

DESCRIPTION DU PROJET : FAISABILITÉ DES DIFFÉRENTS SCÉNARIOS



Antony • Châtenay-Malabry • Le Plessis-Robinson • Clamart

1. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES

1.1. SYSTÈME DE TRANSPORT : LE TRAMWAY FER

Le système tramway est à la base un système ferroviaire classique (roulement fer sur fer) dans lequel des rames indépendantes roulent sur leurs infrastructures.

La forte évolution du marché, le contexte de plus en plus concurrentiel, mais surtout l'engouement autour de ce mode, plébiscité par de nombreuses agglomérations, ont conduit à un élargissement des matériels proposés. En France, 19 agglomérations disposent aujourd'hui d'au moins une ligne de tramway.

Le véhicule est composé par l'assemblage de plusieurs modules de base et offre la possibilité d'adapter chaque offre aux demandes issues des besoins spécifiques des territoires tout en bénéficiant d'outils de production standardisés.

Le concept général prend en compte les principes suivants :

- un plancher bas intégral (pour garantir l'accessibilité aux PMR¹⁹) avec des articulations multiples (adaptation aux courbes à faible rayon présentes en ville) ;
- personnalisation possible (notamment des aménagements intérieurs spécifiques)
- évolutivité de la capacité de transport.

Cette dernière peut, en effet, être augmentée au cours de la vie du véhicule sans diminuer les performances par l'ajout de nouveaux modules.

Le système de guidage des tramways fer est basé sur le contact rail/roue, solution très majoritairement adoptée dans le monde (plus de 400 réseaux). Il a pour principal avantage de limiter la surface d'adhérence qui favorise une faible consommation en énergie et une usure limitée de la roue et du rail.

Pour l'alimentation en énergie du tramway Antony-Clamart, un système traditionnel

de LAC (Ligne Aérienne de Contact) est envisagé.

L'alimentation en énergie par ligne aérienne de contact, suspendue en règle générale à une hauteur moyenne de 6,20 m environ, est portée par des poteaux ou des transversaux, fixés soit à des crochets d'ancrage scellés dans la façade des immeubles lorsque les conditions le permettent, soit à des poteaux situés de part et d'autre de la plateforme.

19. — PMR : Personne à Mobilité Réduite

1.2. LE TRACÉ ET LES CARACTÉRISTIQUES D'INSERTION

1.2.1. Les contraintes de gabarit

Le tramway sur fer est un système entièrement guidé dont l'emprise varie selon les caractéristiques du matériel roulant et le positionnement des poteaux qui portent la ligne aérienne de contact.

Aujourd'hui, le choix du matériel roulant n'est pas arrêté pour le tramway Antony-Clamart. Les plus fortes contraintes d'insertion doivent donc être prises en compte. Les études ultérieures permettront d'affiner ces contraintes et de réduire si possible le gabarit.

Paramètre	Valeur
Largeur de la plateforme voie unique en alignement droit	3,10 m
Largeur de la plateforme voie double en alignement droit entre séparateurs infranchissables	6,05*, 6,55** m
Rayon minimum en courbe	25 m
Pente maximum	8 % (tram fer)
Longueur des stations	30 à 40 m
Largeur d'un quai latéral	2,50 m
Largeur d'un quai axial	3,00 m
* Largeur minimum en alignement droit sans poteaux centraux ** Largeur minimum en alignement droit avec poteaux centraux	

1.2.2. Rayons de courbure et vitesses

Le tracé du tramway doit être conçu de manière à desservir au mieux les pôles d'habitation, d'activités, d'études, de commerces, de culture et de loisirs de l'agglomération. Cependant, le tracé doit être le plus linéaire possible. En effet, tout changement de direction du site propre implique l'aménagement de courbes qui, si elles sont de petit rayon, ralentissent la vitesse de circulation des véhicules et

affectent le confort des voyageurs. L'impact sur les temps de parcours peut avoir un effet négatif sur l'attractivité du tramway. La multiplication des courbes à franchir a également un impact non négligeable sur le vieillissement du matériel et de l'infrastructure.

Le tableau ci-dessous indique les vitesses de franchissement des courbes de petit rayon. La vitesse normale de circulation en zone urbaine (50 km/h) n'est possible que dans les courbes ayant un rayon supérieur à 200 m.

Rayon	25 m	30 m	50 m	100 m	200 m
Vitesse	18 km/h	19 km/h	25 km/h	35 km/h	50 km/h

1.2.3. Site propre et aménagement de l'espace urbain

L'insertion du site propre doit s'appuyer sur des principes généraux qui peuvent parfois entrer en contradiction entre eux. Ces principes sont les suivants :

- organiser la voirie pour faciliter le fonctionnement des transports publics ;
- redistribuer et préserver les fonctions vitales de la voirie (circulation piétonne, circulation vélos, circulation automobile, livraisons, accès riverains, etc.) ;
- minimiser les acquisitions foncières ;
- limiter l'impact sur l'environnement et sur les secteurs protégés ou classés du territoire ;
- valoriser l'espace public et le mettre en harmonie avec son environnement urbain ;
- chercher à optimiser les coûts d'investissement du projet.

Chaque position du site propre dans l'espace de la rue (axial, latéral, bilatéral) présente des avantages et des inconvénients. Le positionnement doit être choisi en fonction du caractère de la voie empruntée, de ses usages, de son évolution.

Dans le cas de rues de bonne largeur, trois options principales d'insertion sont possibles :

- **site propre axial** : la plateforme du tramway est implantée dans l'axe de la voirie. Cette disposition offre l'avantage de ne pas générer de conflit avec les accès riverains.



Figure 34 : Vue d'un site propre axial – Source : SYSTRA

- **site propre unilatéral** : la plateforme est implantée sur un côté de la voirie. Le principe convient aux voiries en sens unique. Les accès riverains sont maintenus mais ils doivent être en nombre restreint.



Figure 35 : Vue d'un site propre unilatéral – Source : SYSTRA

- **site propre bilatéral** : ce principe est dérivé de celui des couloirs de bus. Le système de transport dispose d'un site propre de chaque côté de la voirie. Il est possible quand le nombre d'accès riverains est limité ou avec la création de contre allées permettant l'accès aux riverains.



Figure 36 : Vue d'un site propre bilatéral – Source : SYSTRA

1.2.4. Principes pour la localisation des stations

La localisation des stations doit être optimale par rapport au besoin de captation de la demande de transport. Celles-ci doivent être placées à des points stratégiques du tracé, c'est-à-dire :

- aux carrefours de rues qui permettent un bon rayonnement dans le quartier environnant ;
- à proximité des pôles résidentiels ;
- à proximité de pôles d'emplois et d'activités professionnelles ;
- à proximité de centres administratifs ;
- à proximité de centres d'enseignement (collèges, lycées, facultés) ;
- à proximité de pôles de santé (hôpitaux, cliniques) ;
- à proximité de pôles commerciaux, de loisirs et d'intérêt touristique, etc.

Ces besoins doivent être conjugués avec l'espace disponible pour insérer les quais et l'accès aux stations.

Il existe trois grands types de stations :

- les stations avec des quais latéraux en vis-à-vis : c'est le type le plus classique de station, le plus lisible pour le voyageur ;
- les stations à quais latéraux en décalé : ce type de station est souvent implanté dans les zones de carrefour, les quais étant placés après le carrefour ;
- les stations à quai axial : ce type de station est possible pour les véhicules avec des portes à droite et à gauche. C'est le cas pour le tramway.

1.2.5. Principes d'aménagement aux carrefours

1.2.5.1. Priorité au tramway

Une signalisation lumineuse aux carrefours accorde le passage au tramway ou lui interdit le franchissement de la voie routière. Cette signalisation est mise en place lors des traversées routières, pour :

- augmenter la vitesse commerciale du tramway ;
- éviter les conflits (et risques d'accidents) avec les autres véhicules.

L'objectif est d'accorder une priorité maximale au tramway tout en minimisant la perturbation apportée aux autres usagers de la voirie. Pour atteindre cet objectif, un dispositif (boucles électromagnétiques) en amont de chaque carrefour permettra d'annoncer ou de détecter l'arrivée du tramway.

1.2.5.2. Insertion du tramway au niveau des carrefours

L'aménagement des carrefours doit prendre en compte différents critères :

- la sécurité des usagers (pour les véhicules motorisés et les modes doux) ;
- la gestion du trafic routier ;
- la performance des transports en commun incluant la vitesse commerciale et le confort des usagers ;
- les contraintes d'insertion (difficultés techniques) et impact éventuel sur le foncier.

Les giratoires et carrefours à feux présentent chacun des avantages et des inconvénients qui sont listés dans le tableau ci-dessous. Le choix entre giratoire et carrefour à feux doit s'effectuer suivant le contexte et l'impact sur les différents critères cités.

	Avantages	Inconvénients
Giratoire	<ul style="list-style-type: none"> • Peu ou pas d'attente si les flux sont équilibrés • Très indiqué pour les carrefours complexes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement qui demande de l'espace • Évolutivité limitée : pas de régulation et 2 voies d'accès maximum recommandées
Carrefour à feux	<ul style="list-style-type: none"> • Régulation des phases possible • Possibilité d'avoir des mouvements de véhicules autorisés pendant le passage du tramway • Aménagement plus urbain • Facilités pour les modes doux avec phases dédiées 	<ul style="list-style-type: none"> • Attente aux feux rouges pour les véhicules particuliers • Queues éventuellement plus longues mais évacuées régulièrement

1.3. SYNTHÈSE DES PRINCIPES D'INSERTION

Les principes d'insertion urbaine de la plateforme et des fonctionnalités qui l'accompagnent ont été établis à partir des données techniques du matériel roulant, des textes législatifs et réglementaires, des recommandations CERTU²⁰, des préconisations du Conseil général des Hauts-de-Seine, des documents d'urbanisme communaux et de l'usage. Toutefois, certains de ces principes ont parfois nécessité des adaptations au site compte tenu de ses contraintes.

Ces principes pourront être affinés par la suite selon les attentes des communes et des riverains.

Les principes d'insertion adoptés à ce stade de l'étude sont donc les suivants :

- la **plateforme tramway** : de 6,20 m de largeur en section courante. L'emprise totale nécessaire au fonctionnement de la voie est plus large aux droits des traversées piétonnes. Ces dernières accueillent un ou deux refuges piétons de 1,5 à 2 m. Ces surlargeurs peuvent être utilisées en amont des carrefours pour implanter les mâts de signalisation tricolore ;
- le **rayon de giration** : de 25 m minimum, avec une longueur de courbe de 30 m minimum pour la prise en compte des contraintes techniques ;
- les **stations** disposent de quais de 40 m de long, pour une largeur de 3 m avec des rampes d'accès de 6 m minimum pour une pente inférieure à 5 %. Il est prévu 10 m d'alignement droit en entrée de station pour garantir l'accessibilité du tramway aux personnes à mobilité réduite sur l'ensemble du quai préservant une lacune (vide entre le matériel roulant et le quai) inférieure à 2 cm. Ainsi, un alignement droit supérieur à 60 m est nécessaire pour l'implantation des stations ;
- la **chaussée** est une voie de 3 m à 3,5 m selon l'intensité du trafic et la vitesse attendue ;
- le **stationnement** est dimensionné avec 2 m de large, 6 m de long minimum pour une place ou 5,50 m par place si groupées ;
- les **piétons** cheminent sur des espaces de 2 m minimum, sauf si les contraintes existantes sont trop importantes, dans ce cas la limite légale de 1,40 m hors obstacle est tolérée ;

20. – Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques ; service du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer.

- les **pistes cyclables** sont dimensionnés à 3 m pour les pistes cyclables bidirectionnelles, 1,5 m pour les pistes unidirectionnelles + 50 cm si elles longent des places de stationnement.

En cas de conservation des aménagements existants ou dans certaines configurations exceptionnelles, les largeurs proposées pourront être adaptées dans le respect des normes en vigueur.

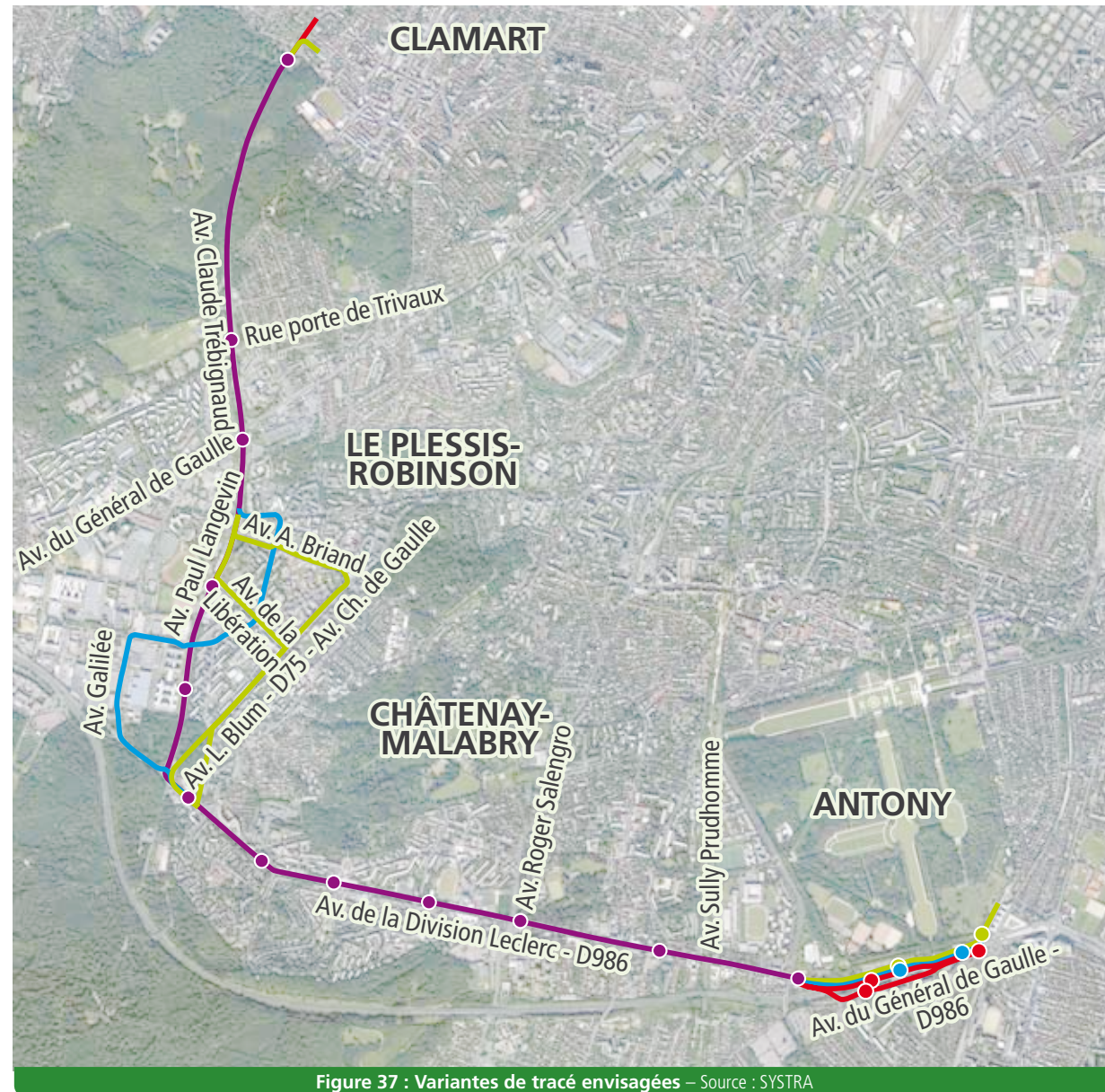
2. LES VARIANTES DE TRACÉ

2.1. LES DIFFÉRENTES VARIANTES DE TRACÉ ENVISAGÉES

La recherche d'itinéraires a débuté par la segmentation de la zone en trois tronçons :

- Le **premier tronçon** relie la station RER La Croix-de-Berny au chemin du Loup-Pendu à Châtenay-Malabry. Cet axe direct emprunte l'avenue du Général-de-Gaulle et l'avenue de la Division-Leclerc. Mise à part la problématique du terminus à La Croix-de-Berny, aucune variante de tracé n'a été proposée sur cette séquence, qui est contrainte au sud par l'A86 et au nord par une urbanisation dense sur un axe propice à l'insertion d'un TCSP.
- Le **deuxième tronçon** s'étend du chemin du Loup-Pendu à Châtenay-Malabry à l'avenue Édouard-Herriot au Plessis-Robinson. De part et d'autre de cette avenue se trouve le parc d'activités Novéos et une zone dense d'habitation. Plusieurs itinéraires ont été envisagés, en fonction des priorités de desserte privilégiées.
- Le **troisième tronçon** permet d'atteindre la place du Garde par l'avenue Claude-Trebignaud. Aucune variante n'a été proposée compte tenu de la contrainte forte liée à la forêt domaniale de Meudon.

Les variantes de tracé proposées sur le deuxième tronçon figurent sur la carte suivante.



2.2. VARIANTES DE TRACÉ ÉCARTÉES SUR LE TRONÇON 2 (CHÂTENAY-MALABRY - LE PLESSIS-ROBINSON)

2.2.1. La variante bleue

Cette variante traverse le carrefour du 11-Novembre-1918 puis continue sur la deuxième partie de l'avenue de la Division-Leclerc et tourne à droite dans le parc d'activités Novéos sur l'avenue Galilée. Elle suit ensuite l'avenue Descartes, traverse l'avenue Paul-Langevin afin de desservir le quartier de Malabry par la rue du Loup-Pendu, la rue du Carreau et l'avenue Édouard-Herriot. La variante bleue présente une longueur de 2 535 m.



Cette variante a été écartée pour les raisons suivantes :

A Projet de l'échangeur de la Boursidière

Ce projet est susceptible d'impacter les emprises de cette variante ce qui en complexifie la réalisation.

B Ligne à haute tension

Une ligne aérienne à haute tension traverse le parc d'activités Novéos. Il existe un projet d'enfouissement mais aucune certitude n'existe quant à sa réalisation, ni à son planning.

Du fait de la proximité de l'aéroport de Vélizy-Villacoublay, cette ligne est installée à une faible hauteur du sol sur une zone étendue représentée sur le schéma suivant :



Il existe une distance minimum d'isolement à respecter entre les lignes à haute tension et toute construction. L'arrêté interministériel indique que cette distance dépend de la tension (pour 225 kV il faut 4,125 m). La CRAMIF²¹ et EDF préconisent quant à eux une distance de 5 m.

Sur cette hypothèse et compte tenu du gabarit de l'infrastructure (LAC à 6,30 m, poteaux supports à 10 m), il faut au moins 15 m de hauteur libre au droit de la ligne haute tension ; or, une telle hauteur n'est pas disponible à cet endroit.

21. – Caisse Régionale d'Assurance Maladie d'Île-de-France.

Par ailleurs, l'insertion sur l'avenue Galilée nécessiterait d'acquérir quelques mètres sur les parkings d'entreprise situés à l'est de la voirie.

C Rue du Carreau

La seconde partie de cette rue est étroite et la proximité des bâtiments très contraignante. Cette option nécessiterait des acquisitions foncières et des aménagements complexes et coûteux.

D Les fontaines sur les carrefours

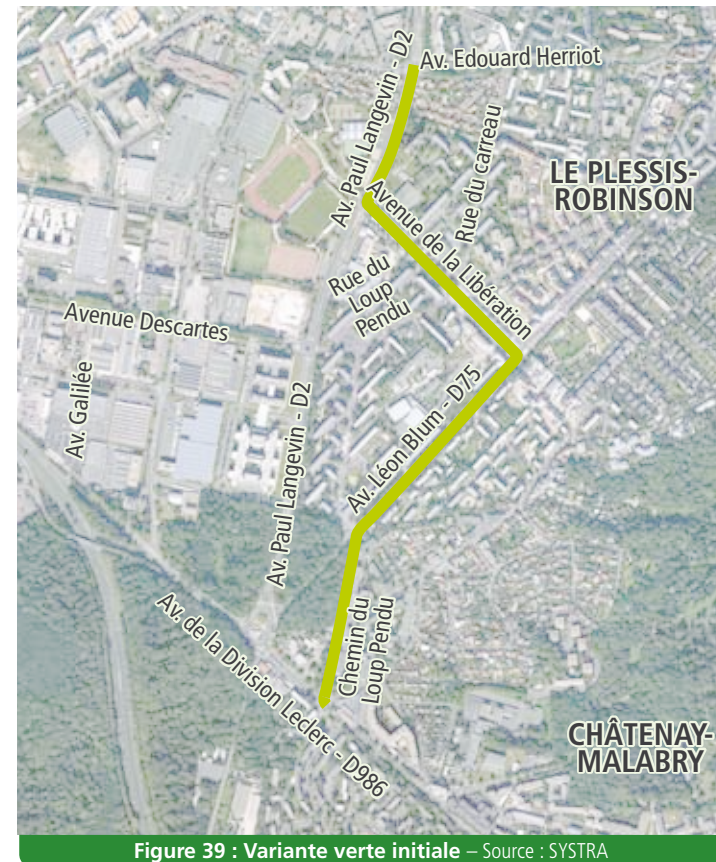
En direction du Collège Romain Rolland, la rue du Carreau comporte deux ronds-points présentant chacun une fontaine. L'insertion du tramway nécessiterait de retirer ces deux fontaines et la création de carrefours à feux à la place des ronds-points.

En conclusion, cette variante traverse des quartiers denses en logements et emplois mais elle s'avère plus longue et moins efficace pour assurer des correspondances avec le réseau « lourd » de transport en commun (RER, métro...). Par ailleurs, l'accumulation des contraintes d'insertion conduit à ne pas privilégier cette variante.

2.2.2. La variante verte

Cette variante dessert directement le quartier Malabry sans passer par le carrefour du 11-Novembre-1918.

Dans sa configuration initiale, elle commence par emprunter le chemin du Loup-Pendu, continue sur l'avenue Léon-Blum, l'avenue de la Libération et termine sur l'avenue Paul-Langevin. Son linéaire est de 1 857 m.



Le prolongement de cette variante a été envisagé sur l'avenue Charles-de-Gaulle, afin de regagner l'avenue Paul-Langevin par l'avenue Aristide-Briand. L'objectif était de mieux desservir le centre-ville. Le tracé par l'avenue de la Libération s'avère incompatible avec le projet de pôle culturel de la municipalité.

Le sud de cette variante a été modifié pour éviter d'emprunter le chemin du Loup-Pendu, jugé trop étroit. Le nouvel itinéraire proposé passe par le carrefour du 11-Novembre et bifurque sur la RD 75. Il fait 2 554 m.

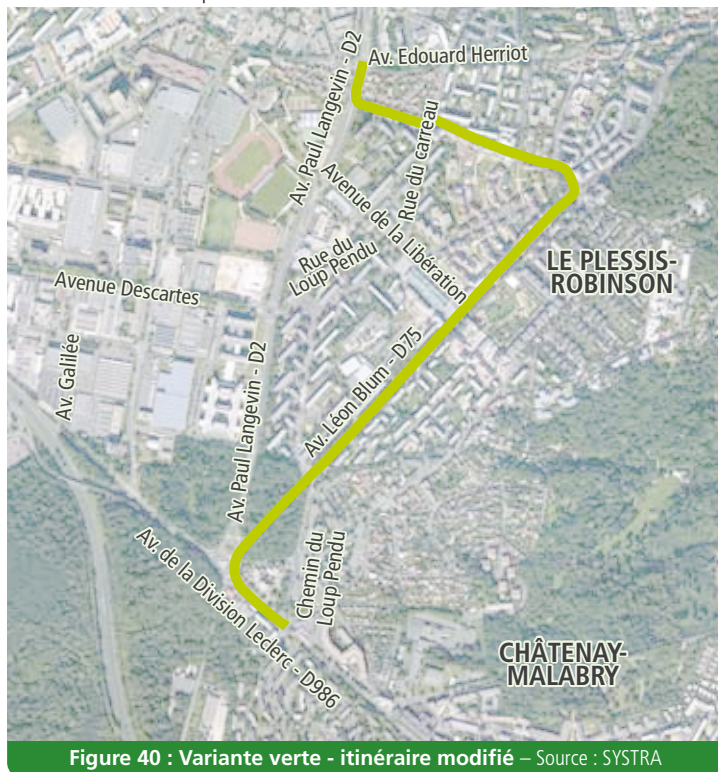


Figure 40 : Variante verte - itinéraire modifié – Source : SYSTRA

Les principales difficultés identifiées sont les suivantes:

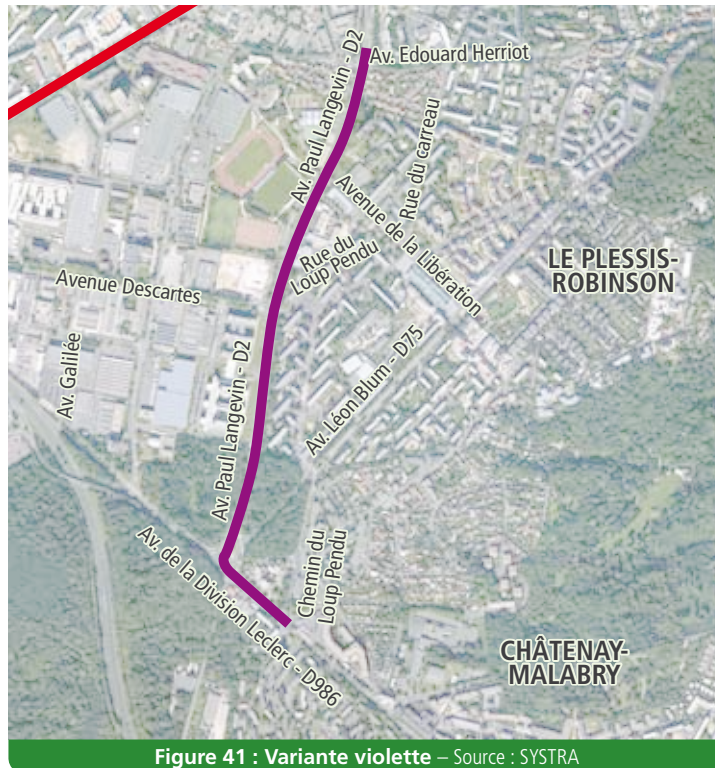
- la portion de la RD75 située entre le carrefour du 11-Novembre et le chemin du Loup-Pendu est un axe chargé aux heures de pointe. Il est nécessaire de réaliser des acquisitions foncières pour maintenir 2 x 1 voies pour les véhicules particuliers;
- la giration entre l'avenue Aristide-Briand et la rue Charles-Percier nécessite des acquisitions foncières;
- les jardins au bout de la rue Percier nécessitent d'être acquis.

Cette variante, légèrement plus longue que la variante centrale, présente l'avantage de desservir le cœur d'un quartier dense, qui a été rénové. Le chemin du Loup-Pendu et l'avenue Léon-Blum sont bordés par des immeubles d'habitat collectif, dont la densité rapportée à l'ilot dépasse 100 habitants par hectare. Mais de réelles difficultés persistent, liées à l'insertion impliquant des acquisitions foncières.

Cette variante a donc été écartée.

2.3. LE TRACÉ RETENU : LA VARIANTE VIOLETTE

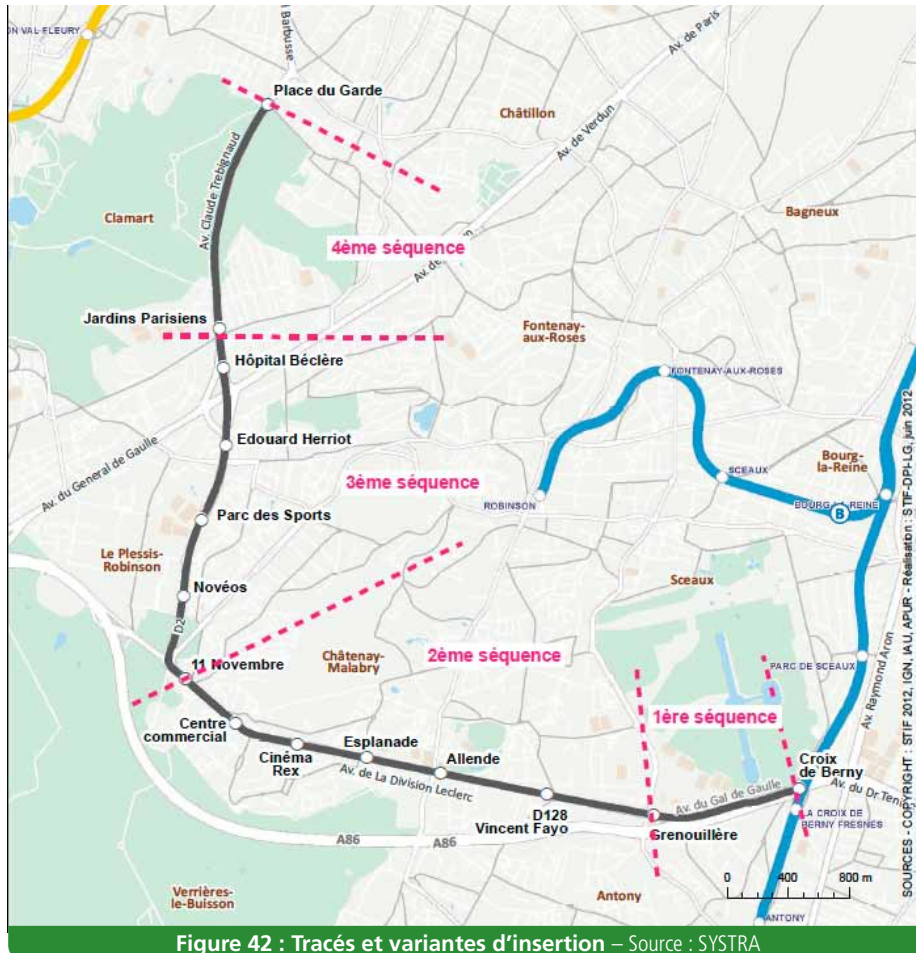
Cette variante relie directement le carrefour du 11-Novembre à la station « Hôpital Bécère » du tramway T6, par l'avenue Paul-Langevin.



Cette variante ne présente pas de difficulté technique particulière, en dehors de la traversée du carrefour du 11-Novembre. Son intérêt est qu'elle permet de desservir simultanément deux pôles importants :

- la zone d'activités Novéos, qui rassemble à ce jour de nombreux emplois et qui va faire l'objet d'un développement important,
- le quartier Joliot-Curie, zone résidentielle d'habitats collectifs.

3. LE TRACÉ ET SES VARIANTES D'INSERTION



Le tracé retenu a été découpé en quatre séquences :

- **La première séquence** comprend le terminus de La Croix de Berny jusqu'au croisement avec la rue Sully-Prudhomme (Antony);
- **La seconde séquence** correspond à l'avenue de la Division-Leclerc (Châtenay-Malabry);
- **La troisième séquence** se constitue du carrefour du 11-Novembre, de l'avenue Paul Langevin (Le Plessis-Robinson) et de l'avenue Claude-Trebignaud jusqu'au croisement avec la rue de la Porte de Trivaux (Clamart);
- **La quatrième séquence** s'étend sur l'avenue Claude-Trébignaud, du croisement avec la rue de la Porte de Trivaux jusqu'au terminus Place du Garde (Clamart).

3.1. SÉQUENCE 1 : LA CROIX-DE-BERNY ET L'AVENUE DU GÉNÉRAL-DE-GAULLE

La première séquence est constituée du carrefour de La Croix-de-Berny, où devra être inséré le terminus et de l'avenue du Général-de-Gaulle jusqu'au croisement avec l'avenue Sully-Prudhomme. Elle s'étend sur une longueur de 1 130 mètres.

3.1.1. Terminus Croix-de-Berny

3.1.1.1. Existant



Figure 43 : Existant à La Croix-de-Berny
Image Google



Figure 44 : RER B et terminus TVM à La Croix-de-Berny
Photo SYSTRA

Le terminus de La Croix-de-Berny prend la forme d'un carrefour complexe qui assure de multiples fonctions:

- c'est un pôle d'échanges important entre le RER B, le Trans Val de Marne et plusieurs lignes de bus ;
- il se situe au croisement d'axes routiers fréquentés, empruntés entre autres par les véhicules qui se dirigent ou proviennent de l'A86 ;
- c'est un carrefour qui sera réaménagé dans le cadre du projet de couverture de l'A86.

Les contraintes d'insertion sont importantes pour le projet de tramway. L'optimisation des correspondances et la canalisation des flux piétons sont rendues complexes compte tenu de la circulation routière et du positionnement des axes de transports en commun. Les cheminements piétons seront étudiés finement sur ce secteur.

Aujourd'hui, le TVM arrive d'Antony et effectue son demi-tour sur l'Avenue du Général-de-Gaulle pour venir desservir son arrêt au niveau de la gare RER, située en hauteur sur ouvrage.

Au sud du carrefour, un parking propose 36 places de stationnement.

L'étude de circulation réalisée montre que le premier carrefour constitué par l'intersection de l'avenue Le Brun et l'avenue du Général-de-Gaulle est très chargé et que ses réserves de capacité sont limitées.

La dissociation physique du projet de tramway d'avec celui du tube sud de l'A86 est un des enjeux forts de l'insertion à ce terminus.

En effet, en cas d'interaction directe entre les emprises des deux projets, la non réalisation du projet de l'A86 avant le tramway pourrait mettre en péril la réalisation du tramway.

3.1.1.2. Projets de positionnement du terminus à la Croix de Berny

Deux solutions d'insertion au niveau du terminus Croix-de-Berny sont envisagées.

- **Solution 1 :**

Dans cette solution, le terminus est situé sur l'avenue le Brun, le long du Parc de Sceaux. En amont du terminus, la plateforme, que l'on propose engazonnée, s'insère au nord de la voirie maintenue à 2 x 1 voies.



Figure 45 : Croix de Berny solution 1 – Source : SYSTRA

Dans cette configuration, le site propre du TVM et le pôle bus ne sont pas impactés. La station terminus se situe à 80 mètres de la gare RER (bas de l'escalier), soit environ 1 minute et 20 secondes en considérant une vitesse de 1 mètre par seconde et à 110 mètres du pôle bus et TVM, ce qui correspond à environ 1 minute et 50 secondes de temps de marche.

Le terminus est aménagé en arrière-gare avec un tiroir de retournement. La pente de l'avenue Le Brun oblige à réaliser cette arrière-gare en trémie. L'espace très contraint engendre le déplacement du mur de soutènement du trottoir le long du parc de Sceaux au niveau de la station.

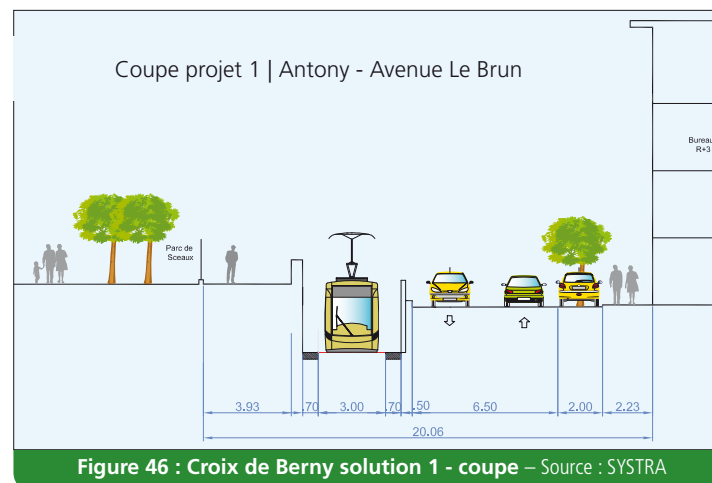
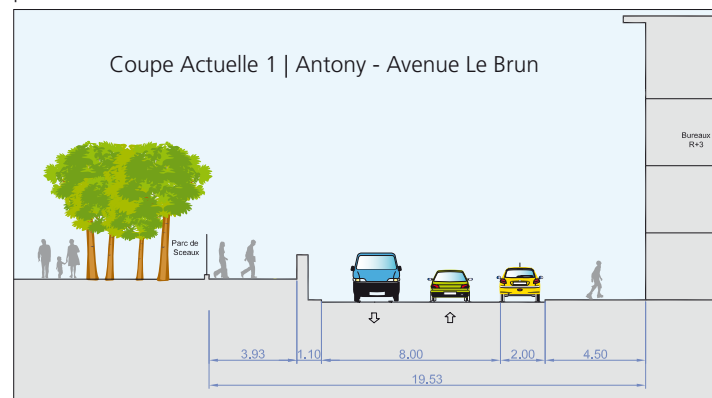


Figure 46 : Croix de Berny solution 1 - coupe – Source : SYSTRA

Analyse insertion et paysage

Cette option présente le double avantage de ne pas impacter le carrefour de Croix de Berny et de se dissocier physiquement de l'emprise du projet de l'A86. Le pôle bus, ainsi que le site propre du TVM, ne sont pas impactés.

Une double file de circulation sera maintenue sur la RD986. La plateforme pourrait être engazonnée afin de prolonger la verdure du Parc de Sceaux et de soigner son abord.

Compte tenu de la densité de la circulation sur l'avenue Le Brun et de l'impossibilité de détourner le trafic, l'insertion présentée propose le maintien des deux sens de circulation. Pour assurer cette fonctionnalité, il est en revanche nécessaire de réduire ponctuellement la largeur de la voirie à 5,50 m, le trottoir à 1,40 m et de déplacer le mur de soutènement du trottoir le long du Parc de Sceaux. Un terminus en simple arrière-gare est également proposé (un seul tiroir de retournement). Enfin, une des deux rampes d'accès au quai de la station a dû être supprimée en raison de son incompatibilité avec les normes d'accessibilité.

Dans la configuration présentée ici sur la rue Le Brun, le stationnement a été modifié, mais le différentiel de stationnement est faible.

Analyse acquisitions foncières

Cette solution nécessite d'acquérir une bande de terrain au niveau du parking du parc de Sceaux.

Analyse exploitation

Le maintien des deux voies de circulation générale contraint le nombre de voies possibles en arrière-gare : seul un tiroir de retournement est alors envisageable et aucune position de stockage ne peut être ajoutée.

Cette insertion présente l'avantage de ne présenter aucun carrefour supplémentaire. L'exploitation du terminus pourra être réalisée sans traversée de voie de circulation et un temps de retournement optimisé (l'appareil de voie pourra être inséré à la sortie de la station terminus).

Analyse circulation

D'un point de vue trafic routier, cette solution est très favorable puisque le tramway ne perturbe pas le fonctionnement du carrefour. Les deux sens de circulation rue Le Brun sont par ailleurs conservés, avec une réduction ponctuelle de la vitesse du fait du rétrécissement de la voirie au niveau de la voie d'accès au parking souterrain.

Analyse flux piétons

La gestion des flux piétons, notamment pour assurer la correspondance entre le tramway et le RER B, est un point spécifique à traiter.

Pour rejoindre la station du RER depuis le tramway, les piétons devront parcourir une centaine de mètres. Le cheminement piéton se compose d'une traversée de l'avenue Le Brun et d'une traversée de l'avenue du Général-de-Gaulle en deux temps. Les traversées piétonnes s'effectuent alors que certains mouvements conflictuels sont autorisés (les mouvements qui tournent depuis l'avenue Le Brun et l'avenue Léon-Blum vers la D986 Est génèrent un conflit avec les piétons au niveau de la sortie de carrefour).

Le phasage des feux devra être étudié de façon à limiter le temps d'attente des piétons entre chaque traversée. À titre indicatif, le temps de parcours depuis la station de tramway vers la station de RER est évalué à environ 2 minutes dont 30 secondes de temps d'attente pour traverser.

Par ailleurs, les espaces intermédiaires entre les traversées permettent d'assurer la sécurité des piétons.

Des études approfondies concernant les cheminements piétonniers seront réalisées.

Ces études permettront d'examiner les différentes options d'aménagement envisageables (refuges piétons, passerelle...).

• Solution 2

Dans cette solution, le terminus a été envisagé en axial dans l'avenue du Général de Gaulle en amont du carrefour, comme représenté sur la figure 47. La plateforme du tramway s'insérerait au sud de la voirie, qui passerait à une seule voie.

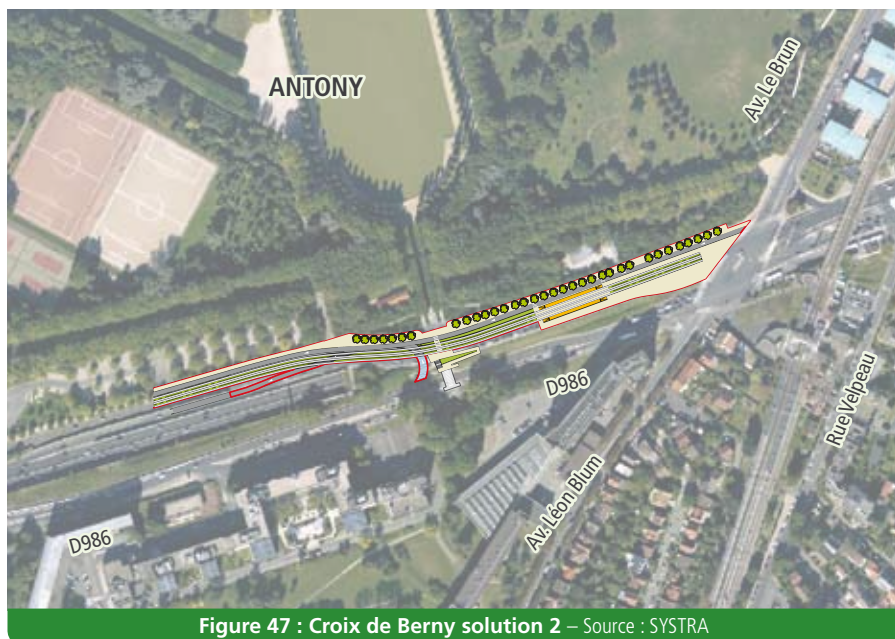


Figure 47 : Croix de Berny solution 2 – Source : SYSTRA

La station terminus se rapproche davantage du quartier Jean Zay et se situe à 180 m de la gare RER (3 min du bas de l'escalier) et à 210 mètres du pôle bus et TVM (3 min 30 de marche).

Analyse insertion

Afin de pouvoir restituer la deuxième voie nécessaire à la circulation, aménager une piste cyclable, éviter le cisaillement avec la circulation qui emprunte la bretelle d'accès à l'A86 et permettre la réalisation des travaux du tube sud de l'A86, il a été décidé de décaler la plateforme du tramway vers le nord, le long du Parc de Sceaux. Cet aménagement fait l'objet d'une étude complémentaire.

Analyse acquisitions foncières

Cette solution nécessite d'acquérir une bande de terrain au niveau du parking du parc de Sceaux. Le décalage de la plateforme évoqué ci-dessus nécessitera certainement l'acquisition d'une bande de terrain supplémentaire sur l'emprise du Parc de Sceaux.

Analyse circulation

Cette solution présente l'avantage de ne pas impacter le carrefour existant ; tous les mouvements tournants restent possibles.

Analyse flux piétons

Cette solution présente l'inconvénient d'impliquer un cheminement piéton d'environ 180 mètres pour rejoindre la gare RER, ce qui correspond à environ 3 minutes de marche à pied. Ce cheminement se compose d'une traversée de l'avenue du Général de Gaulle, suivie d'une traversée de l'avenue Léon Blum, et devra être sécurisé.

Le quartier Jean Zay est quant à lui bien desservi et accessible par une simple traversée de l'avenue du Général de Gaulle. La sécurité du stockage des piétons à la sortie du quai est en revanche assurée, grâce à l'insertion d'une plateforme piétonne.

À ce stade des études, les deux variantes d'insertion sont conservées.

3.1.2. Insertion sur l'avenue du Général de Gaulle

3.1.2.1. Existant sur l'avenue du Général de Gaulle

L'avenue du Général de Gaulle est divisée en deux parties, de part et d'autre de l'A86. La coupe ci-dessous présente l'aménagement actuel de la voirie.

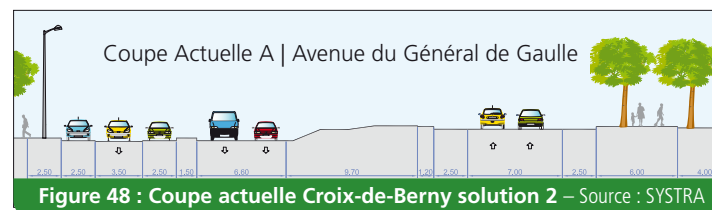


Figure 48 : Coupe actuelle Croix-de-Berny solution 2 – Source : SYSTRA

• Voirie nord

La partie nord de l'avenue du Général de Gaulle, qui longe le Parc de Sceaux, est constituée de deux files de circulation est → ouest. Une voie permettant l'accès à

l'autoroute débute au niveau de l'entrée principale du Parc de Sceaux. Au-delà de cette bretelle d'accès, l'avenue du Général de Gaulle est séparée de l'A86, située en contrebas du côté sud, par un muret.

Entre le carrefour Croix-de-Berny et l'entrée principale du Parc de Sceaux, on compte 68 places de stationnement bilatéral. Plus à l'ouest, trois poches de stationnement latéral côté nord constituent 25 places.

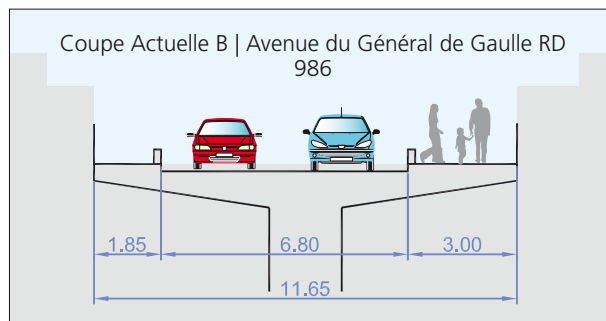
• Voirie sud

La partie sud de l'avenue du Général de Gaulle est constituée de deux files de circulation dans le sens ouest-est. Cet axe passe devant la sous-préfecture, et est bordé, au nord, par l'A86, située en contrebas. À l'ouest du carrefour Croix-de-Berny et sur une longueur de 350 mètres environ, une contre allée permet l'accès à la sous-préfecture. Celle-ci est bordée de stationnement bilatéral (40 places environ).

16 places de stationnement sont également présentes devant la sous-préfecture, et un parking situé quelques dizaines de mètres à l'est de celle-ci propose 32 places. On compte donc environ 180 places de parking sur cette avenue.

À l'ouest de la séquence, la partie sud rejoint la partie nord en empruntant le Pont des Marguerites, au-dessus de l'A86. Sur cet ouvrage, la circulation se fait à sens unique sur deux voies, d'une largeur globale de 6,80 mètres, et deux trottoirs encadrent la voirie.

La coupe ci-dessous représente l'aménagement actuel au niveau de cet ouvrage.



3.1.2.2. Projet sur l'avenue du Général de Gaulle



Figure 49 : Solution d'insertion 1 au terminus Croix de Berny

Source : SYSTRA

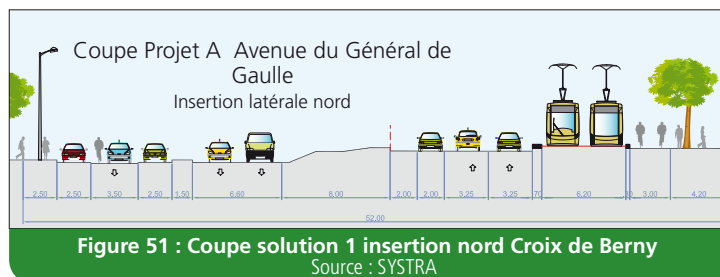


Figure 50 : Solution d'insertion 2 au terminus Croix de Berny

Source : SYSTRA

Quelle que soit l'implantation du terminus, l'insertion proposée suit l'avenue du Général de Gaulle et longe le Parc de Sceaux.

La plateforme tramway est insérée en site propre, au nord de l'avenue, comme le montre la figure ci-dessous. Une piste cyclable est aménagée le long du parc de Sceaux, au niveau de l'actuel trottoir.



Les deux variantes d'insertion présentées sont retenues. La concertation et la poursuite des études permettront de faire un choix entre l'une ou l'autre.

3.2. SÉQUENCE 2 : L'AVENUE DE LA DIVISION LECLERC

La deuxième séquence est constituée par l'avenue de la Division Leclerc, et s'étend sur un linéaire de 3 270 mètres.

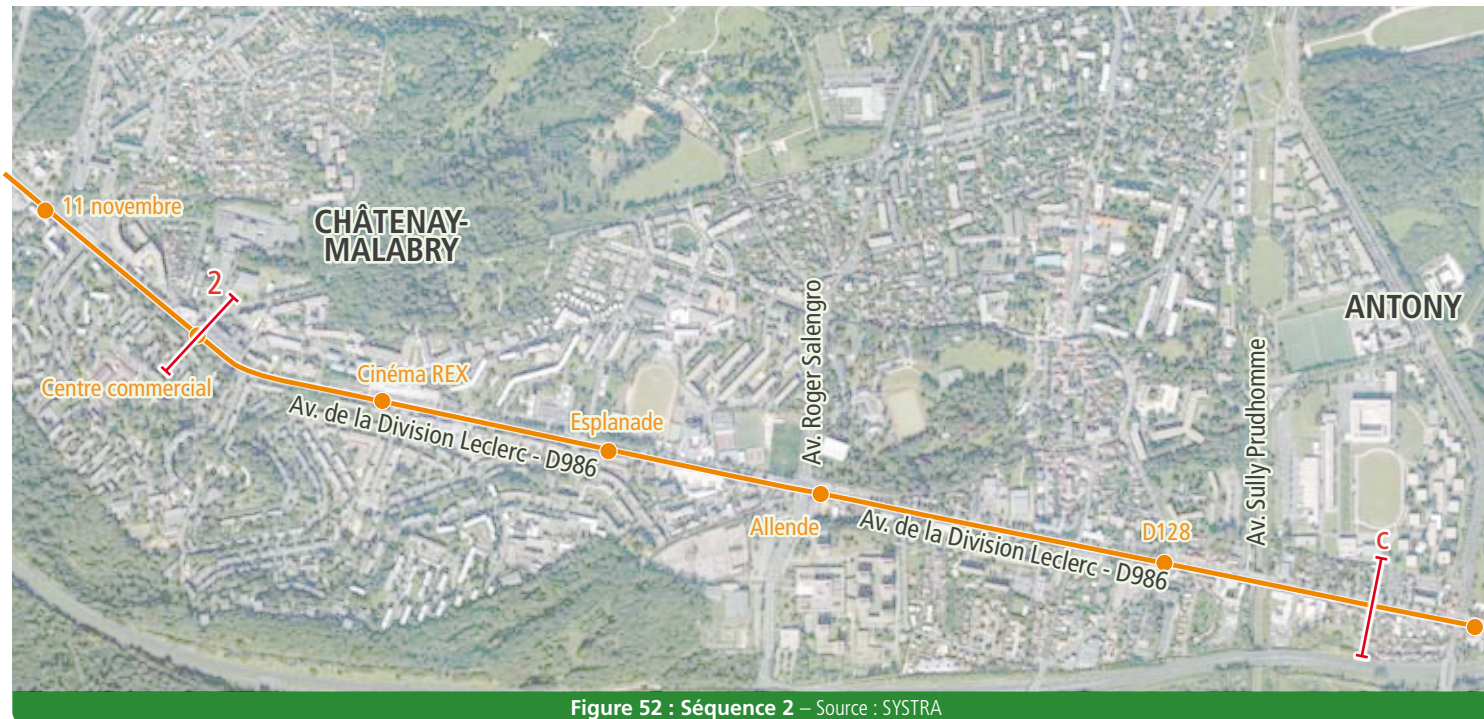
Cette partie du tracé dessert une zone dense et en plein essor : de nombreux programmes de logements sont en construction ou ont été construits récemment. Elle permet de créer un lien direct et rapide entre ces nouvelles habitations et le pôle de La Croix-de-Berny. Le rabattement deviendra attractif vers le RER B et TVM,

et permettra de rejoindre Paris ainsi que le nord et le sud-est de l'Île-de-France.

L'arrivée du tramway accompagnera sur cette séquence les trois projets d'envergure portés par la SEM92²² et le Syndicat mixte des transports.

Quatre lignes de bus parcourent actuellement l'avenue de la Division Leclerc. Il conviendra de réorganiser ce réseau, afin d'optimiser le rabattement vers le tramway, et de rechercher les complémentarités entre les réseaux.

22. – SEM 92 : Société d'Économie Mixte créée par le département des Hauts-de-Seine en 1985.

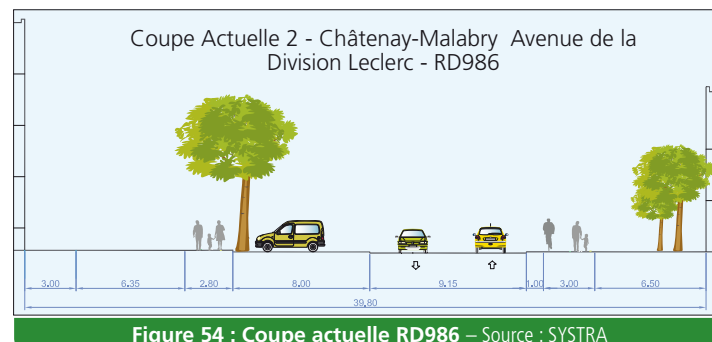
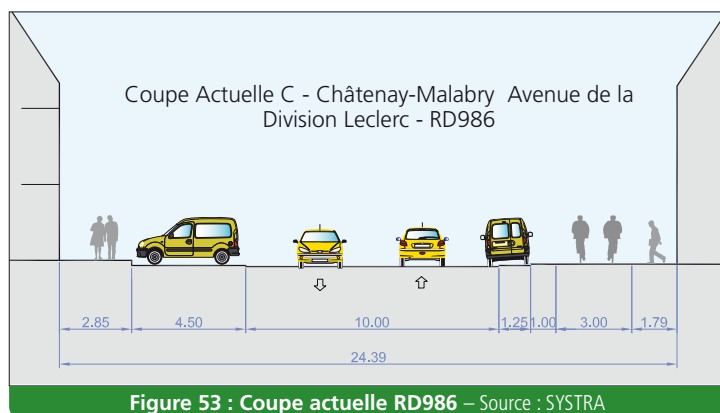


3.2.1. Existant sur l'avenue de la Division Leclerc

L'avenue de la Division Leclerc relie de façon directe la zone constituée du pôle de La Croix-de-Berny / Parc de Sceaux et le carrefour du 11 novembre. Il s'agit d'un axe important, composé d'une voie large à double sens.

La largeur de la chaussée varie sur la séquence de 8,50 à 10,50 mètres. Selon les tronçons, elle présente une ou deux files de circulation dans chaque sens. Une piste cyclable bidirectionnelle est présente sur l'ensemble du linéaire.

Les coupes ci-dessous représentent la configuration actuelle de la voirie. La largeur d'emprise disponible sur l'avenue peut varier, comme le montrent les deux exemples ci-dessous.



On note sur l'ensemble de la séquence un grand nombre de places de stationnement latéral : 660 places bordent la voirie entre le carrefour de l'Europe et le carrefour du 11-Novembre.

L'avenue de la Division Leclerc est très végétalisée : des alignements de platanes, en majorité sains (ou qui présentent des lésions sans gravité), sont présents le long du tracé. Les études établies par le CG92 en 2007 indiquent cependant une plus forte proportion d'arbres avec des lésions graves et irréversibles sur la section comprise entre la rue Appert et le carrefour du 11-Novembre.

Enfin, cette séquence est bordée d'habitat collectif récent, d'où un nombre important d'entrées/ sorties de véhicules à maintenir.

3.2.2. Projet

Deux types d'insertion sont envisagés :

- Axiale
- Bilatérale

L'insertion axiale est représentée sur la coupe ci-dessous :

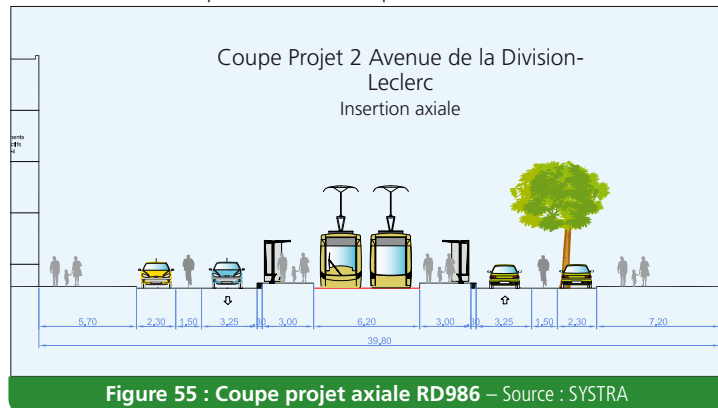


Figure 55 : Coupe projet axiale RD986 – Source : SYSTRA

L'insertion axiale du tramway permet de maintenir 2 x 2 voies de circulation quand cela est nécessaire. Cependant, les contraintes de largeur de voirie obligent à passer sur certains tronçons en 2 x 1 voies, en particulier au niveau des stations comme l'illustre la figure ci-dessus.

Une piste cyclable est aménagée sur l'ensemble de la séquence.

L'insertion bilatérale, représentée sur la coupe ci-dessous, est possible. Cependant la réalisation de contre-allées sur certains tronçons s'avèrerait nécessaire pour maintenir les accès riverains.

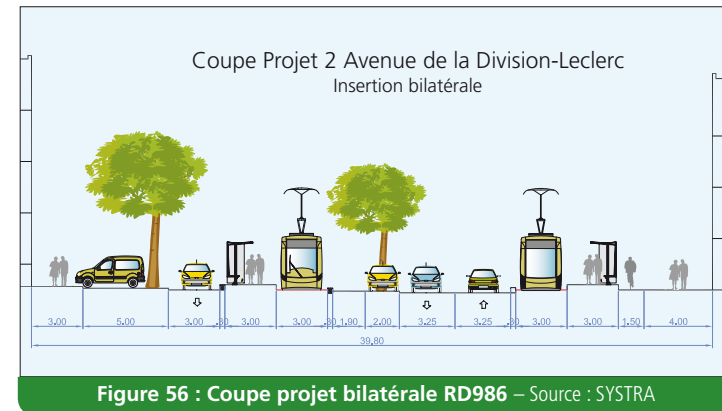


Figure 56 : Coupe projet bilatérale RD986 – Source : SYSTRA

Le tableau ci-dessous synthétise, d'une manière générale, les principaux avantages et les inconvénients des deux types d'insertion :

	Axial	Bilatéral
Stations	Station aménagée au centre de la voirie de part et d'autre de la plate-forme tramway	Continuité de l'espace entre la station et le trottoir sauf en cas de contre-allées
Circulation générale	Possibilité de créer 2 x 2 voies de circulation si besoin Seuls les mouvements de tourne-à-gauche des véhicules au niveau des carrefours occasionnent le franchissement de la plateforme du tramway Retournement possible des véhicules aux carrefours Nécessité de pacifier les circulations (éviter les vitesses excessives)	Création de contre-allées, impossibilité de maintenir 2 x 2 voies de circulation Multiplication des franchissements de plateforme de tramway par les véhicules (contre-allées, carrefours) > impact sur la circulation du fait de la priorité aux feux du tramway Pas de retournement possible des véhicules aux carrefours Impossibilité de créer des contre-allées sur les sections où la largeur est insuffisante et à proximité immédiate des carrefours

Piétons	Traversée en trois temps : voies de circulation/ voies tramway / voies de circulation	Traversée en cinq temps : contre-allée / voie tramway / voies de circulation / voie tramway / contre-allée
Itinéraires cyclables	Possibilité de maintenir un itinéraire dédié sur l'ensemble du linéaire	Possibilité de maintenir un itinéraire sur l'ensemble du linéaire en empruntant les contre-allées
Stationnement	Entre l'avenue Albert Thomas et le chemin du Loup Pendu, possibilité de créer 159 places de stationnement (contre 132 actuellement)	Entre l'avenue Albert Thomas et le chemin du Loup Pendu, possibilité de créer 133 places de stationnement
Exploitation	Insertion la plus favorable pour l'exploitation du tramway	Réduction de la vitesse commerciale du tramway (proximité espaces piétonniers)
Coûts		Surcoût de l'ordre de 40 % par rapport à l'axial (doublement de la plateforme et de certains équipements)

Les deux variantes d'insertion, axiale et bilatérale, sont retenues et présentées à la concertation.

3.3. SÉQUENCE 3 : ENTRE LE CARREFOUR DU 11-NOVEMBRE JUSQU'AU CROISEMENT AVEC LA RUE DE LA PORTE DE TRIVAUX

La troisième séquence comprend le carrefour du 11-Novembre, l'avenue Paul-Langevin, et l'avenue Claude Trebignaud jusqu'au croisement avec la rue de la Porte de Trivaux. Son linéaire est de 2321 mètres.

L'itinéraire choisi dessert le parc d'activités Novéos à l'ouest et un quartier dense d'habitations du Plessis-Robinson situé à l'est.

Il permet de desservir plusieurs équipements sportifs, et en particulier le futur centre d'entraînement du Racing Métro 92, en cours de construction.

Un des enjeux principaux de ce projet de tramway est de favoriser le rabattement vers le réseau structurant constitué du RER B, TVM, T6. Le tracé choisi dans cette zone s'inscrit dans cette logique car il permet aux usagers d'accéder plus rapidement et plus facilement à ces pôles multimodaux.



Figure 57 : Séquence 3 – Source : SYSTRA

3.3.1. Carrefour du 11-Novembre

3.3.1.1. Carrefour du 11-Novembre existant

Le carrefour du 11-Novembre se situe à l'intersection entre la D986 (avenue de la Division-Leclerc) et la D2 (avenue Paul-Langevin). Ce carrefour est complexe avec un fonctionnement en « double giratoire », géré par feux.

Une fontaine se situe sur l'îlot sud; l'îlot nord est quant à lui aménagé en jardin urbain. Un monument aux morts est attenant au carrefour. Entouré par plusieurs parcelles de forêt, ce carrefour constitue, malgré son caractère très routier, une zone verte du tracé de tramway.

3.3.1.2. Projet carrefour du 11-Novembre



Au niveau du carrefour du 11-Novembre, l'insertion se fait, comme recommandée par le CERTU²³, en axial, par le centre du carrefour. Ce mode d'insertion, plus lisible, est aussi le plus sécuritaire.

Le réaménagement du carrefour sera l'objet d'une étude spécifique portant sur les aspects paysagers.

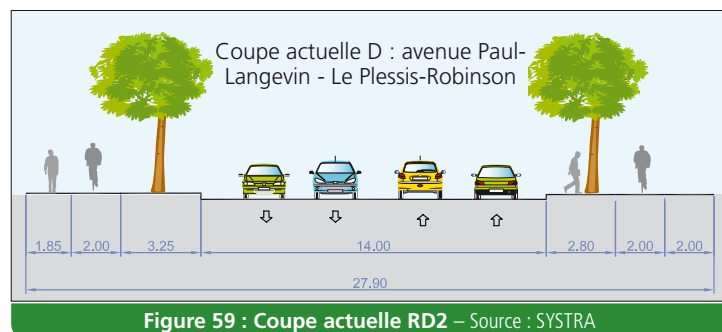
23. — CERTU : Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions

3.3.2. Avenue Paul Langevin et avenue Claude Trebignaud

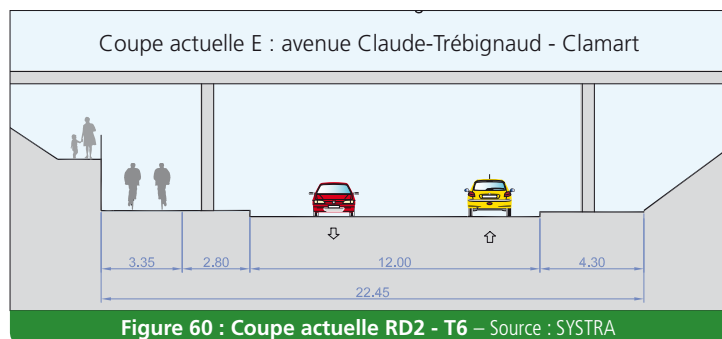
3.3.2.1. Existant avenue Paul-Langevin et avenue Claude-Trebignaud

L'avenue Paul-Langevin est constituée de deux files de circulation dans chaque sens. Au nord de du carrefour du 11-Novembre, elle est bordée de part et d'autre par des parcelles de forêt, puis quitte Châtenay-Malabry pour entrer dans le Plessis-Robinson. Le tracé longe alors le parc d'activités Novéos à l'ouest, et des immeubles d'habitat collectif à l'est, puis, au nord de l'avenue Descartes, traverse un secteur mixte mêlant équipements (Parc des Sports, équipements scolaires, hôpital Antoine Beclère) et logements individuels et collectifs.

La coupe ci-dessous présente l'aménagement actuel de la voirie au niveau de l'entrée dans le Plessis-Robinson.



Le tracé suit ensuite la continuité de l'axe, sur l'avenue Claude-Trebignaud, où on observe une réduction de la voirie à 2 x 1 voie. L'axe croise alors l'avenue du Général-de-Gaulle. Ci-dessous est présentée la coupe au niveau de l'ouvrage.



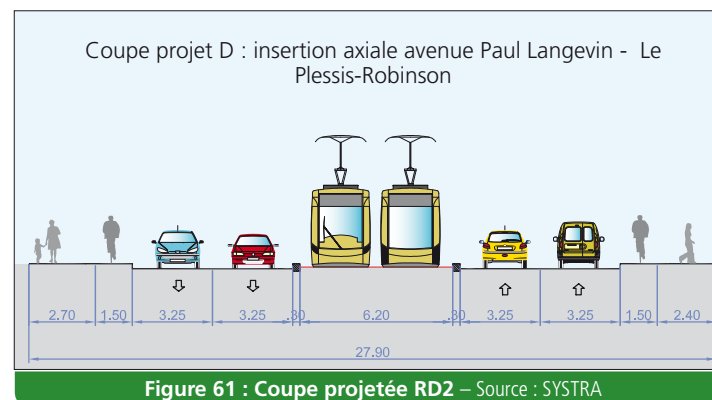
Cette séquence possède un caractère très végétal : elle est bordée sur la quasi-totalité de son linéaire par de larges bandes herbeuses ou plantées, et comporte des alignements d'arbres. Ces derniers, sont selon les études réalisées par le Conseil Général des Hauts-de-Seine en juillet 2007, en majorité sains ou présentent des lésions sans gravité, et moins de 10% présentent des lésions importantes ou irréversibles.

Trois zones de stationnement latéral sont présentes sur cette séquence. Cela représente, au total, environ 75 places de stationnement.

3.3.2.2. Projet Avenue Paul Langevin et avenue Claude Trebignaud

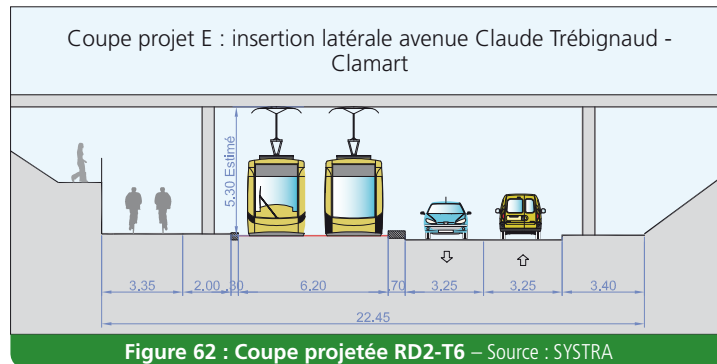
Sur cette section, l'insertion se fait en axial et le nombre de files existantes est conservé. Une piste cyclable sera aménagée sur l'ensemble de la séquence.

Environ 60 places de stationnement seront supprimées sur cette séquence.



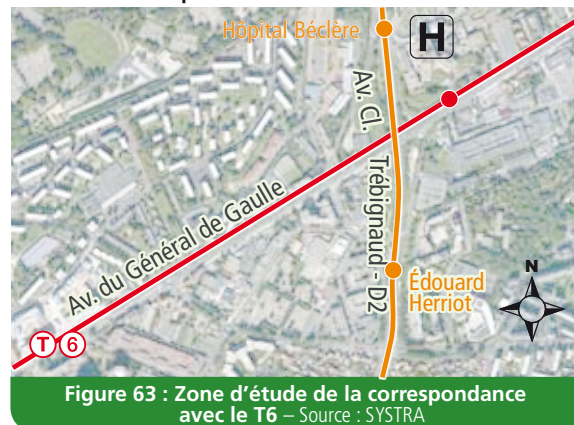
Environ 250 mètres au sud de l'avenue du Général de Gaulle, l'avenue Paul Langevin tourne à gauche et permet à la plateforme tramway de passer en latéral ouest en suivant la continuité de l'axe sur l'avenue Claude Trebignaud.

Au niveau de l'avenue du Général de Gaulle, où se situe la correspondance avec le tramway T6, la plateforme passe sous l'ouvrage existant. Ci-dessous est présentée la coupe correspondante :



Des études complémentaires seront menées afin de réfléchir à d'autres types d'insertion à ce niveau du tracé, notamment pour améliorer la correspondance avec le tramway T6.

3.3.2.3. La correspondance avec le T6



La station en correspondance avec le T6 est située sur l'avenue Claude Trébignaud, au nord de l'avenue du Général de Gaulle. Elle s'insère sur un alignement droit existant, au nord de l'ouvrage de l'avenue du Général de Gaulle, en face de l'entrée de l'hôpital Antoine Bécclère. Cet équipement est ainsi parfaitement desservi par le tramway.

Aucune acquisition foncière n'est nécessaire.

Dans cette configuration, la gestion de la correspondance peut se faire selon deux options :

- par une rampe d'accès le long de la voirie existante. Pour conserver la largeur de voirie existante, il serait alors nécessaire d'acquérir une bande d'espaces verts. La totalité du cheminement mesure 240 mètres, ce qui correspond à un temps de correspondance de 4 minutes.
- par un cheminement piétonnier sécurisé le long de l'avenue Claude Trébignaud, puis un ascenseur au niveau de l'ouvrage. La longueur à parcourir à pied pour effectuer la correspondance est de 255 mètres, ce qui correspond à un temps moyen de 4 minutes et 15 secondes, auxquelles il faut ajouter le temps d'attente et de montée dans l'ascenseur.

Les deux solutions de correspondance sont retenues. Des études complémentaires seront réalisées afin de définir plus précisément la correspondance avec le tramway T6.

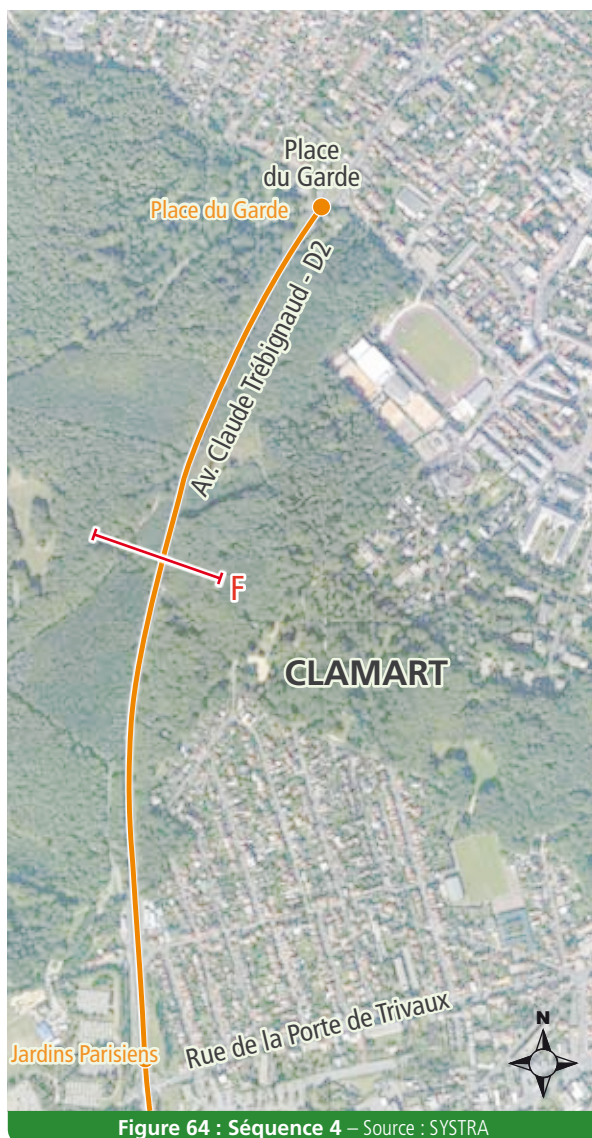


Figure 64 : Séquence 4 – Source : SYSTRA

3.4. SÉQUENCE 4 : ENTRE LA RUE DE LA PORTE DE TRIVAUX ET LA PLACE DU GARDE

La quatrième séquence, entre la rue de la porte de Trivaux et la Place du Garde, traverse la forêt domaniale de Meudon. Elle s'étend sur un linéaire de 1 660 mètres.

Ce tronçon, direct, lisible et rapide, permet la connexion du reste du tracé avec la Place du Garde, desservie par quatre ligne de bus et permet ainsi le rabattement vers la Gare de Clamart, Issy RER, et le réseau métro (lignes 12 et 13).

3.4.1. Avenue Claude Trebignaud

3.4.1.1. Existant avenue Claude Trebignaud

L'avenue Claude Trebignaud constitue le chemin le plus direct pour se rendre à Place du Garde. Il s'agit d'un axe routier structurant, composé de 2 x 2 voies. Ci-dessous est présentée la coupe de l'aménagement actuel de la voirie :

Au nord du croisement avec la rue de la Porte de Trivaux, l'avenue Claude Trebignaud traverse un environnement urbain peu dense, composée du quartier de logements individuels « Jardins Parisiens » à l'est, et du cimetière de Clamart à l'ouest. Sur cette section, est aménagé un terre-plein central comportant un alignement d'arbres, dont la qualité phyto sanitaire a été estimée lors de l'étude du Conseil Général des Hauts-de-Seine en 2007.

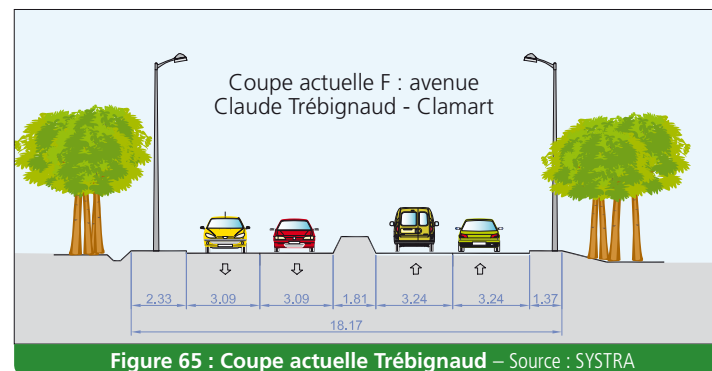
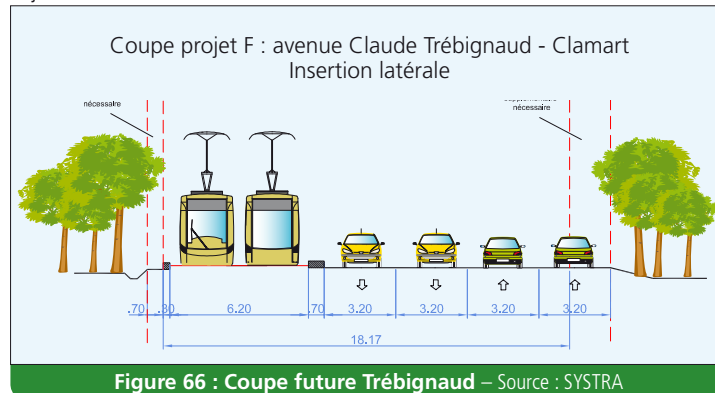


Figure 65 : Coupe actuelle Trébignaud – Source : SYSTRA

Elle traverse ensuite la forêt domaniale de Meudon, propriété de la DRIAAP et

gérée par l'ONF. Les deux sens de la voie sont séparés sur cette section par un muret infranchissable qui garantit la sécurité et permet une circulation à 70km/h. Elle est bordée de part et d'autres par de larges bandes herbeuses, qui constituent la jonction avec la forêt.



Cette séquence ne comporte pas de stationnement, ni de piste cyclable, car un aménagement accessible aux vélos existe plus à l'ouest.

3.4.1.2. Projet

Une insertion unilatérale est envisagée pour préparer l'insertion du terminus Place du garde. Les études de trafic montrent que le maintien de 2 x 2 voies de circulation sur cet axe n'est pas nécessaire en dehors de la zone d'approche de Place du Garde (sur une longueur de 70 m environ). Aucun stationnement ne sera créé sur cette séquence.

3.4.2. Terminus à la Place du Garde

3.4.2.1. Existant Place du Garde

La Place du Garde est située à l'entrée nord de la forêt, dans un environnement urbain résidentiel et peu dense. Elle est aménagée en rond-point à cinq branches, avec priorité à gauche.

Un parking d'environ 45 places est situé à l'ouest de la Place.

3.4.2.2. Projet Place du Garde

Avant d'arriver Place du Garde, la plateforme s'insère en latéral ouest sur l'avenue Trébignaud puis tourne vers l'ouest au niveau du parking. Le terminus est en arrière-gare et le parking restitué devant la station. Des acquisitions foncières sont à prévoir sur les emprises appartenant à la DRIAAF pour insérer la station et le terminus. Cette solution présente l'avantage de ne pas impacter le fonctionnement de la Place du Garde et de permettre une bonne gestion des flux piétons. L'insertion de la station terminus fera l'objet d'études ultérieures qui permettront d'en préciser les conditions.



4. PRINCIPES D'EXPLOITATION

4.1. CARACTÉRISTIQUES DE LA LIGNE

La ligne projetée, longue d'environ 8,2 kilomètres, propose 14 stations pour une interstation moyenne de 627 mètres. La plateforme de tramway traverse 26 carrefours et giratoires à feux.

Les vitesses retenues selon les zones de l'itinéraire sont les suivantes :

- 70 km/h sur le site propre intégral non franchissable hors contraintes de voies ;
- 50 km/h sur les sites protégés, si la plate-forme peut être empruntée, même occasionnellement, par d'autres véhicules ;
- 30 km/h pour le passage d'un carrefour et en zone piétonne ;
- 15 à 20 km/h pour le passage d'aiguillages.

Les vitesses dépendent également des caractéristiques géométriques de la ligne (rayons de courbure).

4.2. TEMPS D'ARRÊT AUX STATIONS

Il est défini en fonction du potentiel théorique d'attractivité de la station et sera affiné lors des études ultérieures.

Pour les stations à fort potentiel et pour les terminus, un temps d'arrêt de 40 secondes est envisagé. Pour les autres, ce temps varie entre 20 et 30 secondes.

4.3. CARACTÉRISTIQUES DES TERMINUS

Dans les différentes insertions proposées, le terminus est envisagé « en arrière gare », c'est-à-dire que la manœuvre de retournement est effectuée après la descente des passagers en station.

Cette solution présente l'avantage principal de permettre une arrivée plus rapide en gare car le tramway ne traverse pas d'appareil de voie avant l'arrivée au quai. Cette organisation offre une meilleure séparation des flux de voyageurs en cas d'affluence,

puisqu'elle permet d'avoir un quai de départ et un quai d'arrivée distincts.

Ce type de configuration offre également une plus grande facilité d'exploitation. Avec l'ajout d'une voie de stockage, l'exploitation est rendue encore plus souple car elle permet le stockage d'un tramway de réserve ou d'une rame en panne. Toutefois, ce type de retournement nécessite davantage de longueur de voie.

4.4. TEMPS DE SÉJOUR AUX TERMINUS

Les temps de séjour au terminus sont constitués :

- des temps techniques de retournement : temps incompressible constitué :
 - du temps de manœuvre,
 - du temps de descentes/montées des voyageurs,
 - du temps de changement de cabine par le conducteur ;
- des temps de battement, temps de régulation plus ou moins important selon le retard ou l'avance pris sur l'horaire prévue du service, permettant un départ à l'heure fixe de la rame.

Les temps en terminus (pour un temps d'échange voyageurs de 40 secondes) dans le cas d'une arrière gare seront d'un minimum de 5 minutes et 50 secondes (3 minutes et 30 secondes de temps de retournement + 2 minutes et 20 secondes de temps de battement)

4.5. CALCUL DU TEMPS DE PARCOURS

Les estimations suivantes ont été réalisées avec les hypothèses de terminus avenue Le Brun à La Croix-de-Berny (solution d'insertion n° 1).

L'estimation des temps de parcours a été réalisée en prenant en compte :

- Une insertion axiale sur la majorité du parcours,
- les contraintes d'insertion et de la voie (courbes, etc.),
- les consignes de vitesse d'exploitation,
- les temps de stationnement moyen aux stations estimés à 20, 30 ou 40 secondes en fonction de l'importance de la station,
- les éventuels temps d'arrêts ou les temps de ralentissement aux carrefours,
- les déclivités qui ont des répercussions sur les accélérations et décélérations du matériel roulant,

- les caractéristiques dynamiques du matériel roulant.

Le principe de priorité aux carrefours équipés de feux repose sur une gestion locale de la demande de priorité. Le tramway « demande » la priorité à chaque carrefour. Cette priorité ne peut pas être garantie à 100 %, et un temps supplémentaire est pris en compte dans les temps de battement assurés en terminus.

Le temps de parcours entre la Croix de Berry et la Place du Garde est estimé entre 22 à 24 minutes, soit une vitesse commerciale de la ligne qui sera donc de l'ordre de 20 à 22 km/heure.

4.6. DIMENSIONNEMENT DU PARC

Pour des raisons de confort, les calculs ont été effectués avec une charge maximale du tramway de 4 passagers par m² et un intervalle de 5 minutes entre chaque tramway à l'heure de pointe et un intervalle de 10 minutes en heures creuses.

Le dimensionnement du parc de matériel roulant a été évalué à 14 ou 15 rames.

Les caractéristiques d'exploitation seront affinées dans le cadre des études ultérieures.

4.7. LE SITE DE MAINTENANCE ET DE REMISAGE (SMR)

Le site de maintenance et de remisage (SMR) offre les infrastructures nécessaires à l'exploitation, au garage et à la maintenance des rames de tramway. Les opérations de maintenance préventive et les petites réparations y sont réalisées ainsi que le nettoyage des rames. Sans SMR, la ligne de tramway ne peut fonctionner.

4.7.1. Dimensionnement du SMR

Le dimensionnement du SMR repose dans un premier temps sur le dimensionnement du parc de matériel roulant. Il doit également être dimensionné afin d'anticiper un éventuel prolongement vers le nord ; ce qui amène le parc de matériel à 22 tramways.

Le dimensionnement du SMR repose ensuite sur les fonctionnalités que l'on souhaite lui faire remplir. Les équipements à inclure dans le SMR sont les suivants :

- Station de lavage
- Distribution de sable
- Aspiration centralisée (équipement non indispensable) Compresseur d'air de la station-service
- Tunnel de peinture (ou demi-cabine) 1 véhicule rail/route
- Tour en fosse
- Système de levage (12 colonnes + 1 table élévatrice)
- 5 ponts roulants (2 x 6,3 T et 3 x 1,6 T)
- Locaux d'exploitation (PCC)
- Locaux du personnel de conduite
- Sous-station électrique

Sur la base de ces hypothèses, et en fonction de la configuration du site, on estime le besoin foncier du SMR à environ 30.000 m². Les sites localisés à proximité immédiate du tracé sont à privilégier afin d'optimiser l'exploitation et les coûts.

4.7.2. Concept d'implantation du SMR

La configuration « traditionnelle » d'un SMR est une construction en surface. La hauteur d'un SMR est d'environ 8 mètres dans les zones de maintenance ou de remisage des trains. Les zones administratives, ateliers techniques ou encore les magasins peuvent être moins hauts.

Si les conditions techniques et réglementaires le permettent, le SMR en rez-de-chaussée peut accueillir, à l'étage, une opération connexe. Les surfaces restituées sur la dalle du SMR peuvent ainsi être valorisées, par exemple, à travers un programme de bureaux, de commerces ou de logements (selon ce que permet la réglementation en urbanisme en vigueur). L'intégration du site dans son environnement est meilleure, mais la mixité de l'opération conduit à de fortes contraintes techniques, fonctionnelles, financières et temporelles.

4.7.3. 2. Les sites étudiés et les sites retenus

L'étude sur les sites possibles d'implantation du SMR a débuté en 2008. Plusieurs sites ont successivement été envisagés puis écartés. La pression foncière est forte autour du projet et les parcelles disponibles présentant une surface suffisante sont difficiles à trouver.

L'ensemble des sites étudiés figure sur la carte suivante.

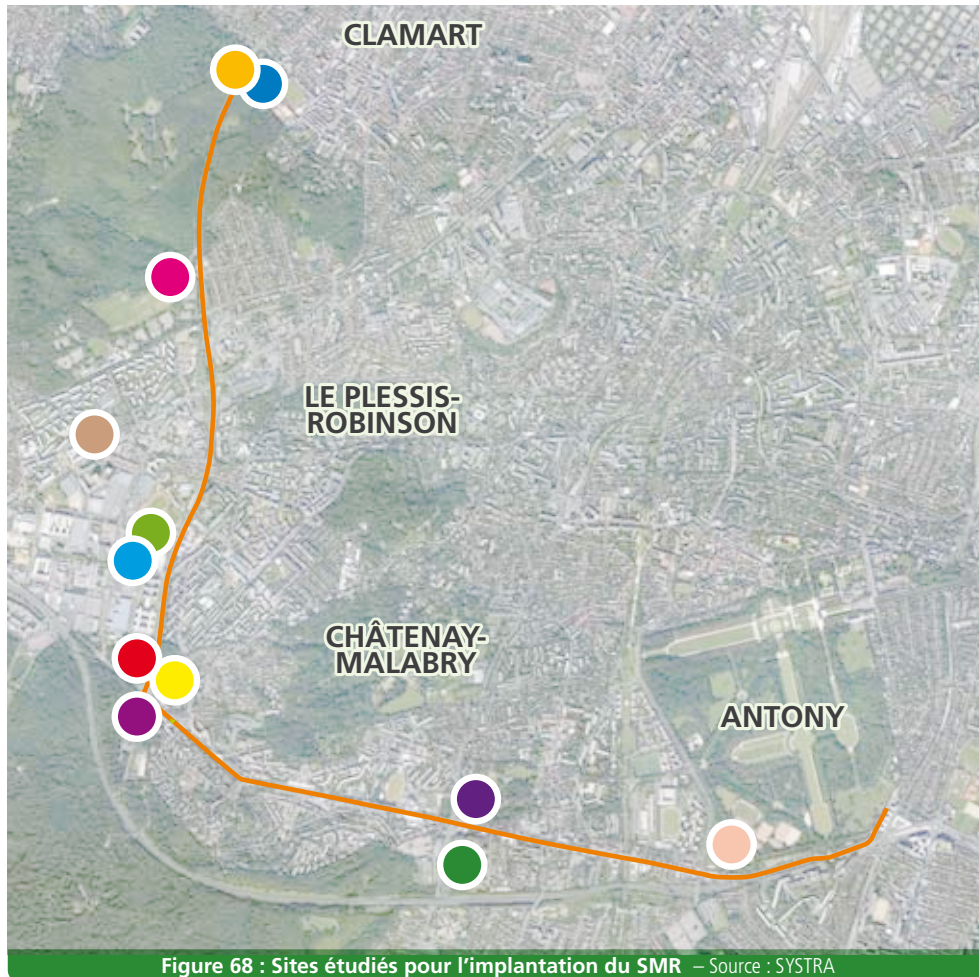


Figure 68 : Sites étudiés pour l'implantation du SMR – Source : SYSTRA

● Parc de Sceaux	Antony
● Stade Jean Longuet	Châtenay-Malabry
● Site Allende	Châtenay-Malabry
● Site DRIAAF ²⁴ Sud, carrefour du 11-Novembre	Châtenay-Malabry
● Site DRIAAF Est, carrefour du 11-Novembre	Châtenay-Malabry
● Site DRIAAF Nord, carrefour du 11-Novembre	Châtenay-Malabry
● Parcelles voisines au Parc des Sports	Le Plessis-Robinson
● Parc des Sports	Le Plessis-Robinson
● Parcelle Siemens	Clamart
● Zone de loisirs près du cimetière intercommunal	Clamart
● Stade Hunneville	Clamart
● Site DRIAAF à Place du Garde	Clamart

Suite à différentes études techniques, les sites maintenus à l'étude sont les suivants :

● Le site DRIAAF Nord, carrefour du 11 novembre	Châtenay-Malabry
● Le site localisé sur les parcelles voisines au Parc des Sports	Le Plessis-Robinson

24. – DRIAAF : Direction Régionale et Interdépartementale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt d'Ile de France

4.7.4. 3. Étude d'esquisse des deux sites retenus

4.7.4.1. Le site DRIAAF Nord, carrefour du 11 novembre à Châtenay-Malabry

La superficie disponible est de 50919 m² et se situe dans la forêt domaniale de Verrières. La parcelle appartient à la DRIAAF et est gérée par l'ONF. L'utilisation de ce type de parcelle pourrait être envisageable, sous réserve de mesures de compensation adéquates. De plus, le développement d'un projet de construction à forte empreinte « verte » peut être proposé en compensation de la suppression d'espaces boisés.

La configuration étudiée aujourd'hui est une solution de surface. L'implantation d'équipements sportifs sur la dalle du SMR pourrait être envisagée.

La localisation du site par rapport au tracé et aux grands axes routiers ainsi que sa forme et sa taille, permettent de bénéficier de bonnes conditions d'exploitation.

L'esquisse ci-dessous démontre la faisabilité du SMR comprenant les fonctionnalités requises afin d'exploiter le SMR dans de bonnes conditions moyennant quelques optimisations (remisage rendu traversant). Le SMR occupe 29.000 m².

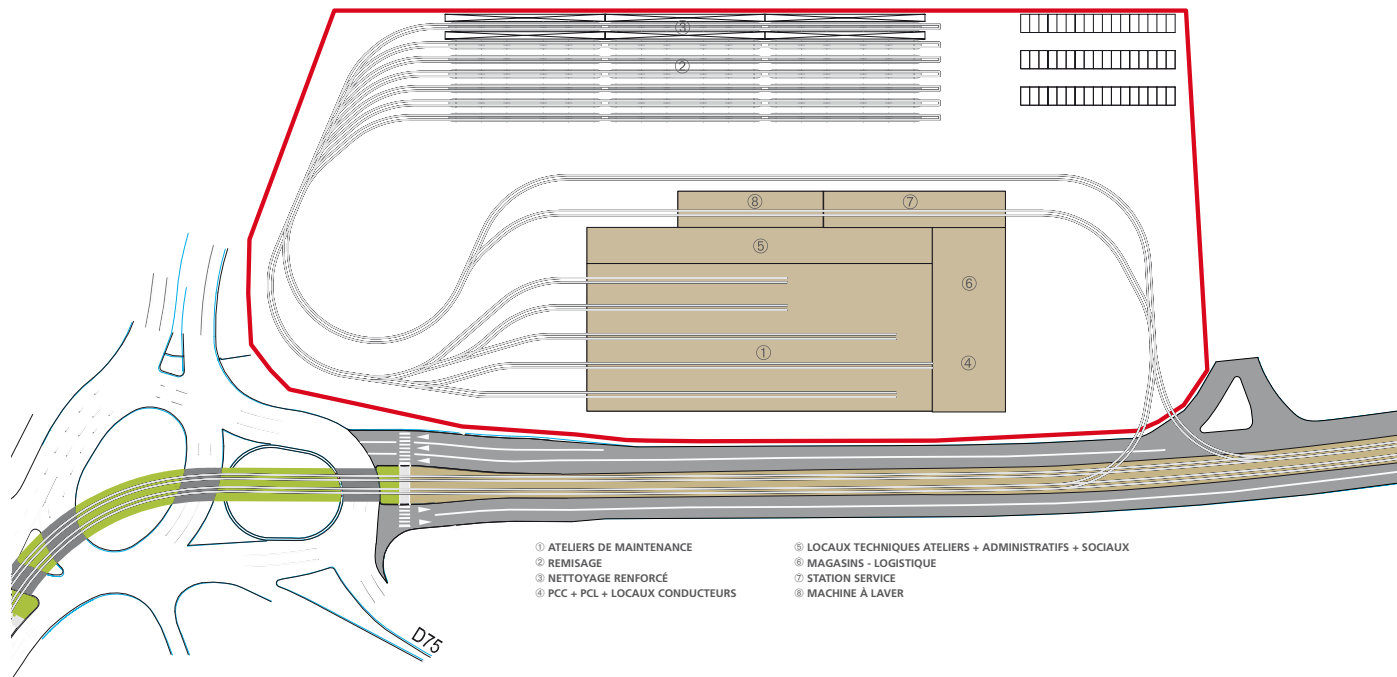


Figure 69 : Esquisse SMR parcelle DRIAAF Nord – Source : SYSTRA

4.7.4.2. Site des parcelles voisines au Parc des Sports au Plessis-Robinson

Ce site est localisé dans le Parc d'activités Novéos, zone à caractère industriel. Les parcelles sont situées dans un milieu déjà très urbanisé et sont entourées de bâtiments d'activités. Il est inclus dans la zone de révision du PLU. Deux parcelles adjacentes (l'une publique l'autre privée) seraient disponibles pour l'aménagement du SMR.

La configuration étudiée aujourd'hui est une solution de surface. L'implantation d'une opération connexe de logements ou de bureaux pourrait être envisagée.

La surface disponible pour la réalisation du SMR est plus faible (24 000 m²). Par conséquent, l'exploitation et la maintenance des tramways sont possibles mais contraintes.

Par ailleurs, la forme rectangulaire de la parcelle est un atout.

La position du site par rapport au tracé et aux grands axes routiers permet de bonnes conditions d'exploitation.

L'esquisse ci-dessous démontre la faisabilité du SMR sur ce site :

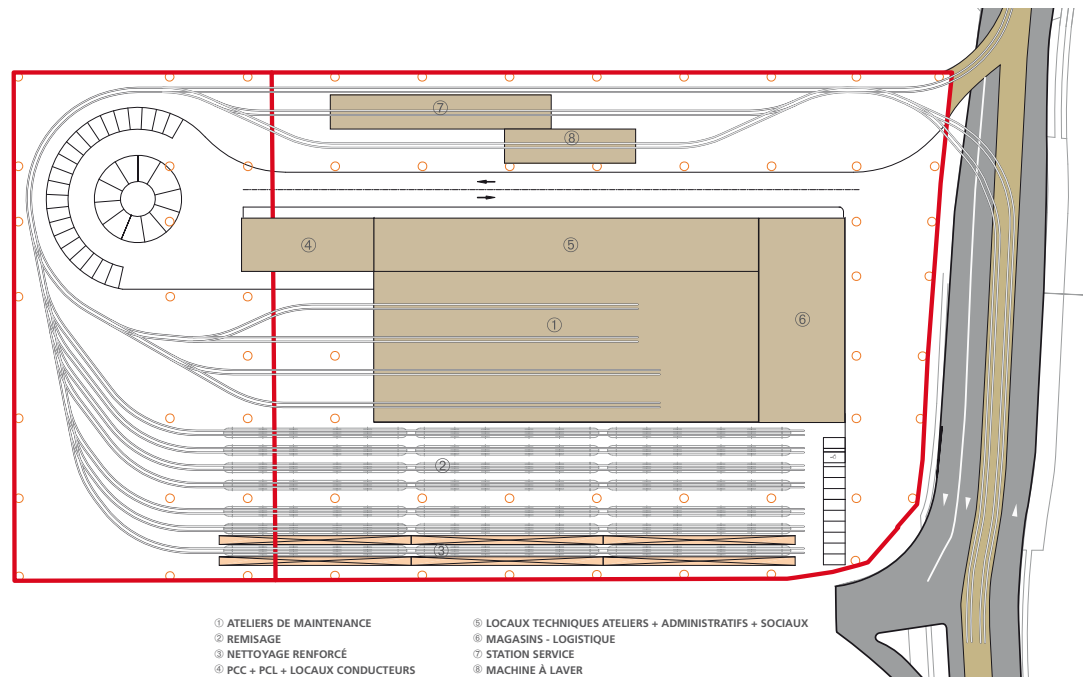


Figure 70 : Esquisse SMR parcelles voisines Parc des Sports avec poteaux de reprise de charge pour opération connexe – Source : SYSTRA

5. PREMIÈRE ESTIMATION DES COÛTS DU PROJET

À ce stade des études, une première estimation du coût global du projet a été réalisée. Celle-ci comprend :

- Les travaux du système de transport (y compris le SMR) ,
- Les travaux d'aménagements urbains,
- Les acquisitions foncières,
- Les frais de maîtrise d'ouvrage,
- Les frais de maîtrise d'œuvre,
- Une provision pour aléas et imprévus.

Ainsi le coût du projet a été estimé à 311 millions d'euros hors taxe (aux conditions économiques de décembre 2011).

Le coût des rames de tramway nécessaires au projet, financées par le STIF, a également été estimé et s'élève à environ 37,5 millions d'euros HT pour des rames de 30 mètres et à 45 millions d'euros HT pour du matériel de 40 mètres.

Les hypothèses prises en compte pour le calcul du coût d'exploitation sont les suivantes :

- longueur moyenne de la ligne : 8,2 km ;
- vitesse commerciale = 20 à 22 km/h ;
- amplitude horaire du service: premier et dernier départs de 5 h 30 à 0 h 30 ;
- fréquence : 5 minutes en heures de pointe, 10 minutes en heures creuses ;
- heures de pointe : de 8 h à 10 h et de 17 h à 19 h ;
- parc de 14 à 15 rames ;
- parcours de 55 000 km/an/rame
- coût exploitation : 7 à 9 € du véhicule/km

A partir de ces hypothèses, le coût d'exploitation annuel de la ligne est estimé à 6.6 M€ HT environ.

6. CALENDRIER PRÉVISIONNEL

Un premier planning prévisionnel du projet a été établi. Il intègre les phases d'études, de procédures, de consultation, d'élaboration et de passation des conventions ainsi que les travaux relatifs à l'infrastructure, aux stations et au site de maintenance et de remisage.

Compte tenu de ces éléments, il est envisagé :

- un démarrage des travaux (de dévoiement des réseaux concessionnaires) courant 2017
- un horizon de mise en service en 2021.

Le planning sera affiné dans les phases ultérieures du projet.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Initialisation		★				
Concertation préalable		Concertation	★	Bilan de concertation		
Schéma de principe et étude d'impact				★	Schéma de principe et dossier d'enquête publique	
Enquête publique et acquisitions foncières					Enquête publique	