement des trains qui y circulent.

Cette situation présente en outre des avantages particulièrement intéressants pour la fiabilité de la grille :

- en cas de retard d'un train impair supérieur à 5 minutes, le report de croisement est possible sans grosse difficulté à La Pauline - Hyères, et moyennant peu (voire pas) d'aggravation du retard initial de ce train, sans propagation aux autres ;
- en cas de retard d'un train pair supérieur à 5 minutes, le report de croisement est possible sans grosse difficulté à Hyères, et moyennant peu (voire pas) d'aggravation du retard initial de ce train, sans propagation aux autres ;
- le fait de systématiser les croisements à La Crau permet aussi de soulager fortement la gestion des voies d'Hyères : aucun croisement n'y est prévu en service normal, permettant ainsi de libérer des espaces pour le stationnement des trains TGV, fret, et surtout à présent des nouvelles missions TER de pointes origines - terminus à Hyères ;
- la grille avec axe de symétrie à La Crau permet aussi d'optimiser au maximum la gestion du terminus de l'Aéroport : avec une occupation de moins de 30 minutes chaque heure, et un délai de plus de 15 minutes en « sortie » à Hyères, le terminus de l'Aéroport, pour cette fréquence de desserte horaire, **ne justifie pas plus d'une voie**, tout au moins en terme de stricte faisabilité.

En termes d'installations à aménager, le point de croisement de La Crau nécessite :

- la création d'une voie d'évitement, électrifiée, de 200 mètres utiles environ, avec accès par aiguilles à tangente 0,085, franchissables à 60 km/h ;
- la création d'un quai à voyageurs côté ouest, le long de la voie d'évitement, d'une longueur de 160 mètres minimum ;
- la pose de six signaux carrés (et de deux signaux à distance) ;
- la pose de deux points de comptage d'essieux ;
- le zonage en circuit de voie des aiguilles d'entrée et de sortie et des deux voies à quai.

Ces aménagements figurent au schéma (page suivante) de modification des installations proposée par le projet.

4.1.1.3 Gare d'Hyères

Toutes les installations proposées par l'étude SNCF de novembre 2004 sont utiles et nécessaires.

Le schéma de la page suivante reprend ces éléments, et les complète avec la signalisation à prévoir depuis La Crau (modifiée comme indiqué au point précédent), jusqu'à l'aéroport d'Hyères inclus.

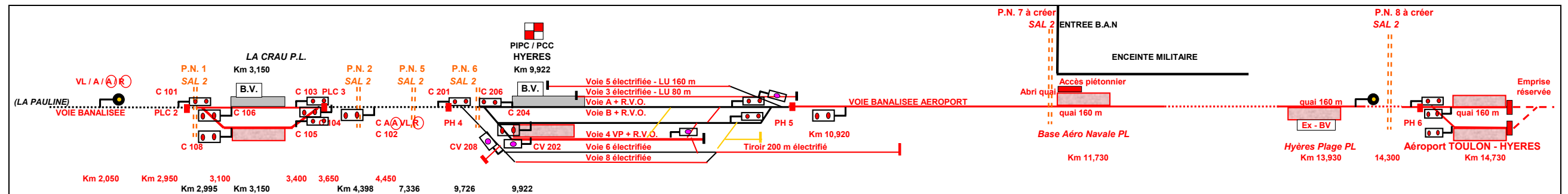
La gare d'Hyères, avec son PIPC issu de l'installation du BAPR, devient Poste de Commande Centralisée de Circulation (« PCC ») de l'ensemble de la ligne (La Pauline exclue)². Des itinéraires complémentaires sont à créer dans le PIPC.

L'ergonomie de la PCC, son exploitation, et la sécurité des circulations, commandent d'éviter toute distinction d'équipement de cantonnement entre la section La Pauline – La Crau – Hyères, et la nouvelle section Hyères – Aéroport. Un canton supplémentaire de ce BAPR-S (unique, sans découpage intermédiaire) est donc à créer entre Hyères et l'Aéroport, comme le canton La Pauline – Hyères est à re-découper avec la création de l'évitement de La Crau³.

² L'étude SNCF prévoyait la télécommande du PIPC d'Hyères par un PCC installé en gare de La Pauline-Hyères, à côté du PELI actuel. Cette situation est intéressante, dans son principe technique, voire aussi pour ses avantages économiques. Pour tenir compte de la circulation des TER entre Hyères et l'Aéroport, et notamment au regard des contraintes possibles liées à la circulation aérienne, un PCC installé en gare d'Hyères est également envisageable. Il faciliterait probablement davantage l'exploitation de la ligne, et surtout une gestion plus rapide de ses perturbations éventuelles.

³ A noter qu'une partie de l'équipement a déjà pu être installée si La Crau a été retenue comme canton intermédiaire de simple espacement à la mise en œuvre du BAPR. Par souci de simplicité, nous retiendrons l'ensemble des coûts de La Crau au titre du présent projet.

Schéma 5 : Schéma de modification des installations proposée par le projet



4.1.1.4 Gare de l'Aéroport de Toulon – Hyères

Comme déjà indiqué précédemment, cette gare n'a pas lieu, pour la stricte faisabilité de la grille, de disposer de plus d'une voie à quai. En service normal, seules des rames TER 2N NG devraient y être reçues.

Si ces rames sont issues de trains venant de Marseille en unités doubles, puis coupées à Toulon (un élément vers Les Arcs, l'autre unité simple vers l'Aéroport), seules des unités simples devraient être reçues à l'Aéroport.

Il semble cependant préférable de prévoir des situations (roulements des rames, échanges d'engins avec Hyères, par exemple), où les rames seraient doubles, ou à doubler ou dédoubler sur place. La longueur utile de la voie à **quai** doit donc être évaluée à 160 mètres minimum, du heurtoir de fin de voie⁴ jusqu'au signal de sortie de la gare.

4.1.1.5 Haltes de la Base Aéronavale et de la Plage d'Hyères

Ces haltes seront de simples points d'arrêt non gérés, desservis au passage. Leur équipement sera donc essentiellement commercial. Ces établissements comporteront une voie, un quai, et ne devraient recevoir aucune installation de sécurité ferroviaire.

⁴ Au moins en situation initiale, la voie sera « en impasse ». Mais les réserves seront faites en arrière du heurtoir pour permettre, s'il y a lieu, un prolongement ultérieur de la ligne au-delà de l'Aéroport.

4.1.2 Aménagements complémentaires envisageables destinés à renforcer la robustesse de la grille

La faisabilité de la grille est une donnée importante. Sa robustesse mérite cependant d'être vérifiée au regard de la propagation (et de l'aggravation) éventuelle d'un retard initial d'un train à un ou à plusieurs autres trains.

4.1.2.1 En gare de La Pauline-Hyères

A La Pauline-Hyères, bien qu'ils soient théoriquement suffisants, les délais de croisements et de cisaillements entre quelques trains (hors du cadencement, d'ailleurs, le plus souvent), peuvent poser problèmes si la circulation n'est pas rigoureusement « à l'heure », ce qui demeure assez fréquent.

Même si l'on admet qu'une structure de grille cadencée est un outil de première importance pour une meilleure régularité, il faut rester prudent.

La SNCF a proposé plusieurs pistes de solutions :

- banalisation des voies 1 et 2 La Pauline – Toulon,
- création de voies d'évitements en sens impair et en sens pair,
- création d'un passage dénivelé supprimant le cisaillement de la voie 2.

La première solution à retenir, de l'avis de Systra, concerne **l'évitement impair**. Il peut jouer un rôle de « sas d'attente » en cas de conflit d'entrée sur la ligne banalisée, tout en permettant la continuité de la circulation sur la ligne Toulon – Les Arcs.

Cet aménagement apportera déjà une grande partie de la souplesse nécessaire à la fiabilité de l'exploitation.

La banalisation des voies 1 et 2 Toulon – La Pauline, utile pour l'accord d'intervalles de travaux en heures normales ou creuses, suppose cependant que l'organisation actuelle des « blancs travaux » n'évolue guère à l'avenir. On parle davantage aujourd'hui de massification des travaux, même si cette procédure a sans doute aussi ses limites. L'inconvénient est que, sauf incident très important, il sera difficile d'envisager cette exploitation à une seule voie en heures de pointes, avec une circulation globalement trop importante dans chaque sens. Et en cas d'incident important, elle ne réglera pas à elle seule la reprise de la circulation « normale ».

Il est à noter en outre que le cadencement a généralement pour corollaire une quasi-identité du nombre des circulations de pointes et de contre-pointes. Ce qui réduit d'autant les utilisations possibles de la banalisation.

L'évitement de sens pair n'aura probablement d'utilité intéressante que dans deux cas :

- le trafic de fret croît rapidement, nécessitant cet équipement pour la fluidité en ligne (mais c'est une situation extérieure à ce projet) ;
- le principe est de « sacrifier » les correspondances à Toulon de TER en retard, pour les faire dépasser par les trains rapides qui les suivent. Ce n'est pas l'option prise ici, mais ceci reste une hypothèse envisageable.

Le passage dénivelé de voie 1 vers la voie banalisée : indiscutablement, cet aménagement, qui supprime tout cisaillement, est utile pour la robustesse de grille.

Il y a sans doute lieu de réserver sa possibilité de réalisation pour un horizon plus lointain (donc en phasage), si la circulation croît, ou si la fiabilité de la grille proposée montrait des lacunes fréquentes, en raison de l'irrégularité ambiante.

Mais, au moins dans une première étape, Systra propose qu'on puisse juger de la grille cadencée, et des apports qu'elle fait, **par elle-même**, en fiabilité et en régularité, et propose de retenir d'abord la seule proposition d'une voie d'évitement impair.

Compte tenu de la configuration actuelle (une voie 3 en impasse existe déjà le long du quai 1), l'évitement impair devrait être d'un coût modéré, même avec remodelage du quai. Ce qui ne sera pas le cas de ce passage dénivelé.

Concernant les **aménagements de sécurité des voyageurs** dans la gare (passage dénivelé des usagers, clôtures), Systra reprend les propositions faites par la SNCF. Pour faciliter l'accès des PMR, un souterrain assisté d'une rampe d'accès (ou d'ascenseurs) entre les quais 1 et 2 est sans doute la solution préférable.

4.1.2.2 En gare d'Hyères

Le plan de voies proposé par Systra au point 3.4.3 ci-dessus est basé pour l'essentiel sur la solution préconisée par la SNCF (point 5-3, page 46, de l'étude SNCF de « desserte ferroviaire de l'aéroport de Toulon-Hyères »).

La **fiabilité** d'exploitation de la ligne reposera aussi sur la souplesse de gestion des voies de la gare d'Hyères.

A cette fin, il pourrait être utile de disposer de voies de remisage/garage en réserve, pour y faire stationner des rames TER « malades », ou des engins et trains de travaux pour les services de maintenance, sans avoir à occuper les voies « principales » de la gare (voies A, B, et 4), sachant que les voies 6 et 8 seront nécessaires aux dessertes et manœuvres du train de fret.

C'est pourquoi Systra propose de conserver les voies 3 et 5 (côté BV), et de les **électrifier**, pour recevoir notamment une US TER (ou un engin de maintenance, draine ou autre), sur voie 3 (longueur utile environ 80 mètres), et une UM (ou un train de travaux) sur voie 5 (longueur utile environ 160 m).

4.1.2.3 En gare de l'Aéroport de Toulon-Hyères

Une seule voie à quai de 160 m suffit à l'exploitation « normale ». Cette voie doit être réalisée de manière à permettre le prolongement ultérieur de la ligne.

Afin de fiabiliser l'exploitation (et de permettre de continuer l'exploitation de la gare avec une rame TER en panne, ou la réception d'engins de maintenance), la réalisation d'une seconde voie peut cependant s'avérer utile.

Systra propose que cette installation soit retenue dans l'évaluation financière du projet. Le schéma 4 précédent (en page 54) tient compte de cet aménagement, ainsi que le quai de desserte qui va de pair avec sa réalisation.



L'ancien BV de la gare de La Plage d'Hyères



La ligne prend fin à proximité de l'Aéroport

4.1.3 Estimation des coûts d'aménagements

Deux évaluations distinctes sont prises en compte dans les aménagements précédents :

- ceux qui sont strictement nécessaires à la faisabilité du projet, et de la desserte envisagée ;
- ceux qui sont estimés « complémentaires » et utiles en termes de fiabilité de l'exploitation.

La seconde série des coûts peut servir de base à un calendrier de phasage des investissements, où tout n'est pas réalisé d'emblée.

4.1.3.1 Coût des aménagements nécessaires au projet

Les aménagements d'infrastructure strictement nécessaires à la mise en œuvre de la grille cadencée, décrits plus haut, sont ici chiffrés :

- Aménagement du point de croisement de La Crau :
 - Signalisation : 1,8 M€
 - Voie, quai, traversée sécurisée : 2,1 M€
- Aménagements en gare d'Hyères :
 - Aménagements proposés par la SNCF : 6,6 M€ (CE 2002), réalisés au titre de l'opération BAPR La Pauline – Hyères
 - Aménagement quai 2 et voies de service : 1,9 M€
- Mise en place de signalisation entre Hyères et l'Aéroport : 2,5 M€

4.1.3.2 Coût des aménagements complémentaires de fiabilité

Les aménagements d'infrastructure complémentaires proposés pour améliorer la fiabilité de la desserte cadencée, décrits plus haut, sont ici chiffrés :

- Voie d'évitement impair de la Pauline :
 - Travaux de voie : 0,25 M€
 - Modification de la signalisation : 0,3 M€
- Ouvrage dénivelé de la Pauline : 7,5 M€

4.2 Recherche d'aménagements relatifs aux contraintes aéronautiques

4.2.1 Electrification de la ligne par caténaire

Le souhait du Conseil Régional Provence-Alpes-Côte-d'Azur est de faire circuler sur la ligne Toulon – Aéroport d'Hyères des automotrices de type Z2N NG. De ce fait, l'objectif premier des aménagements à réaliser pour le franchissement des trouées est de permettre la circulation des trains sur une voie électrifiée par caténaire 25 kV.

4.2.1.1 Franchissement de la trouée de la piste 05

La plate-forme ferroviaire est établie à une altitude de 1,90 environ. L'enveloppe nécessaire à une électrification par caténaire nécessite une hauteur de 6 m environ après défilement.

La trouée est franchie en biais (donc avec une altitude acceptée variable), on se placera donc dans le cas le plus défavorable pour les calculs suivants, avec une altitude à ne pas dépasser de 5 m.

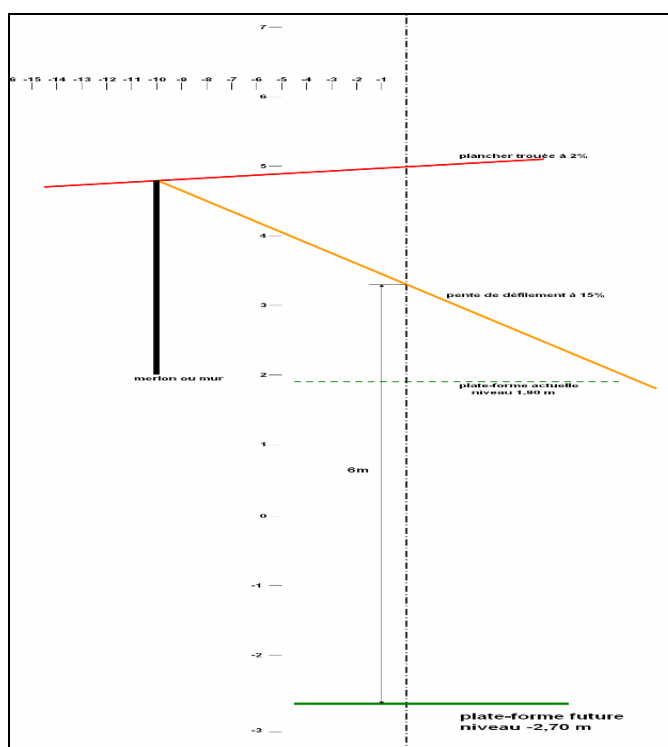


Schéma 6 : Coupe longitudinale de la massification par merlon piste 05

La figure précédente présente une configuration envisageable pour le franchissement de la trouée : un merlon (ou un mur) de 3 m de haut environ culmine à 10 m de l'axe de la ligne ferroviaire. Ce merlon permet le défilement de l'obstacle caténaire, moyennant la dénivellation conjointe de la ligne jusqu'à l'altitude de -2,70 m, soit une excavation de 4,60 m.

Il est à noter que toutes ces valeurs sont calculées dans des cas de tangence extrême et qu'il s'avèrera prudent de prendre en compte des marges de sécurité dans la définition des différentes cotes.

La figure de la page suivante présente la situation dans le sens longitudinal.

La première solution envisagée consiste à :

- déniveler la ligne uniquement pour le franchissement de la trouée
- en maintenant le franchissement à niveau de la route de la BAN.

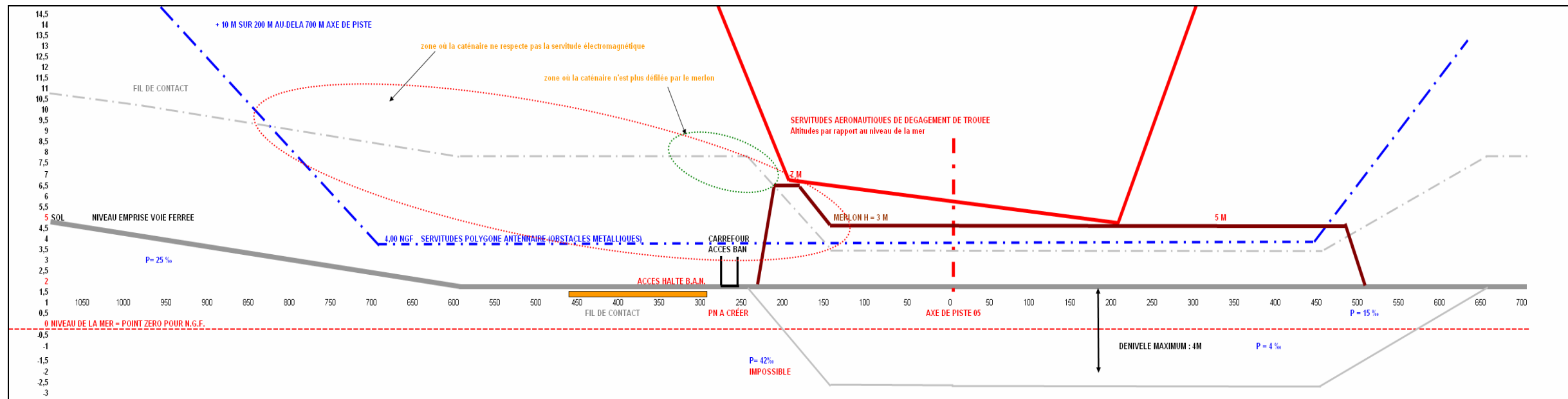


Schéma 7 : Problèmes relatifs à l'insertion avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 05 : solution « merlon »

Cette solution n'est pas réalisable : une pente de 41 ‰ serait nécessaire pour remonter la voie entre la cuvette sous la trouée et le carrefour de la route de la BAN.

Par ailleurs, la caténaire pose problème à deux reprises :

- lors du franchissement de la route de la BAN, puisque le merlon doit être interrompu au droit du carrefour
- au-delà du carrefour, du fait des perturbations électromagnétiques.

Si cela s'avérait réalisable, on pourrait envisager un écrantage de la caténaire par un merlon au-delà du carrefour, mais il faut être conscient qu'un merlon de 400 m de long et d'une hauteur de 6,5 m sera vraisemblablement nécessaire.

Suite à ces problèmes, une deuxième solution a été envisagée. Elle consiste à **franchir la route d'accès à la BAN en souterrain**.

Cette solution a pour conséquences:

- un dénivelé maximal très important de la voie, qui s'établit à 8 m,
- la nécessité de réaliser la halte de la BAN en souterrain ou du moins en tranchée, ce qui est pour le moins problématique et onéreux.

En outre, le problème des contraintes électromagnétiques n'est plus d'actualité, la voie ressortant vraisemblablement à l'air libre au-delà de la « zone des 4 mètres ».

Deux variantes de cette solution sont envisagées : avec un merlon, ce qui permet d'abaisser le niveau de la voie le plus tard possible, et sans merlon.

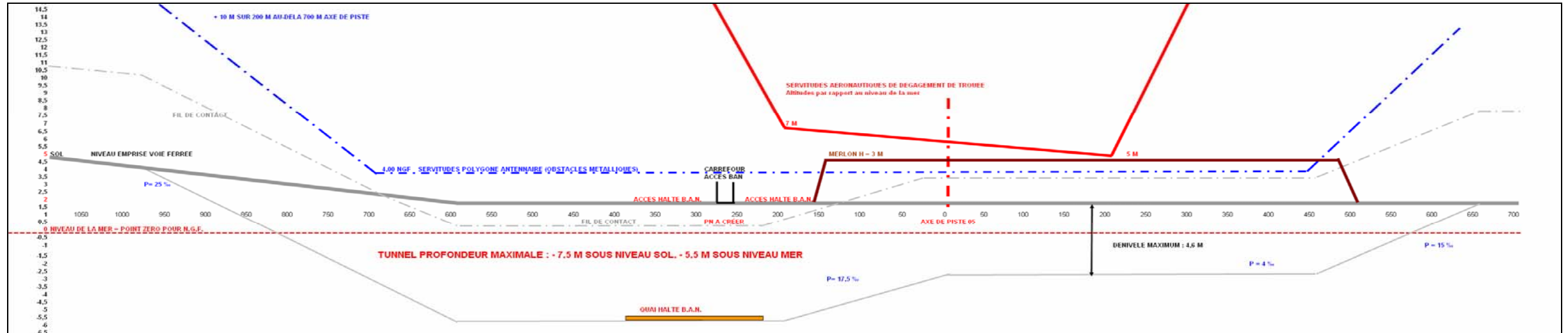


Schéma 8 : Insertion avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 05 : solution « tunnel avec merlon »

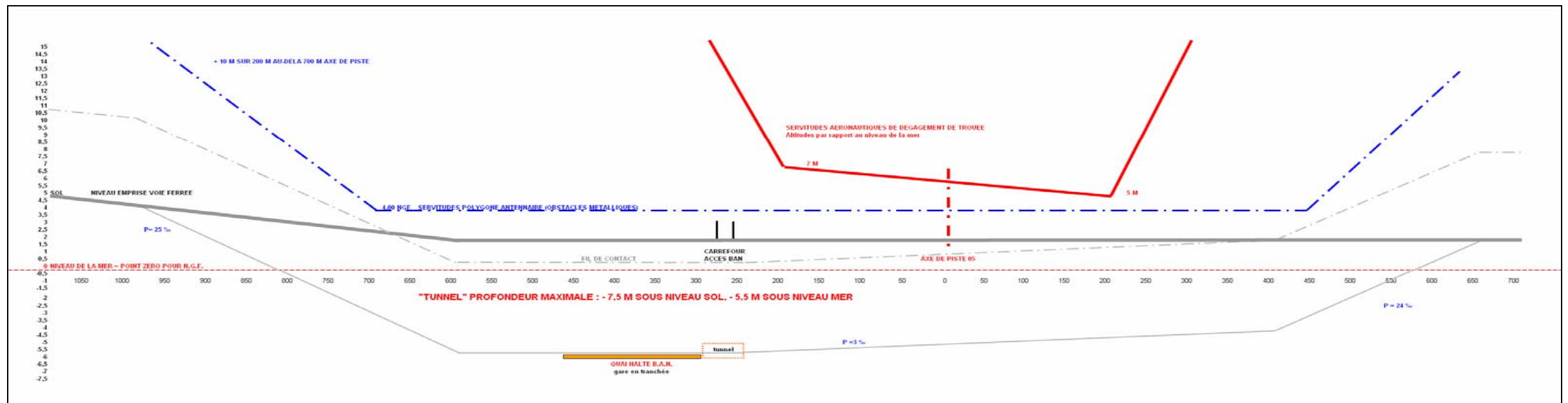


Schéma 9 : Insertion avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 05 : solution « tunnel sans merlon »

Les contraintes qui résultent de ces solutions sont fortes et découlent directement du caractère humide de la zone traversée.

En effet, la zone de l'aérodrome du Palyvestre est marécageuse et se situe à une altitude d'au plus 2 m par rapport au niveau de la mer. De plus, le carrefour d'accès à la route de la BAN est situé dans une zone répertoriée dans le Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) comme inondable, en particulier lors d'épisodes orageux violents. Des canaux d'évacuation des eaux pluviales existent de longue date et longent actuellement l'emprise ferroviaire située en remblai, en direction de la mer.

La réalisation des trémies et du tunnel cités plus haut devra prendre en compte ces contraintes et par conséquent :

- les trémies et le tunnel devront être réalisés les plus étanches possibles
- des dispositifs de pompage puissants devront être installés pour être en mesure d'évacuer les eaux pluviales.

En outre, des problèmes liés aux ouvrages eux-mêmes peuvent se poser : dans les terrains humides et vraisemblablement meubles que l'on rencontrera pendant les travaux, il faudra mettre en place des ouvrages lourds pour éviter leur « flottaison » mais d'autre part également prévenir tout enfoncement sur la durée par la mise en place de pieux en relation avec un sous-sol plus stable. Il faut noter que la réalisation même de ces pieux nécessitera la mise en place d'une foreuse dans l'axe des pistes, foreuse constituant un obstacle à la limite du type « filiforme ». Une organisation précise des travaux (peut-être travail de nuit avec démontage de la foreuse le jour) devra être mise en place.

Une troisième solution a donc été étudiée, de manière à réduire la profondeur de l'excavation devant être réalisée pour faire passer la voie ferrée dans l'axe de la piste : une couverture totale de l'emprise ferroviaire est mise en place, ce qui a pour conséquence (voir figure ci-dessus) de pouvoir tangenter avec le faite de cette couverture le plancher de la trouée. Le niveau de la voie ferrée est alors ramené aux alentours du niveau de la mer.

Toutefois, au-delà du carrefour de la BAN en direction d'Hyères, la caténaire dépasse la hauteur maximale tolérée pour les obstacles de nature métallique. Cette solution est donc soumise à l'octroi d'une dérogation vis-à-vis de ces contraintes électromagnétiques.

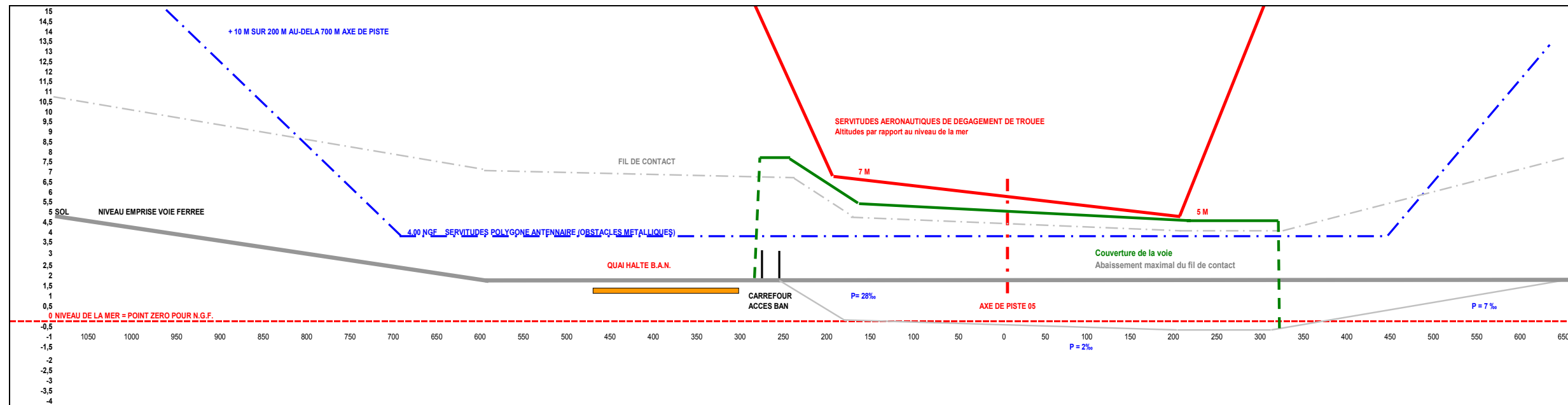


Schéma 10 : Insertion avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 05 : solution « couverture »

4.2.1.2 Franchissement de la trouée de la piste 32

La plate-forme ferroviaire est établie à une altitude de 2,80 environ. L'enveloppe nécessaire à une électrification par caténaire nécessite une hauteur de 6 m après défilement.

La trouée est franchie en biais (donc avec une altitude acceptée variable), on se placera donc dans le cas le plus défavorable pour les calculs suivants, avec une altitude à ne pas dépasser de 4,70 m.

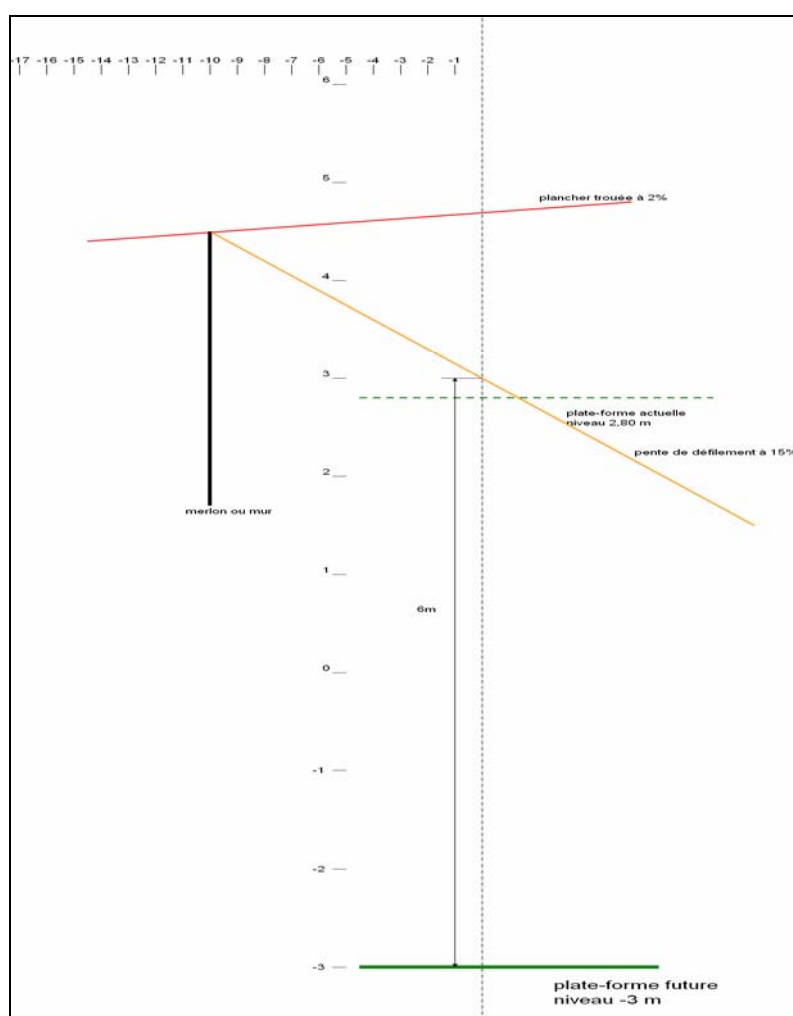


Schéma 11 : Coupe longitudinale de la massification par merlon piste 05

La figure précédente présente une configuration envisageable pour le franchissement de la trouée : un merlon (ou un mur) de 2 m de haut environ culmine à 10 m de l'axe de la ligne ferroviaire. Ce merlon permet le défilement de l'obstacle caténaire, moyennant la dénivellation conjointe de la ligne jusqu'à l'altitude de -3 m, soit une excavation de 5,80 m.

Il est à noter que toutes ces valeurs sont calculées dans des cas de tangence extrême et qu'il s'avèrera prudent de prendre en compte des marges de sécurité dans la définition des différentes cotes.

La figure de la page suivante présente la situation dans le sens longitudinal.

La première solution envisagée consiste à :

- déniveler la ligne uniquement pour le franchissement de la trouée
- en maintenant le niveau de la halte d'Hyères Plage
- en sortant à niveau à la gare de l'Aéroport.

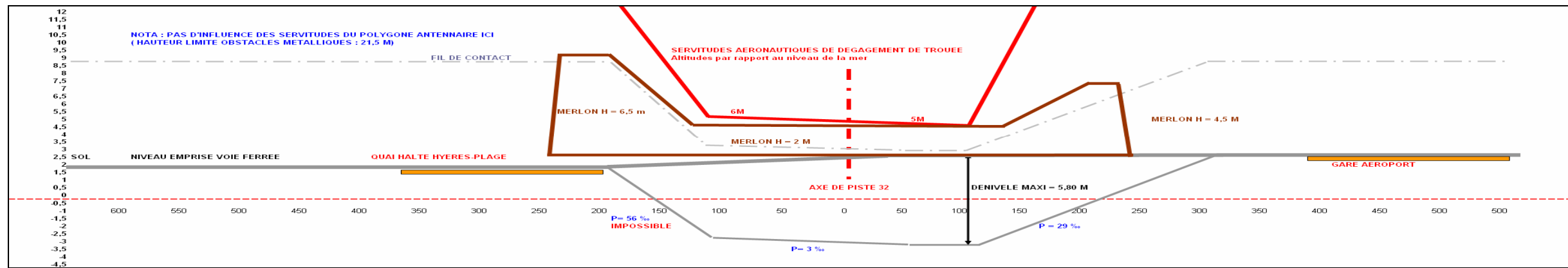


Schéma 12 : Problèmes relatifs à l'insertion avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 32

Cette solution n'est pas réalisable : une pente de 56 ‰ serait nécessaire pour remonter la voie entre la cuvette sous la trouée et la halte d'Hyères Plage.

Pour remédier à ce problème, on peut envisager de **déniveler de quelques mètres la halte d'Hyères Plage**, puis de continuer la remontée au-delà. Ainsi, la pente se trouve réduite à 30 ‰ environ.

Dans les deux cas, on rencontre les problèmes suivants :

- un dénivelé maximal très important de la voie, qui s'établit à 5,80 m, à 3 mètres sous le niveau de la mer, alors que le littoral se situe à 50 mètres environ
- l'érection d'un merlon, même paysager, d'une hauteur variable mais à concurrence de 6,50 m risque de ne pas être acceptée dans le cadre maritime touristique du littoral.

Par ailleurs, encore plus que pour le franchissement de la trouée de la piste 05, le problème de l'humidité des sols est à intégrer. Il s'agirait ici de réaliser une excavation de 5,80 m à 50 m de la mer. Si (soyons prudents !) l'étanchéité d'une telle réalisation peut être réalisée, même imparfaitement, des systèmes de pompage puissants devront être prévus pour évacuer à la fois les eaux pluviales et les eaux d'infiltration résiduelles.

En outre, le fait de déniveler la halte de la Plage d'Hyères aura un retentissement sur le coût de réalisation de cette station, avec des aménagements coûteux pour garantir son accès à tous les publics.

Une troisième solution a donc été étudiée, de manière à réduire la profondeur de l'excavation devant être réalisée pour faire passer la voie ferrée dans l'axe de la piste : une couverture totale de l'emprise ferroviaire est mise en place, ce qui a pour conséquence (voir figure ci-dessus) de pour voir tangenter avec le faite de cette couverture le plancher de la trouée. Le niveau de la voie ferrée est alors ramené aux alentours du niveau de la mer.

Les figures de la page suivante présentent les solutions 2 et 3.

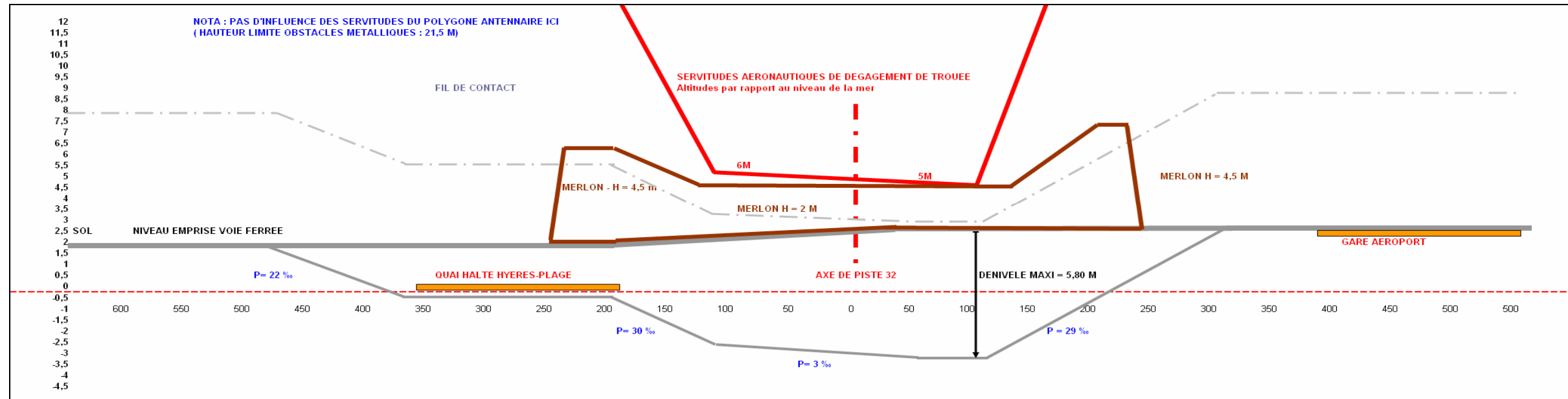


Schéma 13 : Insertion de la voie avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 32 : solution « merlon »

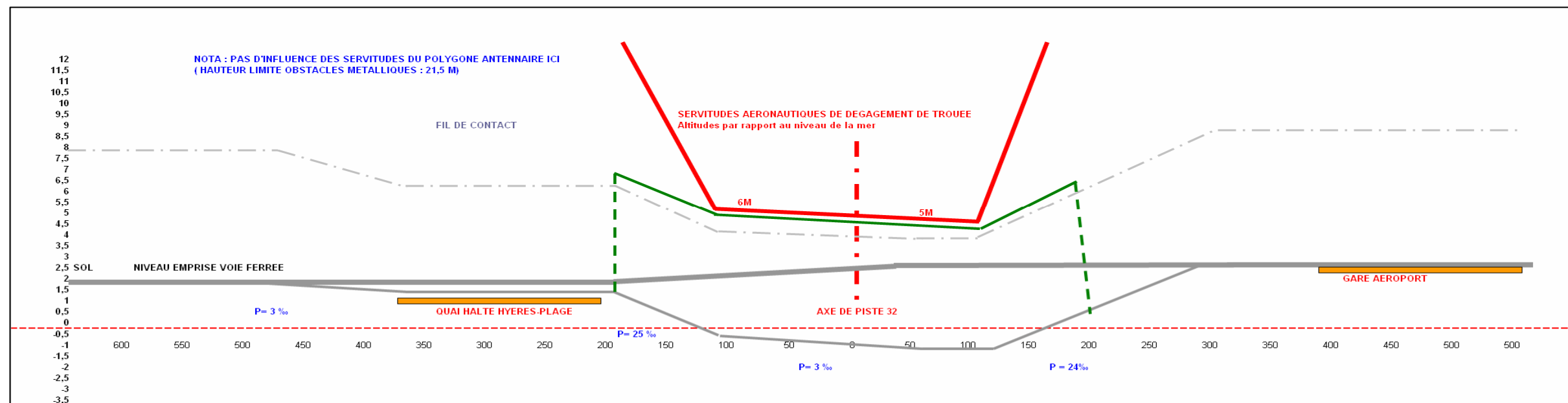


Schéma 14 : Insertion de la voie avec électrification par caténaire dans la trouée de la piste 32 : solution « couverture »

4.2.2 *Electrification de la ligne par troisième rail*

La réalisation d'une ligne électrifiée par caténaire débouche sur la réalisation de travaux de très grande ampleur, dont la faisabilité n'est pas avérée, et d'un coût élevé.

Il est légitime, dans le cadre fixé par la Région de la réalisation de la traction électrique sur le tronçon Hyères – Aéroport, de s'interroger sur la faisabilité d'une électrification par 3^{ème} rail latéral à la voie, qui devrait permettre de s'affranchir des fortes contraintes appliquées à l'obstacle caténaire, du fait de son caractère filiforme.

4.2.2.1 *Matériel roulant*

L'adaptation au 3^{ème} rail du matériel roulant TER existant actuellement sur le réseau régional de PACA peut s'avérer complexe pour trois raisons majeures :

- de faisabilité technique même,
- d'organisation de leur exploitation et de leur maintenance,
- de compatibilité avec les infrastructures empruntées.

4.2.2.1.1 Faisabilité technique de l'adaptation

Le matériel concerné est nécessairement celui utilisé actuellement sur les dessertes du littoral méditerranéen : des Z TER 2N, soit de « Première génération » (30 éléments au parc actuel PACA), soit de « Nouvelle génération » (10 éléments au parc actuel, et 3 à 5 options de commandes prochaines).

Ces éléments sont différents selon qu'il s'agit de « PG » (2 caisses), et « NG » (3 caisses), ce qui peut conduire à des partis d'aménagement et d'installation des équipements de bord distincts pour les deux séries.

De plus, étant déjà bi-courant (25 kV alternatif et 1,5 kV continu), ces éléments peuvent manquer d'espace pour l'installation des équipements complémentaires liés au 3^{ème} rail.

Systra a interrogé à la fois des établissements SNCF de maintenance, et le constructeur. La SNCF a estimé l'adaptation a priori envisageable, mais sous réserve d'une étude approfondie, qui ne pouvait trouver place dans le cadre de l'étude présente.

Le constructeur a transmis la demande à son atelier de Valenciennes, mais n'a pas fait connaître les conclusions de cette investigation.

La faisabilité technique n'est donc pas confirmée, au moins pour le moment.

4.2.2.1.2 Contraintes d'exploitation et de maintenance

L'utilisation des Z TER 2N PG et NG est banalisée, et de plus, pour assurer certaines liaisons en double élément, il est fréquent de couler un élément de chacune des deux séries. Ou de croiser les éléments en roulement en cas de défaillances d'engins ou de nécessités de maintenance.

Il est donc extrêmement souhaitable de ne pas constituer un « sous-parc spécialisé » où l'adaptation au 3^{ème} rail ne serait limitée qu'à quelques éléments. Rappelons en outre que si la desserte proposée pour l'aéroport d'Hyères nécessite 4 éléments en roulement, c'est sans tenir compte de leur éventuel prolongement sur Marseille. Le nombre d'éléments nécessaires en roulement ans une telle éventualité serait alors largement supérieur à 4.

C'est pourquoi, à la fois pour faciliter la confection des roulements « en conception de service », comme en exploitation opérationnelle, ainsi que pour permettre une maintenance simple et productive, il est nécessaire d'envisager l'adaptation de la totalité du parc de Z TER 2N, PG ou NG actuelles ou futures. Soit 40 à 45 éléments.

Ceci entraîne un impact financier non négligeable.

Si le constructeur n'a pas fait connaître d'estimation du coût de transformation, la SNCF, à partir d'éléments d'estimations approximatives restant à affiner, a donné un ordre de grandeur de 0,4 à 0,5 million d'euros par élément. Soit un investissement de **18 à 22 millions d'euros** (sous toutes réserves).

Par ailleurs, le coût de la maintenance pourrait être également plus onéreux qu'actuellement (entretien des équipements supplémentaires, formation des personnels à des opérations inhabituelles, usure des patins de captage, ...).

4.2.2.1.3 Compatibilité avec les infrastructures

Deux difficultés peuvent exister pour la circulation de trains munis de capteurs pour 3^{ème} rail :

- La transition de l'alimentation électrique caténaire / 3^{ème} rail ou inversement : peut-elle être réalisée lors d'un arrêt, ou doit-elle s'effectuer en circulation ? (Dans le dernier cas, ceci suppose des sections de séparation délicates à installer et une forte complication dans la conduite des trains).
- Les patins de captage ne risquent-ils pas, sur certaines installations extérieures à la section équipée de 3^{ème} rail, d'engager le gabarit d'équipements situés au bord de la voie (quais à voyageurs, appareillages d'entrevoie, etc...) ? Si tel devait être le cas, cela supposerait de disposer de patins « rétractables », probablement plus fragiles et plus délicats à mettre en œuvre et à maintenir en service.

Ces difficultés potentielles nécessiteront une analyse approfondie, étendue à toutes les lignes et sections de lignes sur lesquelles les Z TER 2N circulent ou seront appelées à circuler.

En conclusion, rien ne permet d'affirmer aujourd'hui que la solution 3^{ème} rail soit aisément réalisable.

Le seul élément d'appréciation, sur lequel sont tombés d'accord les différents interlocuteurs que nous avons contactés, est que le système nécessite des études assez longues et sera onéreux.

Toutefois, compte tenu que globalement son coût (infrastructure + matériel roulant) semblait sensiblement inférieur aux premières estimations faites pour une électrification par caténaire, et que ses impacts (sur la circulation aérienne et sur l'environnement) devraient être également moins forts, Systra a proposé au Comité de Pilotage de l'étude de conserver cette solution dans les scénarios à retenir.

4.2.2.2 Franchissement de la trouée de la piste 05

La plate-forme ferroviaire est établie à une altitude de 1,90 environ. L'enveloppe nécessaire à une électrification par 3^{ème} rail se ramène au gabarit majoré de 2m, soit une hauteur de 6,80 m.

La trouée est franchie en biais (donc avec une altitude acceptée variable), on se placera donc dans le cas le plus défavorable pour les calculs suivants, avec une altitude à ne pas dépasser de 5 m.

Le franchissement de la trouée est prévu avec une couverture totale de la voie : cela permet de ne pas tenir compte de la majoration de 2 mètres qui s'applique aux obstacles mobiles canalisés, en rendant l'obstacle massif et fixe.

La figure de la page suivante présente la situation dans le sens longitudinal.

La solution envisagée consiste à :

- couvrir la ligne au franchissement de la trouée
- déniveler la ligne au franchissement de la trouée
- en maintenant le franchissement à niveau de la route de la BAN.

Cette solution semble réalisable : la pente de la trémie voisine du carrefour de la BAN reste modérée à 26 ‰.

Subsistent toutefois les contraintes qui découlent directement du caractère humide de la zone traversée : la voie se situe au niveau de la mer.

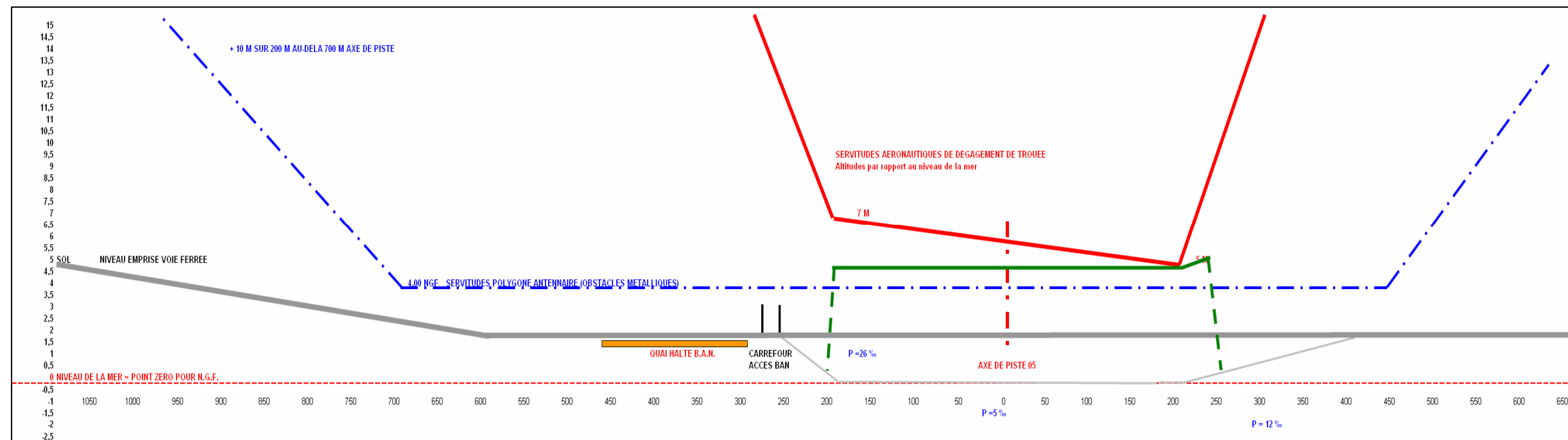


Schéma 15 : Insertion de la voie avec électrification par 3^{ème} rail latéral à la voie dans la trouée de la piste 05

4.2.2.3 Franchissement de la trouée de la piste 32

La plate-forme ferroviaire est établie à une altitude de 2,80 environ. L'enveloppe nécessaire à une électrification par 3^{ème} rail se ramène au gabarit majoré de 2m, soit une hauteur de 6,80 m.

La trouée est franchie en biais (donc avec une altitude acceptée variable), on se placera donc dans le cas le plus défavorable pour les calculs suivants, avec une altitude à ne pas dépasser de 4,70 m.

Le franchissement de la trouée est prévu avec une couverture totale de la voie : cela permet de ne pas tenir compte de la majoration de 2 mètres qui s'applique aux obstacles mobiles canalisés, en rendant l'obstacle massif et fixe.

La figure de la page suivante présente la situation dans le sens longitudinal.

La première solution envisagée consiste à :

- déniveler la ligne uniquement pour le franchissement de la trouée
- en maintenant le niveau de la halte d'Hyères Plage
- en sortant à niveau à la gare de l'Aéroport.

Cette solution n'est pas réalisable : une pente de 46 ‰ devrait être appliquée à la trémie côté Plage d'Hyères.

Pour remédier à ce problème, on peut envisager de déniveler de quelques mètres la halte d'Hyères Plage, puis de continuer la remontée au-delà. Ainsi, la pente se trouve réduite à 23 ‰.

Comme dans tous les cas étudiés, le problème de l'humidité des sols est à étudier sérieusement.

Toutefois, la halte de la Plage d'Hyères se trouve cette fois au-dessus du niveau de la mer.

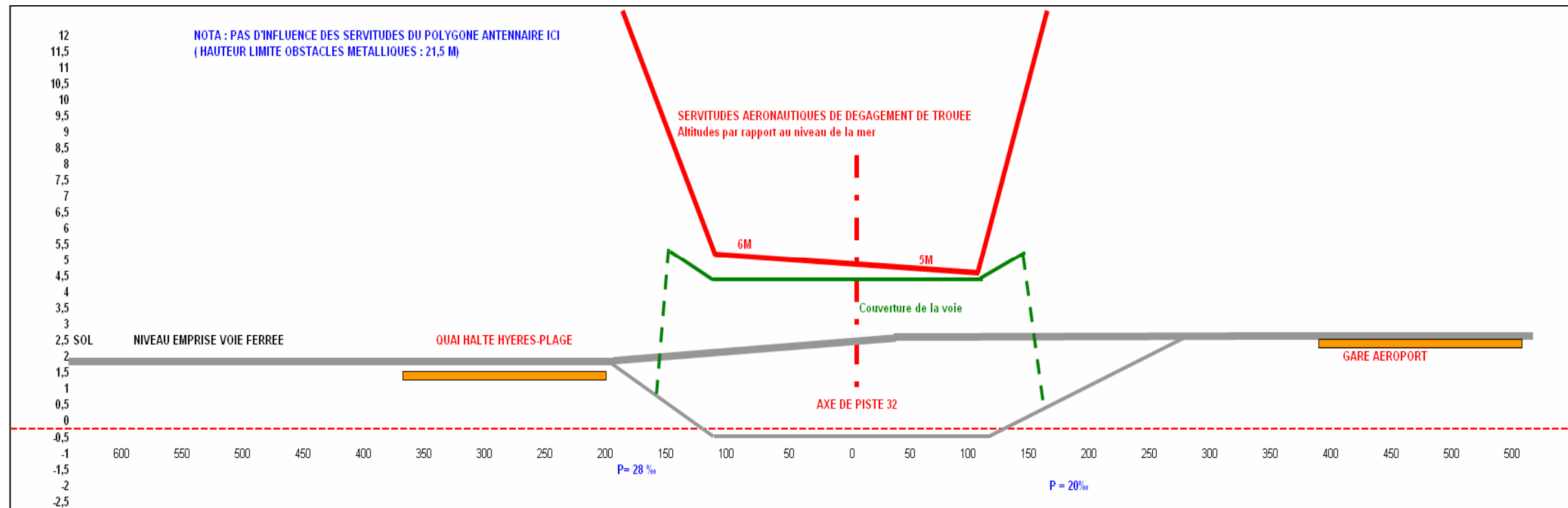


Schéma 16 : Insertion de la voie avec électrification par 3^{ème} rail latéral à la voie dans la trouée de la piste 32

4.2.3 Exploitation de la ligne en traction thermique

4.2.3.1 Matériel roulant et conséquence sur l'exploitation

Deux types de matériel peuvent être envisagés dans le cadre d'une desserte en traction thermique de la section Hyères – Aéroport :

- du matériel purement thermique, de type X73500 ou X72500
- du matériel bi-mode, de type BGC.

Le matériel purement thermique appelle une exploitation en navette avec rupture de charge systématique à Hyères. Ceci permettrait cependant une économie substantielle du fait de l'absence d'installations de signalisation au-delà de la gare d'Hyères (et notamment à la gare de l'Aéroport).

L'utilisation de matériel bi-mode, bien qu'elle semble intéressante au premier abord, appelle plusieurs remarques :

- si du matériel bi-mode est utilisé, le but est de réaliser des missions Marseille-Toulon-Hyères-Aéroport. Du fait de la configuration des installations électriques (ligne Marseille – Vintimille électrifiée en 25 kV alternatif, gare de Marseille électrifiée en 1,5 kV continu), du matériel bi-mode et bicourant (de type Bi-Bi-GC) serait nécessaire. La Région n'a pas de projet de commande de ce type de matériel dans un avenir proche.
- La construction d'une grille cadencée sur Toulon-Hyères permettant des liaisons avec l'Ouest de Toulon avait débouché sur l'instauration de coupes / accroches systématiques en gare de Toulon avec les missions Marseille – Carnoules – Les Arcs. Le matériel bi-mode n'est pas couplable avec les ZTER 2N NG qui circulent sur l'axe littoral. Il faudrait donc envisager une rupture de charge à Toulon, qui ne correspond pas aux objectifs de l'Autorité Organisatrice.

Cette solution présente toutefois deux inconvénients majeurs :

- l'utilisation d'engins diesel provoque une pollution, incompatible avec la volonté de recourir à des modes de transport propres ;
- la rupture de charge imposée à Hyères aux voyageurs venant de Toulon ou au-delà est très pénalisante pour la desserte et diminuer fortement son attractivité.

Pour ces raisons, le Comité Technique n'a pas retenu la solution « traction diesel » parmi les scénarios à approfondir par Systra.

4.2.3.2 Aménagements d'infrastructure nécessaires

Les aménagements d'infrastructure nécessaires à l'exploitation de la ligne en traction thermique, sur le plan du respect des servitudes aéronautiques, sont en tous points semblables à ceux étudiés pour l'électrification de la ligne par 3^{ème} rail latéral à la voie.

Ils en diffèrent cependant sur deux points :

1. l'exploitation doit être réalisée en « navette » (solution à la fois la plus simple et la plus sûre), ce qui évite de créer des installations de signalisation à la gare Aéroport, et limite corrélativement cette gare à une seule voie à quai.
2. L'exploitation en navette supposerait de dédier une voie de la gare d'Hyères à cette origine-terminus. La voie 3 semble la mieux adaptée, elle devrait alors être reclassée en voie principale et disposer d'un quai de desserte voyageurs (par le prolongement et l'adaptation du quai 1 existant).

4.2.4 Solution alternative : « Franchissement conditionnel des trouées »

L'ampleur des solutions envisagées dans les paragraphes précédents nous a amené à rechercher une solution de coût moindre.

L'analyse des solutions étudiées jusqu'ici a montré que l'électrification par caténaire du prolongement de la ligne entre Hyères et l'Aéroport est difficilement réalisable, pour des raisons à la fois de coût et de faisabilité technique (tunnel et trémies en zone inondable sous le niveau de la mer).

Dès lors, la ligne ne présente plus d'obstacle filiforme à la hauteur d'environ 6 mètres et, lorsqu'elle n'est parcourue par aucun train, la configuration est identique à l'actuelle, c'est-à-dire qu'aucune contrainte ne s'applique à l'infrastructure elle-même, située au ras du sol.

Il s'agit donc de régler un problème d'interférence, limité dans le temps, entre les véhicules ferroviaires et le plancher de la trouée.

La desserte ferroviaire de l'Aéroport se limite à 1 aller-retour par heure, soit deux franchissements par heure de chaque trouée. Il semble possible de placer les mouvements de trains de telle façon qu'ils n'interfèrent pas avec les mouvements des avions civils, à condition que ceux-ci soient considérés « à l'heure ».

Toutefois, pour parer aux courants décalages des heures de départ et d'arrivée de ces avions, ainsi que pour garantir la sécurité vis-à-vis des mouvements aériens non réguliers, en particulier les mouvements militaires, il est nécessaire de prévoir un système garantissant l'absence de véhicule ferroviaire dans la trouée lors de l'exécution d'un mouvement aérien.

4.2.4.1 Aménagements d'infrastructure

Il n'y a aucun aménagement d'infrastructure à réaliser dans ce cas : la voie ferrée est conservée à son niveau actuel.

L'intervention se limitera donc à la réfection des ouvrages et à la régénération de la voie ferrée.

4.2.4.2 Aménagements dans le but de garantir l'unicité des mouvements dans les trouées

Le système doit permettre à l'agent circulation en charge de la commande centralisée, en accord avec le contrôleur aérien de la base du Palyvestre, de bloquer la circulation des trains dans les trouées à partir du moment où un avion est en approche sur l'une des pistes 05 ou 32.

Pour cela, en plus des signaux de la gare de l'Aéroport qui pourront remplir ce rôle pour protéger la trouée de la piste 32 dans le sens pair des trains, des signaux de rétention seraient nécessaires dans les deux directions à la halte de la Plage d'Hyères, et dans la direction de l'Aéroport à la halte de la Base Aéronavale, de façon à pouvoir retenir un train qui aurait déjà quitté les extrémités du tronçon Hyères – Aéroport.

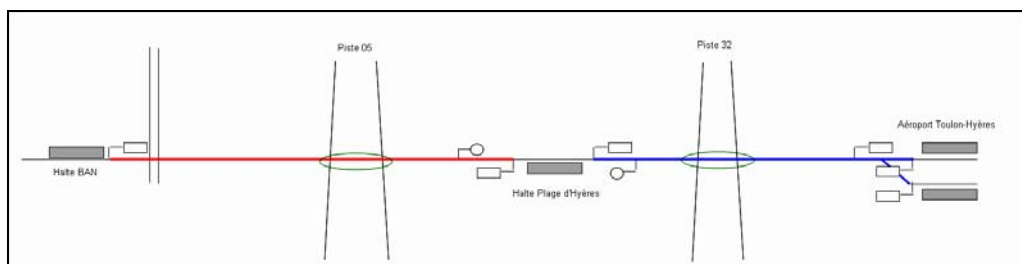


Schéma 17 : Aménagements de signalisation pour le franchissement conditionnel

4.2.4.3 Contraintes sur l'exploitation - Risques

La solution envisagée est séduisante au premier abord, du fait de sa légèreté en termes d'équipements. Néanmoins, elle sera pénalisante pour l'exploitation et pourrait présenter des risques vis-à-vis du respect des contraintes de dégagement des couloirs aériens.

Le mode ferroviaire est un système complexe qui admet peu d'inconnues dans son fonctionnement. Or, dans le cas présent, le fait de subordonner la circulation des trains à l'absence de mouvements aériens introduit de facto des aléas dans l'exploitation ferroviaire : les trains vont fréquemment subir des désheurements, et l'insertion idéale à La Pauline qui résultait d'une grille cadencée parfaitement maîtrisée, risque d'être fréquemment dégradée. La réalisation d'une telle desserte nécessiterait vraisemblablement d'autres investissements à La Pauline, par exemple un évitement pair, pour y conserver les trains désheurés en attente d'un sillon, ce qui ne ferait d'ailleurs qu'accroître leur retard.

La mise en en place de cette solution suppose par ailleurs d'éviter autant que possible les coïncidences train / avion, c'est-à-dire qu'il faudrait, dans l'idéal, construire la grille horaire des trains en fonction des horaires d'avion. Mais ces horaires sont soumis à de fréquents changements, ce qui est renforcé à Hyères par la présence de compagnies « low cost » qui restent peu, ou réorganisent souvent leur desserte. Ces contraintes sont irrémédiablement incompatibles avec le principe du cadencement ferroviaire souhaité pour la ligne et étudié pour l'ensemble du réseau ferroviaire français. En dictant les aménagements nécessaires à la réalisation d'une desserte donnée, une exploitation cadencée (ou structurée) ne permet pas aisément la remise en question de cette desserte par la suite.

Par ailleurs, des problèmes sécuritaires se posent lors de la mise en place de la solution envisagée.

Il n'est pas possible de garantir qu'aucun train ne s'arrêtera jamais dans une trouée, par exemple à la suite d'une panne ou de l'action d'un signal d'alarme. Le risque de collision avec les avions est réduit du fait de l'abaissement de la plate-forme à l'altitude 0m, mais le véhicule tangente tout de même le plancher de la trouée, voire le dépasse de quelques dizaines de centimètres. Il serait inexact de prétendre que la sécurité est alors optimale.

Il ne semble pas envisageable, sur les plans législatif et juridique, que la commande des signaux de protection d'une ligne ferroviaire ouverte à des trafics de voyageurs puisse être confiée à une autre entité que son PCC. Ceci supposerait alors des liaisons permanentes et immédiates entre le PCC et le centre de contrôle aérien, dont le caractère sécuritaire nécessitera une analyse approfondie de validation des méthodes, des moyens, et des garanties sur le niveau de sécurité offert et sur l'efficacité des boucles de rattrapage à prévoir.

Une solution partiellement possible à mettre en œuvre consisterait à détendre l'horaire des trains (notamment en y augmentant le stationnement des trains du sens pair) à Hyères pour résorber un retard consécutif aux contraintes aériennes. Sans régler les problèmes de fond mentionnés ci-dessus, cette solution améliorerait la fiabilité technique, mais elle dégradera aussi les temps de parcours (2 à 3 mn), et donc pourrait réduire l'attractivité commerciale de la liaison.

4.2.5 Estimation du coût des solutions envisagées

Les coûts sont présentés sous forme de fourchettes en raison des imprécisions inévitables à ce stade de l'étude, en particulier sur la nature des terrains rencontrés.

Solution	Electrification	Ouvrage	Conséquences sur la halte BAN	Conséquences sur la halte Plage	Réserves	Coût (M€)
Enterrée	Caténaire 25 kV	Tunnel	Difficilement réalisable	Abaissée sous le niveau de la mer	Tenue de l'ouvrage Acceptation des ouvrages	84,5 - 97 ou 126 - 145
Couverture	Caténaire 25 kV	Tranchée couverte	Aucune	Abaissée au niveau de la mer	Contraintes électromagnétiques non respectées - piste 05	53,5 - 62
Couverture	3ème rail 1,5 kV	Tranchée couverte	Aucune	Aucune	Aucune	18,5 - 21,3
Couverture	sans	Tranchée couverte	Aucune	Aucune	Aucune	16,5 - 19
Franchissement conditionnel	3ème rail 1,5 kV	Aucun	Aucune	Aucune	Acceptation du système par la BAN + signalisation	11 - 12,7
Franchissement conditionnel	sans	Aucun	Aucune	Aucune	Acceptation du système par la BAN + signalisation	9 - 10,5

Ces coûts ont été précisés lors de la phase d'approfondissement de l'étude, et des différences notables pourront être notées dans la suite de ce rapport.

4.3 Approfondissement des aménagements d'infrastructure relatifs aux contraintes aéronautiques

4.3.1 Solutions retenues pour l'approfondissement

Les solutions basées sur l'exploitation (franchissement conditionnel avec arrêt des trains lors des mouvements aériens) paraissent peu satisfaisantes, notamment en tenant compte des perspectives d'accroissement du trafic aérien à l'aéroport d'Hyères.

Elles supposeront une validation de sécurité qui est loin d'être acquise.

De même, la solution diesel, qui implique une rupture de charge, ou l'acquisition de matériel bi-mode, ne répond pas aux souhaits de la Région PACA.

Le Comité Technique a donc demandé à SYSTRA d'approfondir les deux scénarios suivants :

- le scénario « avec caténaire », avec franchissement des trouées par un ouvrage semi-enterré (et abaissement de la caténaire), et une couverture de la voie ;
- le scénario « 3ème rail », avec franchissement des trouées par un ouvrage semi-enterré, et une couverture de la voie.

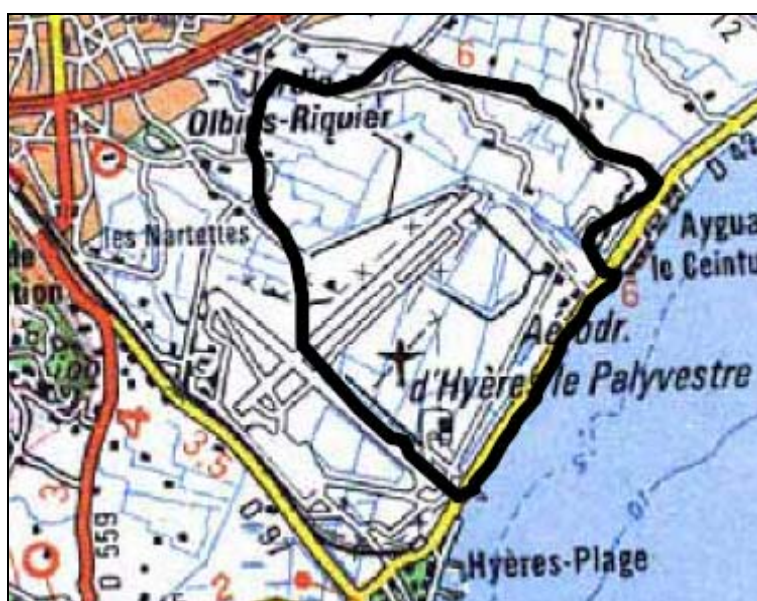
L'étude de ces deux scénarios est réalisée en considérant :

- soit que les contraintes aéronautiques sont figées ;
- soit qu'il est possible de modifier les contraintes de dégagement aéronautiques par un recul modéré des seuils de piste.

En outre, l'implantation du terminus de l'Aéroport revêt une importance particulière dans cette phase d'approfondissement des scénarios de solution : l'accès à ce terminus nécessite le franchissement de la route d'accès à l'aéroport, ce qui peut poser des problèmes d'insertion selon la solution adoptée pour le franchissement de la trouée de la piste 32, située à peu de distance de la route.

4.3.2 Contraintes environnementales

Le terrain d'aviation d'Hyères Le Palyvestre est situé en grande partie sur une Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique, répertoriée comme « Zone n° 8355Z00 : le Palyvestre – Ayguade Plage ».



Source : DIREN PACA

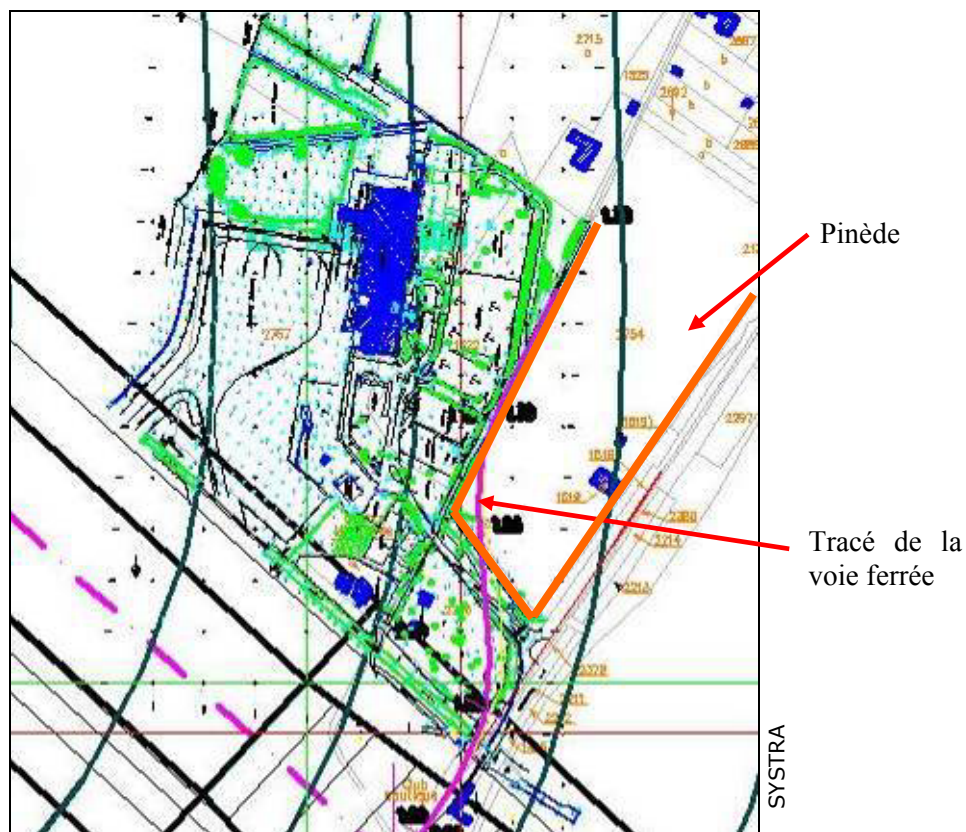
Situation de la ZNIEFF « Le Palyvestre – Ayguade Plage »

Les secteurs de cette zone qui pourraient concerner le projet sont :

- les mares du Palyvestre, situées à l'intérieur de la courbe permettant au chemin de fer de rejoindre la côte
- les pinèdes d'arrière-plage situées à l'entrée de la zone de l'aérogare et jouxtant les parkings.

L'emprise de la voie restant identique jusqu'au franchissement de la trouée de la piste 32, face à la mer, il est peu probable que les mares soient impactées. Toutefois, du fait des travaux de dénivellation de la plate-forme envisagés pour le franchissement de la trouée, de nature à provoquer des modifications de l'équilibre hydraulique et d'accentuer la pénétration du biseau salé à l'intérieur des terres, vers la zone des mares, il sera souhaitable de réaliser une étude de milieu à fine échelle de manière à minimiser l'impact de ces travaux pour préserver le mieux possible les richesses naturelles de cette zone humide.

La zone des pinèdes d'arrière plage, qui encadrent la route d'accès à l'Aérogare, va en revanche être fortement impactée par le projet : il est en effet nécessaire de traverser la pinède pour accéder à la seule localisation viable du terminus, en lisière nord de la pinède.

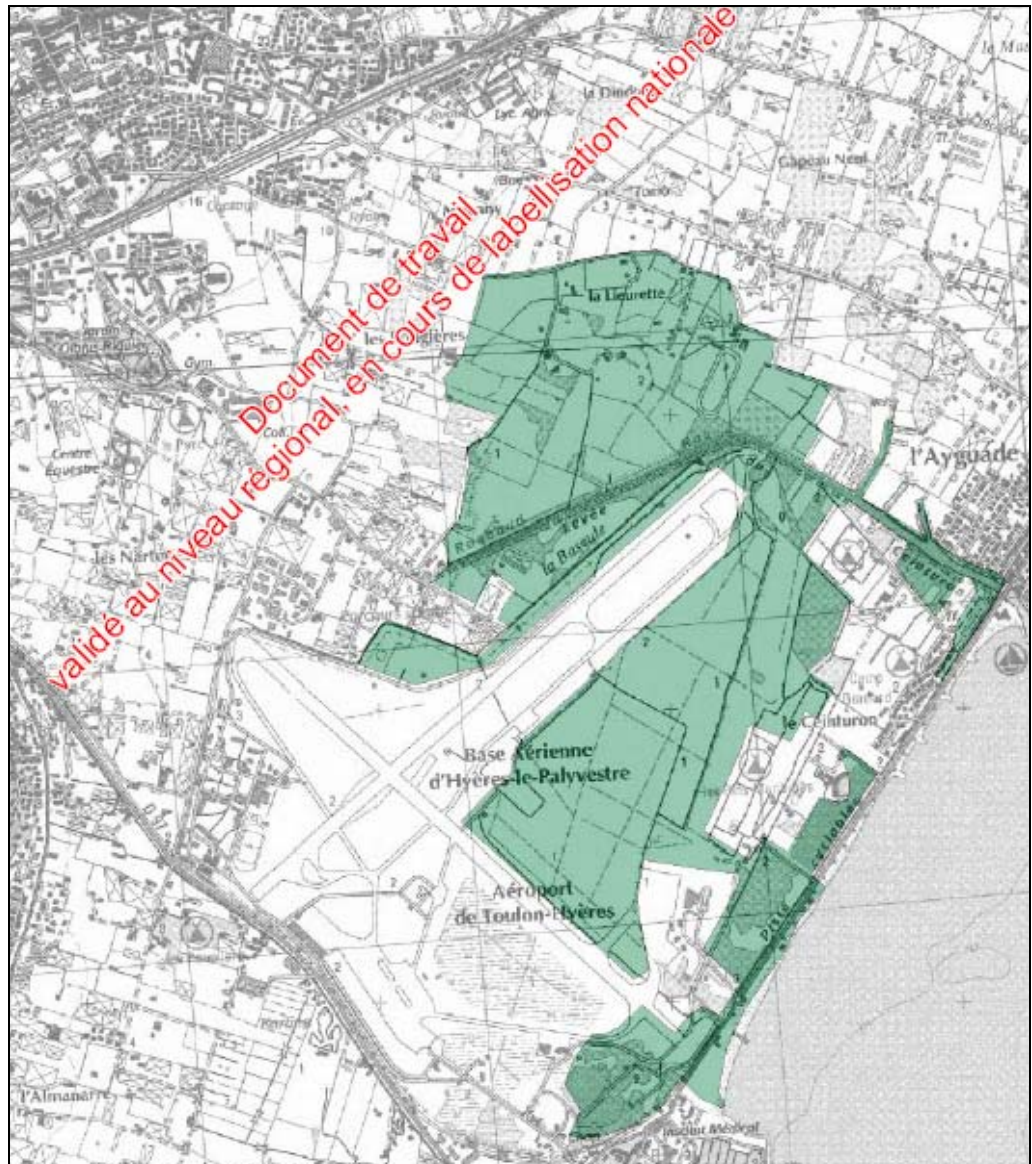


Plan du terminus retenu et son accès

Ces pinèdes, classées, sont actuellement une zone d'habitat naturel pour quelques espèces fragiles présentes dans la zone : il faudra rechercher un impact minimal de la nouvelle infrastructure, ainsi que pour le mode opératoire des travaux, de manière à conserver un milieu convenable pour la faune pinicole.

La Direction Régionale de l'Environnement PACA réalise actuellement une redéfinition des ZNIEFF pour un inventaire dit « de deuxième génération ».

La ZNIEFF n° 8355Z00 est définie avec plus de précision de la manière suivante :



Situation de la ZNIEFF « Plaine du Ceinturon et de Macany »

4.3.3 Contraintes urbanistiques

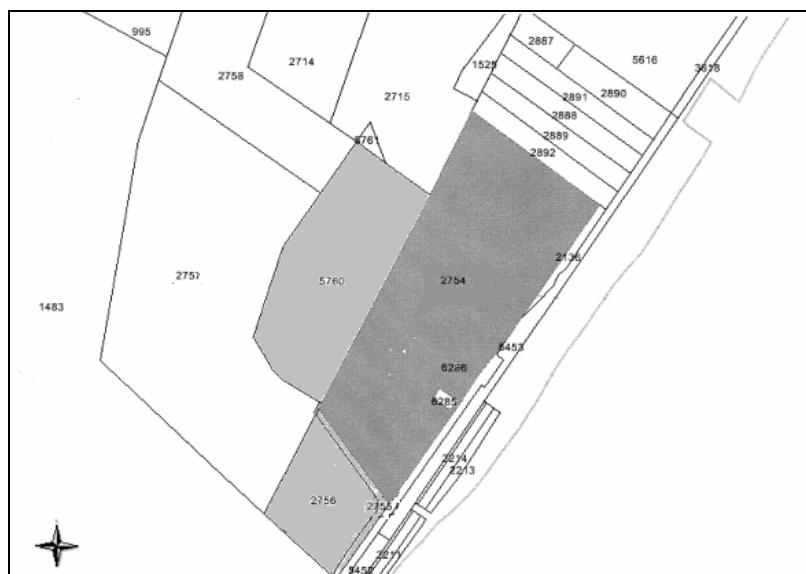
L'examen des documents d'urbanisme ne fait pas ressortir de problème particulier en ce qui concerne la section de pleine ligne Hyères – Aéroport : les emprises ferroviaires sont toujours propriété de la SNCF ou de RFF, y compris la gare de La Plage d'Hyères qui est simplement louée.

Quelques points particuliers ont été analysés plus en détail. Il s'agit :

- de la zone envisagée pour l'installation du terminus à l'aéroport ;
- du secteur d'implantation de la future halte de la BAN ;
- de la zone de la halte de la Crau, où une voie d'évitement pourrait être reposée ;
- du périmètre au sein duquel pourrait être construit le passage dénivelé de La Pauline.

4.3.3.1 Terminus de l'Aéroport

Toutes les parcelles concernées par le projet appartiennent à la ville d'Hyères, hormis la parcelle située en face de l'aérogare, au-delà du parking, qui appartient à la SCI du Ceinturon. Cette parcelle est en outre le siège d'une pinède classée. Il faudra envisager une déclassification de la zone, bien que le projet n'impacte que très peu la pinède, le terminus étant situé hors pinède.



Parcelles impactées par le positionnement du terminus de l'Aéroport

Commune d'Hyères :

Parcelle 2754 : SCI du Ceinturon

Parcelle 2755 : SCI du Ceinturon

Parcelle 2756 : Commune d'Hyères

Parcelle 5760 : Commune d'Hyères

4.3.3.2 Halte de la Base AéroNavale

La SNCF possède une parcelle au Nord-Est du carrefour d'accès à la BAN, sur laquelle se trouve une ancienne maison de garde-barrière.

Côté sud, de l'autre côté du carrefour, la SNCF possède la large emprise de la voie ferrée.

Commune d'Hyères :

Parcelle 1134 : Société Nationale des Chemins de Fer

Parcelle 5909 : Commune d'Hyères

Parcelle 5891 : Particulier

Parcelle 3489 : Particulier

Parcelle 1220 : Société Nationale des Chemins de Fer

4.3.3.3 Halte de La Crau

Toute la bande de terrain située au Sud de la halte (côté 2^{ème} quai) appartient à la SNCF. L'espace disponible est largement suffisant pour permettre la repose d'une voie d'évitement.

Commune de La Crau :

Parcelle 468 : Société Nationale des Chemins de Fer

4.3.3.4 Passage dénivelé de la Pauline

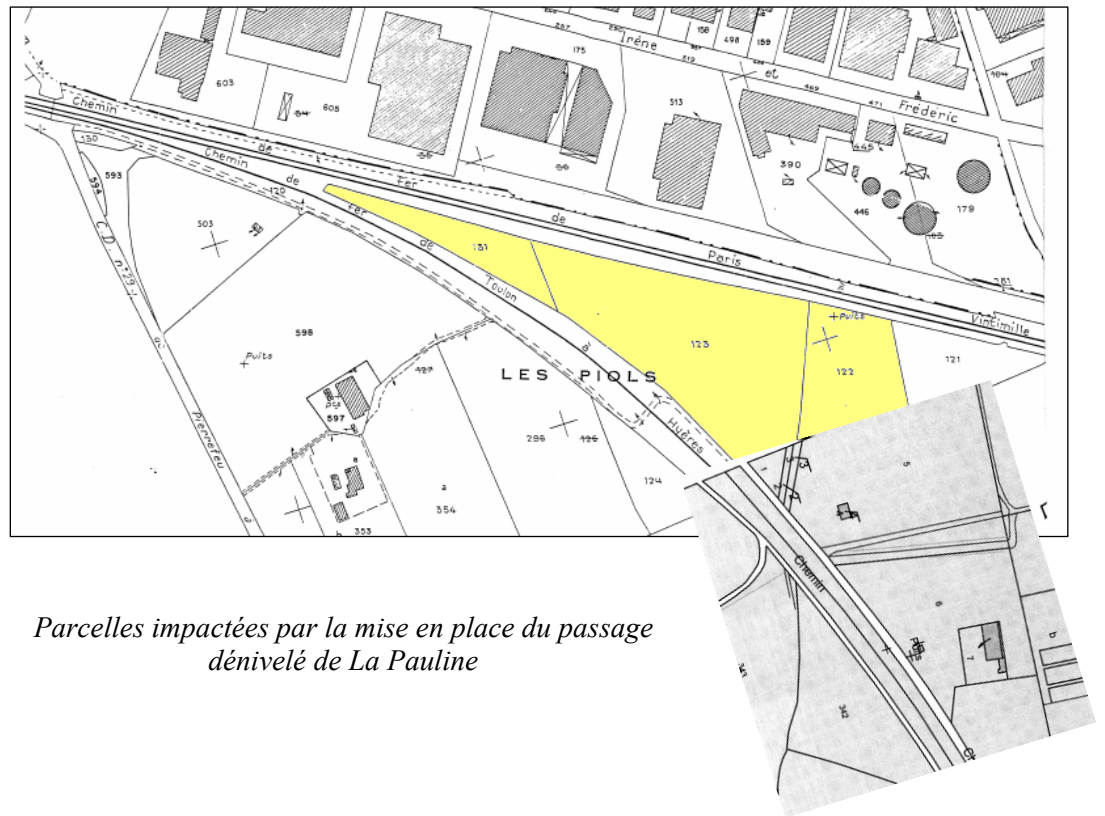
Les parcelles situées dans le triangle formé par les lignes Marseille - Vintimille et La Pauline – Hyères, sur lesquelles le tracé du passage dénivelé ferroviaire pourrait être implanté, appartiennent à différents propriétaires, soit des personnes physiques, soit des personnes morales (SCI ou autres). A noter que ces parcelles se répartissent sur les communes de La Garde et de La Crau.

Commune de La Garde :

Commune de La Crau :

Parcelle 122 : Particulier
Parcelle 123 : SCI Marina
Parcelle 131 : Particulier

Parcelle 1 : Particulier
Parcelle 2 : Particulier
Parcelle 3 : Particulier
Parcelle 5 : Particulier



Parcelles impactées par la mise en place du passage dénivelé de La Pauline

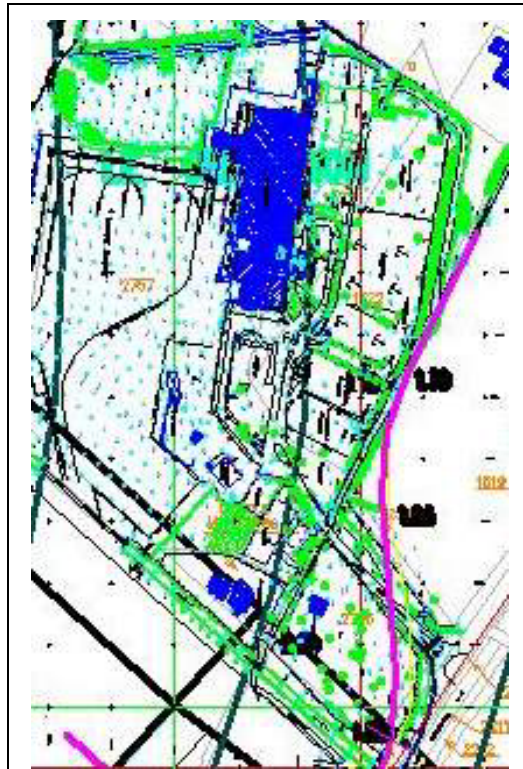
4.3.4 Implantation retenue pour le terminus de l'Aéroport

Les possibilités d'implantation du terminus au plus près des bâtiments de l'aéroport, sans démolitions notables, sont extrêmement limitées.

La localisation recherchée doit satisfaire plusieurs contraintes :

- permettre l'insertion d'un rayon minimal pour les courbes d'accès (180 m) ;
- autoriser une traversée à niveau de la route d'accès à l'aérogare ;
- avoir un très faible impact sur les parkings de l'aéroport ;
- avoir un impact limité sur les pinèdes d'arrière plage ;
- réserver une éventuelle prolongation de la ligne vers les Salins d'Hyères.

La seule possibilité se situe au sud-est de la zone, en limite de la route de desserte de l'aéroport.



Cette implantation, permet de préserver les parkings existants ainsi que les installations des loueurs. Cette solution franchit à niveau la route d'accès à l'aéroport en dégagant le gabarit routier dans tous les cas de figure.

Du fait des contraintes environnementales présentes sur le site, et pour répondre aux exigences de la Loi littoral (le terminus et son accès se situent dans la bande littorale de 100 m), la réalisation du terminus devra être soumise à enquête publique.

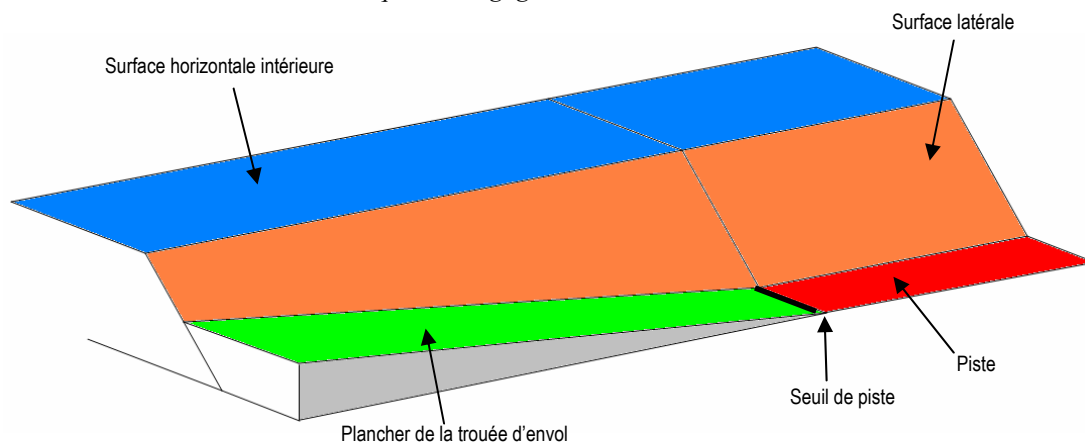
4.4 Approfondissement des solutions entre Hyères et l'Aéroport

Rappelons en préambule qu'aucune solution ne respecte la totalité des contraintes en-dehors de la solution « tout enterré » : les contraintes électromagnétiques sont dans tous les cas interceptées, soit de manière fixe par l'équipement d'alimentation électrique, soit par un véhicule ferroviaire potentiellement en panne (qui de plus émettrait des ondes dans le périmètre par l'usage de la radio sol train).

4.4.1 Solution électrification par caténaire 25 kV

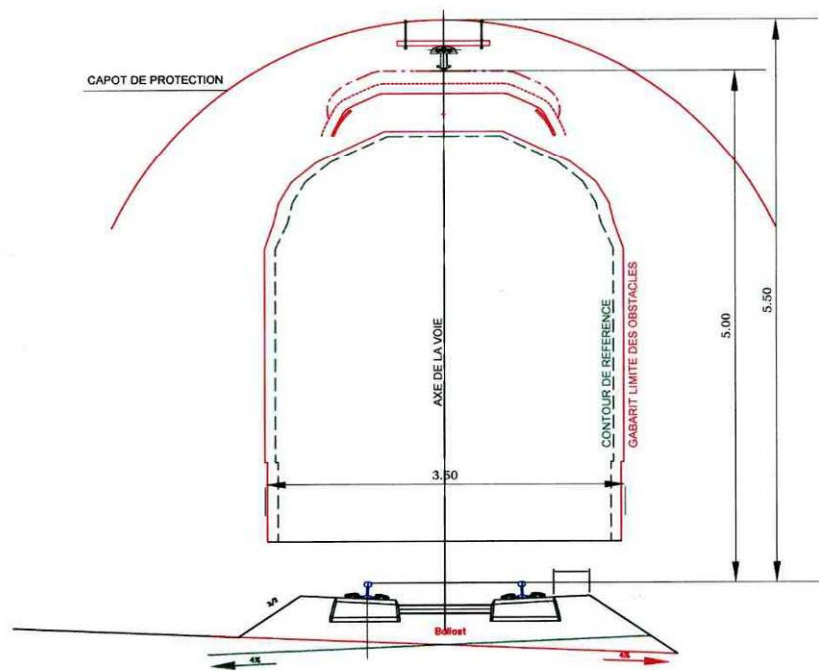
Cette solution, au problème d'interception du périmètre électromagnétique près, est celle qui optimise le choix du matériel roulant. Aucune adaptation de celui-ci n'est requise. En revanche, en termes d'infrastructure, cette solution est la plus pénalisante. Comme il a été expliqué précédemment, l'usage d'une caténaire oblige à couvrir celle-ci jusqu'au dégagement d'une hauteur libre de 16 m par rapport aux surfaces latérales de dégagement. Les longueurs de couverture au droit des pistes 05 et 32 sont respectivement de 634 m et 324 m.

Schéma 18 : Contraintes aéronautiques de dégagement



Cette solution oblige à couvrir le passage à niveau de desserte de la BAN et limite son gabarit aux véhicules légers. La desserte de la BAN par les poids lourds devra être étudiée. La galerie couverte a également un fort impact visuel et la station de la BAN doit être couverte, malgré un abaissement de 3m du profil en long actuel. Le franchissement au droit de la piste 05 se situe à -1m par rapport au niveau de la mer.

CATENAIRE SURBAISSEE 5m



HYERES TRACE GABARIT
Ech : 1/50

Gabarit caténaire et couverture

4.4.2 Solution électrification par 3^{ème} rail 1,5 kV

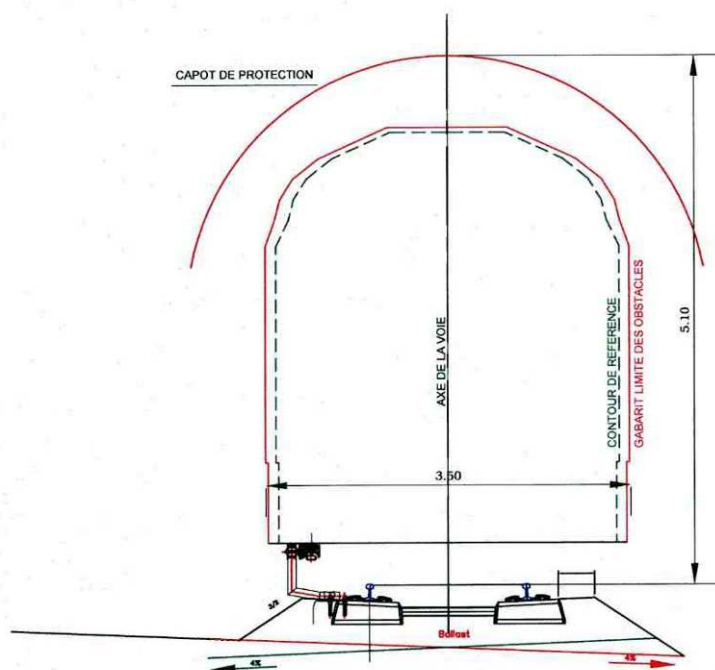
Cette solution permet de s'affranchir de la contrainte de l'obstacle filiforme constitué par la caténaire. Par conséquent, la couverture de la voie n'est nécessaire que sur la longueur ne permettant pas le dégagement des 6 mètres de l'obstacle. Les longueurs de couverture des pistes 05 et 32 sont respectivement de 444m et 212m.

L'impact visuel est moins fort que dans la version précédente, et permet de dégager le gabarit Poids-Lourds au droit du passage à niveau d'accès à la BAN. De plus, la station de la BAN n'a pas besoin d'être couverte. Le fond de fouille se trouve juste au niveau de la mer.

Un des inconvénients de cette solution est son fort impact sur le matériel roulant. Comme indiqué au paragraphe 4.2.1 précédent, l'ensemble du parc de Z TER 2N de la région PACA devra être modifié par l'ajout de frotteurs⁵ à 1500V continu. D'autre part, une section de séparation caténaire 25kV alternatif / 1500V continu 3^{ème} rail devra probablement être implantée, dont la réalisation et le positionnement peuvent s'avérer délicats.

⁵ Sur chaque élément, il sera nécessaire d'installer 4 patins frotteurs de captage : à chaque véhicule d'extrémité de rame équipé d'une cabine de conduite, et de chaque côté du train. Le captage se fera par frottement du patin sous le 3^{ème} rail (technique dite « par-dessous »), afin de permettre la couverture du 3^{ème} rail, nécessaire à la protection des personnes contre le risque d'électrocution.

ALIMENTATION 3^{ème} RAIL



HYERES TRACE GABARIT

Ech : 1/50

Gabarit 3^{ème} rail et couverture

4.4.3 Conséquences d'un recul des seuils de piste

Il est bon de rappeler qu'un impact de 1m du plancher de la trouée d'atterrissage entraîne un recul du seuil de piste de 50m.

Dans le cas d'un matériel diesel immobilisé au droit du seuil de piste, on impacte le plancher de la trouée de 3m ce qui implique immédiatement un recul du seuil de piste de 150m. Une solution caténaire, sans couverture, (impact de 15m) entraîne un recul du seuil de piste de 750m qui condamnerait l'exploitation de l'aéroport.

La seule solution envisageable serait de conserver le profil en long actuel avec couverture de la ligne. Cette solution impacte de 3m le plancher en son point le plus bas et entraîne un recul de 150m du seuil de piste. Cette solution limitera à terme les possibilités de desserte de l'aéroport par des avions gros porteurs.

4.4.4 Chiffrage des solutions d'infrastructure entre Hyères et l'Aéroport

Les coûts des deux solutions avec ouvrage semi-enterré et couverture de voie, en 25kV (avec caténaire) ou en 1500 CC (et 3^{ème} rail) sont finalement voisins (**22M€ et 20,5M€**), le fond de fouille est seulement 0,5m plus profond et la couverture de la voie plus longue de 302m (958m au lieu de 656m) pour la solution 25kV.

En revanche, en version 1500 CC, il faut ajouter le coût de la modification du matériel roulant, provisoirement estimée à environ 20 M€ (à plus ou moins 2 M€).

Dans ces conditions, la solution « caténaire » s'avère plus économique, mais il faut rappeler qu'elle suppose des dérogations aux règles concernant les risques de perturbations électromagnétiques.

Les coûts des solutions sans modifications du profil en long actuel, avec ou sans électrification, correspondent à une réhabilitation de l'infrastructure (renouvellement de la voie, remise en état des ouvrages d'art, automatisation des passages à niveau et création d'une voie nouvelle desservant l'aéroport), soit un montant de **10,5M€ en diesel pur et 12,7M€ en version 3eme rail 1500 V CC**. Mais cette situation implique le franchissement conditionnel des trouées de pistes, non retenu par le Comité de Pilotage.

Tous ces chiffrages incluent la réalisation d'aménagements minimaux aux haltes de la Base AéroNavale et de la Plage d'Hyères, ainsi qu'au terminus de l'Aéroport. Ces aménagements minimaux comprennent un quai et un abri de quai simple. Dans le cas du terminus de l'Aéroport, un bâtiment plus conséquent et une jonction couverte vers l'aérogare éventuels devront être chiffrés séparément.

4.5 Récapitulation des coûts du projet

Le tableau suivant présente une récapitulation des coûts des quatre scénarios envisagés pour la desserte ferroviaire de l'Aéroport de Toulon-Hyères.

Noter que le coût des aménagements de la section La Pauline – Hyères imputables à l'opération de mise en œuvre du BAPR, chiffré par la SNCF, n'est pas pris en compte dans cette récapitulation, ces aménagements étant supposés réalisés avant le projet étudié ici.

Coûts en M€	Electrification 25 kV caténaire	Electrification 1,5 kV 3ème rail	Electrification 1,5 kV 3ème rail profil actuel	Traction Diesel profil actuel
Infrastructures Hyères - Aéroport	22	20,5	12,7	10,5
Évitement de La Crau		3,9		3,9
Aménagements en gare d'Hyères		1,15		1,15
Signalisation Hyères – Aéroport		2,5		2,5
Souterrain voyageurs à La Pauline		0,75		0,75
Modification du matériel roulant (estimation SYSTRA)	0	18	18	0
Total	30,3	46,8	39	18,8
<i>Fiabilité court terme</i>				
Évitement impair à La Pauline		0,55		0,55
Total général court terme	30,85	47,35	39,55	19,35
<i>Fiabilité long terme</i>				
Passage dénivelé de La Pauline		7,5		7,5
Total général long terme	38,35	54,85	47,05	26,85

5. CONCLUSION

Cette étude de faisabilité de la desserte ferroviaire de l'Aéroport de Toulon-Hyères, qui faisait suite à deux études précédentes, d'analyse du potentiel de la desserte en terme de trafic (Cabinet EURECA), et de conception de l'offre voyageurs (SNCF), s'est focalisée sur la problématique des infrastructures nécessaires à la prolongation de l'offre ferrée de Hyères à l'Aéroport.

La faisabilité de la desserte étant fortement contrainte par les servitudes aéronautiques de l'Aéroport, des solutions variées techniquement réalisables ont été recherchées, puis certaines approfondies, dans le but de fournir un panel d'infrastructures permettant de s'affranchir des contraintes aéronautiques.

Les solutions proposées mettent en jeu différents modes de traction ferroviaire, allant du mode classique par caténaire souhaité par la Région au mode diesel, à éviter si possible du fait de la pollution et des ruptures de charge engendrées, en passant par la solution originale d'implantation d'un 3^{ème} rail latéral d'alimentation électrique, permettant de s'affranchir facilement de certaines contraintes mais nécessitant en contrepartie une adaptation vraisemblablement coûteuse du matériel roulant.

En parallèle de cette recherche de solutions techniques sur la section Hyères-Aéroport, une étude de desserte cadencée, compatible avec la structuration du graphique national menée par Réseau Ferré de France, a été réalisée.

Une grille horaire performante et robuste a ainsi été proposée entre Toulon et l'Aéroport, mettant en jeu un aller-retour par heure de bout en bout et un aller-retour partiel Toulon-Hyères supplémentaire en heures de pointe.