

Communauté Urbaine de Bordeaux
Extension du réseau de tramway d'agglomération –
création de la ligne D
Enjeux du tracé par la ligne ferrée de rocade
Expertise

IDENTIFICATION

	Projet	N° doc	indice	nb. pages	Identifiant projet
Identification interne	3200 BN	NG 90509	A	49 pages	3200 BN - NG 90509A

	établi par	vérifié par	approuvé par
prénom, nom	Frédéric BIRER	Isabelle TERRIER	Patrick MORBOIS
fonction	Chargé d'études	Resp. dept ferroviaire	Chef de projet
date	11/06/2009	11/06/2009	11/06/2009
visa			

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Indice	Établi par	Date	Objet de la modification
A	Frédéric BIRER	04/06/09	Création du document

OBJET

Ce document a pour objet de présenter les enjeux techniques liés à l'emprunt de la rocade ferrée de Bordeaux par la ligne de tramway D du réseau de la CUB, devant relier le pôle multimodal des Quinconces à la commune d'Eysines.

SOMMAIRE / TABLE DES MATIERES

1. SYNTHÈSE.....	4
2. ELEMENTS DE CONTEXTE.....	6
2.1 La ligne ferrée actuelle	6
2.2 Les projets de dynamisation de la rocade	7
2.3 Une nouvelle proposition de tracé de la ligne D	8
3. MATERIEL ROULANT.....	9
3.1 Cadrage général tram-train : infrastructure et véhicule	9
3.2 Etude de cas de ligne D de Bordeaux	10
3.2.1 Alimentation électrique	10
3.2.2 Gabarit	11
3.2.3 Infrastructure	12
3.2.4 Remisage et maintenance	13
3.3 Les offres disponibles.....	13
4. FREQUENTATION DE LA LIGNE	15
4.1 Non desserte des secteurs centraux	15
4.2 Augmentation des distances.....	17
4.3 Augmentation des temps de parcours	18
5. EXPLOITATION SUR PLATEFORME FERREE	19
5.1 Supervision des circulations tram sur RFN	19
5.2 Des horaires stricts à respecter	19
5.3 Ponctualité et règles de priorités	20
5.4 Démarches ferroviaires officielles.....	21
5.4.1 Après de Réseau Ferré de France (RFF)	21
5.4.2 Après de l'Etablissement Public de Sécurité Ferroviaire (EPSF)	22
5.5 Capacité en ligne.....	23
5.5.1 Hypothèses d'offre ferroviaire en 2020	23
5.5.2 Etat de l'infrastructure	25
5.5.3 Graphique type d'exploitation	25
5.6 Arrêts intermédiaires	25
5.7 En conclusion, des contraintes accrues pour l'exploitant urbain	26
6. INTERFACES URBAIN - FERROVIAIRE.....	28

6.1 Les différents types de transition	28
6.1.1 Transition électrique	28
6.1.2 Transition de signalisation	29
6.1.3 Transition d'exploitant	30
6.1.4 Transition de propriété	30
6.2 Conception des points de connexion	31
6.2.1 Option n°1 : connexion sur l'Avenue d'Eysines	33
6.2.2 Option n°2 : connexion sur la route du Médoc	37
6.2.3 Option n°3 : connexion en gare de Ravezies (St Louis)	41
6.2.4 Option n°4 : connexion sur l'Allée de Boutaut (Cracovie)	42
7. SOLUTIONS ALTERNATIVES.....	43
7.1 La création d'une voie tramway spécifique le long de la voie RFN ?	43
7.2 Un service ferroviaire (TER ou TT) sur la voie ferrée de ceinture et un rabattement depuis Eysines (tram ou BHNS).....	44
8. APPROCHE DES COUTS	45
8.1 Option 1 : Avenue d'Eysines.....	45
8.1.1 Option 1a : raccordement court – cisaillement à niveau	45
8.1.2 Option 1b : raccordement long – cisaillement à niveau	45
8.2 Option 2 : Route du Médoc	46
8.2.1 Option 2a : connexion à niveau	46
8.2.2 Option 2b : connexion dénivelée	46
8.3 Option 3 : Place Ravezies	46
8.4 Option 4 : Allée de Boutaut	47
8.5 Solution alternative : Tram parallèle au RFN.....	47

1. SYNTHÈSE

Une limitation des impacts sur les activités riveraines de l'axe Fondaudege – Croix de Seguey - Libération

Le projet d'éventuelle ligne D présente un tracé direct par les rues Fondaudege, Croix de Seguey, Libération Médoc puis franchit la rocade pour desservir la commune d'Eysines.

Il présente un potentiel fort de desserte des populations et emplois du corridor Nord du quadrant Nord Ouest.

En revanche, même si son tracé emprunte les rues les plus larges du secteur, il impactera de nombreux commerces et activités situées sur cet axe du fait des travaux, et de la limitation du trafic et du potentiel de stationnement le long de la rue.

C'est pourquoi une alternative évitant le passage par les axes Fondaudege – Croix de Seguey et Libération a été envisagée, en empruntant la voie ferrée de ceinture.

Une desserte limitée des secteurs proche de la rocade ferroviaire

Cette rocade passe à proximité de quartiers moins denses que les abords de l'axe Fondaudege – Libération, mais comprend néanmoins des opportunités intéressantes à desservir. En revanche, contrairement à un tramway urbain, il sera compliqué de multiplier les stations à la fois pour des raisons d'exploitation, et des raisons de coût élevé pour la création de telles stations ferroviaires. La desserte ne s'effectuera donc que par la station de la Vache, et éventuellement celle à proximité de la route du Médoc.

Un projet complexe

L'intérêt à première vue d'un passage par la voie ferrée de ceinture réside dans la simplicité : utilisation d'une infrastructure existante.

Dans les faits (et cela s'est vérifié pour tous les projets de tram-train en France, dont aujourd'hui, après plus de 10 ans d'études sur des dizaines de sites, seul le projet de Mulhouse est prévu), la complexité due à la mixité des alimentations électriques, des types de voies, de la signalisation – très différente en ferroviaire et en urbain – des contraintes de sécurité.. augmente fortement tant les délais d'étude et de réalisation que le coût final des projets.

Dans le cas présent, la résolution de ces difficultés pour le passage sur 2km de voie RFN uniquement semble hors d'échelle. Elle reste en revanche envisageable en cas de travail plus

global sur un projet tram-train d'agglomération à long terme (en lien avec le tram-train du Médoc, d'un tram-train de ceinture pouvant desservir aussi la rive droite...)

Le seul exemple du matériel roulant donne un exemple des surcouts : pour emprunter 2km de voie RFN pour desservir Eysines, le parc d'environ 15 rames nécessaires pour la ligne D doit être équipé de matériel tram-train, soit un surcout d'environ 22.5 M€.

Quel potentiel pour la voie ferrée de ceinture ?

Le réseau de tramway de l'agglomération bordelaise est actuellement radial, ce qui est la première fonction à assurer par les axes lourds de TC. Mais la saturation en centre ville montre que la prochaine étape pour ce réseau est bien de rechercher des maillages et des liaisons transversales. En outre, la dimension de l'agglomération fait que les lignes urbaines à 20km/h de vitesse commerciale sont insuffisantes pour une offre réellement attractive : des axes plus rapides sont nécessaires.

La voie ferrée de ceinture présente un potentiel majeur de ces deux points de vue.

Comme tous les axes ferroviaires, elle est soumise à une signalisation ferroviaire stricte et complexe, qui vise à une sécurité optimale, et se traduit par un fonctionnement avec des sillons affectés à des convois de caractéristiques variées. Un maximum d'un convoi toutes les 5mn est à prendre en compte (sauf à envisager des investissements lourds de signalisation, voire d'équipement de tous les véhicules passant sur cette voie ferrée de ceinture par des systèmes embarqués à l'image du RER A en Ile de France).

L'utilisation en baïonnette de la voie ferrée par un tram-train Eysines avec une fréquence de 10mn pénalise donc de 50% dans le meilleur des cas la capacité totale de cet axe.

Un besoin de desserte des secteurs denses du corridor Nord qui reste entier

Le projet évite l'axe Fondaudege – Croix de Seguey – Libération. Celui-ci sera donc toujours desservi par des lignes de bus similaires aux lignes actuelles, et ne connaîtra aucune amélioration de sa desserte.

2. ELEMENTS DE CONTEXTE

2.1 La ligne ferrée actuelle

L'étoile ferroviaire de Bordeaux compte 5 branches, convergeant toutes vers la gare centrale de Bordeaux Saint-Jean. Un maillon ferré traverse l'Ouest de l'agglomération, permettant de connecter la branche Dax-Arcachon à celle de Pauillac-Pointe de Grave. C'est ce maillon transversal que l'on nomme « rocade ferrée de Bordeaux ».

Dans le tissu urbain, cette ligne n'est pas du tout reliée au réseau de la CUB. La seule gare desservie actuellement est celle de Caudéran-Mérignac, qui ne dispose d'aucune ligne de bus à proximité.



L'emprise de la ligne de rocade est à double voie, et supporte des trafics peu nombreux. La desserte en trains de voyageurs de la ligne, en particulier de la gare de Caudéran-Mérignac est très réduite. Le service annuel 2009 ne compte ainsi que 12 trains TER par jour et par sens, dont 2 en période de pointe du matin (7h-9h). Quelques évolutions fret supplémentaires peuvent être enregistrées le cas échéant.

Ci-dessous, l'horaire TER du service annuel 2009 de la ligne de rocade pour un JOB.

Sauf mention contraire, les trains et autocars ne circulent pas les jours fériés	Lun à Ven	Lun à Sam	Lun à Ven	Lun à Ven	Sam Dim Fêtes	Tous les jours et fêtes	Lun à Sam	Tous les jours et fêtes	Lun à Ven	Lun à Ven	Lun à Sam et fêtes 1	Lun à Ven	Sam Dim Fêtes	Sam	Lun à Ven	Lun à Sam et fêtes 1	Tous les jours et fêtes	Lun à Ven	Lun à Ven	Ven	Lun à Ven	Lun à Ven
Paris-Montparnasse Bordeaux-St-Jean	ter	ter	ter	ter	ter	07.15 10.20	ter	08.10 11.20	ter	ter	09.15 12.18	ter	ter	5 08.00	ter	12.10 15.24	ter	ter	13.10 16.25	ter	ter	
BORDEAUX-ST-JEAN	06.31	07.05		08.05	09.05		11.05	12.05			13.05	13.05			15.24	16.05				17.00		
Caudéran-Mérignac	06.42	07.19		08.19	09.19		11.19	12.19			13.19	13.19			15.42	16.19				17.19		
Ravezies	06.57	07.35	08.03	08.35	09.35		11.35	12.35			13.35	13.35			16.03	16.35			17.03	17.35	18.03	
Bruges	07.03	07.41	08.08	08.41	09.41		11.41	12.41			13.41	13.41			16.08	16.41			17.08	17.41	18.08	
Blanquefort	07.10	07.48	08.14	08.48	09.48		11.48	12.48			13.48	13.48			16.14	16.48			17.14	17.48	18.14	

Sauf mention contraire, les trains et autocars ne circulent pas les jours fériés	Tous les jours et fêtes	Tous les jours et fêtes	Lun à Ven	Tous les jours et fêtes	Ven Dim Fêtes 7	Lun à Jeu 8
Paris-Montparnasse Bordeaux-St-Jean	14.40 17.38	ter	ter	15.50 18.52	ter	ter
BORDEAUX-ST-JEAN	18.05			19.35	19.45	
Caudéran-Mérignac	18.19			19.49	19.55	
Ravezies	18.35	19.03		20.05	20.08	
Bruges	18.41	19.08		20.09	20.13	
Blanquefort	18.48	19.14		20.14	20.18	

Service annuel 2009 :

12 trains / jour / sens sur la

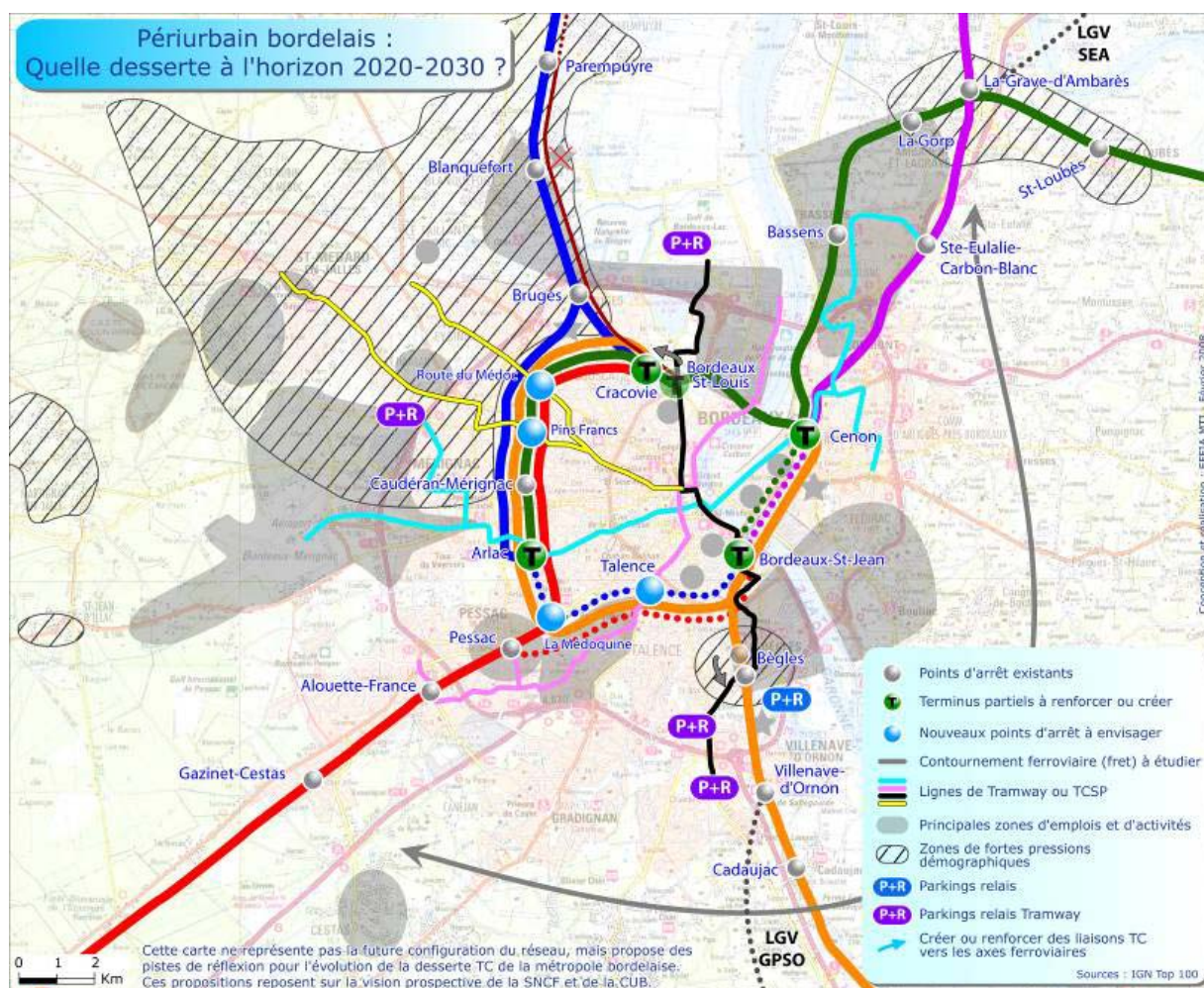
rocade ferroviaire de Bordeaux

Service annuel 2009 :
12 trains / jour / sens sur la
rocade ferroviaire de Bordeaux

2.2 Les projets de dynamisation de la rocade

Cette ligne de rocade porte de nombreux atouts, du fait de son positionnement dans l'aire urbaine bordelaise, justifiant des projets de maillage avec le réseau urbain : la nouvelle gare de Fontaine d'Arlac assurant la correspondance avec la ligne tram A. A terme, d'autres points de correspondance urbain-fer pourraient voir le jour, en fonction des opportunités présentées par les tracés des lignes de tramway.

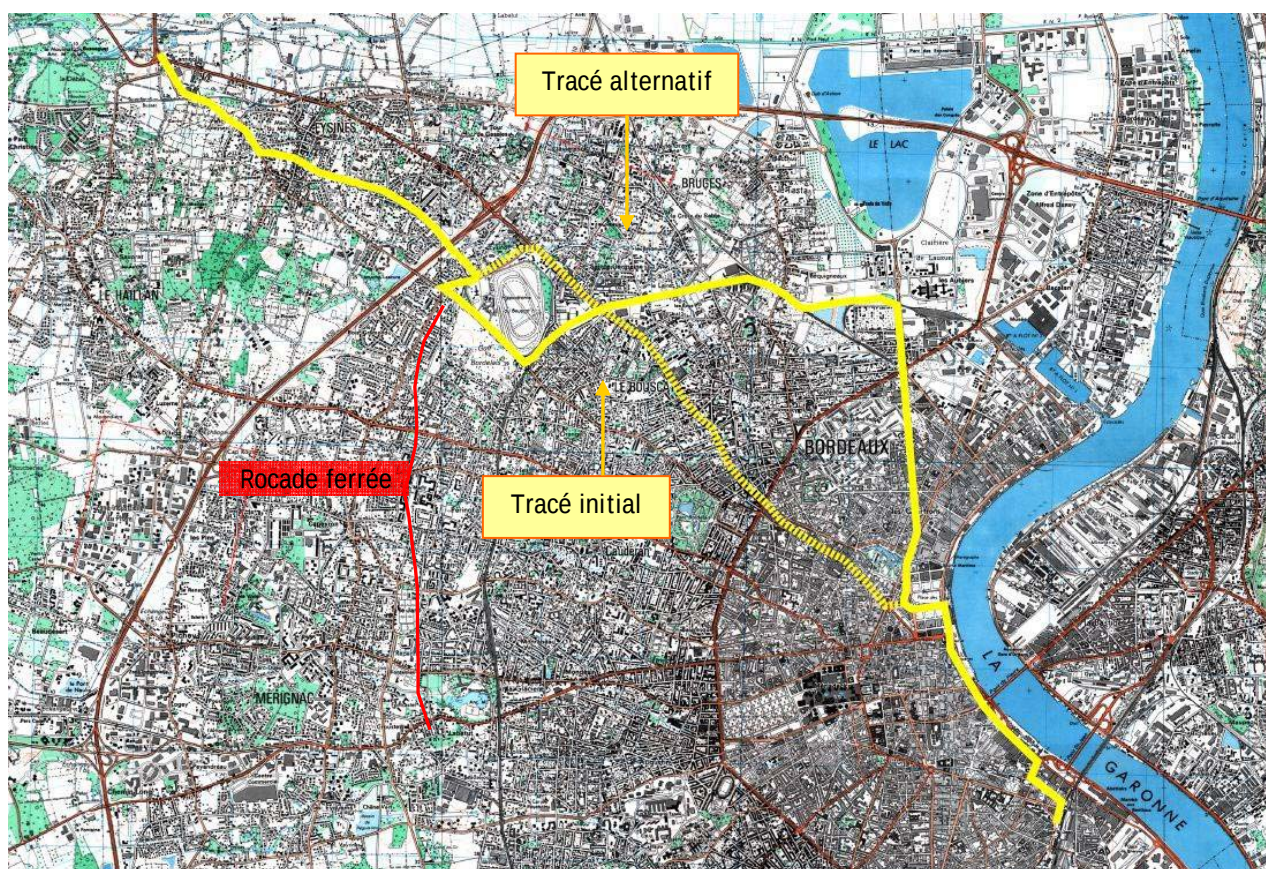
Les mobilités futures dans l'aire étendue conduisent la SNCF à réfléchir au développement de nouveaux services ferroviaires type TER, permettant des services périurbains desservant Ravezies et Arlac depuis Arcachon, Pauillac, Langon, Saint-Mariens et Libourne. Le trafic de nature cadencée sur la rocade doit donc progresser nettement, à l'horizon 2020-2030.



2.3 Une nouvelle proposition de tracé de la ligne D

La ligne D est conçue pour desservir le quadrant Nord-Ouest. Un des tracés possibles emprunte successivement la rue Fondaudège, la rue Croix de Seguey et l'avenue de la Libération sur les territoires de Bordeaux et Le Bouscat.

Un projet de tracé alternatif est aujourd'hui soumis à l'étude. Il rejoint Eysines en transitant par les voies de la ligne tram C, puis par les voies du chemin de fer de ceinture et une nouvelle voie de tramway à créer en direction de Cantinolle.



Ce tracé alternatif soulève plusieurs problèmes qui sont examinés dans la suite de cette note :

- en terme de matériel roulant
- en terme de clientèle
- en terme d'exploitation
- en terme d'interfaces entre les réseaux urbains et ferroviaires

3. MATERIEL ROULANT

3.1 Cadrage général tram-train : infrastructure et véhicule

Les rames de la ligne D déviées par la voie ferrée de rocade devront côtoyer, dans la même plage horaire, des trains lourds de type TER, exploités par la SNCF. Ceux-là se conforment aux règles de signalisation et d'espacement en vigueur sur le Réseau Ferré National. Dans ce cas, le tram-train devrait obligatoirement suivre les mêmes règles d'exploitation. La ligne de rocade serait donc de type « en mixité ».

Le document de référence émis par RFF, l'Instruction Normative IN 3128 « Conception des infrastructures pour la circulation des matériels de type tram-train ou train léger » précise qu'un réseau en mixité est « [...] une infrastructure partagée avec des trains « lourds » et équipée d'une signalisation au sol ordinaire [...]. Le mode d'exploitation est décrit par les référentiels ferroviaires habituels. »

Les exemples de circulations de matériels légers sur un « réseau RFN en mixité » sont peu nombreux sur le territoire national, le retour d'expérience sur le sujet est donc très limité. Un exemple approchant existe déjà : la circulation du matériel train léger du RER de Genève sur la section ferrée transfrontalière entre Genève (Suisse) et Bellegarde (France). Mais à la différence du cas bordelais, ce RER est déjà exploité par une entreprise ferroviaire reconnue : CFF.

Une prochaine expérience de mixité est également prévue : la mise en service du tram-train Mulhouse-Vallée de la Thur (Lutterbach-Thann Saint Jacques), apte à circuler sur les voies du réseau urbain Solea, et partageant les voies du TER en périphérie.

D'autres expériences estampillées tram-train existent, mais diffèrent tout de même du cas bordelais :

- La mise en service des « trains légers » des régions Rhône-Alpes et Pays de la Loire, respectivement pour les lignes Ouest Lyonnais, et Nantes – Chateaubriand. Ils ne sont pas aptes à la circulation en site tram urbain. Ils ne sont pas amenés à côtoyer d'autres circulations ferroviaires dans les plages de service de voyageurs. On parle ici de RFN semi-dédié.

- la circulation de tram-trains allemands du réseau Saarbahn sur la section ferrée transfrontalière entre Sarreguemines et Sarrebruck, matériel strictement limité à la gare de Sarreguemines. Ces tram-trains empruntent une voie qui leur est réservée, à l'exclusion de tout autre trafic. On parle ici de RFN dédié.

La notion de matériels de type tram-train recouvre une variété de matériels possibles dont les caractéristiques ne sont pas fixées a priori, mais directement dirigées par les contraintes locales, afin de permettre une circulation optimale tant sur le réseau urbain que sur le RFN.

- Réseau urbain : gabarit, rampes, hauteurs de quais, compatibilité avec des tramways, type d'alimentation, ...
- Réseau ferré : signalisation, KVB, hauteurs de quais, résistance aux chocs, résistance au souffle, ...

Il apparaît donc que l'emprunt de la rocade justifie l'utilisation d'un matériel spécifique. Mais dans le même temps, la somme des contraintes particulières bordelaises empêche la transposition d'hypothétiques solutions toutes prêtes. L'obtention du matériel idoine implique une commande spécifique, pour un volume relativement réduit (le parc nécessaire à la ligne D + volant de réserve = 15 unités environ). Les caractéristiques bordelaises ne sont pas toutes partagées par d'autres réseaux, une commande groupée ne paraît pas envisageable.

3.2 Etude de cas de ligne D de Bordeaux

Comme vu précédemment, les caractéristiques du matériel tram-train doivent répondre à une double exigence urbaine et ferroviaire. On liste donc ici, de manière indicative, l'ensemble des critères incontournables pour permettre la bonne insertion du véhicule sur les voies de la ligne C, entre l'allée de Boutaut (raccordement Ravezies ou Cracovie) et la gare de Bordeaux Saint-Jean ; et a contrario la bonne acceptation du mobile urbain sur l'emprise ferroviaire.

3.2.1 Alimentation électrique

Tension : La rocade ferrée est alimentée en 1500 V continu, alors que la ligne urbaine fonctionne sous 750 V continu. Le matériel tram-train de la ligne D doit pouvoir circuler sous les deux tensions, alors que les rames standard du réseau urbain n'ont pas cette obligation. On dit qu'elles doivent être « bi-tension, ou bi-courant 750 V – 1500 V ».

Captation : la captation d'énergie électrique s'effectue sur la ligne de tram C par le biais d'un pantographe, mais également au moyen du dispositif d'Alimentation Par le Sol (APS) dans les

secteurs sauvegardés de l'hyper-centre. Le tram-train devra donc être doté de ce système de captation, ce qui va engendrer des développements spécifiques puisqu'aucun matériel de ce type n'existe de base dans les catalogues. Une complexité supplémentaire peut être engendrée par la non-interférence entre les patins frotteurs APS et les balises positionnées entre les files de rail sur le RFN.

Sous-station : l'insertion du service de tram sur la ligne de rocade doit être pris en compte dès l'origine des études de modernisation de l'axe. L'ajout de ce trafic supplémentaire, en cas de capacité suffisante sur l'axe, pourrait justifier le cas échéant des besoins électriques non couverts par les sous-stations existantes.

3.2.2 Gabarit

En site urbain

Les matériels tram-train ont la plupart du temps des cotes larges, approchant les 2,65m hors-tout. Par contre, les rames Citadis Alstom constituant le parc de l'exploitant TBC ont une largeur égale à 2,40m, du fait des contraintes d'insertion en centre-ville. Le matériel tram-train devra absolument rétrécir pour assurer sa bonne insertion sur la ligne C.

Note : les tramways urbains, aux longueurs initialement disparates (30m et 44m) sont progressivement homogénéisés, s'alignant tous sur la cote la plus longue. L'intégration de rames tram-train potentiellement plus longue (des rames de 52m par exemple) joue en défaveur de l'harmonisation des matériels (facilitant la maintenance, l'aptitude des personnels, ...).

Enfin, une question pourra se poser pour l'accueil à quai des rames tram-train de 52 m. Il faudra s'assurer que toutes les portes s'ouvrent bien sur le quai, afin d'assurer une parfaite accessibilité. La dimension plus importante de la rame tram-train pourrait aussi avoir une influence sur le positionnement des systèmes de détection de priorité aux carrefours, lorsque les stations sont à en grande proximité de l'intersection.

Sur la rocade ferrée

En cas d'arrêt intermédiaire du tram D sur la rocade ferrée, entre la route du Médoc et le point de connexion à la ligne C (Ravezies ou Cracovie), des problèmes de compatibilité quai / matériel pourraient intervenir. En effet, si le tram effectue un arrêt commercial sur une voie circulée par des trains lourds, le nez de quai doit se situer à une distance suffisamment lointaine pour permettre la circulation du train. Le gabarit tram étant plus étroit que le gabarit train, une palette est alors nécessaire pour combler la lacune.

L'hypothèse d'un arrêt commercial du tram sur la voie principale ferroviaire, dans une halte TER nouvelle, paraît de plus compromise par les hauteurs différentes entre le matériel tram, plus bas que le quai RFN (cote habituelle de 55 cm), ce qui ne permet pas une accessibilité acceptable au véhicule. Au possible arrêt commun Tram-train du Médoc – Tram D, les voies à quai sont hors des voies de circulation fer, permettant de ménager une accessibilité parfaite (lacune réduite, plain pied entre quai et plancher tram).

Illustration : Silhouettes des matériel ferroviaires (source Egis Rail)



3.2.3 Infrastructure

La conception des rails supportant les véhicules est ici prépondérante pour permettre l'insertion du tram-train sur le réseau urbain. Les rails à gorge noyés dans la chaussée sur lesquels circulent les tramways doivent répondre à deux caractéristiques très précises pour accepter la roue de tram-train : 1. la largeur de l'ornièr, et 2. la profondeur de la gorge.

Les rails à gorge de type 35G, des premiers réseaux de tram, ne conviennent pas au tram-train, ni en largeur d'ornièr ni en profondeur de gorge. Tout projet de ce type exige alors le changement intégral du rail.

Une autre génération de rail à gorge, dit GP (gorge profonde) a permis de résoudre le critère n°2 « profondeur de rail ». Mais les rails 35 GP, dont la largeur d'ornièrè était égale à 36 mm, ne convenait toujours pas au tram-train (ouverture trop réduite).

Seul le rail à gorge profonde de type 41 GP (largeur ornièrè = 41 mm) permet la circulation sans encombres du tram-train

Sur le réseau bordelais, le rail à gorge posé est celui de type 35 GP. Il sera ainsi nécessaire d'étudier plus précisément le contact roue/rail. Il sera peut être nécessaire de reprofiler les rails 35GP de la ligne C pour accueillir le tram-train, ainsi que les roues des tramways urbains.

3.2.4 Remisage et maintenance

En cas de choix d'un matériel tram-train très spécifique, mais exploité par TBC, la question du remisage est posée. Le parc requis pour la ligne D pourrait ne plus convenir au centre de maintenance en fonction sur le réseau. Il faudrait alors envisager un nouveau lieu de remisage, ou une extension du site actuel. Ce qui a des répercussions financières importantes.

De la même façon, les rames plus longues d'une dizaine de mètres pourraient ne plus correspondre aux installations de maintenance placées dans les ateliers. Des voies sur fosse spécifiques devraient alors être aménagées.

Dans le cas d'un remisage et d'une maintenance assurée par un partenaire extérieur à l'exploitant urbain, un contrat particulier devrait être réalisé, faisant également intervenir l'autorité organisatrice. Cette opération pourrait justifier une modification des accords liés à la Délégation de Service Public conclue pour l'exploitation du réseau urbain.

3.3 Les offres disponibles

Plusieurs constructeurs ferroviaires présentent aujourd'hui dans leurs gammes habituelles des produits tram-train. En voici un bref aperçu.



CITADIS DUALIS (Alstom)

source : www.alstom.com

Sites France : Ouest Lyonnais, Nantes-Chateaubriand



AVANTO (Siemens)

source : www.public-transport.net

Sites France : Tram T4 Aulnay-Bondy



TANGO (Stadler)

source : www.stadlerail.com

Sites France : Liaison aéroport Lyon St-Exupéry

On peut (très sommairement) estimer le cout du tram-train à 4.8M€ (avec adaptation APS), et de 3.3 M€ pour un tram urbain bordelais APS, soit un différentiel de 1.5M€.

Ce surcout appliqué au parc nécessaire pour la ligne D à une fréquence de 10mn donne un total de 22.5M€.

En conclusion,

L'utilisation sur 2 à 3km de la voie ferrée de ceinture implique l'utilisation de matériel tram-train pour exploiter les 17km de la ligne D Cantinolle – St Jean.

Ce matériel, apte à rouler à la fois sur le réseau urbain et sur le réseau ferroviaire n'existe pas aujourd'hui avec les caractéristiques nécessaires à son utilisation sur le réseau bordelais, et en particulier équipé de l'APS. Son développement prendra donc un certain temps, et son surcout pourrait être estimé à 1.5M€ par rapport au matériel urbain équivalent, soit un surcout d'environ 22.5M€ pour équiper la ligne D.

Enfin, ce type de matériel implique a priori une reprofilage de l'ensemble des rails de la ligne C ainsi que les roues du parc actuel (cout non évalué).

4. FREQUENTATION DE LA LIGNE

L'abandon du tracé direct au profit du parcours par la voie de ceinture est préjudiciable pour plusieurs titres :

- non desserte de secteurs centraux à forts potentiels
- maximisation des distances (coûts d'exploitation en hausse)
- augmentation des temps de parcours (moindre attractivité commerciale)

Ces éléments sont décrits dans les chapitres suivants

4.1 Non desserte des secteurs centraux

Le passage de la ligne D du tramway par la rocade ne permet pas à cette ligne de desservir des générateurs de trafic importants, localisés à l'intérieur de la ceinture urbaine. Dans un fuseau de 500 m autour de l'Avenue de la Libération se trouvent en effet des établissements scolaires (collège Jean Moulin, Institution Sainte-Anne, Jeanne d'Arc), des équipements sportifs, le centre-ville du Bouscat (mairie à 300 m de l'avenue). La population et les emplois situés à 500m des stations de cette éventuelle ligne D se montent à 81000 (horizon 2020), qui ne sont actuellement pas desservis par un axe fort de TC.

Le passage par la voie ferrée de ceinture permet la desserte d'autres équipements et quartiers, avec le bémol d'une desserte basée sur peu de stations (la vache, éventuellement route du Médoc) du fait des contraintes techniques, de cout et d'exploitation à l'insertion de nouvelles stations en milieu ferroviaire.

Elle limite en revanche la desserte population et emploi à 34000 (horizon 2020), si l'on ne prend pas en compte les riverains de la ligne C qui sont déjà desservis.

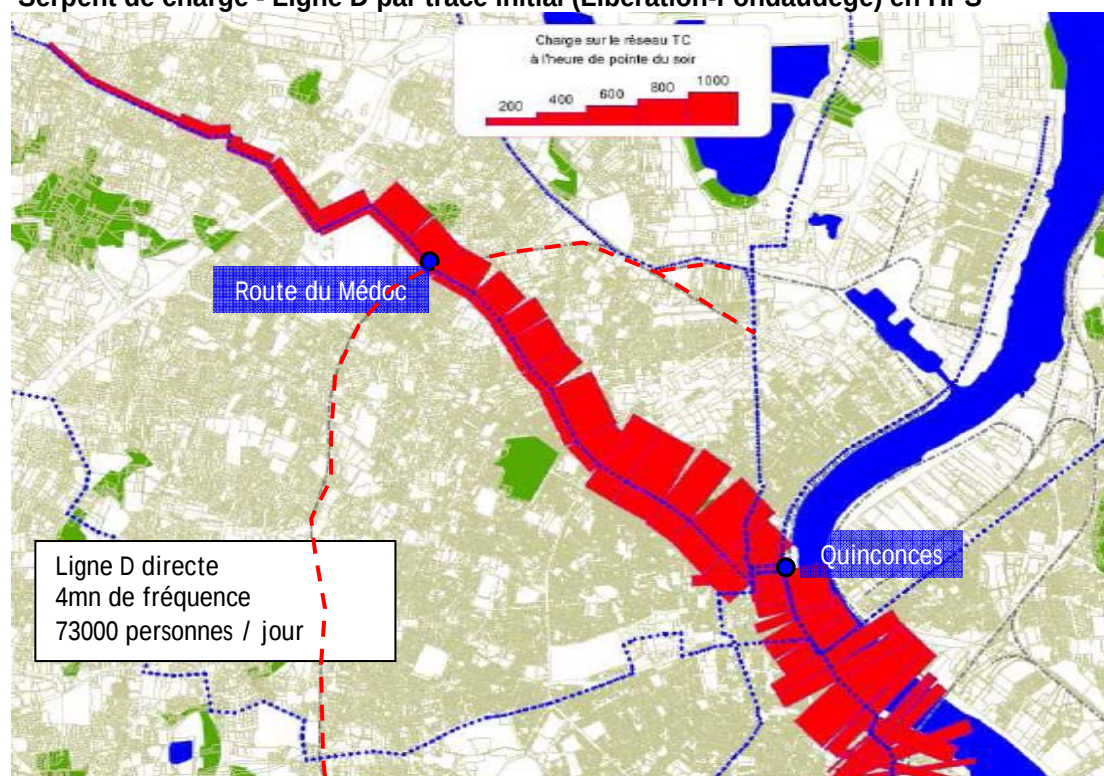
		Longueur [km]	P08	E08	P20	E20	P+E20	P+E20/km
Ligne D rocade	Eysines - Quinconces	12.24	46 918	29 654	49 502	31 835	81 337	6 645
	Eysines - Ravezies	9.64	22 853	8 452	25 241	9 293	34 534	3 582
Ligne D Libération	Eysines - Quinconces	9.85	47 516	30 551	49 451	32 465	81 916	8 316

D'après perspectives d'évolutions de l'Agence d'Urbanisme

La modélisation effectuée par Tysia (voir les serpents de charge page suivante) montre que le passage par la voie ferrée de ceinture est nettement moins attractive, pour plusieurs raisons :

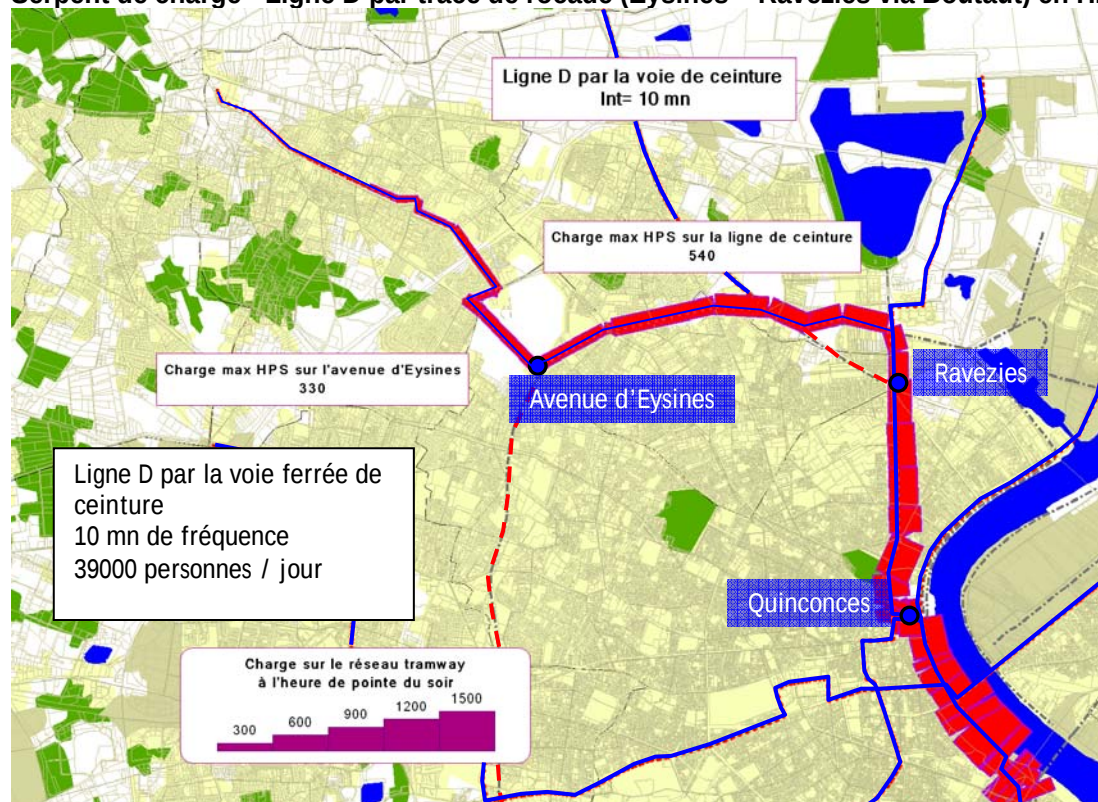
- le passage par des secteurs de moindre densité
- l'allongement du temps de parcours (voir chapitre suivant)
- La fréquence limitée à 10mn

Serpent de charge - Ligne D par tracé initial (Libération-Fondaudège) en HPS



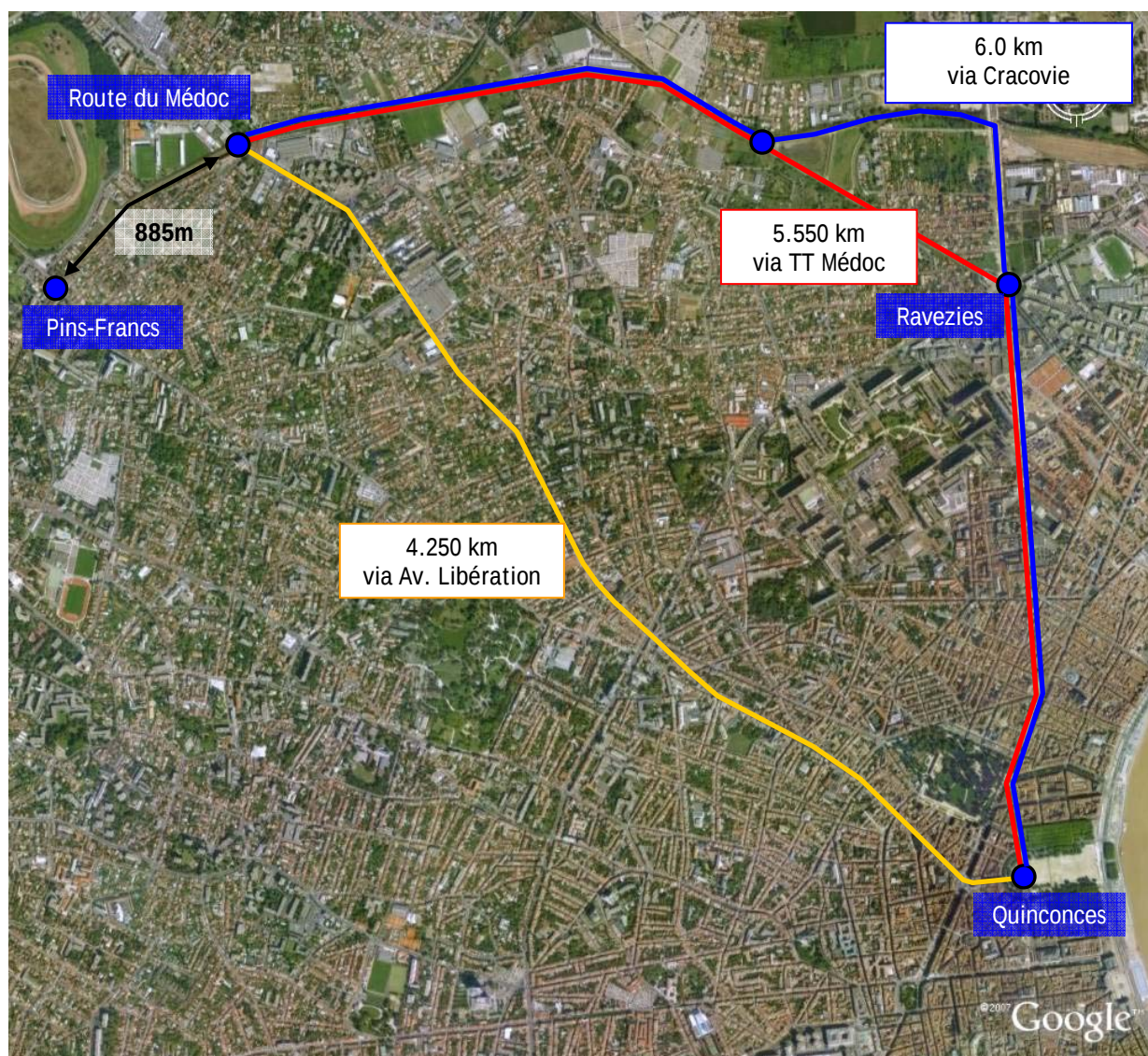
- Délimitation du secteur central Ligne D
- Rocade ferrée
- Principe de contournement par rocade ferroviaire
- Lignes de tramway

Serpent de charge - Ligne D par tracé de rocade (Eysines – Ravezies via Boutaut) en HPS



4.2 Augmentation des distances

Le choix du contournement du Bouscat et de l'emprunt de la voie ferrée pour rejoindre le centre-ville induit une augmentation de la distance de 1.3 à 1.8km en cas de connexion route du médoc, et de 2.2 à 2.7 km en cas de connexion avenue d'Eysines , tel que montré sur la carte ci-dessous.



Images aériennes (sources Google Earth – juin 2009)

A offre égale pour les deux tracés, en respectant des intervalles de 10 mn en HP et de 15 mn en HC, sur une amplitude de 16heures, le surcoût de distance imputé au tracé de rocade peut aller jusqu'à 140 km / jour (78 services par sens), soit près de 31 000 km / an (JOB uniquement). Cette distance annuelle supplémentaire pèsera mécaniquement sur les coûts d'exploitation de la ligne, et sur le parc nécessaire à mettre en œuvre (+1 rame).

4.3 Augmentation des temps de parcours

Les temps de parcours associés aux différents tracés sont liés aux vitesses commerciales moyennes en vigueur, variables selon les modes.

Tramway : le temps de parcours évalué pour la section Quinconces – Voie ferrée de ceinture est d'environ 14 à 15mn.

Le temps de parcours actuel pour effectuer le trajet Quinconces – Ravezies sur la ligne C est de 10mn. On peut compter 12mn pour prolonger à Cracovie.

Train : le temps de parcours évalué pour la section Cracovie (ou Ravezies) – Avenue d'Eysines est d'environ 8mn (ou 7mn en cas d'arrêt route du médoc)

En suivant ces hypothèses, les temps de parcours retenus sont les suivants

Tracé	Mode	Temps de parcours : Rte Médoc – Quinconces
Direct via Libération	Tramway	14/15 minutes
Rocade via Ravezies	Tram-train	17/18 minutes
Rocade via Cracovie	Tram-train	19/20 minutes

5. EXPLOITATION SUR PLATEFORME FERREE

Le passage du tramway par le réseau ferré national présente des contraintes en termes d'exploitation, du fait de la mixité de circulation avec des trains lourds (TER et Fret) dans des plages temporelles simultanées. Elles sont développées ci-dessous.

5.1 Supervision des circulations tram sur RFN

Le suivi des circulations tramway est assuré par un poste de contrôle dépendant de l'exploitant TBC. Il visualise en temps réel les circulations urbaines, et peut entrer en contact radio avec les conducteurs. Lorsqu'un tramway emprunte le Réseau Ferré National en mixité, il se doit répondre aux ordres du régulateur ferroviaire (l'aiguilleur), un agent différent du régulateur urbain. C'est le régulateur ferroviaire qui est le seul en mesure de visualiser l'ensemble des trains sur la ligne. Il fait partie de la branche Infra de SNCF, désigné comme gestionnaire d'infrastructure délégué par Réseau Ferré de France

L'aiguilleur exerce, dans la phase de transit par RFN, une autorité absolue sur les conducteurs de tramway, celle-ci ne pouvant être remise en cause par le régulateur urbain. Le cas échéant, le régulateur urbain peut même ne pas connaître la position des tramways sur la rocade, ni leur nombre réel.

Dans ce contexte, il faudra que les relations entre l'exploitant urbain et le régulateur ferroviaire soient clairement édictées, mais aussi validées par Réseau Ferré de France.

5.2 Des horaires stricts à respecter

Les circulations ferroviaires sont régies par des programmes de trains (des horaires de service) prévus bien en amont, jusqu'à 6 mois avant la mise en application. Ces horaires sont attribués par RFF aux entreprises ferroviaires en faisant la demande, pour chacun des segments fondamentaux du réseau ferré national. En effet, les circulations ferroviaires sont très fermement encadrées, toute évolution devant être graphiquée au préalable, c'est-à-dire éprouvée techniquement, pour témoigner de sa faisabilité réelle en fonction des circulations déjà en place, des saturations éventuelles aux nœuds, des capacités des axes permises par la signalisation, ... Ce système est très protecteur et sécuritaire, mais est également peu souple. Il paraît très difficile d'injecter des circulations nouvelles non programmées dans un délai court.

L'exploitant TBC devra se conformer à ces exigences, en produisant au plus tard en mars de l'année N sa demande officielle de créneaux (les sillons), validée officiellement dans le courant de l'été N pour une mise en service au 1er janvier N+1.

Le tramway devra donc, pour circuler sans encombre sur la rocade ferrée, respecter les heures de rendez-vous qu'il a commandé, et qu'il s'est engagé de respecter.

La régularité d'exploitation d'un TCSP est relativement garantie par l'emprunt d'une voie réservée, et la priorité aux carrefours. Mais il se peut que d'autres perturbations se présentent, causant des retards par rapport à l'horaire théorique. Dans ce cas, le tramway pourrait ne pas être autorisé à entrer sur le RFN si hors de sa fenêtre initiale, sauf à respecter des règles de circulation dégradée très draconiennes. Des règles de fonctionnement nouvelles pourront être conçues pour l'occasion, mais devront faire l'objet de validations détaillées très strictes.

Pour se prémunir du risque de non-accès au RFN, l'exploitant urbain pourrait aussi acheter plus de sillons que le strict nécessaire, c'est-à-dire gagner en souplesse. Cette démarche s'inscrit bien sur dans un contexte de rareté de la capacité (donc du sillon), du fait des nombreux services TER pressentis. L'opérateur urbain devra donc négocier au préalable avec la Région et la SNCF pour obtenir cette souplesse.

5.3 Ponctualité et règles de priorités

La question du sillon est cruciale, surtout dans un contexte de rareté. La multiplication des services transversaux périphérie-périphérie accentue d'ailleurs cette tension. En l'état actuel, la rocade n'est d'ailleurs pas en mesure d'accueillir l'ensemble des services TER et éventuellement tram-train prévus à l'horizon 2020. Une modélisation spécifique doit permettre de cerner les aménagements indispensables.

Les Régions, autorités organisatrices des services ferroviaires régionaux (type TER) ont des exigences croissantes quant à la ponctualité des liaisons qu'elles financent. Il est possible que les nouveaux trains créés dans le cadre du cadencement aquitain, et transitant par la rocade, soient soumis aux mêmes exigences de qualité. En période de pointe, le tramway ligne D pourrait être défavorisé au profit du train régional, si ce dernier doit combler un éventuel retard.

De même, l'accès des trams au RFN sera peut être subordonné à l'acceptation de règles de pénalités en cas de retard d'un TER causé par une défaillance d'un tramway.

5.4 Démarches ferroviaires officielles

5.4.1 Auprès de Réseau Ferré de France (RFF)

En amont de l'exploitation proprement dite, l'exploitant urbain doit engager auprès de Réseau Ferré de France des démarches de réservation de sillons. Cette procédure est longue et se planifie plusieurs mois avant le service lui-même. L'exploitant urbain est alors mis en concurrence avec d'autres exploitants ferroviaires, pour l'obtention des meilleurs créneaux.

L'accès au RFN est aussi soumis au paiement d'une redevance d'usage par l'exploitant ferroviaire (le péage). Elle permet de rétribuer le propriétaire de la plateforme pour la gestion des circulations, ainsi que l'entretien courant. Il s'agit ici d'une charge d'exploitation pour l'opérateur, venant s'ajouter aux frais engagés habituellement pour la circulation des tramways. Le montant du péage peut fluctuer fortement selon la période de la journée. Précisons qu'en cas de tracé urbain, l'exploitant n'a pas à verser de redevance à l'autorité organisatrice (la CUB, propriétaire de la plateforme), l'accès est totalement libre.

Le péage relatif aux Prestations Minimales se décompose en 3 redevances élémentaires :

- la **Redevance de Réservation (RR)** : elle s'appuie sur des critères variés comme le niveau de trafic, la consommation de capacité, la période horaire, la qualité des sillons.
- la **Redevance de Circulation (RC)** : elle est acquittée pour les circulations effectives et correspond approximativement à des coûts marginaux d'usage.
- la **Redevance d'Accès (RA)** : elle correspond à une forme d'abonnement. Son montant est globalement équivalent aux coûts engagés pour gérer le plan de transport (préparation des sillons et gestion de l'information).

La rocade ferrée est constituée de deux sections élémentaires de RFN, n° 42005A et 42004, toutes deux inscrites dans la catégorie tarifaire E (données RFF Service annuel 2009). Si la ligne de rocade doit supporter à l'horizon 2020 des trafics TER nombreux, il est probable que la catégorie tarifaire des sections la constituant soit modifiée en « D » (classement actuel de la ligne Ouest Lyonnais St Paul – L'Arbresle).

La redevance totale pour un parcours tram entre Route du Médoc et Ravezies (3,130 km par sens) se monte à 4.15 € si la ligne est en catégorie E. Cette somme est minorée, car elle ne tient pas compte des droits d'accès.

En respectant le programme de 1 tram / 15 minutes en heure creuse et 1 tram / 10 minutes en heure de pointe, le péage quotidien s'élève alors à 327.10 €, soit une projection de près de 72 000 € / an (JOB uniquement).

La redevance de réservation RR sur ligne nouvelle est modulée en fonction de la capacité des véhicules, un coefficient variant de 0,88 à 1,14. Par contre, le coefficient de 1,00 sur ligne classique est identique pour toutes les catégories de matériel. Aucune faveur n'est accordée au tram-train, éventuellement moins capacitaire que les trains lourds.

→ **Tableau de synthèse des péages, coût / sens de circulation / plage horaire (d'après le barème de coûts du service annuel 2010)**

Hypothèses de test	Parcours : L1 = Route Médoc–Ravezies : 3.13 km, L2 : Av. d'Eysines–Cracovie : 3.94km Catégorie tarifaire du RFN : 2010 = catégorie E, 2020 = catégorie D			
	E – L1	E – L2	D – L1	D – L2
Redevance de réservation				
plage normale	0.19406	0.24428	1.32399	1.66662
plage intermédiaire	0.24414	0.30732	1.65577	2.08426
plage de pointe	0.29109	0.36642	1.98755	2.5019
Redevance de circulation	3.95945	4.9841	6.60117	8.30946
Redevance d'accès	?	?	?	?

Pour le service annuel 2009, le droit d'accès se montait à 0.01 € / sillon-kilomètre.

5.4.2 Auprès de l'Etablissement Public de Sécurité Ferroviaire (EPSF)

L'Etablissement Public de Sécurité Ferroviaire, autorité de régulation ferroviaire exclusive pour la France, doit intervenir, à 2 titres différents.

5.4.2.1 Reconnaissance de l'exploitant

Bien avant l'exploitation du tramway sur le réseau ferré national, il est absolument impératif que l'exploitant TBC soit reconnu pour ses qualités de sérieux, d'excellence technique et de structure financière. Après instruction de dossier, l'EPSF valide l'opérateur en tant qu'Entreprise Ferroviaire, par la délivrance de deux documents essentiels : la Licence et le Certificat de Sécurité.

5.4.2.2 Reconnaissance du matériel

Tout matériel nouveau amené à circuler sur le RFN doit être homologué, c'est-à-dire validé administrativement d'abord, puis techniquement par une série des tests très poussés mettant à l'épreuve tous les composants engageant la sécurité des circulations. L'homologation se décompose de la manière suivante :

- **Le Dossier d'Autorisation** - Il est soumis à l'EPSF par le promoteur de la validation. Ce dossier est coûteux, aux environs de 500 000 €, et générateur de délais. Il consiste à fournir des preuves documentaires de sécurité, et peut se présenter sous deux formes différentes selon le type de matériel.

Matériel « neuf » sur le RFN	Trois étapes successives - Dossier de Définition de Sécurité (DDS) , 1 mois de complétude + 4 d'instruction - Dossier Préliminaire de Sécurité (DPS), 5 (1+4) mois - Dossier de Sécurité (DS), 5 (1+4) mois
Matériel déjà autorisé sur le RFN	Une étape unique, le Dossier Technique de Sécurité (DTS)

Une éventuelle désignation et intervention d'un EOQA pour vérification des points « litigieux » peut se présenter.

- **Les Essais** – Une fois que le matériel a obtenu son Dossier d'Autorisation, il doit encore effectuer des centaines de kilomètre en marche à vide, afin de valider les équipements de sécurité, le freinage, le comportement dynamique, ...

5.5 Capacité en ligne

La capacité de la ligne à absorber le trafic supplémentaire de la ligne de tram D est directement liée aux trafics potentiels prévus à l'horizon 2020, et de l'état de l'infrastructure et superstructure (voie, signalisation, caténaire) permettant ce trafic

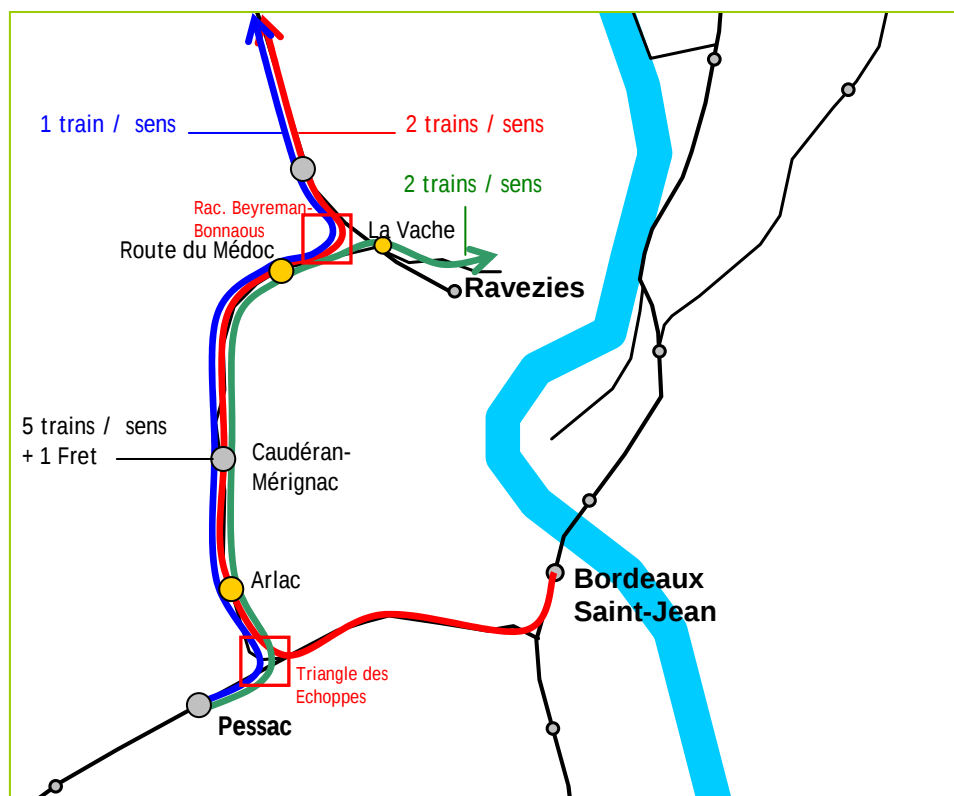
5.5.1 Hypothèses d'offre ferroviaire en 2020

Une étude dite « Etude d'un système de Transport dans l'Ouest de l'Agglomération Bordelaise » (STOAB), menée en 2003 avait lancé des hypothèses d'offre portant sur la rocade ferrée. On peut les récapituler de la manière suivante :

- maintien de la desserte ferroviaire Bordeaux – St Jean vers le Médoc via Ravezies : 1 train / sens en heure de pointe.
- redéploiement de la navette de renfort de pointe Macau – Ravezies (remplacé par le tram-train du Médoc) vers une liaison Macau – Pessac (avec reconstitution de la voie des Echoppes) : 1 train / sens en heure de pointe.
- une probable augmentation d'offre pour cette navette, d'1 train supplémentaire / sens en heure de pointe, orienté éventuellement vers le secteur Le Lac (ou prolongement en site urbain vers la rive droite, le matériel étant d'emblée tram-train).

Soit une offre minimale sur la rocade de 3 trains / sens en heure de pointe, auquel on peut ajouter 1 sillon fret programme pour la desserte du port du Verdon.

Le programme voyageurs pourra être éventuellement renforcé si le souhait est exprimé de renforcer les dessertes de Macau et Le Lac à une fréquence de 30 minutes en heure de pointe. Dans ce cas, la ligne de rocade devra supporter 5 trains / HP / sens. Cf. schéma ci-dessous.



En cas de circulation de 6 trams D par heure et par sens en heure de pointe (= intervalle 10mn), la voie ferrée de rocade devra supporter 12 trains / heure.

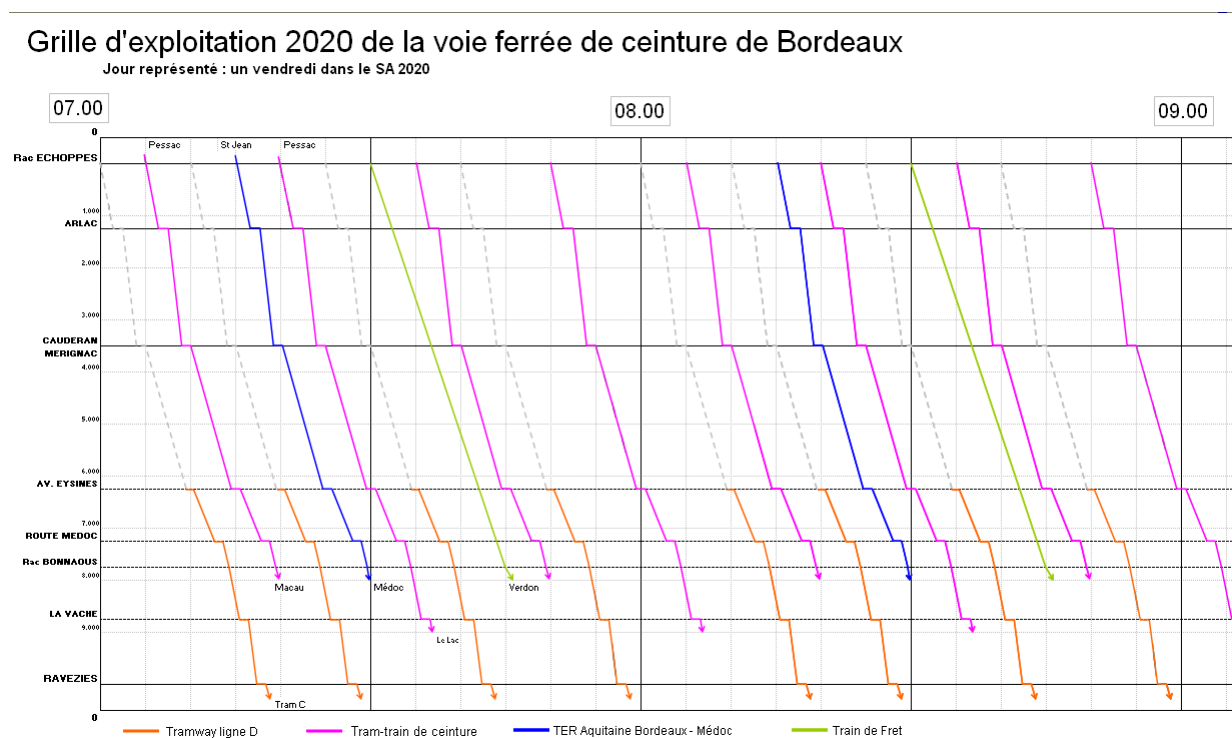
La capacité maximale permise par la signalisation BAL, dans des conditions acceptables de robustesse, est de 12 trains (1 toutes les 5 minutes), dans des conditions optimales, où toutes les marches ont le même profil. Or il apparaît que 3 types de circulations circulent sur la voie de rocade : Fret à 60 km/h, TER à 90km/h et Tram à 70km/h. Le débit optimal pourrait ne pas être atteint.

5.5.2 Etat de l'infrastructure

La voie ferrée de ceinture subit un ralentissement de vitesse permanent à 60 km/h, lié à la nature et l'âge du rail. L'armement de la voie est constitué de rail à double champignon. Le Contrat de Projet 2007 – 2013 prévoit son remplacement par un rail Vignole dès 2010, permettant alors le rétablissement de vitesse maximum à 90 km/h, réduisant de fait les temps de parcours.

5.5.3 Graphique type d'exploitation

Les trains présentés dans le graphique ci-dessous sont issus des hypothèses de trafic sur la voie ferrée de ceinture, soit au moins 6 trains SNCF, auxquels s'ajoutent 6 tram-train ligne D (offre de base de 1 tram-train / 10 minutes en heure de pointe). Ce graphique montre que la ligne D consomme un sillon, inutilisé sur le reste de la voie ferrée de ceinture.



5.6 Arrêts intermédiaires

Des arrêts intermédiaires pourraient être observés par le tram D lors de son transit par la voie ferrée de ceinture. On ne compte pas ici les arrêts de Route du Médoc ou de Ravezies hors RFN. Par contre, un arrêt commun avec le tram-train du Médoc est réaliste (halte de La Vache), particulièrement si le tram D est commun au Tram-train Médoc entre cette halte et l'allée de Boutaut.

Cette halte sera réalisée hors RFN, sur la voie dédiée. Il n'y aura pas de conséquences sur l'exploitation ferroviaire.

Dans le cadre des études déjà réalisées sur la voie ferrée de ceinture, des haltes nouvelles avaient été étudiées, parmi lesquelles Fontaine d'Arlac (correspondance avec le tram A, sur le modèle de la halte de Cenon), et Route du Médoc.

La halte d'Arlac (ou Mérignac-Arlac) est conçue selon les standards en vigueur sur le réseau ferré national (dans le gabarit ferroviaire lourd largeur 2.95m, quai de hauteur 55 cm). La mise en service est prévue pour l'horizon 2010. A cette échéance, tous les trains Bordeaux St Jean – Ravezies – Médoc, marquant déjà l'arrêt à Caudéran Mérignac, s'arrêteront dans cette nouvelle halte.

Dans l'éventualité d'engagement de nouvelles dessertes transversales Pessac – rocade – Médoc, c'est le matériel train léger qui devra s'adapter à la configuration de la halte, du fait de la persistance de trafics ferroviaires lourd (gabarit supérieur ou égal à 2.95m de large). Il n'est pas non plus envisagé de création de voie supplémentaire adaptée au tram ou train léger.

5.7 En conclusion, des contraintes accrues pour l'exploitant urbain

Le tracé alternatif constitué par l'emprunt du RFN sur une courte section n'est donc pas sans contraintes pour l'exploitant. Il se voit obligé de modifier ses règles d'organisation interne, en dissociant nettement les moyens alloués à la ligne D de ceux attribués à l'ensemble des autres lignes. Les économies d'échelle paraissent réduites. Parmi les modifications envisagées, on peut citer notamment :

- La nécessité de former spécifiquement un pool de conducteurs défini à la signalisation ferroviaire en vigueur sur la rocade ferrée, puisqu'il sera nécessaire de respecter scrupuleusement le cantonnement dans un contexte de RFN en mixité.
- Les conducteurs formés seront ensuite habilités à la ligne, après des périodes de reconnaissance attestant de leur bonne connaissance de la géographie ferroviaire (signaux et apparences, leur positionnement, points singuliers de la ligne, jonctions et bifurcations). Aucun autre personnel ne pourra conduire les tramways sur la ligne ferrée. Cette disposition peut amener à compliquer un peu la gestion de personnel.
- La définition par spécifications précises d'un parc dédié au transit par RFN, reprenant les caractéristiques techniques développées plus haut. Aucun autre matériel ne pourra assurer le

service. Le parc dédié doit donc être correctement dimensionné, pour palier les éventuelles indisponibilités (avaries, maintenance habituelle).

6. INTERFACES URBAIN - FERROVIAIRE

6.1 Les différents types de transition

La question des interfaces urbain / ferroviaire doit être particulièrement étudiée, car il s'agit là du passage entre 2 univers techniques très différents : tramway léger urbain d'un côté, matériel ferroviaire lourd de l'autre. Cette zone permet une transition des aspects Propriété foncière, Exploitant, Signalisation et Mode d'exploitation (conduite sur signaux, voie dédiée ballastée, passages à niveau, circulation à gauche, conduite à vue, inscription en voirie, traversées routières, circulation à droite...), Alimentation électrique (tension 750V CC et 1500 V CC).

Dans les règles de conception habituelles des tram-train, il est recommandé de regrouper géographiquement l'ensemble de ces zones sur un site unique.

6.1.1 Transition électrique

Le changement entre les deux types de tension peut se faire par une **section neutre** (portion caténaire non alimentée électriquement), sans nécessiter l'arrêt du véhicule. Cette section neutre se compose d'une section où le fil de contact est mis au rail, encadrée par 2 sections où le fil de contact est hors tension (potentiel flottant).

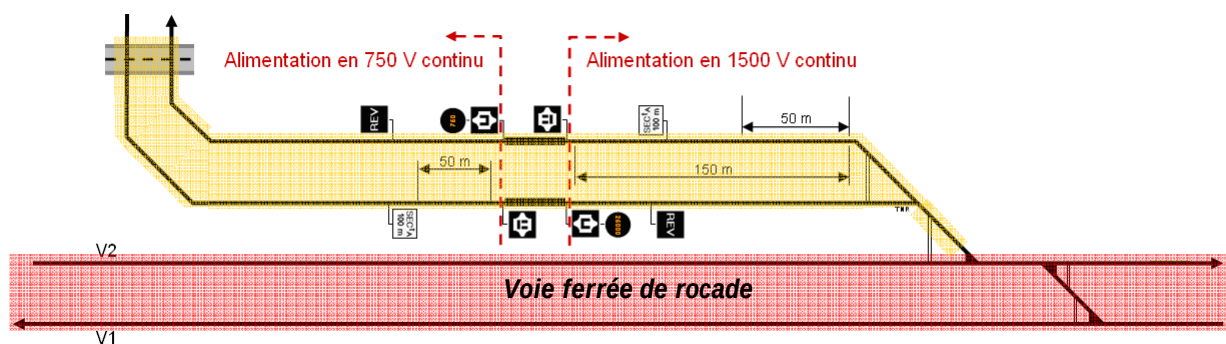
L'implantation de la section neutre doit tenir compte des contraintes suivantes :

- Section neutre en site protégé pour éviter les freinages intempestifs (risque d'arrêt sous caténaire non alimentée).
- Section sans rampe / pente excessive, en alignement droit ou de grand rayon pour permettre un franchissement plus aisé sur l'erre et une meilleure visibilité, et facilitant par ailleurs le montage de la caténaire.
- Section neutre encadrée par des longueurs de voie permettant d'atteindre une vitesse suffisante pour franchir la section neutre sur l'erre, et de pouvoir freiner voire s'arrêter une fois la section neutre franchie.
- Section neutre suffisamment longue pour pouvoir être parcourue pendant environ 3 secondes minimum, pour permettre la détection par la rame de la séquence (750 V ⇔ absence tension ⇔ mise au rail ⇔ absence tension ⇔ 1500 V), puis la reprise traction. Le temps de 3 s doit être confirmé par les caractéristiques du matériel roulant.

- Zone grillagée pour éviter les intrusions.

Une autre possibilité est de faire un changement d'alimentation **à l'arrêt** : la tension initiale est coupée sur la section, puis la nouvelle tension est appliquée. La possibilité de redémarrer est alors indiquée au conducteur. Ce type de transition se fait en station pour éviter un arrêt supplémentaire. Cependant, ce type de solution est plus complexe à mettre en œuvre (asservissements, transmission train / sol / poste de commutation, risque de mauvaise séquence...).

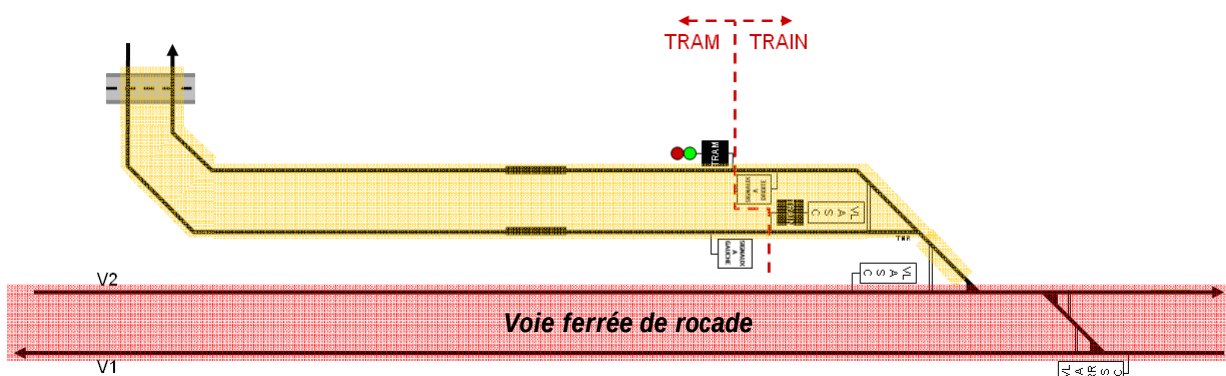
La première possibilité (section neutre et commutation automatique sur l'erre) est jugée préférable.



6.1.2 Transition de signalisation

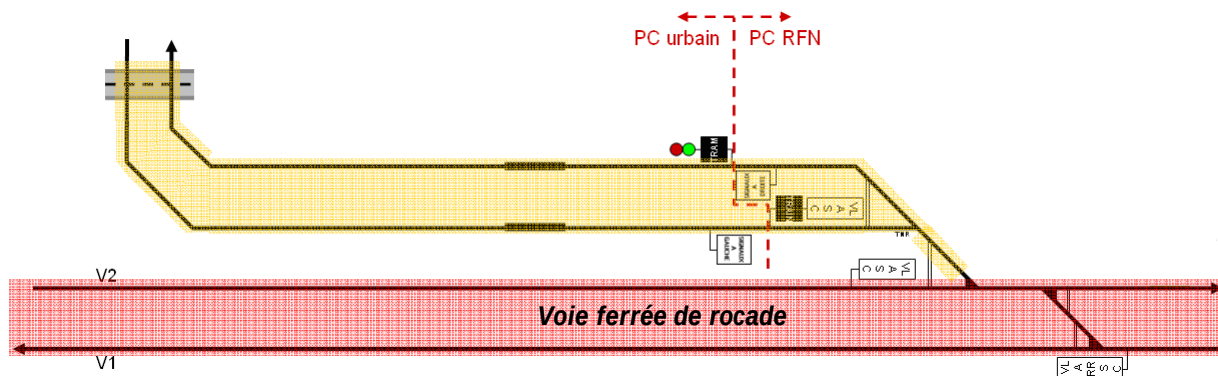
Il s'agit du point à partir duquel le type de signalisation change. Sur la ligne de rocade de Bordeaux, des travaux de signalisation pourront être entrepris, afin de permettre un meilleur débit sur la ligne et ménager de la capacité suffisante pour accueillir les nouveaux services TER.

Un système de Block Automatique Lumineux (BAL) peut ainsi être envisagé. Le tramway empruntant le maillon ferré devra donc s'y conformer, c'est-à-dire adopter une marche en Mode TRAIN → respect absolu du cantonnement et de la signalisation ferroviaire RFN.



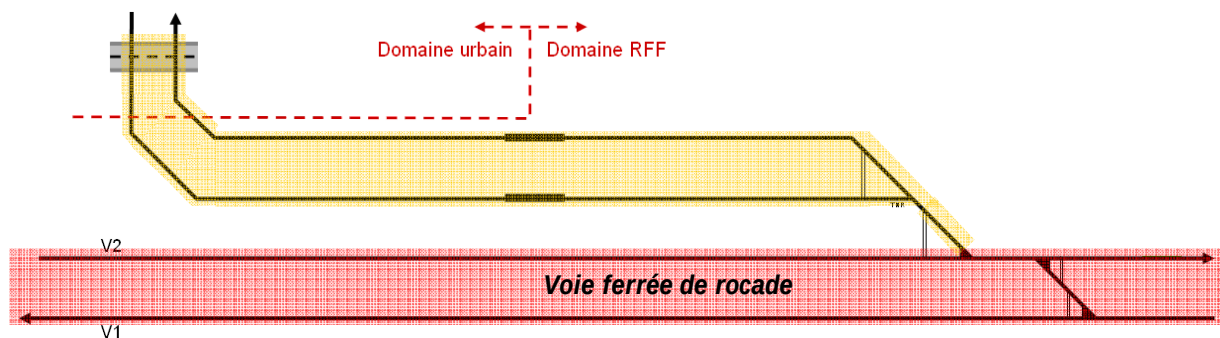
6.1.3 Transition d'exploitant

Il s'agit du point à partir duquel le « tram-train » est supervisé par un autre poste de commande. Même s'ils peuvent être réunis physiquement dans les mêmes locaux, il y a bien existence d'un opérateur supervisant le RFN et un autre supervisant la section urbaine.



6.1.4 Transition de propriété

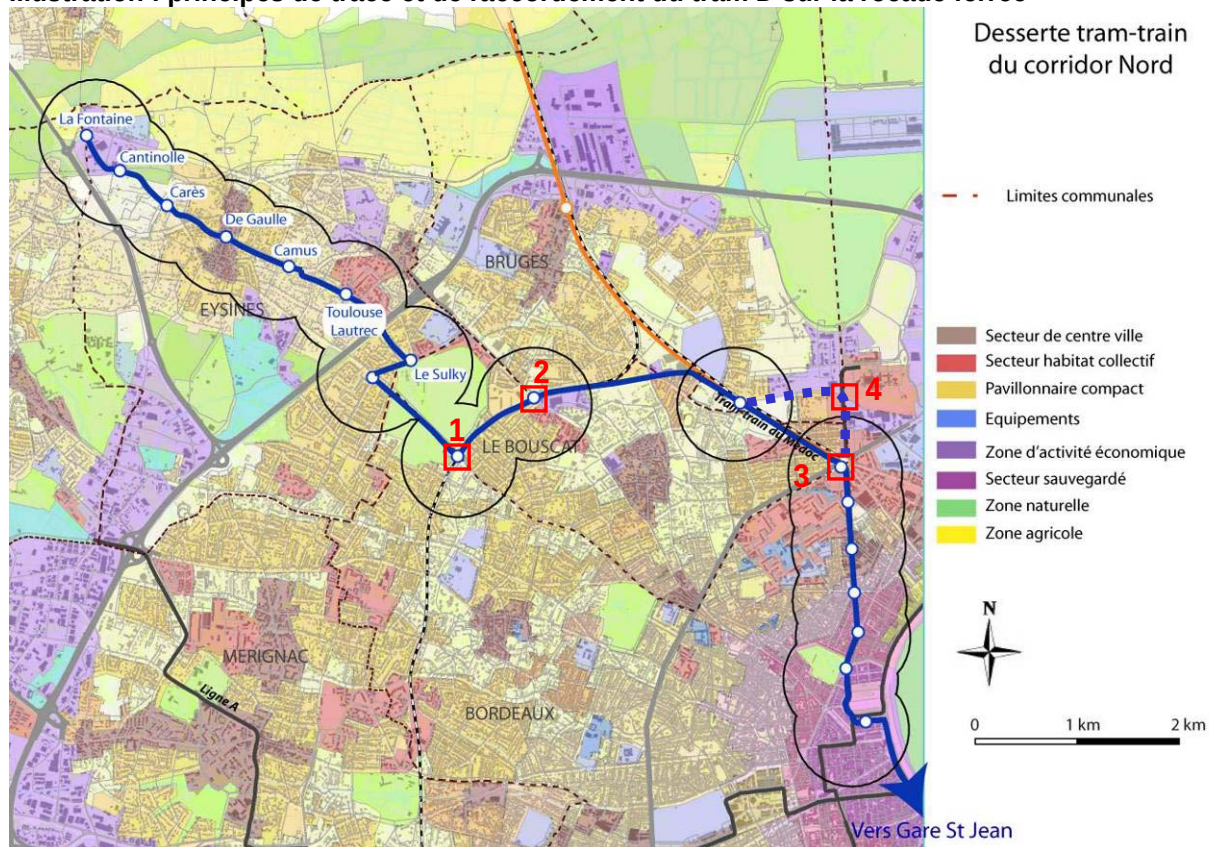
Cette transition implique un changement de législation entre celle s'appliquant sur le RFN et celle des réseaux urbains.



6.2 Conception des points de connexion

Quatre options de raccordement sont possibles, deux sur Le Bouscat, et deux sur Bordeaux :

Illustration : principes de tracé et de raccordement du tram D sur la rocade ferrée



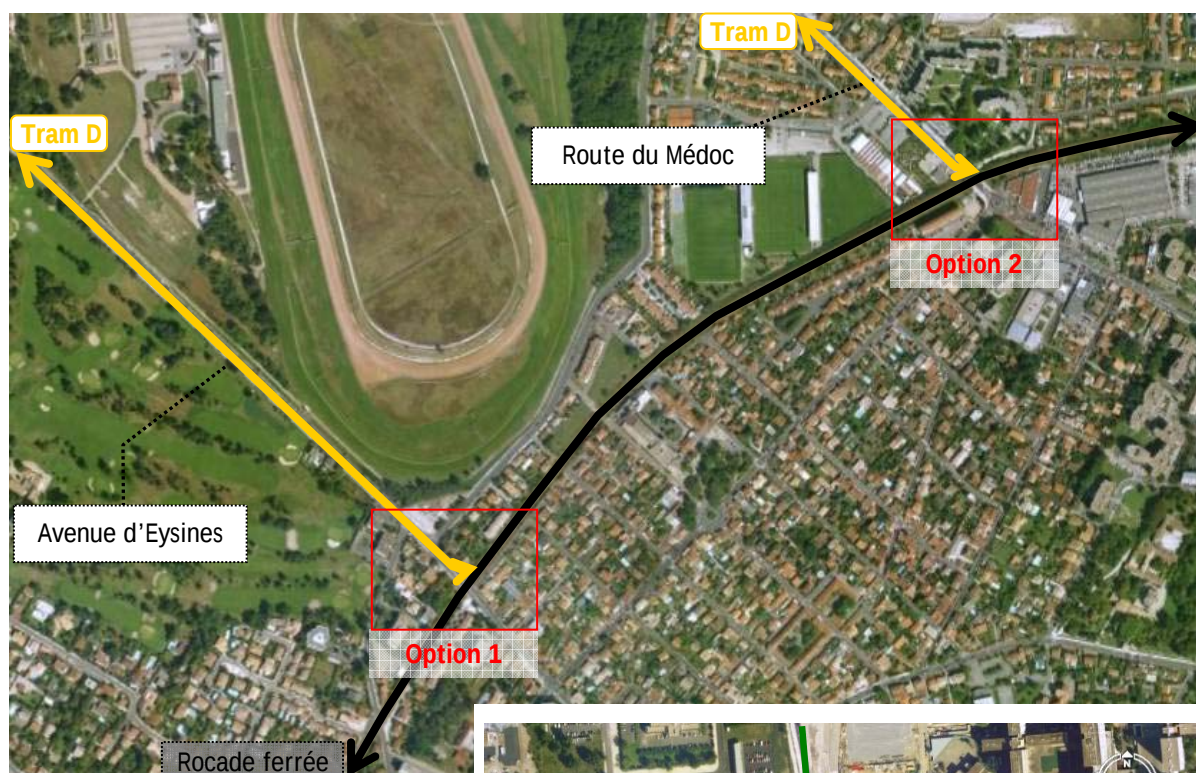
Raccordement au Bouscat

- o **Option 1** - connexion à hauteur du passage à niveau actuel de l'Avenue d'Eysines,
- o **Option 2** - connexion au niveau du pont-rail enjambant la Route du Médoc, dans le prolongement de l'Avenue de la Libération,

Raccordement à Bordeaux

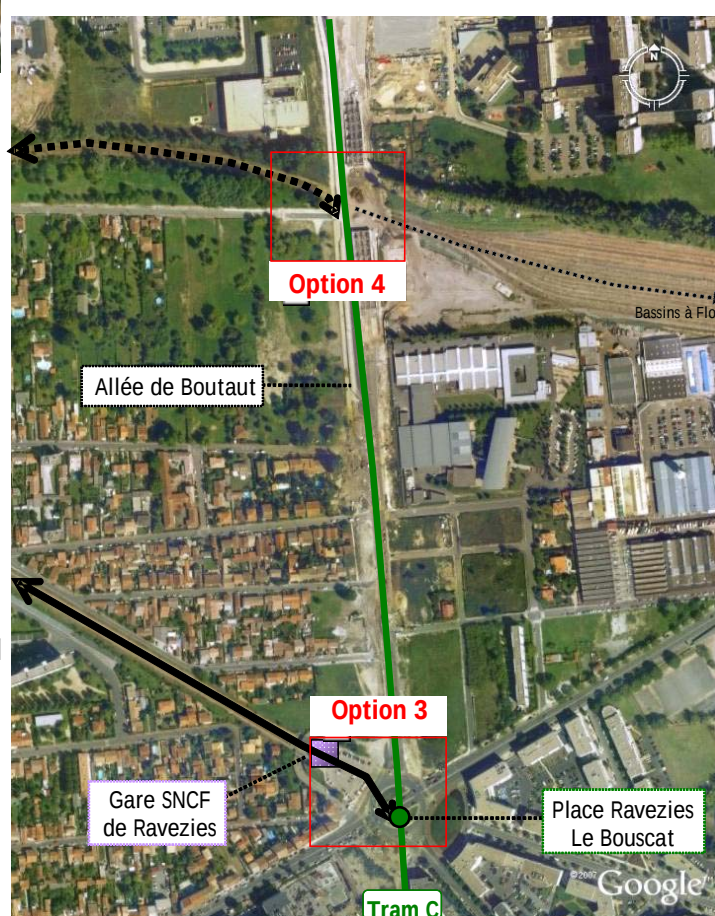
- o **Option 3** - connexion au niveau de Place Ravezies – Le Bouscat sur la ligne C, et emprunt d'un segment de la ligne SNCF Ravezies (gare St Louis) – Médoc,
- o **Option 4** - connexion au niveau de l'Allée de Boutaut (tracé Cracovie) pour joindre la ligne C, et emprunt des voies desservant initialement les Bassins à Flot, aujourd'hui déposées.

Les illustrations ci-dessous permettent de visualiser les points d'interface Ouest (option 1 et 2) et Est (option 3 et 4).



La photo aérienne Ouest témoigne d'un secteur fortement pavillonnaire impacté par les tracés de raccordement à la plateforme ferrée dans le secteur du Bouscat.

L'image aérienne Est rend compte de points d'interface situés dans un tissu hybride entre pavillonnaire et ensembles collectifs, à proximité du centre-ville de Bordeaux



Images aériennes (sources Google Earth – juin 2009)

6.2.1 Option n°1 : connexion sur l'Avenue d'Eysines



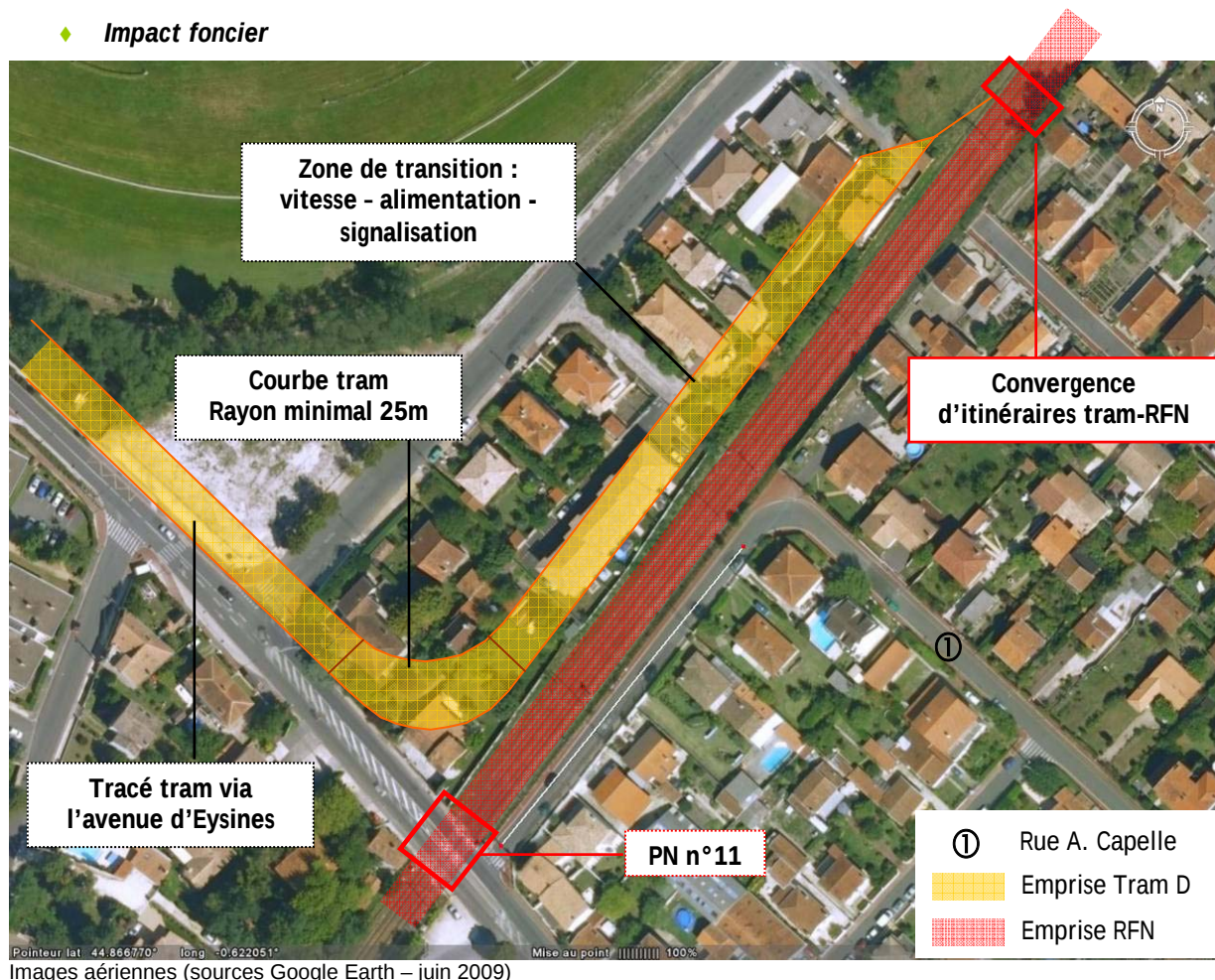
6.2.1.1 Solution 1a : raccordement court- nord RFN

◆ Principes généraux de conception

La voie ferrée de rocade croise l'avenue d'Eysines à niveau, par le biais du Passage à Niveau n° 11. Le raccordement du tramway sur le réseau ferré ne nécessite pas d'ouvrage spécifique. Après une courbe de rayon minimal de 25m, la voie tram se prolonge le long de la plateforme ferroviaire, sur une distance d'environ 200 mètres, en alignement droit, afin de permettre les différentes transitions techniques (principalement alimentation et signalisation). Une distance supplémentaire est requise pour insérer l'appareil de voie, dont la tangente devra permettre une injection du tramway d'au moins 60km/h sur l'axe ferroviaire.

Un appareil de voie complémentaire sera par ailleurs inséré, afin de permettre la communication entre les deux voies.

◆ **Impact foncier**



Cette solution conduit à chercher un nouveau tracé le long de l'emprise ferroviaire actuelle, sur la bande de terrain localisée entre la voie ferrée et l'avenue du Maréchal Lyautey. Une bande de largeur suffisante doit par ailleurs être ménagée entre les deux fuseaux (piste latérale, implantation des poteaux caténaires, gabarit de souffle, ...).

Quelle possibilité par la rue Alexis Capelle ?

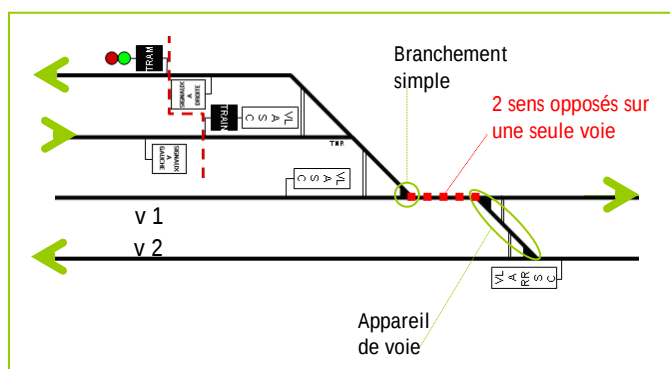
Cette rue a l'avantage de longer au plus proche la voie ferrée, immédiatement au sud de celle-ci. Elle pourrait donc constituer un itinéraire favorable pour l'insertion du tram sur le RFN. Par contre, cette rue n'est large que de 7 m environ, ce qui conduirait faire circuler en tracé mixte voitures particulières et véhicules ferroviaires. Ceci justifierait, compte tenu du virage serré de la rue, des feux de signalisation. De plus, cette voie de transition entre RFN et site tram doit être le plus étanche possible, car c'est ici que s'effectuent les accélérations à 60 km/h, ainsi

que les transitions électriques. Enfin, le linéaire parallèle à la voie de chemin de fer n'est que de 120 m, ce qui justifie encore des acquisitions foncières (c'est-à-dire des expropriations).

Du point de vue exploitation, cette solution n'est également pas très optimale, puisqu'elle implique que le tram Eysines → Quinconces cisaille deux fois les circulations du RFN : d'abord au niveau du passage à niveau, ensuite au moment de passer de la voie 2 en contresens vers la voie 1.

♦ **Impact en exploitation ferroviaire**

L'insertion du tram ligne D s'effectue sur la voie 1 par un branchement simple, et accueille les deux sens de circulation du tram sur une courte distance. Un appareil de voie doit aussi permettre le passage de la voie 2 à la voie 1, pour les tramways sortant du RFN.



Dans l'exemple de site « Avenue d'Eysines » décrit plus haut, aucun appareil de voie n'existe. Il faudra donc les installer, et les associer comme c'est l'usage à des signaux, permettant de protéger les itinéraires sécants, convergents et divergents. Ces dispositifs devront nécessairement être programmés dans les aménagements de modernisation de la ligne, issus des études de modélisation de trafic, et des souhaits de débit optimisé pour l'accueil d'une offre TER cadencée et fréquente.

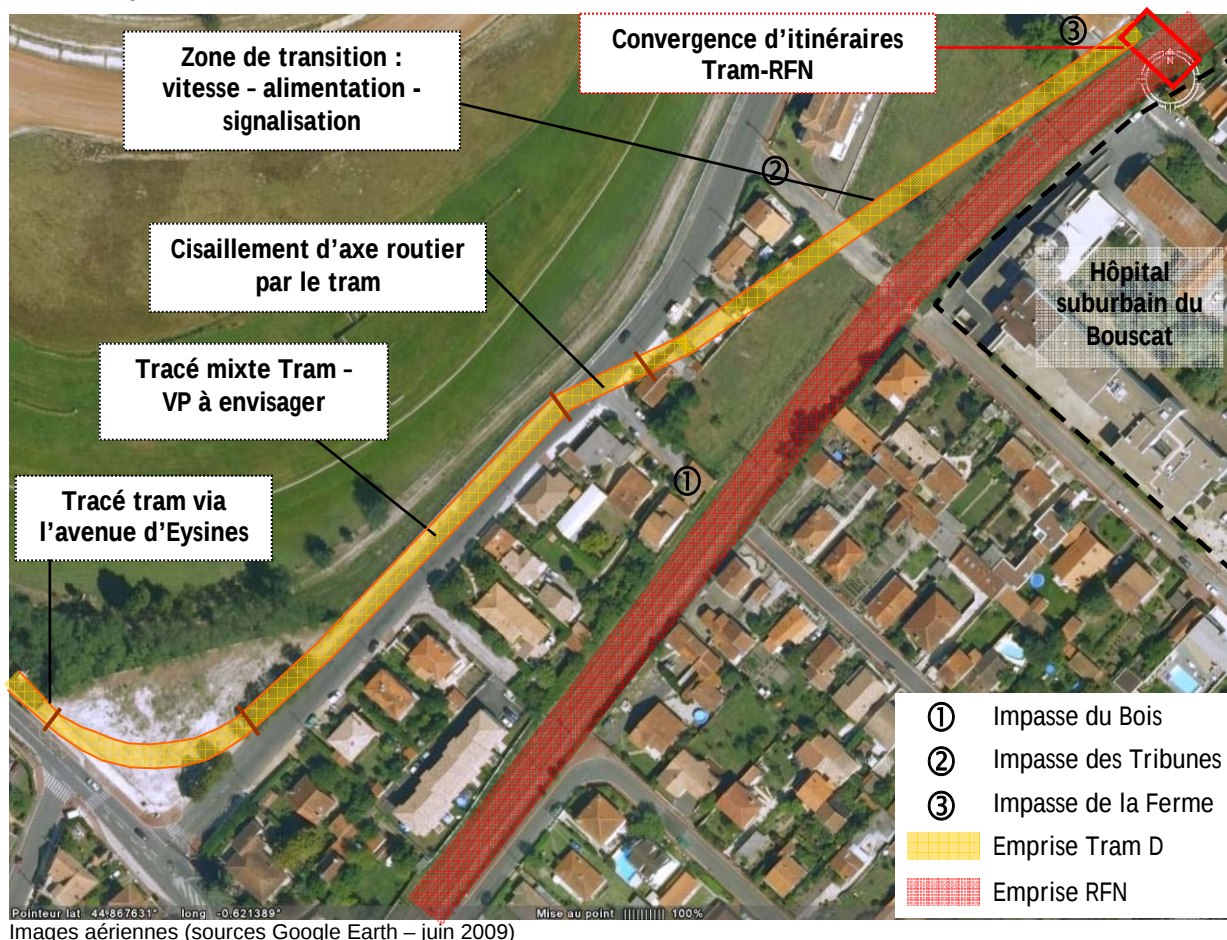
Par ailleurs, la nouvelle connexion pourrait avoir un impact direct sur le fonctionnement du passage à niveau n°11 placé au croisement de l'avenue d'Eysines, notamment sur le positionnement des pédales de détection des trains placées largement en amont du PN. Une étude d'implantation est ici requise

6.2.1.2 Solution 1b : raccordement long - nord RFN

♦ **Principes généraux de conception**

Une solution complémentaire peut être trouvée par l'emprunt de l'avenue du Maréchal Lyautey longeant l'hippodrome, et une connexion plus lointaine au RFN, au nord des voies, à la hauteur de l'Impasse des Tribunes. A ce niveau, la ligne de chemin de fer est moins enserrée par le bâti de maisons individuelles. Un passage en itinéraire mixte est cependant nécessaire, du fait de la clôture de l'hippodrome.

◆ Impact foncier



Cette solution a l'avantage de moins impacter le bâti à proximité du passage à niveau n°11. Les disponibilités foncières aperçues le long de la voie ferrée, entre l'Impasse du Bois et l'impasse de la Ferme (à confirmer sur cadastre) rendent possible l'insertion d'une voie de transition tram – RFN.

Par contre, quelques maisons seront touchées pour relier cette voie de transition au tracé de l'avenue du Maréchal Lyautey. De plus, le raccordement tram-RFN doit se faire en alignement droit (clause nécessaire à la pose d'un appareil de voie standard). Or la voie ferrée décrit ici une courbe, ce qui éloigne encore plus le point de connexion tram-RFN de l'impasse de la Ferme (hors photo), impactant là encore des propriétés privées. Notons par ailleurs que ce parti de raccordement se rapproche nettement du point de l'option 2 sur la route du Médoc. La ligne s'élève ici, d'où l'obligation de terrassement important, pour suivre le profil de la voie ferrée.

◆ Impact exploitation ferroviaire

Cette solution de raccordement long présente la même physionomie que celle du raccordement court. Les mêmes implications « exploitation » sont attendues.

6.2.2 Option n°2 : connexion sur la route du Médoc



6.2.2.1 Solution 2a : connexion à niveau

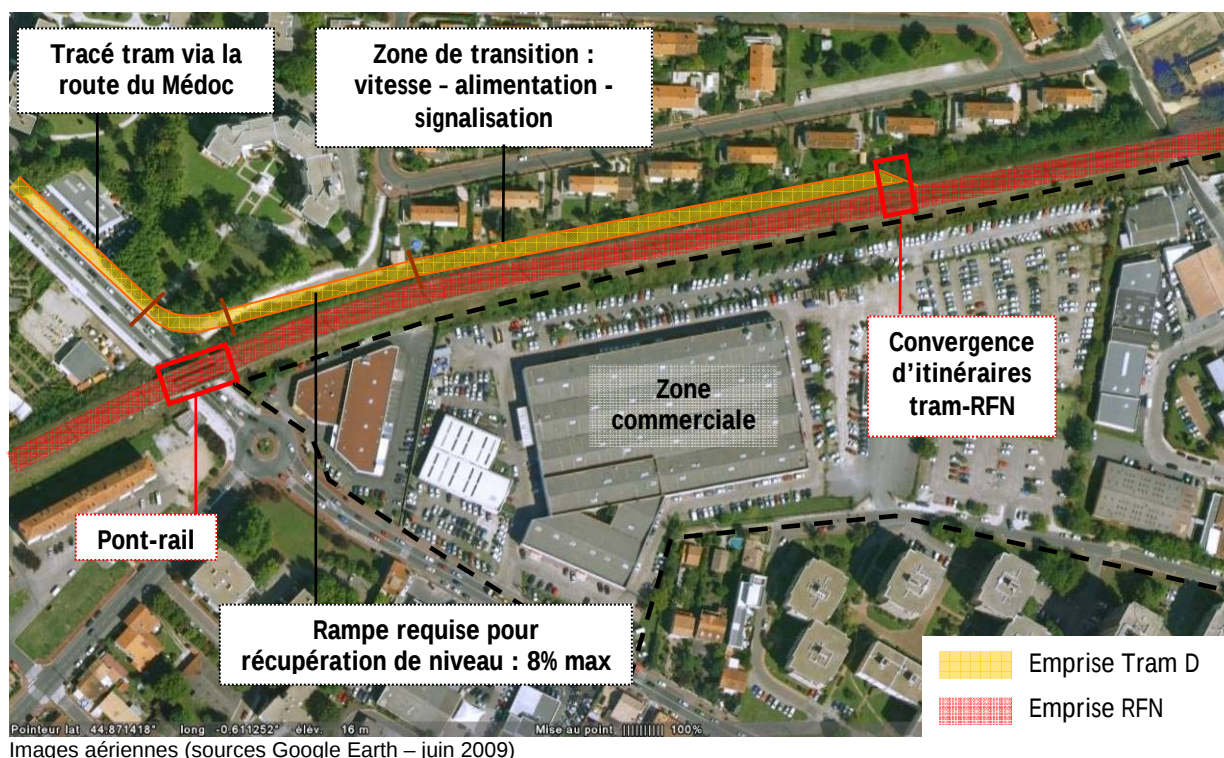
◆ Principes généraux de conception

Cette option consiste à connecter le tracé de la ligne de tram au niveau du pont-rail enjambant la rue du Médoc – avenue de la Libération. Le différentiel d'altitude est estimé ici à 6 mètres environ, tenant compte du gabarit libre routier de 4mètres, de l'épaisseur du tablier et du ballast.

Les pentes maximales autorisées en mode tram sont de 8%, soit une distance nécessaire de 100m à l'horizontale pour gravir 8 mètres verticaux. La distance requise ici est donc de 75 mètres. Elle vient s'ajouter à la zone de transition de 200 m, décrite plus haut, cette dernière étant nécessairement rectiligne et plate.

La connexion à niveau correspond à un branchement bidirectionnel de la ligne tram sur la ligne ferrée au nord de la voie ferrée. Cette disposition implique un appareil de voie pour permettre les mouvements du tram. Ceci implique des itinéraires sécants avec les trains circulant sur le RFN.

◆ *Impact foncier*



Cette solution se déploie uniquement au nord des voies de chemin de fer. La zone de transition Tram - RFN, tout comme la rampe, nécessitent des acquisitions foncières, au nord des voies, sur la zone pavillonnaire. La zone commerciale est totalement épargnée.

De manière à minimiser la taille d'emprise nécessaire, la récupération de niveau pourra être amorcée dans le virage même. Ceci pourrait conduire à une maximisation du rayon de courbe, donc des territoires nettement plus importants.

◆ *Impact en exploitation ferroviaire*

Cette solution de raccordement à niveau « Route du Médoc » présente les mêmes implications « exploitation » que pour les branchements nord de l'avenue d'Eysines.

6.2.2.2 Solution 2b : connexion dénivelée

◆ *Principes généraux de conception*

On constate que la solution de branchement au nord de la voie ferrée implique systématiquement un cisaillement à niveau des tramways, ce qui pourrait engendrer des perturbations d'exploitation et une moindre robustesse en cas de programme soutenu de trains TER, particulièrement en période de pointe. Or le site de la route du Médoc présente,

contrairement à celui de l'avenue d'Eysines, une dénivellation conséquente entre plateforme ferroviaire et voirie.

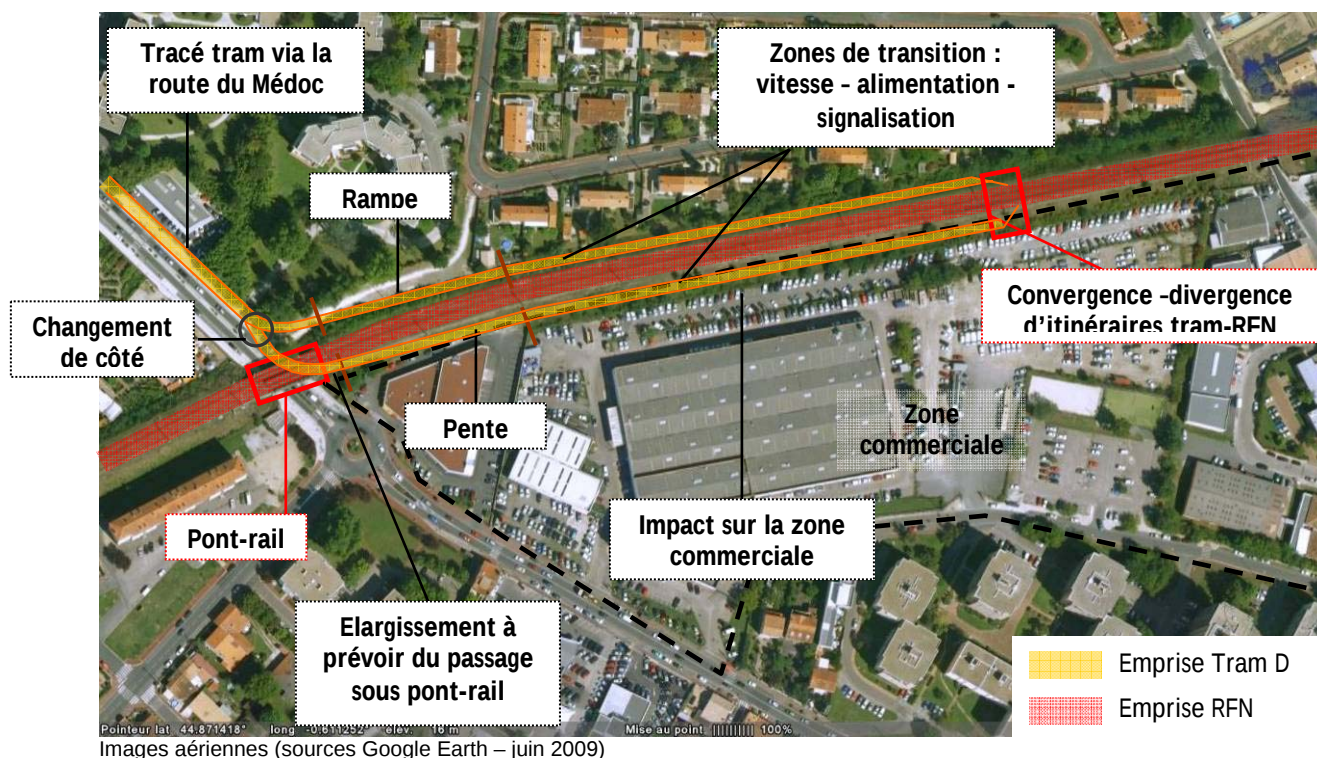
Il est alors possible d'envisager une autre forme de connexion Tram – Train, privilégiant les mouvements de convergence-divergence d'itinéraire. Cette solution présente l'avantage de générer moins de perturbations sur l'itinéraire des TER, puisque les temps de neutralisation de la voie sont plus réduits que lors du cisaillement à niveau.

Le principe de la connexion est d'aménager, de chaque côté du talus ferroviaire, un pan incliné spécialisé par sens :

- au nord des voies ferrées, une rampe permettant la montée des trams de leur itinéraire urbain vers le RFN. Après la zone de transition nécessaire, le tram s'insère directement sur la bonne voie, la Voie 1 : c'est une convergence d'itinéraire
- au sud des voies ferrées, une pente permettant la descente des trams de leur itinéraire ferroviaire de Voie 2 directement sur la zone de transition, permettant de récupérer le tracé urbain. La perturbation est réduite au minimum : il s'agit d'une divergence d'itinéraire.

Le changement de côté (marche à droite vers marche à gauche) s'effectue sur le territoire urbain, et pas sur le territoire ferroviaire. Ceci implique la mise en place de feux de circulation adaptés pour protéger des risques de percussioin des itinéraires sécants.

♦ *Impact foncier*



Cette solution nécessite des acquisitions foncières des deux côtés du talus ferroviaire, mais sur des largeurs moindres, du fait de l'installation de deux voies uniques spécialisées par sens.

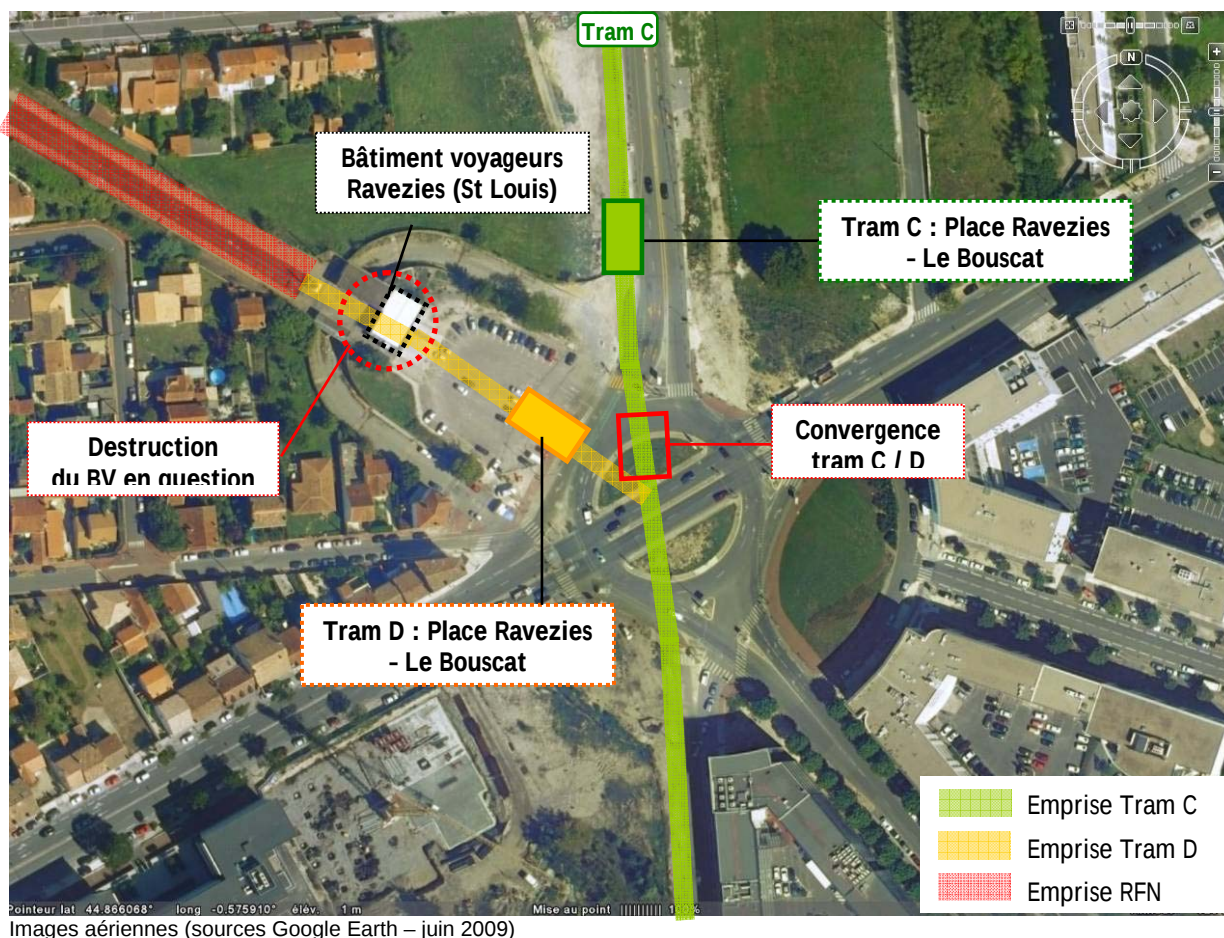
6.2.3 Option n°3 : connexion en gare de Ravezies (St Louis)

6.2.3.1 Solution : connexion à niveau sur la place Ravezies

◆ Principes généraux de conception

Cette solution consiste à connecter les voies du RFN à celles du tram C au sud de la station de Place Ravezies Le Bouscat. Au niveau de la gare Ravezies St Louis, le RFN et la voirie sont à niveau, ce qui facilite la connexion (ouvrages non requis).

◆ Impact foncier



Cette option prévoit de prolonger les voies RFN vers la ligne de tram C, car on suppose que la gare SNCF de Ravezies ne sera plus en activité en 2020 (remplacement des services TER par Tram-train du Médoc). Les terrains privés aux abords du RFN ne seront pas touchés, mais la destruction du Bâtiment Voyageurs de 1968 doit être envisagée.

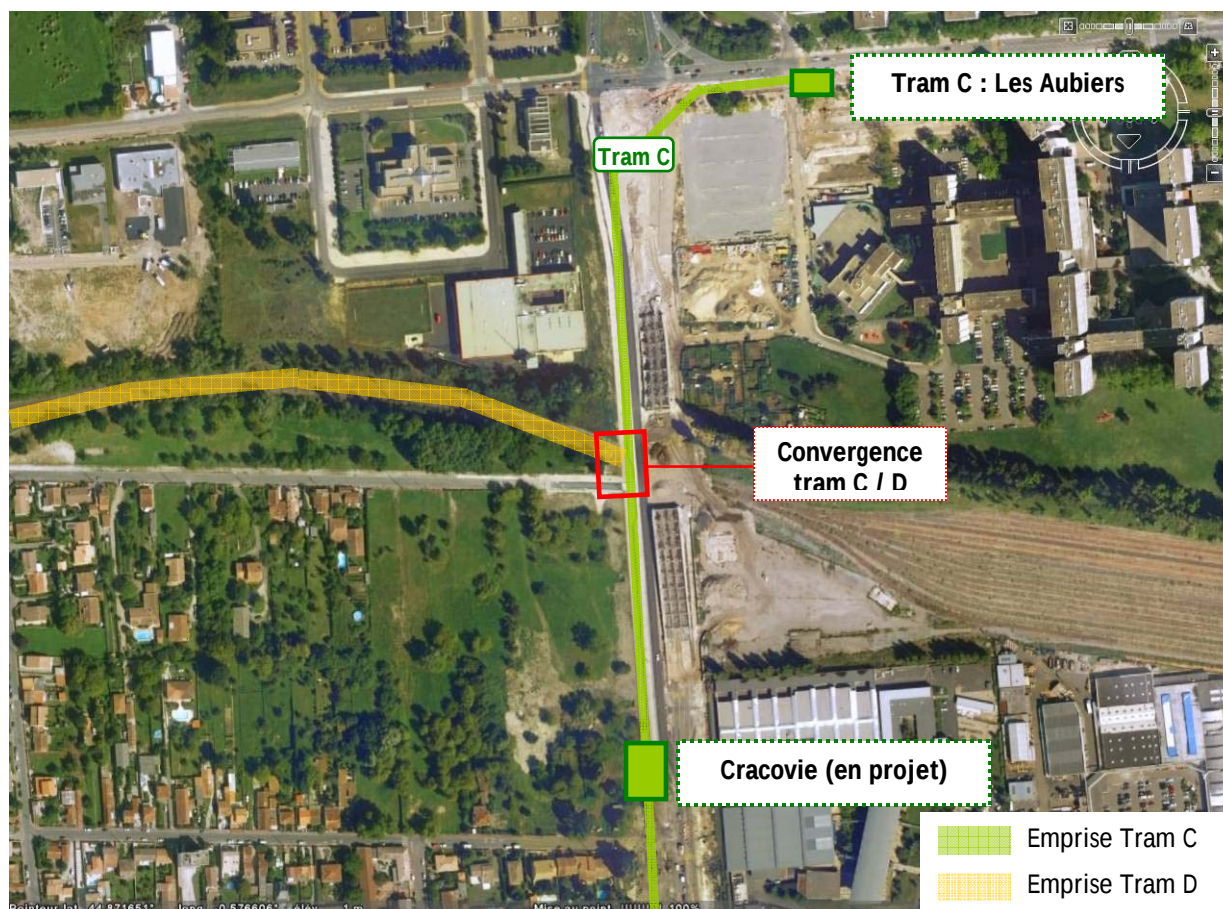
6.2.4 Option n°4 : connexion sur l'Allée de Boutaut (Cracovie)

6.2.4.1 Solution 1a : connexion à niveau sur l'allée de Boutaut

◆ Principes généraux de conception

Après avoir emprunté la portion de rocade ferrée se dirigeant vers les bassins à flot, la ligne se connecte à niveau sur la ligne C au niveau de l'allée de Boutaut, au sud du terminus actuel des Aubiers. Cette portion de voie est désaffectée, ce qui supposera donc une remise à niveau des équipements ferroviaires. Ce segment de voie est pressenti pour accueillir le tram-train du Médoc Ravezies - Blanquefort. Cette ligne est prévue à voie unique, ce qui suffit à écouler l'offre. La superposition des deux offres Tram D d'une part, et Tram-train Médoc d'autre part, justifiera l'équipement du segment La Vache (halte intermédiaire) – Allée de Boutaut à deux voies. La plateforme est par contre assez large pour accueillir deux voies parallèles.

◆ Impact foncier



L'impact foncier est limité à des modifications de voirie, mais ne concerne pas de propriétés privées.

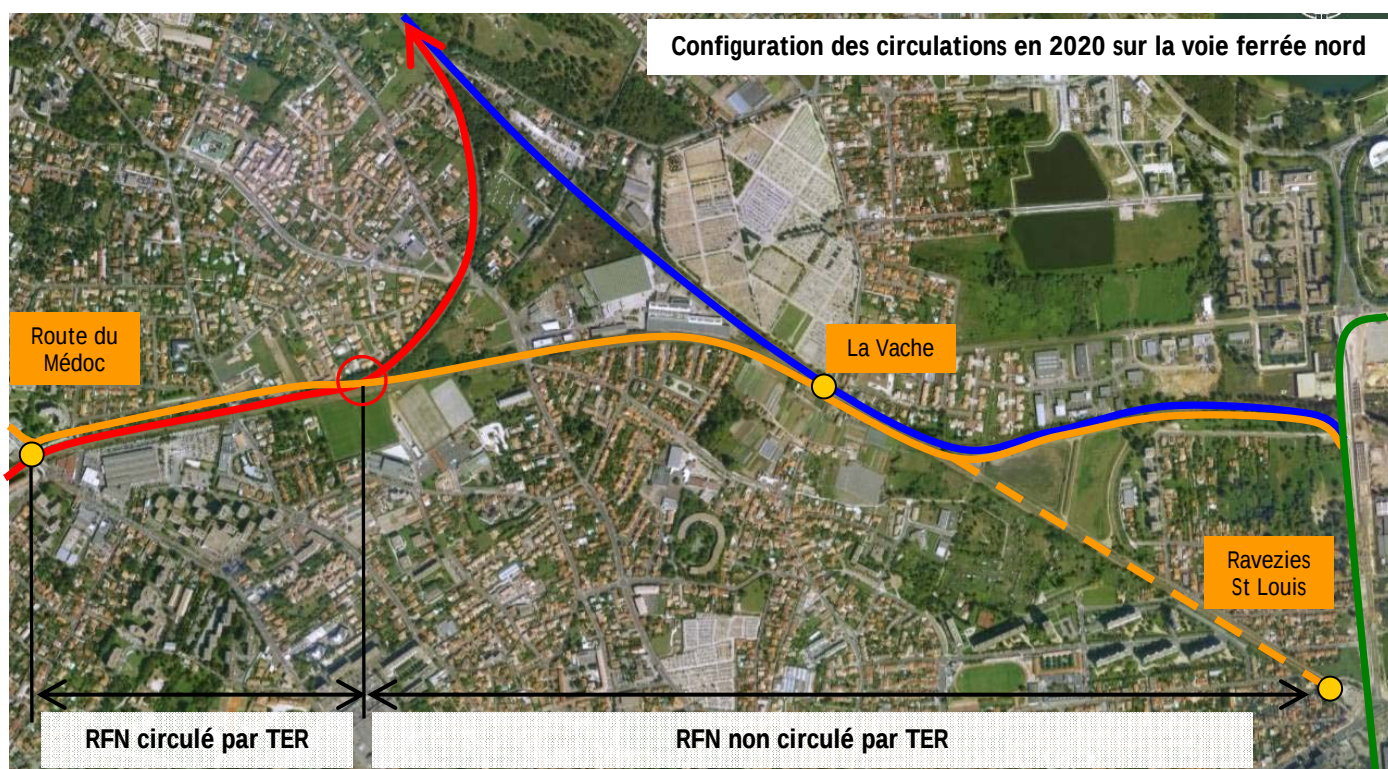
7. SOLUTIONS ALTERNATIVES

7.1 La création d'une voie tramway spécifique le long de la voie RFN ?

La mise en place du tram-train du Médoc, sur une infrastructure dédiée, et avec une offre soutenue en heure de pointe rend inutile la persistance de la navette de pointe Macau – Ravezies. Il est même envisagé un redéploiement de cette offre via la voie ferrée de ceinture. Dans le même temps, les circulations Bordeaux St Jean – Médoc ne doivent plus desservir la gare de Ravezies, et emprunter le raccordement de Beyreman – Bonnaous.

La conséquence est la désaffectation d'une part significative de la voie ferrée de ceinture de circulations ferroviaire de type TER. Ne persiste alors qu'un segment de 700 m environ, entre le raccordement de la Route du Médoc et la bifurcation de Bonnaous, où s'additionnent les trafics fer TER et tram D.

Cette « courte » distance pourrait accréditer le projet de réalisation d'une voie dédiée tram en parallèle de la voie ferrée de ceinture, tel que représenté ci-dessous.

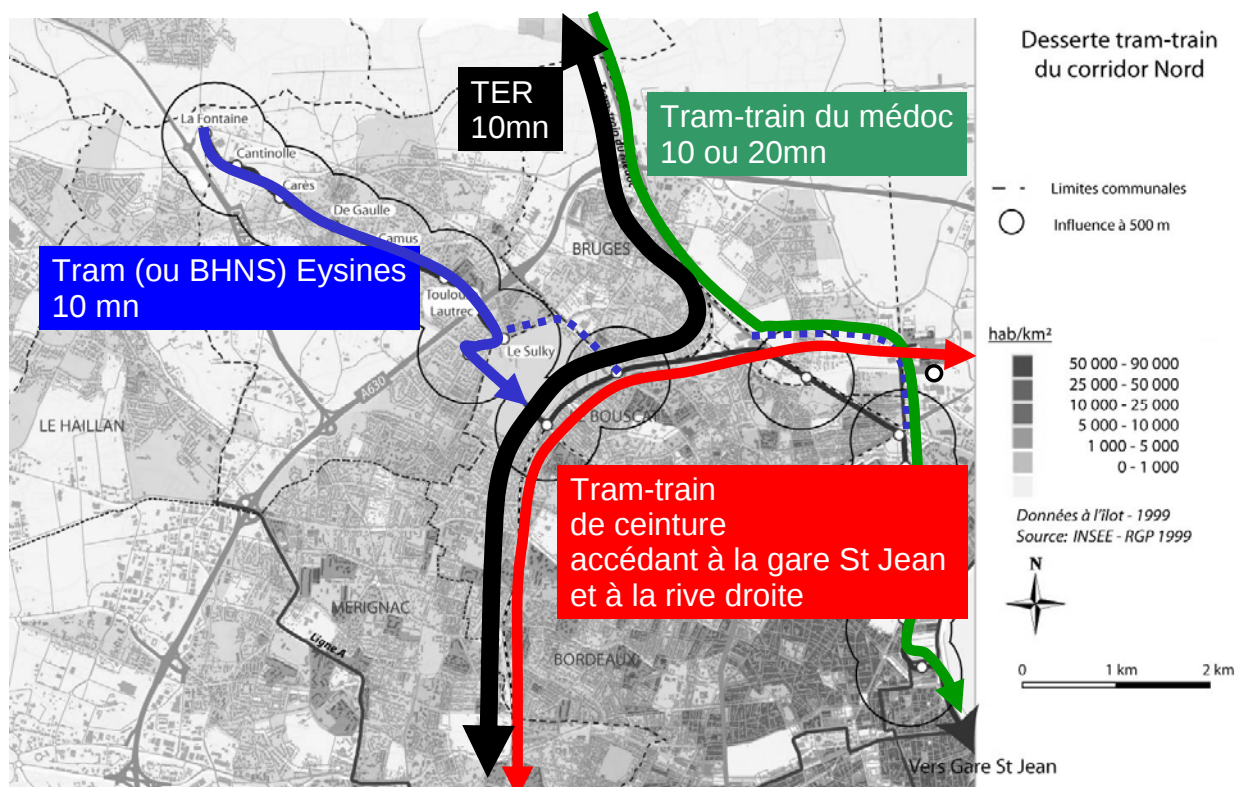


Images aériennes (sources Google Earth – juin 2009)

Des problèmes doivent être résolus pour permettre cette solution : s'assurer de la largeur suffisante de l'emprise, reprendre les ouvrages pont-rail et pont-route (largeur des tabliers, largeur des culées, résistance des piles, ...), réaliser un saut de mouton au niveau de la bifurcation de Bonnaous évitant le croisement à niveau (ce dernier étant très complexe à réaliser : voie ferrée actuelle en remblai, secteur densément urbanisé...)

7.2 Un service ferroviaire (TER ou TT) sur la voie ferrée de ceinture et un rabattement depuis Eysines (tram ou BHNS)

Les difficultés de mise en œuvre d'une solution permettant le passage aussi bien en urbain qu'en ferroviaire pourrait militer pour une simplification : un axe fort de transport urbain pour la desserte d'Eysines (tramway, mais plus probablement BHNS au vu des trafics attendus) et un service cadencé à dix minutes sur la voie ferrée de ceinture reliant Ravezies à la gare st Jean.



8. APPROCHE DES COUTS

Les coûts annoncés dans cette section prennent en compte :

- les travaux proprement dit (la réalisation effective : plateforme, LAC/Energie, Réseaux)
- les aléas de travaux
- majorés des coûts d'ingénierie (maîtrise d'œuvre – maîtrise d'ouvrage).

Par contre, les estimations ne font pas apparaître les frais associés aux acquisitions-expropriations de terrains, ni les frais SNCF/RFF liés aux travaux sous exploitation (surcoût du ralentissement temporaire + mise à disposition du personnel d'annonce et encadrement à pied d'œuvre).

Il faut enfin bien souligner qu'il ne s'agit là que d'une expertise réalisée en deux semaines, que le chiffrage n'est qu'indicatif, et que tant la définition du projet que son chiffrage nécessiteront bien sur un approfondissement notable.

8.1 Option 1 : Avenue d'Eysines

8.1.1 Option 1a : raccordement court - cisaillement à niveau

Le tracé du raccordement court, tel que présenté sommairement, mesure approximativement 200 mètres de long. L'estimation intègre les reprises nécessaires sur le RFN, notamment la modification de signalisation pour protection d'itinéraires sécants, et la pose des aiguilles (un branchement simple et une communication).

Estimation globale de l'option : 2 500 000 €

8.1.2 Option 1b : raccordement long - cisaillement à niveau

Le tracé du raccordement long, tel que présenté sommairement, mesure approximativement 450 mètres de long. L'estimation intègre les reprises nécessaires sur le RFN, notamment la modification de signalisation pour protection d'itinéraires sécants, et la pose des aiguilles (un branchement simple et une communication).

Estimation globale de l'option : 5 000 000 €

8.2 Option 2 : Route du Médoc

8.2.1 Option 2a : connexion à niveau

Cette option de raccordement au nord des voies RFN nécessite une voie en alignement droit sur un linéaire important, du fait de la différence de niveau entre la route du Médoc d'une part, et la plateforme ferrée d'autre part (6 m environ). Le linéaire requis pour effacer la différence de niveau, et assurer les diverses transitions est de 350 m. L'estimation intègre ici les travaux de terrassement, les modifications du RFN pour pose d'appareils (branchement simple et une communication pour le cisaillement à niveau) de voie et reprise de signalisation. Aucune intervention n'est prévue sur le pont-rail.

Estimation globale de l'option : 7 000 000 €

8.2.2 Option 2b : connexion dénivelée

Cette option de raccordement différencie les sens de circulation : le tram se branche au RFN au nord, et se débranche au sud : il y a donc 2 itinéraires distincts. Chaque voie est spécialisée par sens, et conserve ses caractéristiques d'alignement droit sur un linéaire important, du fait de la différence de niveau entre la route du Médoc et plateforme ferrée. Le linéaire requis pour effacer la différence de niveau, et assurer les diverses transitions est de 350 m.

L'estimation intègre donc les travaux de terrassement requis pour chacune des voies unique, et les modifications plus légères du RFN pour pose de deux branchements simples de voie et reprise de signalisation.

En cas de virage court de la voie de sortie RFN, des impacts sont possibles sur l'ouvrage pont-rail. Les coûts d'intervention sont comptés

Estimation globale de l'option : 14 000 000 €

8.3 Option 3 : Place Ravezies

L'option de raccordement à niveau de la place Ravezies est simplifiée, puisqu'elle consiste en la prolongation des voies du RFN par une plateforme tram de 200 m environ, comblant le hiatus entre les heurtoirs actuels et la ligne de tram C. La connexion au tram nécessitera un appareil de voie adéquat, et des signaux associés, pris en compte dans le chiffrage.

Estimation globale de l'option : 2 000 000 €

8.4 Option 4 : Allée de Boutaut

Le raccordement de l'allée de Boutaut implique la reconstitution d'un segment de voie ferrée de ceinture, sur une distance de 1100 m, et le branchement à la ligne C via un appareil de voie et une signalisation adaptée. Cet aménagement n'est pas chiffré ici puisqu'a priori pris en compte dans le projet de TT du Médoc

8.5 Solution alternative : Tram parallèle au RFN

Cette solution consiste à tracer une double voie parallèle au RFN, au nord de cette emprise, puis de réaliser un pont-tram assurant une traversée dénivelée avec les TER transitant systématiquement par le raccordement Beyreman – Bonnaous mis à double voie. Ce saut de mouton est très complexe à réaliser dans un secteur densément urbanisé.

Estimation globale de l'option : 18 000 000 €

