

N° 5233

CHAMBRE DES DEPUTES

Session ordinaire 2003-2004

PROJET DE LOI

autorisant la construction d'un nouveau viaduc à deux voies à la sortie nord de la Gare de Luxembourg, le raccordement d'une des deux voies par un tunnel nouveau à voie unique et le réaménagement général de la tête nord de la Gare de Luxembourg, et modifiant la loi modifiée du 10 mai 1995 relative à la gestion de l'infrastructure ferroviaire

* * *

(Dépôt: le 11.11.2003)

SOMMAIRE:

	<i>page</i>
1) Arrêté Grand-Ducal de dépôt (23.10.2003)	1
2) Texte du projet de loi	2
3) Fiche financière sommaire	2
4) Exposé des motifs.....	3
5) Commentaire de l'article unique.....	36

*

ARRETE GRAND-DUCAL DE DEPOT

Nous HENRI, Grand-Duc de Luxembourg, Duc de Nassau,

Sur le rapport de Notre Ministre des Transports et après délibération du Gouvernement en Conseil;

Arrêtons:

Article unique.— Notre Ministre des Transports est autorisé à déposer en Notre nom à la Chambre des Députés le projet de loi autorisant la construction d'un nouveau viaduc à deux voies à la sortie nord de la Gare de Luxembourg, le raccordement d'une des deux voies par un tunnel nouveau à voie unique et le réaménagement général de la tête nord de la Gare de Luxembourg, et modifiant la loi modifiée du 10 mai 1995 relative à la gestion de l'infrastructure ferroviaire.

Palais de Luxembourg, le 23 octobre 2003

Le Ministre des Transports,

Henri GRETHEN

HENRI

*

TEXTE DU PROJET DE LOI

Article unique.— Le deuxième et le troisième alinéa du paragraphe 3. de l'article 10 modifié de la loi du 10 mai 1995 relative à la gestion de l'infrastructure ferroviaire sont modifiés et complétés comme suit:

1. Le deuxième alinéa du paragraphe 3. est complété par le chiffre 23° nouveau, libellé comme suit:
 „23° construction d'un nouveau viaduc à deux voies à la sortie nord de la Gare de Luxembourg, raccordement d'une des deux voies par un tunnel nouveau à voie unique et réaménagement général de la tête nord de la Gare de Luxembourg..... 180.700.000 €“
2. Le troisième alinéa du paragraphe 3. est remplacé par le texte suivant:
 „Ces montants s'entendent hors taxe sur la valeur ajoutée (TVA). Les montants repris sous 1a°, 3°, 9°, 10°, 11°, 12° et 14° correspondent à la valeur 524,53 de l'indice semestriel des prix de la construction au 1er avril 2000. Ceux repris sous 1b°, 2°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 15°, 16°, 17°, 18°, 19° et 20° correspondent à la valeur 554,26 de cet indice au 1er octobre 2001. Le montant repris sous 21° correspond à la valeur 563,36 de cet indice au 1er avril 2002. Les montants repris sous 22° et 23° correspondent à la valeur 569,61 de cet indice au 1er octobre 2002. Déduction faite des dépenses déjà engagées par le pouvoir adjudicateur, ce montant est adapté semestriellement en fonction de la variation de l'indice des prix de la construction précité.“

*

FICHE FINANCIERE SOMMAIRE

Le projet de loi sous examen a pour objet l'approbation par le législateur du projet de réalisation d'un nouveau viaduc à deux voies à la sortie nord de la Gare de Luxembourg, le raccordement d'une des deux voies par un nouveau tunnel à voie unique et le réaménagement général de la tête nord de la Gare de Luxembourg.

1. Il est prévu de réaliser le projet soumis à l'approbation de la Chambre des Députés en deux temps. La première phase comportera la réalisation d'un nouveau viaduc à deux voies à la sortie nord de la Gare de Luxembourg, avec les aménagements nécessaires en tête nord de la Gare de Luxembourg.

Phase 1: Nouveau viaduc + aménagement de la tête nord en Gare de Luxembourg

Partie A: Nouveau viaduc	
Nouveau viaduc Pulvermühl (partie génie civil)	* 67,45 mio €
Voie	3,00 mio €
Signalisation et Télécommunication	2,50 mio €
Caténaires	1,70 mio €
Acquisitions foncières	0,35 mio €
Total Partie A:	75,00 mio €
Partie B: Aménagement de la tête nord en Gare de Luxembourg (quais, souterrains, ...)	
Aménagement tête nord (partie génie civil)	25,35 mio €
Voie	4,00 mio €
Signalisation et Télécommunication	5,20 mio €
Caténaires	0,80 mio €
Acquisitions foncières	0,00 mio €
Total Partie B	35,35 mio €
Total „Phase 1“	110,35 mio €

* sous réserve des résultats d'une campagne géotechnique

2. Les travaux de la seconde phase consisteront dans la réalisation d'un nouveau tunnel, à voie unique, pour raccorder la voie extérieure du nouveau viaduc à la tête nord de la Gare de Luxembourg.

Phase 2: Nouveau tunnel + raccordement à la Gare de Luxembourg

Nouveau tunnel (génie civil et équipements connexes)	49,12 mio €
Voie	3,00 mio €
Signalisation et Télécommunication	1,20 mio €
Caténaires	0,35 mio €
Acquisitions foncières	0,25 mio €
Total „Phase 2“	53,92 mio €

3. L'évaluation financière du projet table sur un coût de 180,75 millions € au niveau de l'indice des prix à la construction valable au 1er octobre 2002 (indice 569,61).

Total phase 1	110,35 millions €
Total phase 2	53,92 millions €
Total HTVA	164,27 millions €
Frais de planification (environ 10% des coûts de construction)	16,43 millions €
Total HTVA (incluant les coûts de planification)	180,70 millions €

*

EXPOSE DES MOTIFS

Le projet de loi sous examen a pour objet l'approbation par le législateur du projet de réalisation d'un nouveau viaduc à deux voies à la sortie nord de la Gare de Luxembourg, ainsi que le réaménagement général de la tête nord de la Gare de Luxembourg, y compris la construction d'un nouveau tunnel à une voie.

Il est prévu de réaliser le projet en question en deux temps. La première phase comportera la réalisation d'un nouveau viaduc à deux voies à la sortie nord de la Gare de Luxembourg, avec les aménagements nécessaires en tête nord de la Gare de Luxembourg. Les travaux de la seconde phase consisteront dans la réalisation d'un nouveau tunnel, à voie unique, pour raccorder la voie extérieure du nouveau viaduc du côté est à la tête nord de la Gare de Luxembourg.

Comme l'engagement financier dépasse le seuil de 7,5 millions d'euros prévu par l'article 80 de la loi du 8 juin 1999 sur le budget, la comptabilité et la trésorerie de l'Etat, l'approbation de la Chambre des Députés est nécessaire en vertu de l'article 99 de la Constitution.

Sur le plan formel, il est proposé, à l'instar de la pratique appliquée pour les autres projets d'infrastructure ferroviaires introduits depuis 1999 (cf. loi du 24 juillet 2000 modifiant la loi modifiée du 10 mai 1995 relative à la gestion de l'infrastructure ferroviaire), d'insérer le projet sous examen dans le relevé des projets approuvés par le législateur et figurant à l'article 10 de la loi précitée du 10 mai 1995.

Cette approche a l'avantage de donner une vue globale de tous les projets d'adaptation et de développement du réseau ferré que le législateur a approuvés, tout en assurant à l'ensemble des projets approuvés l'application des modalités de financement et d'exécution que la loi susmentionnée prévoit par ailleurs.

*

Le nouveau viaduc, le nouveau tunnel et les aménagements afférents de la Gare Centrale sont conçus dans le but d'éliminer le goulot d'étranglement et d'augmenter la sécurité dans le secteur nord de la Gare de Luxembourg.

Dans cet ordre d'idées le projet s'insère dans la stratégie „mobilité.lu“ approuvée par le Conseil de Gouvernement le 22 mars 2002 sur proposition du Ministre des Transports.

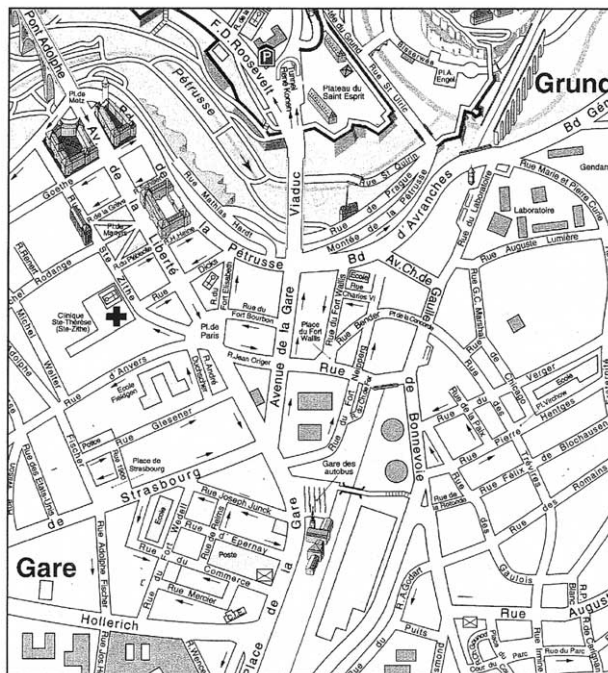
Les orientations du Gouvernement en matière de transports publics qui concernent également le projet sous examen ont été exposées en détail dans deux autres projets de loi déposés antérieurement et concernant, le premier, le raccordement de Kirchberg et de Findel au chemin de fer (cf. projet 5098 déposé le 11 février 2003) et le second, l'introduction d'un nouveau cadre légal pour l'organisation des transports publics (cf. projet 5125 déposé le 6 mai 2003). Dans ces conditions il a semblé superflu de répéter les mêmes développements une nouvelle fois dans le présent exposé des motifs. Il est seulement souligné que l'objectif politique d'atteindre à l'horizon 2020 un partage modal de 25% en faveur des transports publics conditionne également le projet sous examen.

Le nouveau concept d'exploitation se base sur l'augmentation de la fréquence des trains classiques et sur la mise en service du train-tram sur le réseau ferré national. Il se traduit par un maximum de relations directes permettant de limiter les changements de train en gare de Luxembourg. Le souhait d'augmenter les fréquences à partir de la Gare Centrale vers le Nord et plus tard vers l'Est du pays, notamment en raison de la desserte soutenue par trains-trams du plateau de Kirchberg à partir de la ligne du Nord et plus tard la desserte par trains classiques de la nouvelle aérogare et des Foires Internationales à partir de la Gare de Luxembourg, a amené les responsables à étudier l'élimination du goulot d'étranglement existant en tête nord de la Gare de Luxembourg.

La solution au problème de capacité en tête nord de la Gare de Luxembourg a été trouvée en réservant les deux voies du viaduc Pulvermühle existant à la circulation des trains empruntant la ligne du Nord et en affectant les deux voies du nouveau viaduc aux circulations vers la ligne de Wasserbillig. Cette solution n'a pas seulement pour avantage d'assurer une évacuation fluide du trafic passant par la tête nord de la Gare de Luxembourg mais contribue aussi à améliorer la sécurité des circulations sur le viaduc existant, en y éliminant la bifurcation située au nord, matérialisée par des appareils de voie placés sur le viaduc même.

*

L'avant-projet sommaire (APS) sur lequel se base le présent projet de loi a été élaboré sous la responsabilité des CFL en étroite collaboration avec les bureaux d'ingénieurs-conseils TR-Engineering, Gehl&Jacoby, Luxplan et RailConsult.



© City Tourist Office Luxembourg

Situation du secteur nord de la Gare de Luxembourg

1. LE CONCEPT DE REALISATION DU PROJET

Le viaduc ferroviaire Pulvermühl existant, qui franchit la vallée de l'Alzette entre la sortie nord de la gare de Luxembourg et le plateau du Rham, constitue un goulot d'étranglement. En effet, dans la situation actuelle du réseau, deux lignes se confondent dans les deux voies passant sur cet ouvrage:

- la ligne à deux voies Luxembourg-Troisvierges en direction de Liège;
- la ligne à voie unique Luxembourg-Oetrange en direction de Wasserbillig et Trèves.

Or, les exigences qualitatives par rapport aux services ferroviaires en général et pour voyageurs en particulier vont en augmentant. Le réseau ferroviaire est appelé à s'étoffer dans les années à venir. Le tronçon de ligne Luxembourg-Oetrange, actuellement à voie unique est prévu pour être mis à double voie, et en plus donner naissance à une boucle qui desservira l'aéroport du Findel et le Plateau du Kirchberg (cf. projet de loi déposé à la Chambre des Députés le 11 février 2003).

Dans cette optique, les deux lignes Luxembourg-Troisvierges et Luxembourg-Wasserbillig doivent être séparées et raccordées individuellement à l'entrée nord de la Gare de Luxembourg. Il en découle que le tronçon de l'actuel viaduc Pulvermühl devra supporter jusqu'à quatre voies ferrées.

Le présent projet de loi sera réalisé en deux phases. La première phase comportera la réalisation d'un nouveau viaduc à deux voies longeant l'actuel viaduc Pulvermühl à la sortie nord de la Gare de Luxembourg, avec les aménagements nécessaires en tête nord de la Gare de Luxembourg. Les travaux de la seconde phase consisteront dans le raccordement de la deuxième voie du nouveau viaduc par un tunnel séparé de la tranchée existante à la tête nord de la Gare de Luxembourg.

1.1. Phase 1: Construction du nouveau viaduc et raccordement des deux voies à la 3e voie existante dans la tranchée couverte

En juin 2001, une consultation sous forme de concours a été organisée par le Ministère des Transports. Cette procédure s'identifie à une procédure négociée suivant la directive 93/38/CE du Conseil, du 14 juin 1993, portant coordination des procédures de passation des marchés dans les secteurs de l'eau, de l'énergie, des transports et des télécommunications, en vue de l'adjudication des services d'architecture et d'ingénierie.

Le concours avait pour objet la réalisation d'un ouvrage d'art pour deux voies ferrées longeant l'actuel viaduc Pulvermühl au Nord-Est. Ce projet:

- portait tant sur la conception esthétique et architecturale que sur les aspects fonctionnels et statiques de l'ouvrage;
- englobait les réalisations qu'entraîne le nouvel ouvrage à l'amont comme à l'aval, à savoir un nouvel ouvrage pour le passage des voies ferrées sous le boulevard d'Avranches et l'élargissement de la plate-forme à la crête du perré „Biisserwee“;
- tenait compte de l'impact sur l'environnement naturel local en général et le cours d'eau de l'Alzette en particulier;
- intégrait les écrans de protection acoustique tant du côté du nouvel ouvrage que du côté de l'ouvrage existant.

Ce projet comportait en outre un réaménagement de la situation voie du côté nord de la Gare de Luxembourg avec modification, modernisation et adaptation des installations de sécurité et de traction électrique.

Les conditions à respecter par le projet de construction du nouveau pont sont les suivantes:

- respect de la Charte de Venise relative au patrimoine bâti historique,
- prise en compte du projet d'élargissement bilatéral de la plate-forme avec application d'une isolation d'étanchéité sur l'actuel viaduc Pulvermühl afin de créer des pistes de circulation piétonne pour les services de maintenance,
- orientation vers des matériaux durables et une minimisation de la maintenance à long terme,
- conception de sorte à minimiser les risques du travail tant lors de la construction que lors de la maintenance à long terme.

1.2. Phase 1: Aménagements en tête nord de la Gare de Luxembourg – quais, souterrains et passerelle pour piétons

Cette partie du projet comporte l'aménagement des quais, des souterrains et de la passerelle pour piétons en Gare de Luxembourg. La réalisation de ces travaux qui visent à permettre la réception et la circulation de trains-trams, sera subordonnée à la mise en place de structures nécessaires à la valorisation du droit de construction en élévation accordé par l'Etat aux CFL sur une surface de 42.195 m² par la loi du 28 mars 1997. Ce fait se dresse en toile de fond vis-à-vis des travaux à réaliser dans l'immédiat et qui comprennent:

- la prolongation du quai III de 30 m vers le Nord, la reconstruction et le renouvellement du revêtement de ce quai,
- dans une phase transitoire éventuelle le relevage des voies et dans une phase définitive l'abaissement des quais dédiés au train-tram à 38 cm avec reconstruction de la marquise, pour permettre la réception des trains-trams, ainsi que le renouvellement du revêtement de ce quai,
- la construction d'une sortie du souterrain à voyageurs sud par escalier roulant et ascenseur aux quais I, II et III,
- la reconstruction partielle de la passerelle pour piétons avec accès aux quais II, III et IV,
- la transformation de la partie nord du quai I en quai pour trains-trams et l'ajout d'un second quai pour trains-trams de 80 m,
- la construction d'un accès depuis l'extension du quai I vers la rue du chemin de fer.

Les quatre quais à voyageurs existants de la Gare de Luxembourg doivent être modernisés afin de garantir une accessibilité optimale aux personnes à mobilité réduite et une mise en conformité des critères de qualité.



Revêtement de quai conforme aux mal- et non-voyants (projeté)

Le souterrain pour voyageurs principal, plus au nord et par la suite dénommé souterrain nord, mène par le biais d'escaliers au hall central ainsi qu'aux quais II, III et IV.

Le deuxième souterrain pour voyageurs, plus au sud et par la suite dénommé souterrain sud, relie les quais II, III et IV à l'aile latérale du bâtiment central au moyen d'ascenseurs. L'absence d'ouvertures fait de ce souterrain un endroit assez sombre et mal épié. Un souterrain à bagages, non accessible à la clientèle CFL, côtoie ce dernier (quais II et III).



Situation existante du souterrain sud

La passerelle pour piétons permet de mettre en communication le parvis du bâtiment central avec la rue de Bonnevoie, derrière les rotondes. Néanmoins elle ne donne actuellement pas accès aux quais voyageurs.

La signalétique, s'inspirant du projet pilote de la gare de Mersch, ainsi que les moyens d'affichage des trains seront revus afin de mieux orienter et informer la clientèle CFL.

1.3. Phase 2: Raccordement de la 2e voie du nouveau viaduc par un nouveau tunnel et séparé à la tête nord en Gare de Luxembourg

La deuxième phase du projet, qui ne constitue pas de préalable nécessaire à la première phase de réalisation du nouveau concept d'exploitation, a comme objet le raccordement de la deuxième voie du nouveau viaduc par un tunnel séparé de la tranchée existante et à voie unique, aux voies 9, 10 et 11 de la Gare de Luxembourg. Ce raccordement direct par un tunnel nouveau permettra d'abandonner l'appareil de voie provisoire créé en phase 1 à l'entrée nord de la tranchée existante et d'augmenter ainsi la sécurité en cet endroit.

La construction d'un nouveau cinquième quai à voyageurs ainsi que le raccordement d'une nouvelle voie ne font pas l'objet du présent projet de loi. En effet, ces travaux, qui empiéteront sur l'atelier existant, seront étudiés et mis au point dans le cadre d'un autre projet concernant l'aménagement des têtes sud et ouest de la Gare de Luxembourg.

La construction préalable du nouveau Centre de Remisage et de Maintenance (cf. loi du 3 juin 2003) et la démolition de l'atelier existant constituent des travaux préliminaires indispensables à cet effet. Un réaménagement de la situation voie du côté nord de la Gare de Luxembourg avec modification, modernisation et adaptation des installations de sécurité et de traction électrique, sera en outre repris dans le cadre du projet sous examen.

*

2. LE CONCEPT D'EXPLOITATION DU RESEAU FERRE A LA BASE DU PROJET

Le nouveau concept d'exploitation actuellement en cours d'élaboration pour le réseau ferré national se base notamment sur:

- la mise en service du matériel train-tram sur le réseau ferré
- une approche intégrée pour l'exploitation des nouvelles infrastructures ferroviaires identifiées dans la stratégie „mobilité.lu“ et la desserte du plateau de Kirchberg.

Les principes de base se traduisent par un maximum de relations directes permettant de limiter au strict minimum les changements de train en gare de Luxembourg. Le concept d'exploitation prévoit plus

particulièrement de relier directement le Sud et le Nord du pays vers le plateau de Kirchberg et la nouvelle aérogare, sans besoin de changement de train pour le voyageur.

Le souhait d'augmenter les fréquences à partir de la Gare Centrale vers le Nord et plus tard vers l'Est du pays, notamment en raison de la desserte soutenue par trains-trams du plateau de Kirchberg à partir de la ligne du Nord et plus tard la desserte par trains classiques de la nouvelle aérogare et des Foires Internationales à partir de la Gare de Luxembourg, a amené les responsables à étudier l'élimination du goulot d'étranglement existant en tête nord de la Gare de Luxembourg.

La solution au problème de capacité en tête nord de la Gare de Luxembourg a été trouvée en réservant les deux voies du viaduc Pulvermühl existant à la circulation des trains empruntant la ligne du Nord et en affectant les deux voies du nouveau viaduc aux circulations vers la ligne de Wasserbillig. Cette solution n'a pas seulement pour avantage d'assurer une évacuation fluide du trafic passant par la tête nord de la Gare de Luxembourg car elle contribue aussi à améliorer la sécurité des circulations sur le viaduc existant, en y éliminant la bifurcation située au nord, matérialisée par des appareils de voie placés sur le viaduc même.

Dans une première phase les deux voies du nouveau viaduc seront raccordées à la troisième voie en impasse actuelle et se trouvant dans la tranchée couverte. Dans une deuxième phase la voie extérieure du nouveau viaduc sera reliée à la tête nord de la Gare de Luxembourg par un nouveau tunnel séparé à créer dans le cadre de la phase 2 du projet sous examen.

*

3. L'ECHEANCIER DE REALISATION

	2002		2003		2004		2005		2006		2007	
	1 sem	2 sem	1 sem	2 sem	1 sem	2 sem	1 sem	2 sem	1 sem	2 sem	1 sem	2 sem
APS - Avant-Projet Sommaire												
Dépôt et approbation du projet de loi												
Phase 1: Nouveau viaduc (planification détaillée + construction)												
Phase 1: Aménagement tête Nord de la Gare de Luxembourg (planification détaillée + construction)												
Phase 2: Nouveau tunnel et raccordement en Gare de Luxembourg (planification détaillée + construction)												

Planning des étapes de réalisation

Le planning est valable sous condition de procédures et d'autorisations accélérées. Le respect des délais prévus présuppose l'approbation du projet de loi avant la fin 2003.

*

4. DESCRIPTION DETAILLEE DU PROJET

4.1. Phase 1: Construction du nouveau viaduc et raccordement des deux voies à la 3e voie dans la tranchée existante

Le projet relatif à la construction du nouveau viaduc de Pulvermühle se décompose en trois parties distinctes, à savoir:

Partie 1. Dédoubllement du viaduc de Pulvermühl

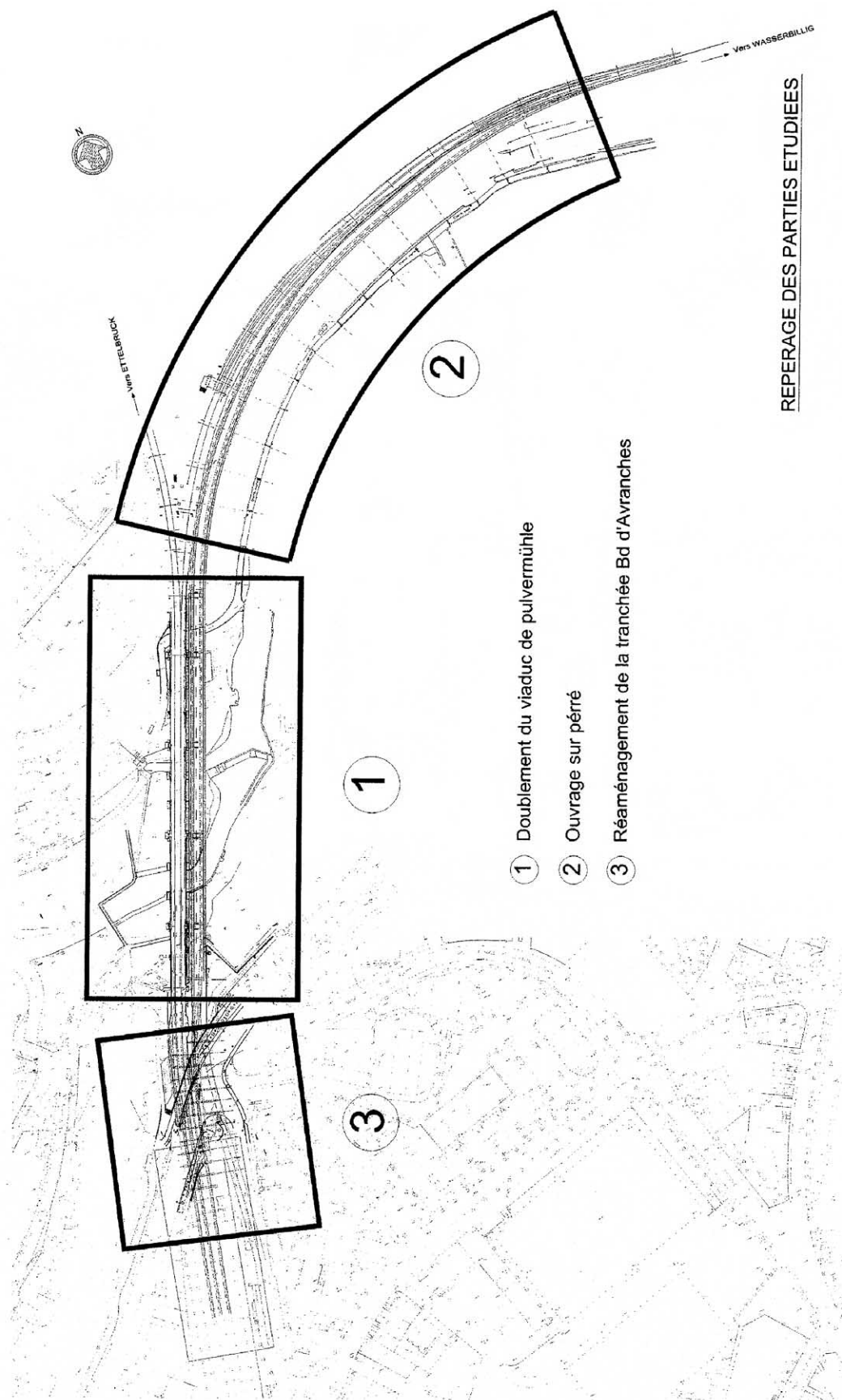
Cette partie comprend le viaduc d'une longueur entre les culées de quelque 240 mètres. La travée type est de 56,00 mètres et reprend l'entredistance des piles élargies de l'ouvrage d'art existant. Le tablier représente une structure mixte moderne formée par une charpente métallique tubulaire triangulaire ainsi qu'une dalle en béton armé.

Partie 2. Réalisation d'un ouvrage sur le talus perré d'une longueur de ± 425 mètres (côté nord)

La partie 2 comprend l'ouvrage sur le talus perré d'une longueur de 425 mètres faisant suite au viaduc en direction de Hamm jusqu'au branchement à la section courante mise à deux voies. L'ouvrage représente un caisson en béton armé appuyé sur des pieux forés faisant office de soutènement de l'assiette des voies existantes.

Partie 3. Transformation du tunnel sous le boulevard d'Avranches et adaptation concomitante de l'extrémité nord de l'ouvrage sous la Rocade de Bonnevoie

La partie 3 comprend l'ouvrage sous le boulevard d'Avranches rendant possible le raccordement de la troisième voie et de la future quatrième voie au viaduc.



4.1.1. Dédoublage du viaduc Pulvermühl sur une longueur de 240 m

Généralités – Aspect architectural

Le nouveau viaduc constitue une synthèse entre les aspects statiques, constructifs et les aspects fondamentaux, architecturaux et d'intégration au site pour lesquels le projet s'accommode parfaitement.

Le viaduc existant présente une ligne ainsi qu'une répétitivité dans ses formes qu'il convient d'adapter au nouvel ouvrage. C'est pourquoi un treillis spatial a été adopté où la régularité des triangles se combine parfaitement avec celle des arches, tout en allégeant au maximum l'aspect de l'ouvrage.

Le nouveau viaduc représente un renouvellement de l'image de l'existant dans un langage d'actualité en substituant la série d'arches uniformes à une série de triangles uniformes.

Les piles contribuent elles aussi par leur nombre réduit et les massivités relatives à cette harmonie des masses qui se confondent parfaitement dans l'ombre de l'existant.

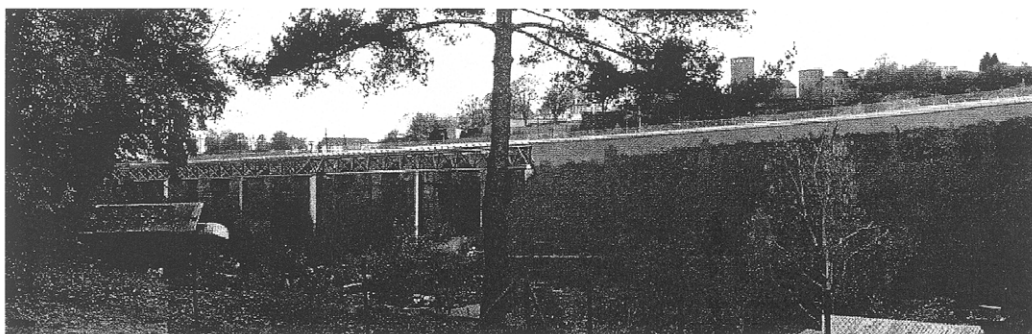


Image de synthèse côté vallée



Image de synthèse côté ville

Simulation visuelle des deux ponts. Vue côté vallée et côté Ville

• *Impact et mesures appliquées par rapport à l'environnement naturel*

La recherche de la géométrie idéale prenant en compte les rapports de portée et de hauteur de pile, de même que la prise en compte des profils et des contraintes environnementales en fond de vallée, et notamment la protection du lit de l'Alzette, ont permis de limiter à 4 le nombre de piles principales.

• *Mesures de protection acoustique*

La perception du viaduc depuis la vallée doit rester inchangée et les protections antibruit doivent être réduites au minimum afin de garantir une certaine transparence. A ce titre, la mise en place d'une bande de verre est la solution la mieux adaptée.

• *Conception des mesures de sécurité en phase de construction et d'exploitation*

La prise en compte de la fonctionnalité de l'ouvrage, justifiée par le besoin d'un suivi et d'un contrôle régulier, nécessite de prendre en compte dès la phase „projet“ l'accessibilité et la simplicité des interventions de contrôle.

Pour cela, le tablier est équipé en principe d'une cabine mobile ainsi que d'une passerelle permettant d'avoir un point de vue sous l'ouvrage.

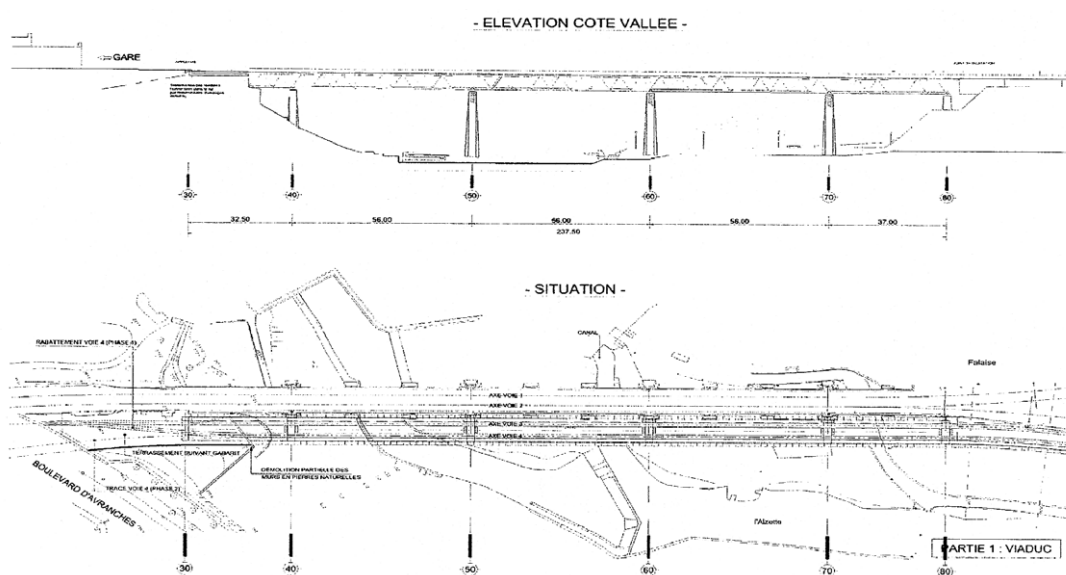
Les piles, accessibles depuis le fond de la vallée, permettent d'accéder directement aux appareils d'appuis facilement remplaçables par vérinage. Il en est de même au niveau des culées qui, facilement visitables, permettent un contrôle régulier des joints de dilatation.

Description géométrique

L'ouvrage se présente sous forme de structure mixte continue composée d'une poutre inférieure en treillis tridimensionnel sous une dalle en béton armé assurant le franchissement de la vallée de l'Alzette parallèlement à l'ouvrage existant.

Les travées de 32,50 – 56 – 56 – 56 – 37 donnent une longueur totale d'ouvrage de 237,5 m entre culées, le profil en long de l'ouvrage est presque horizontal en continuité des voies adjacentes.

L'ouvrage est en alignement droit, parallèle au viaduc existant; l'entraxe entre ceux-ci comporte 9,27 m pour une largeur de voie de 4,50 m et une largeur de tablier de 8,70 m.



Description technique

Tablier principal:

D'une longueur totale de 237,5 m, celui-ci est composé d'une structure mixte à poutre continue en treillis tridimensionnel sous une dalle en béton armé. La hauteur totale s'élève à 6,24 m dont 5,20 m de profilés treillis; l'épaisseur de la dalle quant à elle est uniforme et vaut 40 cm. L'entraxe des tubes supérieurs est de 6,00 m pour une largeur totale d'ouvrage de 9,04 m.

Une passerelle métallique, côté est de la vallée, d'une largeur de 1,00 m sert de support pour un chemin de service et pour les panneaux antibruit transparents.

Les voies reposeront sur l'ouvrage par l'intermédiaire d'une couche de ballast de 60 cm d'épaisseur. Les eaux de ruissellement seront collectées en partie centrale de la dalle pour s'évacuer par une canalisation filante sous l'ouvrage.

Par ailleurs, dans le souci de suivi et d'entretien réguliers de l'ouvrage, une cabine mobile d'inspection accrochée sous l'ouvrage et accessible depuis la culée du pont de rive permettra d'effectuer un contrôle sous le tablier.

Mise en place du tablier:

L'espace disponible étant limité tant du côté du boulevard d'Avranches que du talus en direction de Wasserbillig ainsi que l'impossibilité d'intervenir en fond de vallée ont naturellement dirigé le montage du tablier par fabrication sur site et lançages successifs.

La construction et la mise en place se feront à partir de la culée côté gare où le talus sera décaissé au maximum. Les éléments, livrés unitairement, seront assemblés directement sur site à l'aide de gabarits de montage et le transfert du tablier sera assuré par lançages successifs.

La structure métallique, une fois complètement mise en place, sera abaissée au niveau de ses appuis définitifs par vérinnages, les phases de bétonnage de la dalle pourront alors débiter.

Statique:

L'ouvrage est calculé suivant les modèles de charge ferroviaire UIC 71 et pour une densité de trafic estimée à $20 * 10^6$ tonnes/an suivant norme DS 804 de la Deutsche Bahn A.G. La vitesse de référence sur l'ouvrage est de 70 km/h.

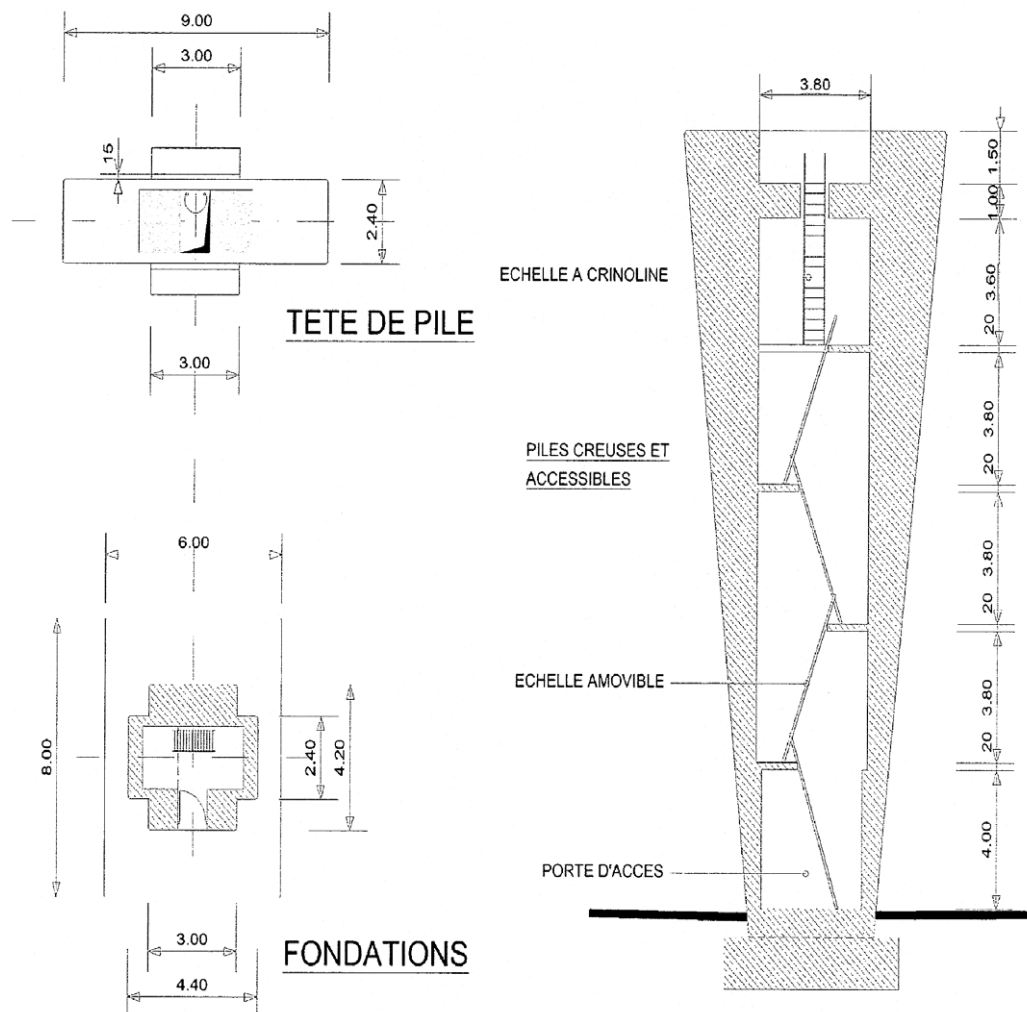
Appuis:

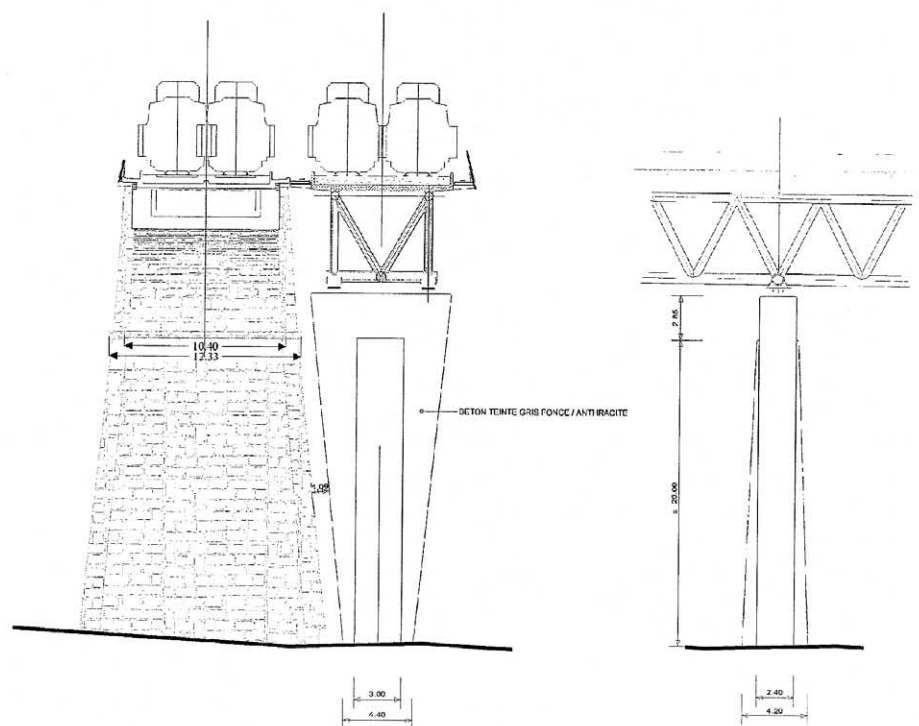
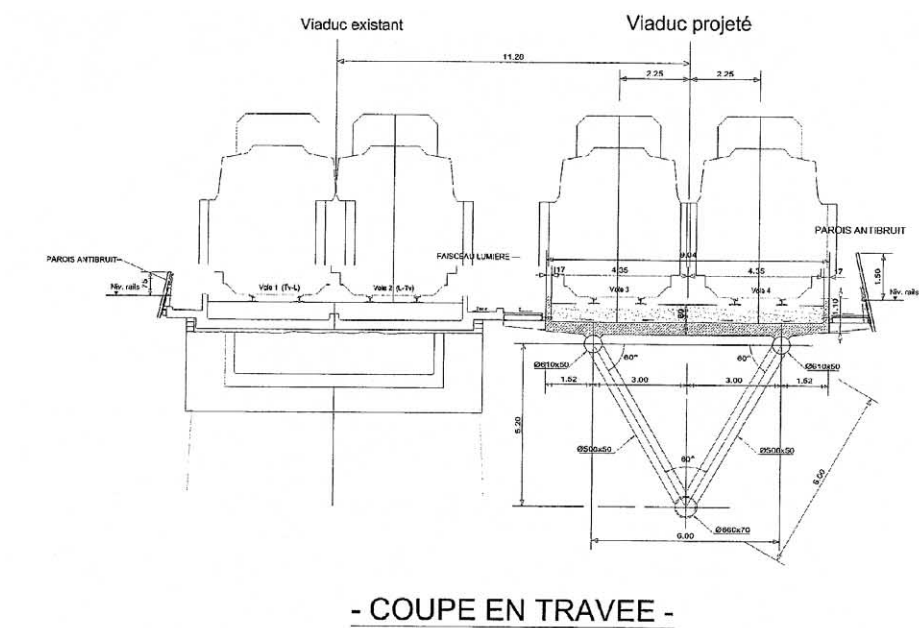
L'appui fixe sera constitué par la culée côté gare, le guidage longitudinal étant assuré par la file sud.

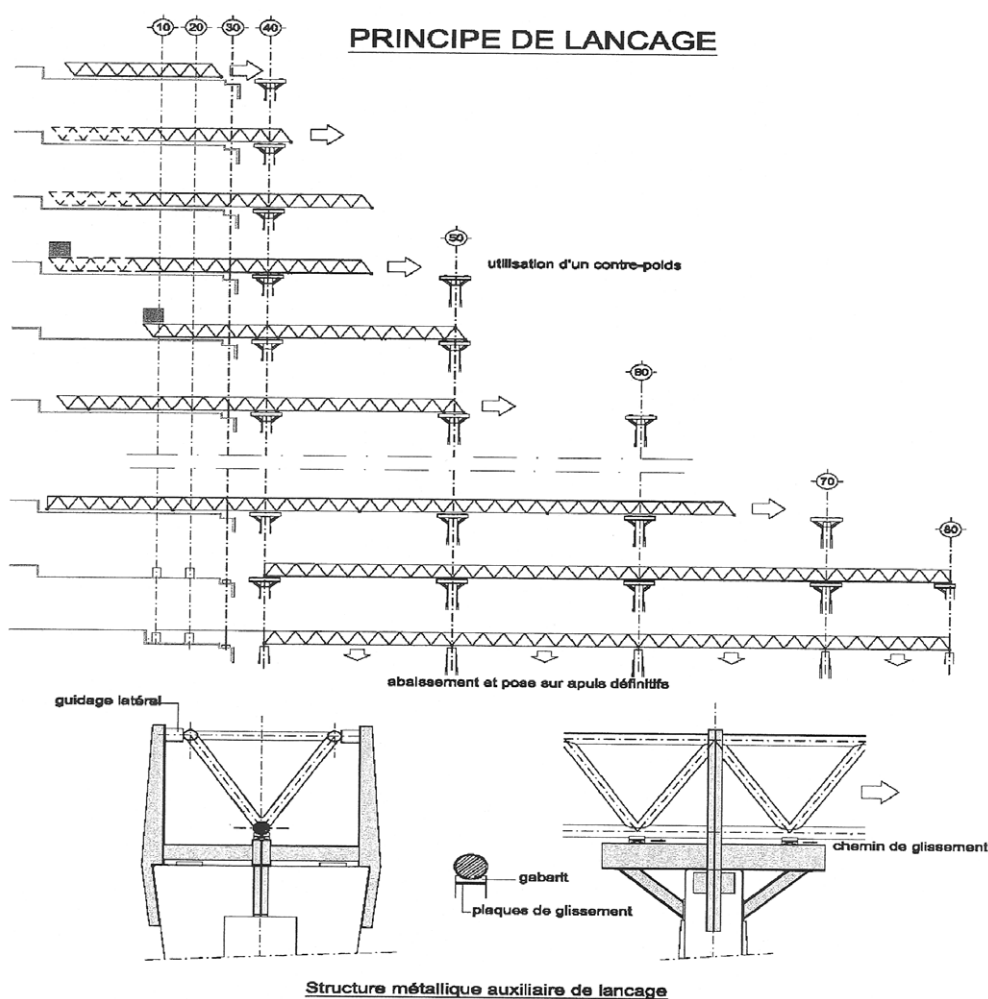
Piles:

Les piles creuses d'une hauteur maximale de l'ordre de 23,00 m sont composées d'un assemblage géométrique de deux éléments trapézoïdaux. L'intérieur de celles-ci est creux permettant un accès facile aux appuis de l'ouvrage. Enfin, elles sont fondées sur des semelles superficielles s'appuyant directement sur le substrat rocheux.

Détails Piles







4.1.2. Partie 2: Ouvrage sur le talus perré

Généralités

La longue bande visible de la paroi inclinée du pont de rive dans la zone du perré représente la suite logique de la conception architecturale du viaduc.

Description géométrique

L'ouvrage permet d'assurer la continuité des deux nouvelles voies en crête de perrés en direction de Wasserbillig.

D'une longueur totale de 425 m, dont 65 m d'ouvrage spécifique en extrémité de talus assurant la transition avec le viaduc proprement dit, l'ouvrage est défini suivant un module régulier de 22,20 mètres.

En élévation, le profil des voies est droit. Par contre, l'inscription de l'ouvrage dans le talus est régulière, la hauteur vue variant de 3,05 m à la naissance pour s'annuler à l'extrémité.

En vue en plan, le tracé est inscrit dans une courbe de 300 m de rayon démarrant à la sortie de l'ouvrage.

Description technique de l'ouvrage

L'ouvrage remplace réellement la crête de talus qu'il suit sur une longueur de 425 m.

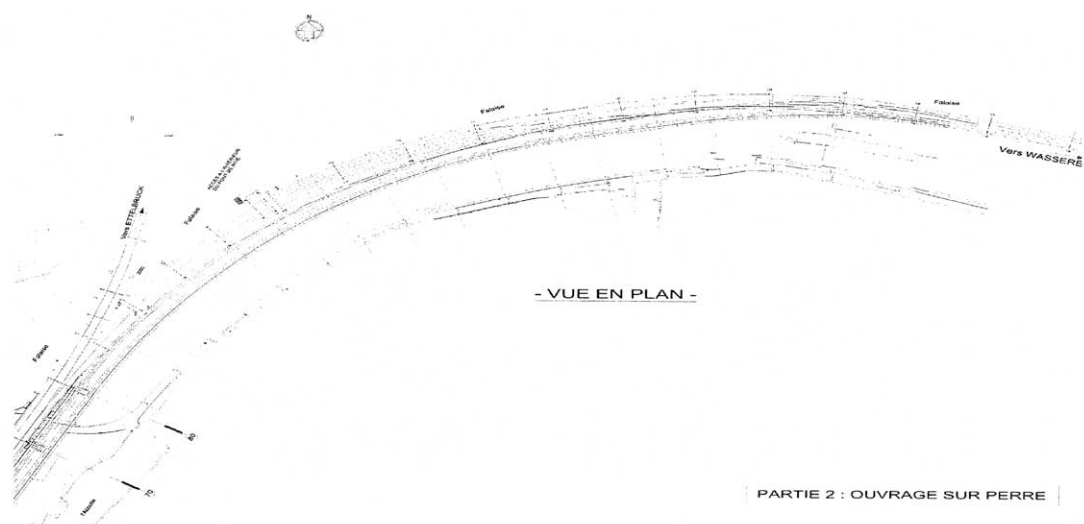
Il est réalisé sur la base d'un cadre ouvert en béton armé à paroi extérieure inclinée suivant la continuité du treillis du viaduc.

Les longrines de pieds reposent sur des pieux de fondation de 90 cm de diamètre, espacés de 3,60 m en partie avant et de 7,20 m en partie arrière.

Des longrines de rigidité transversale relient suivant le module de 7,20 les pieux avant et arrière.

Tous les trois modules, soit tous les 21,3 m, un voile transversal muni d'une porte assurera la raideur torsionnelle des caissons ainsi créés.

La stabilité horizontale est assurée par une file de tirants ancrés directement dans le massif rocheux maintenant le caisson au niveau du voile arrière.



PARTIE 2 : OUVRAGE SUR PIERRE

L'épaisseur des voiles atteint 60 cm pour la dalle sous les voies et elle se limite à 45 cm pour la partie de voile inclinée.

Une passerelle métallique munie de panneaux acoustiques sera mise en place en extrémités de porte-à-faux de dalle. Celle-ci sera réalisée en structure métallique.

Fondations de l'ouvrage

La situation particulière de l'ouvrage nécessite un système de fondations particulièrement performant au vu des charges à transmettre.

Les charges verticales seront reprises par deux files de pieux, espacés suivant un module de 3,60 m en partie avant et de 7,20 m en partie arrière, partiellement déchargée du fait de l'excentricité des voies par rapport à l'axe de l'ouvrage.

Les caractéristiques des sols de fondation, marnes et roche permettront de dimensionner les pieux pour des contraintes en pointe de respectivement 3 et 5 Mpa, les efforts de frottement ne seront quant à eux pas considérés.

La reprise des charges horizontales, de même que la stabilité transversale de l'ouvrage, sera assurée par un système de tirants définitifs, ancrés dans le rocher maintenant la structure au niveau du voile arrière.

Construction

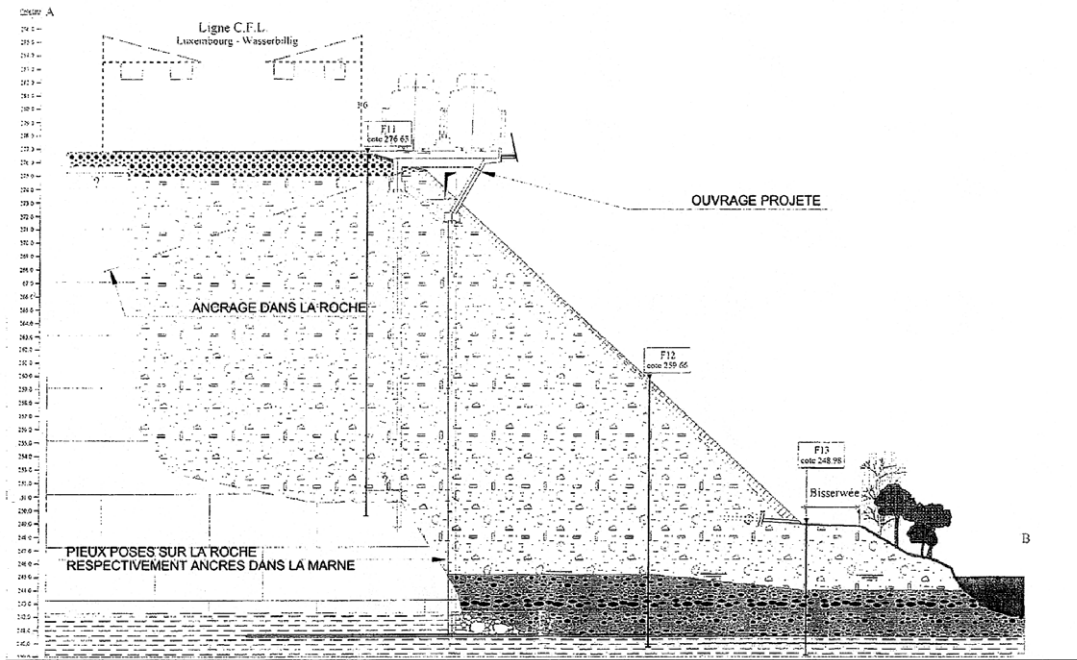
L'accès au site des travaux est particulièrement difficile. A ce titre, la voie de droite côté talus sera supprimée permettant de servir de zone d'accès aux travaux de mise en place de palplanches et de terrassements supérieurs.

La plate-forme ainsi créée permettra la mise en place d'un second rideau, évitant le risque du dérochement local du talus sous le poids des machines de forage.

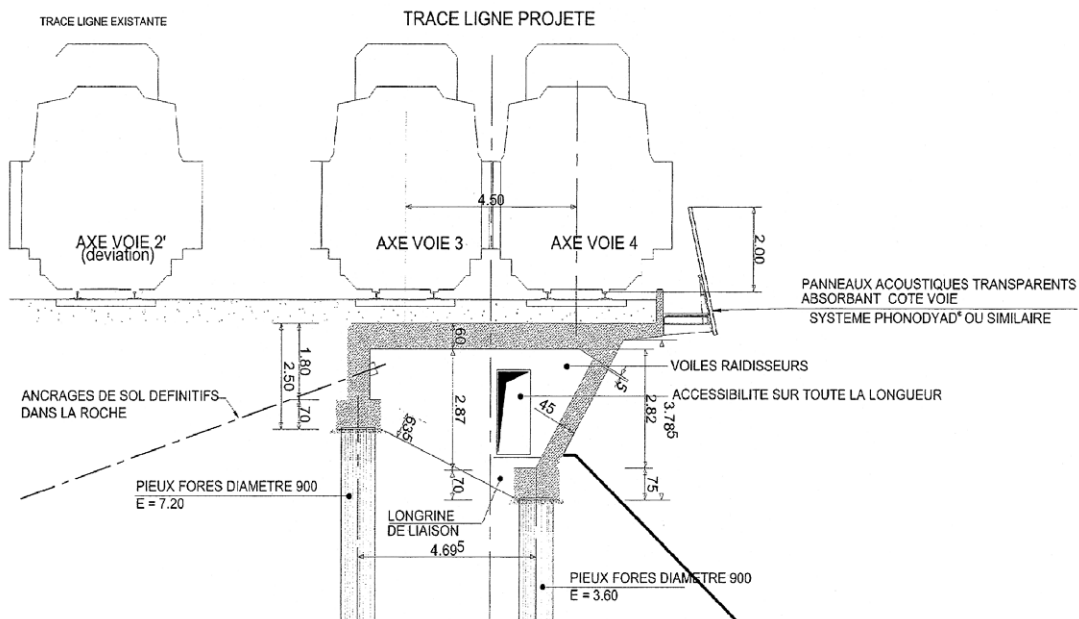
Les pieux seront forés à partir de cette plate-forme, après recépages et terrassements complémentaires et les longrines filantes ainsi que les longrines transversales seront réalisées.

Nota: La campagne géotechnique de la zone talus perré n'étant pas encore terminée, des mesures complémentaires de stabilisation du talus ne peuvent pas être exclues.

- COUPE OUVRAGE SUR PERRÉ -



Coupe type ouvrage sur perré



4.1.3. Partie 3: Le tunnel à 4 voies à la sortie de la gare centrale sous le boulevard d'Avranches

Généralités

Cet ouvrage doit permettre d'augmenter le nombre des voies à la sortie nord de la gare de Luxembourg-Ville.

Dans une première phase, après dédoublement du viaduc de Pulvermühle, il doit permettre de passer à partir de la 3ème voie sur les deux voies du nouveau viaduc. Puis, dans une seconde phase, il s'agit d'assurer le raccordement avec la future 4ème voie.

Situation actuelle

La situation actuelle ne permet que le passage de deux voies sous le boulevard. On trouve principalement dans la zone de l'aménagement trois ouvrages et une tourelle.

La tourelle existante:

Une ancienne tourelle datant des fortifications de la ville se trouve dans l'emprise du chantier. Il sera procédé à son démontage en début des travaux et sa reconstruction identique à l'existant à la fin des travaux.

Pont principal:

Le pont principal permet le franchissement des deux voies ferroviaires par le boulevard d'Avranches. Ce pont biais d'une travée droite de 10,00 m est en béton armé. Le gabarit ferroviaire sous l'ouvrage actuel est de 10,00 m de hauteur et de 8,90 m de largeur. Cet ouvrage âgé de près de 50 ans est maintenant sous-dimensionné pour le passage de convois exceptionnels sur le boulevard.

Le pont ainsi que ses culées seront démolis pour obtenir le gabarit sécuritaire et augmenter la capacité de l'ouvrage.

Parking de la Rocade Nord:

Au sud du pont, un parking a été construit à l'initiative des autorités communales de la Ville de Luxembourg. Ce parking est conçu pour permettre le passage de trois voies ferroviaires dans sa partie nord. Deux de ces voies débouchent actuellement sous le pont, la troisième voie est en cul-de-sac.

La tête nord du parking a été adaptée à l'ouvrage existant et présente un biais important. La structure existante est une structure en béton armé et poutres mixtes. Le gabarit ferroviaire du passage sous le parking est de 6,00 m de hauteur et de 16,50 m en largeur totale (9,7 m voies 1 et 2 et 6,00 m voie 3).

Une partie du parking sera démolie afin de garder une structure homogène dans le nouveau tunnel et permettre l'amélioration des gabarits de libre passage pour la circulation des trains.



Passerelle piétonne:

Une passerelle piétonne a été construite suite à l'intégration de l'ancien trottoir dans l'élargissement du boulevard à trois bandes de circulation. Elle est constituée d'un tablier mixte biais. Le gabarit ferroviaire sous l'ouvrage actuel est de 10,00 m de hauteur et de 9,30 m de largeur permettant le passage des deux voies ferroviaires.

La passerelle ainsi que ses culées seront démolies, afin de garder une structure homogène dans le tunnel sur toute sa longueur et d'améliorer le traitement architectural des trémies.

Contraintes du projet

La nature urbaine du site ainsi que la présence des voies ferroviaires et d'ouvrages existants sont autant de contraintes pour ce projet. Les principales contraintes définies par les CFL sont: le tracé des voies, la phase transitoire entre les deux grandes phases du projet, les mesures sécuritaires, les mesures de confort et le maintien de l'exploitation ferroviaire.

Le tracé des voies:

Le tracé des voies 1 et 2 existantes reste identique avec un entraxe de 3,75 m.

Le tracé de la voie 3 s'arrête actuellement en bout du parking. Ce tracé doit permettre de raccorder la partie courante (sous le parking) au futur viaduc ainsi que via un aiguillage d'accéder à la voie 4 située sur le nouveau viaduc (phase 1).

Le tracé de la future voie 4 (phase 2) prévue entre la sortie nord de la gare et la voie 4 située sur le nouveau viaduc doit être pris en compte pour la réalisation de l'ouvrage.

La prise en compte des phases générales du projet:

L'élargissement du passage ferroviaire sous le boulevard d'Avranches interfère avec deux autres parties du projet, à savoir le doublement du viaduc de Pulvermühle (phase 1) et la réalisation de la 4ème voie en tunnel (phase 2).

L'interface entre le nouveau viaduc et le boulevard d'Avranches se limite à la trémie de sortie de la tranchée. Cet interface est avant tout architectural.

Dans une deuxième phase du planning général des travaux est envisagé la réalisation d'une nouvelle voie en tunnel qui viendra rejoindre la 4ème voie sur le nouveau viaduc.

Le projet de réaménagement de l'ouvrage routier doit intégrer cette future voie afin de ne plus avoir à effectuer de travaux dans l'emprise du boulevard lors de la réalisation du tunnel (phase 2). Cette intégration se fait autant sur le plan structurel que sécuritaire.

Les mesures sécuritaires:

La principale demande du gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire est d'assurer sous le boulevard d'Avranches la continuité des normes et gabarits de sécurité.

Parmi les mesures structurelles prévues, on cite: une distance minimale de 3,00 m entre les voiles latéraux et l'axe des voies, la présence de niches de refuge tous les 25 m, etc.

Les mesures de confort:

Ces mesures visent à améliorer le confort d'utilisation du tunnel telles que:

- une limitation de l'entretien du tunnel au minimum en éliminant les dispositifs nécessitant un entretien ou une maintenance (joints de chaussée, appuis néoprène ...),
- une aération du tunnel en privilégiant la hauteur du gabarit, etc.

Le maintien de la circulation ferroviaire:

Une autre contrainte du projet est la nécessité, malgré les travaux, de maintenir tout ou une partie du trafic ferroviaire (voies 1 et 2).

Le projet est étudié dans ce sens afin de réduire au maximum les interventions nécessitant un barrage complet des deux voies.

Le traitement architectural des trémies:

L'interface que constituent les trémies de sortie du tunnel subira un traitement architectural spécifique assurant une continuité de l'esprit développé pour le traitement du nouveau viaduc.

Les priorités pour le réaménagement

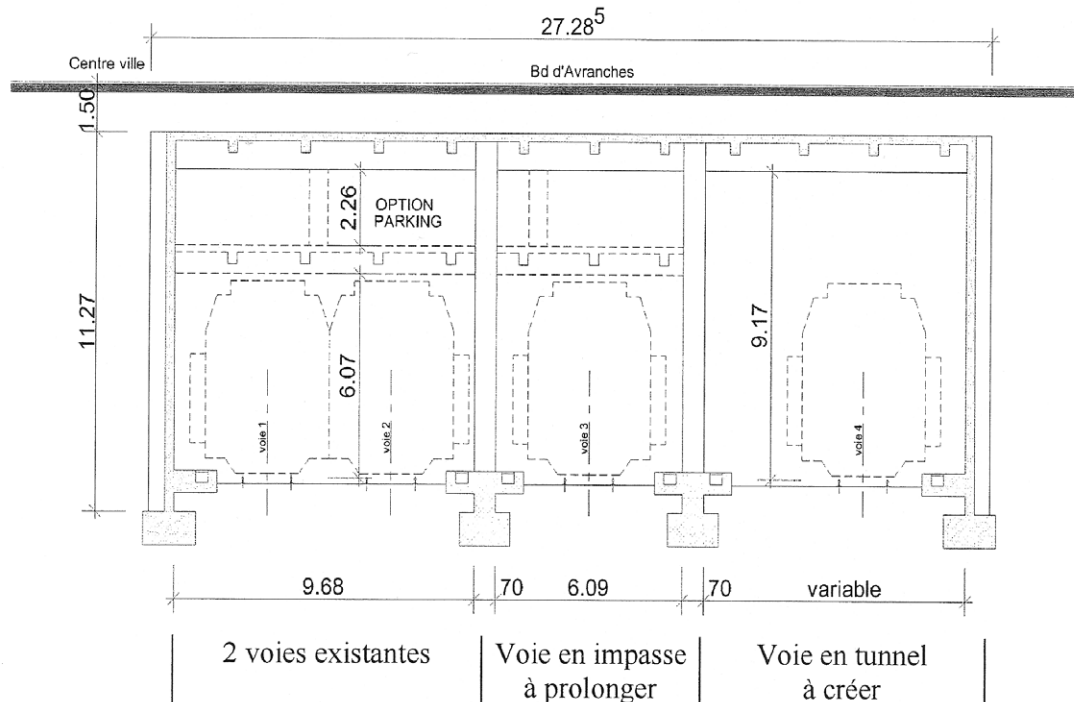
Le projet est mené suivant plusieurs axes afin de répondre aux différentes contraintes du projet telles que la sécurité, la simplification statique, les phases de construction, etc.

Descriptif géométrique

Le réaménagement consiste en la création d'un cadre permettant d'enjamber trois voies puis, en une phase ultérieure, quatre voies sous le boulevard.

La longueur totale de l'ouvrage est de 100 m pour une largeur maximale de 30 m. Le gabarit en hauteur sous l'ouvrage est d'au moins 9 m. L'intégration de la future 4ème voie se fait à partir de l'axe 57.

Coupe tranchée axe 60



Niveau de la dalle de couverture:

La dalle est située à environ 1,50 m sous le niveau fini du boulevard, ce qui permet d'assurer le passage des réseaux et d'éviter l'utilisation de joints de chaussée.

Voiles d'appui:

Les voiles latéraux permettent d'assurer le gabarit de sécurité de 3,00 m entre le devant du voile et l'axe de la voie la plus proche. L'espace de sécurité ainsi obtenu est étoffé de niches de sécurité disposées tous les 25 m dans les voiles.

Niveau intermédiaire (en option)

En option, la réalisation d'un niveau intermédiaire entre la dalle de couverture et le gabarit ferroviaire peut être envisagée. Ce niveau supplémentaire (au dessus des voies 1, 2 et 3) aurait une hauteur sous poutre d'au moins 2,15 m permettant par exemple la réalisation d'un parking.

Descriptif technique

Dalle de couverture:

Cette couverture unique de l'ensemble des voies dans la zone du boulevard d'Avranches se fait par une dalle nervurée à poutres mixtes. Cette dalle est réalisée après démolition des ouvrages existants et d'une partie du parking. La réalisation de la dalle se fait par la mise en place d'éléments préfabriqués permettant de conserver le trafic entre les différentes phases de pose.

Appuis/fondations:

La dalle repose sur deux voiles latéraux servant de montant au cadre et assurant la retenue des terres et sur deux files de poteaux intermédiaires. Les voiles latéraux sont renforcés par des poteaux (épaississement vers l'extérieur de l'ouvrage) supportant les poutres principales de la dalle nervurée, la fondation des voiles intègrera le caniveau à câbles et le chemin de service.

Les poteaux intermédiaires sont calepinés sur les poutres principales de la dalle et fondés sur une semelle filante servant de caniveau à câbles et de chemin de service.

Niveau de la dalle de couverture et gabarit:

Le niveau de la dalle permet tout en conservant une charge modérée sur la dalle de couverture d'augmenter le gabarit ferroviaire à environ 9,00 m de hauteur et de limiter l'incidence des charges routières provenant du boulevard.

Simplicité de la structure:

La structure-cadre en béton armé avec poutre mixte ne nécessite aucun entretien spécifique du type joint de chaussée ou appuis. Seule une reprise de la protection anticorrosion est à prévoir tous les 20 ans.

Traitement architectural:

Le traitement architectural permettra l'intégration des trémies dans le site, mais aussi la création d'un espace piéton, type belvédère, donnant accès à une vue panoramique sur le Grund et la vallée de l'Alzette.

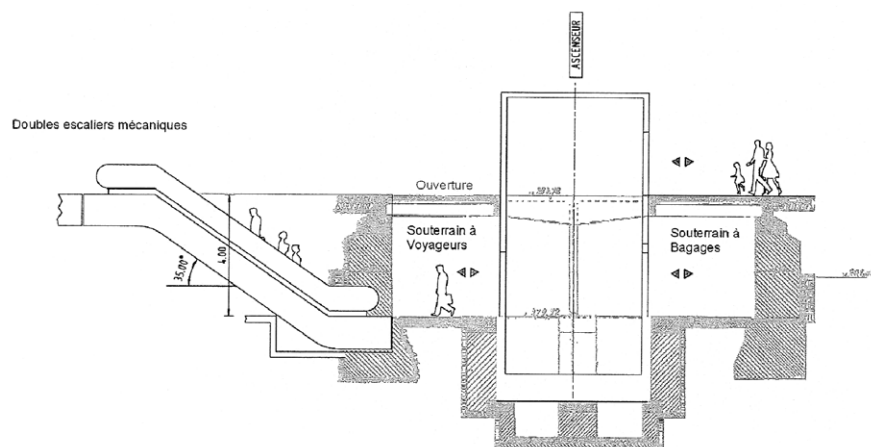
4.2. Phase 1: Aménagements en tête nord de la Gare de Luxembourg – Quais, souterrains et passerelle

4.2.1. Quai III

Le revêtement du quai III sera modernisé sur toute sa longueur. Il s'agit principalement de revoir la bande qui délimite la zone à libérer lors du passage d'un train. Elle sera composée de pavés blancs avec bossages en relief, côtoyés par deux bandes en basalte noir afin d'améliorer le contraste visuel. Cet ensemble est aisément identifiable par les personnes mal ou non voyantes.

Tandis que le souterrain nord sera conservé tel quel, le souterrain sud sera complété par des escaliers mécaniques en face de l'ascenseur. Les ascenseurs existants, un pour le souterrain sud et un pour le souterrain à bagages, seront remplacés par un seul qui déversera sur le quai en direction sud. Dès lors, la dalle du souterrain sud pourra être enlevée entre l'ascenseur et les escaliers mécaniques, créant ainsi une ouverture qui laisse la lumière du jour envahir le passage souterrain.

Qui plus est, le quai sera prolongé de 30 m au nord. La marquise sera remplacée et couvrira la totalité du quai.



Coupe souterrain sud: ascenseur et escaliers mécaniques projetés

Résumé des travaux à réaliser:

- Dépose et évacuation de la marquise (construction métallique);
- Terrassements et blindages pour construction des escaliers mécaniques;
- Construction des escaliers mécaniques et adaptation des ascenseurs;
- Enlèvement du revêtement de quai;
- Enlèvement des anciennes fondations de marquise;

- Confection de nouvelles fondations pour la marquise;
- Renouvellement de l'infrastructure du quai;
- Nouveau revêtement de quai;
- Prolongation du quai au nord;
- Nouvelle marquise;
- Modernisation de la signalétique et pose de la cage d'escaliers de la passerelle.

Quai II

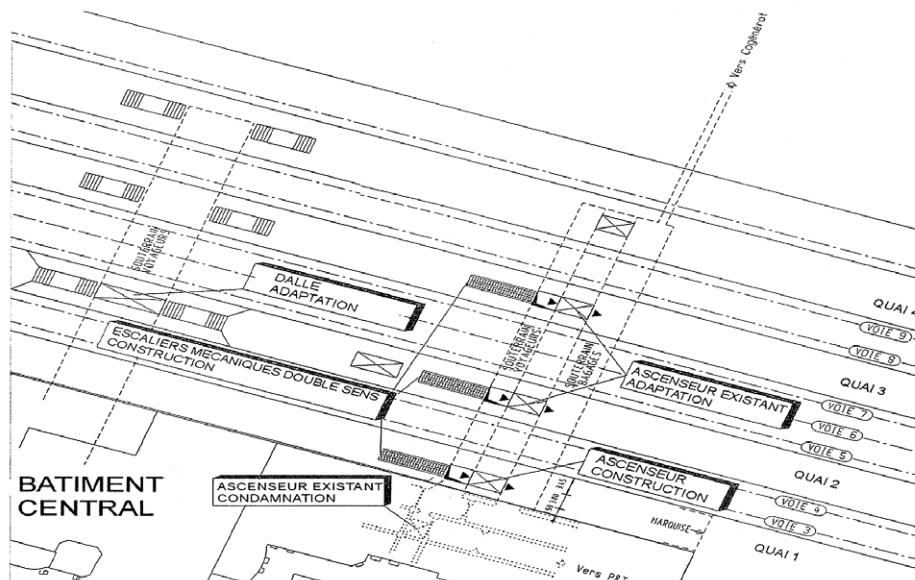
Comme évoqué lors de l'introduction et par souci de maintenir aux CFL la possibilité de profiter du droit de construction en élévation, leurs accordé par la loi du 28 mars 1997, un examen minutieux de la situation voie/quai permettra d'apprécier si, dans une phase transitoire, un relèvement de la voie pourra éventuellement être envisagé pour la desserte des trains-trams, respectivement si un abaissement du quai de 38 cm s'impose.

Les infrastructures de ce quai devront être adaptées au changement de niveaux. Ainsi, il faudra démolir la dalle du souterrain nord au droit des escaliers afin d'y aménager une nouvelle dalle respectant les cotes désirées.

Les ascenseurs entre le souterrain pour voyageurs sud et le souterrain pour bagages ne seront plus adaptés à l'abaissement du quai. Ils seront remplacés par un seul ascenseur et complétés par des escaliers mécaniques selon le principe mentionné au quai III.

L'abaissement du quai II dénudera la partie supérieure des fondations de la marquise qui voit sa stabilité amoindrie. Dès lors, et vu son ancienneté, il faudra remplacer cette structure par une nouvelle marquise qui saura facilement épouser les différents changements sur ce quai.

En outre, certains poteaux de la marquise existante gênent la construction des escaliers mécaniques du souterrain sud. Afin de maintenir l'exploitation, la modernisation de ce souterrain sud est une condition impérative pour pouvoir réaliser les travaux d'adaptation du quai nord.



Souterrains nord et sud, souterrain à bagages

Résumé des travaux à réaliser:

- Dépose et évacuation de la marquise (construction métallique);
- Terrassements et blindages pour construction des escaliers mécaniques;
- Construction des escaliers mécaniques et adaptation des ascenseurs;
- Enlèvement du revêtement de quai;

- Enlèvement des anciennes fondations de marquise;
- Terrassements;
- Confection de nouvelles fondations pour la marquise;
- Adaptation du souterrain nord;
- Renouvellement de l'infrastructure du quai;
- Nouveau revêtement de quai;
- Prolongation du quai au nord;
- Nouvelle marquise;
- Modernisation de la signalétique et pose de la cage d'escaliers de la passerelle.

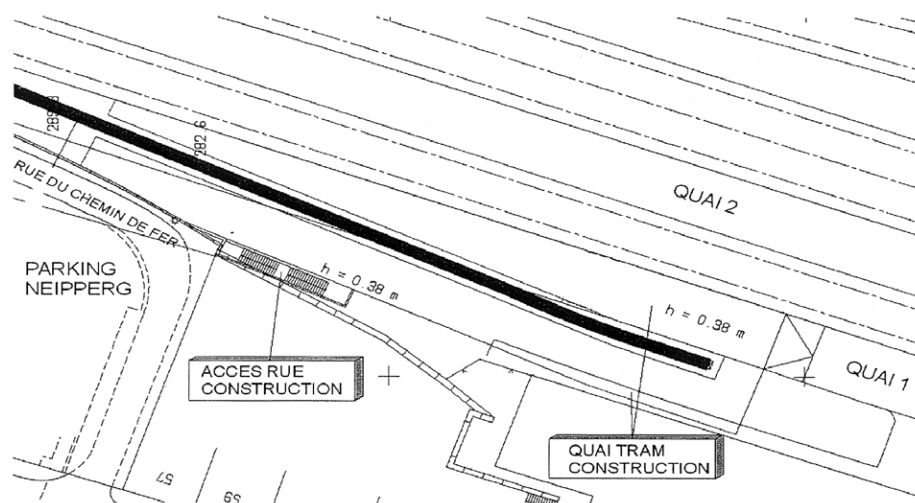
4.2.2. Quai I

La majeure transformation du quai I consiste à démolir les 100 mètres de l'about nord et à abaisser les 80 derniers mètres de 38 cm. L'on transforme ainsi cette partie du quai I en quai pour trains-trams. Un quai pour trains-trams de 80 m de long viendra s'ajouter devant le parking Neipperg. Ces quais seront reliés au parvis du parking Neipperg par un escalier.

Le remplacement du revêtement de la partie restante du quai I s'impose.

Un ensemble ascenseur et escaliers mécaniques, installé au quai I, permettra de condamner l'ancien ascenseur du souterrain sud qui débouche dans l'aile latérale du bâtiment central et d'attribuer à celle-ci une toute nouvelle fonction.

La marquise du quai I devra être remplacée par une structure moderne, adaptée aux transformations projetées et recouvrira la totalité de la surface du quai.



Quai I – Nord: adaptations pour trains-trams

Résumé des travaux à réaliser:

- Dépose et évacuation de la marquise (construction métallique);
- Terrassements et blindages pour construction des escaliers mécaniques et de l'ascenseur;
- Construction des escaliers mécaniques et de l'ascenseur;
- Condamnation de l'ancien ascenseur dans le bâtiment voyageur de la gare;
- Enlèvement du revêtement de quai;
- Enlèvement des anciennes fondations de marquise;
- Confection de nouvelles fondations pour la marquise;
- Terrassement des 100 derniers mètres de quai et évacuation des déblais;
- Construction du deuxième quai pour trams côté nord;

- Construction de l'accès à la rue du chemin de fer;
- Renouvellement de l'infrastructure du quai;
- Nouveau revêtement de quai;
- Nouvelle marquise;
- Modernisation de la signalétique et réfection de l'appui pour la passerelle.

4.2.3. Passerelle pour piétons (partie enjambant les voies ferrées)

Dans le cadre du droit de construction en élévation au-dessus des voies de la gare de Luxembourg, accordé aux CFL, le nouvel emplacement respectivement l'intégration de la passerelle pour piétons dans le nouveau complexe reste à être déterminé.

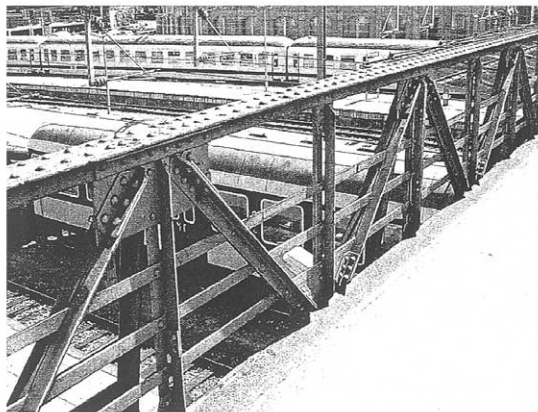
Les quais II à IV seront rendus accessibles depuis la passerelle pour piétons qui relie le parvis du bâtiment central à la rue de Bonnevoie. Le but recherché est double: créer, d'une part, un lien direct entre chaque quai et le quartier de Bonnevoie et relier, d'autre part, les différents quais directement entre eux, offrant ainsi une alternative plus aérée aux deux souterrains pour voyageurs.

Il faut néanmoins savoir que le système porteur de l'actuelle passerelle est du type treillis latéraux avec appui ponctuel sur quai. Il faudrait découper une partie de ce treillis porteur afin de pouvoir aboutir avec les escaliers au tablier de la passerelle.

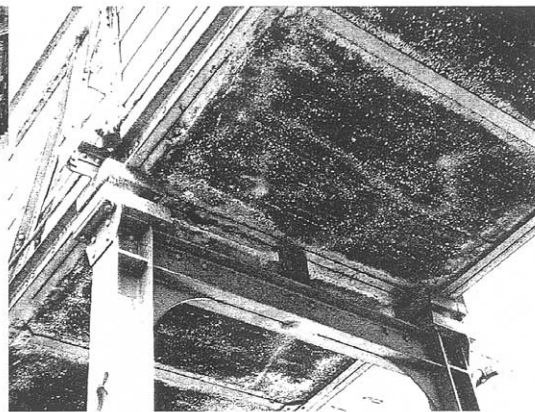
Ceci n'est que difficilement réalisable par des appuis supplémentaires au tablier, concentrés sur les segments privés d'ossature portante, ce qui reviendrait à élargir les colonnes d'appuis et à occuper davantage de surface de quai. Qui plus est, la présence rapprochée de poteaux caténaires sur les quais, imposait d'adapter ces installations pour permettre la construction des cages d'escaliers.

Un atout majeur serait aussi de pouvoir doter la nouvelle passerelle d'une toiture qui mettrait les voyageurs à l'abri des intempéries, mesure qui s'inscrit à l'amélioration de la qualité du service aux clients et piétons. Ceci engendrerait évidemment un supplément de poids auquel seraient confrontés les éléments porteurs qui, l'on vient de l'expliquer, se voient déjà affaiblis.

On préconise dès lors le remplacement complet de cette passerelle, qui se trouve dans un état de vétusté avancé par un nouveau concept global.



Treillis latéral (= système porteur passerelle)



Intrados de la passerelle actuelle

Résumé des travaux à réaliser:

- Fabrication en usine de la passerelle;
- Dépose de la passerelle existante;
- Déplacement du portique caténaires proche des accès projetés;
- Confection de nouvelles fondations pour piles;
- Amenée de la passerelle par travée;
- Pose de la passerelle par travée;
- Confection d'accès aux quais;

– Travaux de finitions.

4.2.4. Impacts sur le fonctionnement de la gare

Il va sans dire qu'effectuer des travaux de réfection et de modernisation dans une gare centrale à haute fréquentation demande une organisation réfléchie des travaux. Il faudra maintenir à tout prix le bon fonctionnement de ce point névralgique.

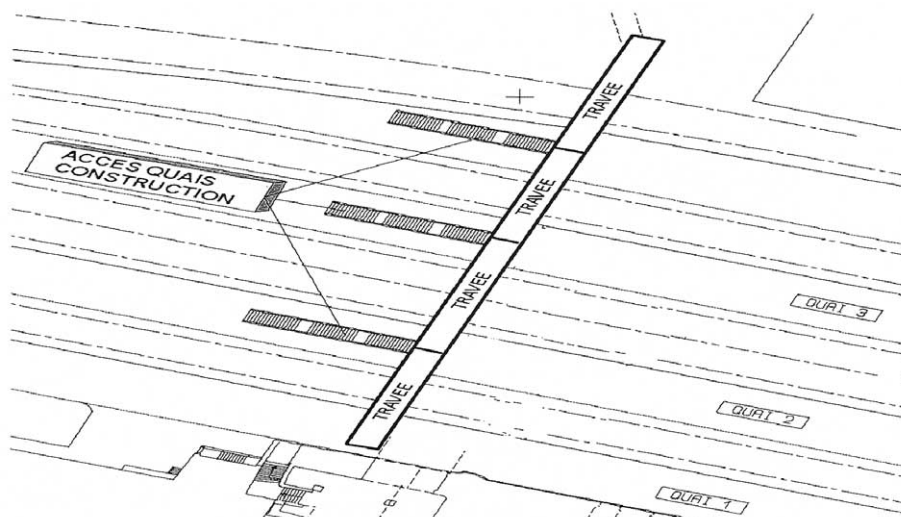
Les travaux sur les quais I à III devront être exécutés en différentes phases afin de minimiser les perturbations du trafic ferroviaire. En travaillant quai par quai, le nombre de trains à être déviés sur les autres quais sera réduit au minimum.

Comme chaque quai dispose de deux souterrains, l'on va même aller jusqu'à travailler par demi-longueurs de quai. Le souterrain nord, avec ses escaliers à grand débit, est maintenu en service pendant que le souterrain sud est adapté et complété par des escaliers mécaniques. En même temps, la moitié sud du quai est adaptée et son revêtement modernisé. Une fois ces travaux achevés, ce souterrain sud dispose d'accès assez importants pour reprendre tout le flux de voyageurs et l'on peut travailler sur la moitié nord en toute sécurité.

Le quai I sera en partie réaffecté aux voies de trains-trams et une partie du trafic ferroviaire devra être déviée ailleurs. Il est donc recommandé d'avoir fini les travaux sur les autres quais pour qu'ils puissent assurer cette fonction. Ici aussi, l'on va procéder par tronçons. Le souterrain sud sera relié au quai I par construction d'un ascenseur et d'escaliers mécaniques. Parallèlement, le revêtement de la moitié sud du quai sera adapté. Ensuite, l'on démolira le bout nord du quai, au-delà de la partie aménagée en quai à trams. Finalement, la partie quai à trams sera construite. En même temps, le revêtement de la partie restante du quai I sera modernisé.

Au niveau des marquises, on préconise de déposer l'ancienne marquise en suivant le rythme de travaux par demi-quais. Les fondations des nouvelles marquises pourront être au mieux confectionnées lors des travaux de revêtement de quai tandis que les constructions métalliques seront installées après achèvement des quais.

Une attention particulière devra être apportée à l'accès au chantier. Notamment l'évacuation des déblais sera difficile. Il faudra soit déposer provisoirement les débris par petites quantités sur une portion du quai et les évacuer la nuit où les interceptions des trains sont plus espacées, soit barrer une voie côtoyant le quai et évacuer par wagons. Cette dernière alternative présente l'avantage de soulager le quai en chantier de moitié lors des travaux mais alourdit le trafic à faire passer sur les infrastructures restantes.



Passerelle avec accès sur les quais II à IV

Les futures cages d'escaliers de la passerelle feront en même temps fonction d'appuis pour les tabliers. Une fois les différents éléments constitutifs amenés sur place, elles pourront être élevées hors du gabarit des voies et n'interfèrent donc pas avec celles-ci. Pour remplacer les tabliers, il faudra couper

les caténaires au droit des travaux et barrer les voies concernées. Ils seront mis en place par travée. L'on profitera de la coupure simultanée d'un week-end pour hisser une travée, au-dessus des caténaires, sur ses appuis. Le même principe sera répété de quai en quai. Les plus grandes travées, du quai II au quai III et du quai IV au bout, pèseront environ 15 tonnes et leur pose sera difficile d'autant plus que l'accès pour des grues est limité.

En résumé, l'on peut minimiser l'impact des travaux sur le bon fonctionnement de la gare en divisant les travaux en segments (par quai, par moitié de quai, par voie, etc.) et en reportant certaines opérations plus exigeantes à des intervalles de temps de moindre trafic i.e. aux week-ends et à la nuit. Il a été tenu compte de ces contraintes supplémentaires de mise en oeuvre dans les prix du devis estimatif sommaire ci-après.

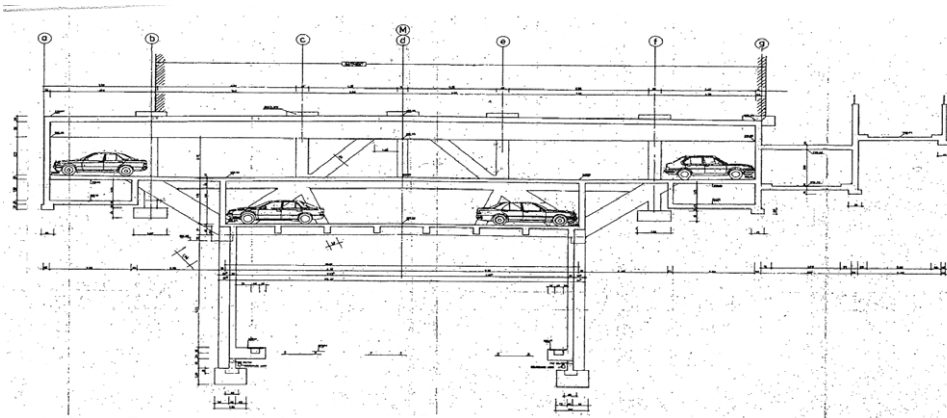
4.3. Phase 2: Raccordement de la 2e voie du nouveau viaduc par un nouveau tunnel à la tête nord en Gare de Luxembourg

Les voies sortantes entre le nord de la gare et le viaduc Pulvermühle ont été couvertes en 1994 sur une longueur de 400 m entre autres par le parking de la Rocade de Bonnevoie. Dans la conception du parking les portées libres tiennent compte d'une troisième voie parallèle aux deux existantes.

A l'époque la troisième voie a été construite jusqu'au bout du parking de la Rocade de Bonnevoie. La phase 2 du projet sous examen prévoit de construire la troisième voie parallèlement à la réalisation du nouveau viaduc de Pulvermühle. La géométrie et la structure du parking de la Rocade de Bonnevoie ne permettent pas la réalisation d'une quatrième voie directement à côté des autres dans le gabarit de la couverture de la Rocade.

La couverture de la Rocade de Bonnevoie

Les premiers 120 m de la couverture de la Rocade de Bonnevoie en sortant de la gare sont constitués de deux piédroits en béton armé reliés par une dalle nervurée en ossature mixte acier-béton. Les piédroits d'une hauteur maximale de 8,00 m, sont réalisés en tant que parois continues en béton armé. La dalle de couverture à une portée variable de 20,0 à 25,0 m.



Coupe transversale du parking de la Rocade de Bonnevoie

Le système statique est autoportant, c'est-à-dire les piédroits ne nécessitent pas le support du sol adjacent pour maintenir la stabilité. Les tirants mis en oeuvre lors de la construction du parking de la Rocade de Bonnevoie étaient temporaires et n'étaient en service que pendant la durée des travaux.

Le parking de la Rocade de Bonnevoie

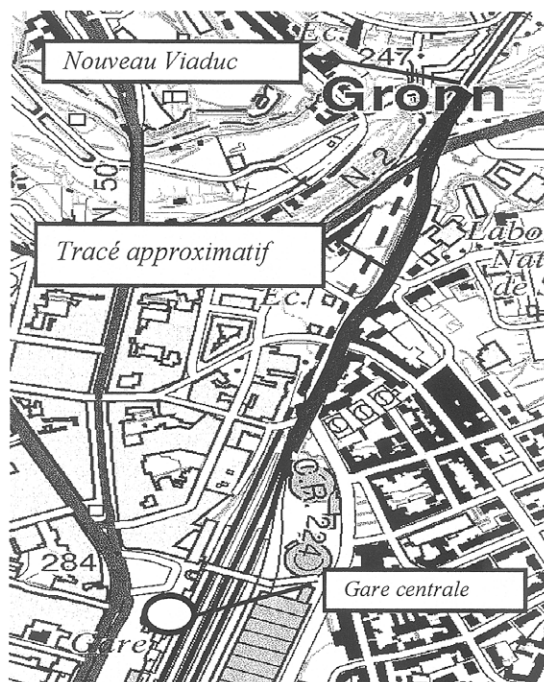
Le reste de la couverture, à savoir environ 250 m, constitue le parking de la Rocade de Bonnevoie sur deux étages respectivement un niveau. La structure du parking est capable de supporter le poids d'un immeuble de six étages. Elle est réalisée en treillis en ossature mixte acier-béton s'appuyant sur les piédroits en béton armé. Le sol est constitué de grès de Luxembourg qui présente une bonne portance. Les piédroits avec la dalle nervurée en béton armé forment un cadre.

4.3.1. Le tracé du nouveau tunnel

Le tracé a été étudié en tenant compte des impératifs propres aux chemins de fer (pentes, rayons en courbe, visibilité ...) ainsi que des contraintes de site et des possibilités de la statique.

La voie passant par le tunnel sera raccordée aux voies 9,10 et 11 de la Gare de Luxembourg. L'entrée du tunnel est prévue à la sortie nord de la gare à droite du piédroit de la couverture de la Rocade de Bonnevoie. Le tracé du tunnel suit la rue de Bonnevoie entre le cadre de couverture de la Rocade et les façades des habitations de la rue de Bonnevoie.

Le tunnel passe en dessous des rampes d'accès au parking avec un recouvrement très faible. La construction du tunnel à cet endroit nécessite d'importants travaux de reprise en sous-œuvre. Le cas échéant une démolition partielle des rampes du parking et une réfection ultérieure après achèvement du tunnel peut être envisagée pour permettre la réalisation de l'ouvrage.



Le tracé doit impérativement se situer sur des terrains publics ce qui oblige le tunnel à se rapprocher du parking de la Rocade de Bonnevoie. La section critique se trouve entre la rampe d'accès au parking et le début de la rue du Laboratoire.

A partir du début de la rue du Laboratoire le tracé s'écarte légèrement de l'emprise du parking. Vers la fin de la rue du Laboratoire le tracé converge vers le nouveau viaduc de Pulvermühle. Le tunnel se rapproche tangentiellement au parking, ce qui nécessitera d'importantes reprises en sous-œuvre lors de sa construction. Le raccord de la quatrième voie avec les trois autres est considéré dans le projet de construction du pont du Bd d'Avranches dans le cadre du projet du nouveau viaduc de Pulvermühle.

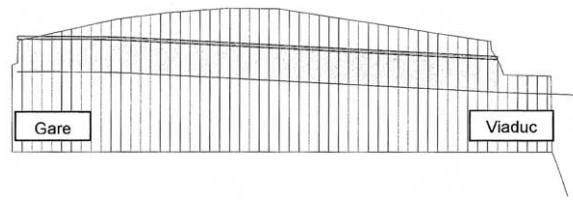
Rayons en courbe

Dû aux nombreuses contraintes générées par les constructions existantes, le tunnel ne peut pas être tracé en ligne droite, mais suit le tracé susmentionné. Le rayon minimal utilisé pour les changements de direction est de 300 m, ce qui permet, tout en considérant un surhaussement de la voie de 100 mm, une vitesse d'exploitation de 60 km/h.

Profil en long

Vu les points de départ et d'arrivée communs, le profil en long du projet s'oriente au profil du tunnel existant. Ce dernier présente une pente maximale de 11,357‰.

Le rayon minimal de raccordement des déclivités est de 3.915 m.



4.3.2. Les conditions géologiques

Le tunnel est situé dans une zone urbaine très dense. Une reconnaissance géologique détaillée sur le tracé projeté, ainsi qu'un levé des caves des bâtiments adjacents est à prévoir pour définir les mesures de soutènement. Ces données permettront de détailler la méthode de construction du tunnel. Celle-ci doit éviter des tassements superficiels qui pourraient occasionner des dégâts aux bâtiments. Les résultats des sondages géotechniques effectués lors de la réalisation du parking de la Rcade livrent des données qui permettent d'esquisser un profil géologique.

Le substratum rocheux se trouve sous une couverture de terrain meuble le long du tracé. Les terrains de couverture formant l'aluvium proviennent de l'altération des roches sous-jacentes; ils sont de nature sableuse ou argileuse suivant que le substratum est formé de grès ou de marnes. Ces terrains d'origine naturelle peuvent être localement recouverts par des remblais et des constructions diverses. Les terrains argileux et limoneux de surface sont peu perméables à l'eau; l'écoulement des eaux superficielles est largement influencé par l'infrastructure existante, ainsi que par les différents remblais. Le substratum rocheux est constitué de formations liassiques: il s'agit des marnes et calcaires de Strassen et du grès de Luxembourg.

La formation des marnes et calcaires de Strassen est caractérisée par une alternance de bancs calcaires et de bancs marneux. Les bancs calcaires présentent des épaisseurs d'environ 50 cm; ils sont de couleur grise, fracturés et donc perméables à l'eau. Les bancs marneux peuvent être plus épais; ils sont de couleur gris-bleu à l'état frais et deviennent plus argileux suite à l'altération (couleur gris-jaune ou jaune). Les marnes sont peu perméables à l'eau.

Les différents bancs calcaires peuvent contenir des nappes d'eau de faible importance et généralement intermittentes. L'écoulement permanent est dû plus que probablement à une alimentation artificielle des bancs calcaires dans la région étudiée. La formation du grès de Luxembourg est sous-jacente aux marnes et calcaires de Strassen. L'épaisseur totale de l'ensemble gréseux est d'environ 80 mètres.

On note un faible pendage des couches du substratum vers la gare de Luxembourg. Le grès forme l'assise des voies de chemin de fer; ce n'est que dans le domaine de la gare que le ballast commence à reposer sur les marnes et calcaires recouvrant le grès. Le grès affleure sur le plateau à la hauteur du boulevard d'Avranches côté gare, il est recouvert par des épaisseurs de plus en plus importantes de marnes et calcaires de Strassen.

4.3.3. Les caractéristiques de l'ouvrage

La section du tunnel

Le tunnel à voie unique sera réalisé en tranchée couverte, ainsi la section type sera rectangulaire. Le profil d'espace libre „Lichttraumprofil GC“ suivant la directive Ril 800.0130 est à appliquer (voir schéma ci-contre).

La largeur au nu intérieur des piédroits est de 6,80 m, dont deux voies de fuite de 1,20 m et 4,40 m pour le ballast et la voie. Le gabarit dégagé est de 7,30 m au minimum ce qui permet l'implantation correcte de tous les équipements de plafond (accélérateurs, caténaire, ...).

Le concept de sécurité

Le concept de sécurité de l'ouvrage répondra essentiellement aux contraintes suivantes:

- Conformité avec la législation actuelle;
- Préservation du niveau de sécurité de l'ouvrage existant et compatibilité avec une mise à niveau future de la sécurité et de la maintenance de l'ouvrage intégrant les 4 voies.

La législation en vigueur distingue la protection des structures et la protection des usagers. La protection des structures, lorsqu'elle n'est pas impliquée directement dans la sécurité des personnes, reste à l'appréciation du maître d'ouvrage.

Les mesures de sécurité constructives et techniques doivent favoriser l'autosauvetage des usagers. Les textes de référence sont:

- le rapport de l'UNECE du 10.12.2001,
- la circulaire 2000 – 63 du 25.8.2000.

Au niveau de l'exploitation une série de conditions devra être remplie, que ce soit un plan de sauvetage, l'organisation des secours ou des conditions à remplir par les véhicules de traction et le matériel roulant.

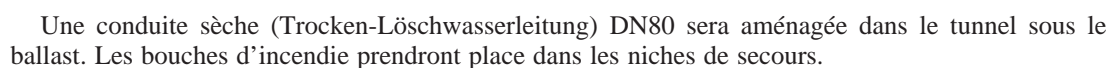
Une attention particulière doit être portée à l'équipement ferroviaire pour garantir la sécurité du personnel et des voyageurs.

Les mesures constructives

Les mesures constructives sont l'ensemble des dispositions prises au niveau du génie civil afin de créer les conditions de sécurité maximale en cas de sinistre.

Chemins de fuite

Deux chemins de fuite de 1,20 m de largeur permettront l'acheminement des personnes vers les issues de secours et les portails nord et sud du tunnel. Une main courante et un balisage lumineux guideront les usagers en cas d'émanations importantes de fumées.



Caniveaux pour câbles

Sous les voies de fuite des caniveaux sont aménagés pour recevoir tous les câblages nécessaires à la signalisation, la sonorisation, l'éclairage, les caméras, les accélérateurs d'air et autre équipements.

Niches de secours

Tous les 100 m de part et d'autre de la voie seront aménagées des niches SOS équipées d'installations de communication. Les équipements de lutte contre l'incendie sont constitués d'extincteurs à mousse permettant une action efficace relayée ensuite par l'utilisation de lances à eau. Les équipements électriques seront placés dans des armoires en suppression.

Une caméra vidéo sera affectée à la surveillance de chaque niche.

Les mesures techniques

Ventilation

La ventilation (de type longitudinal réversible avec accélérateurs en plafond) assurera le renouvellement de l'air en situation courante en fonction de divers paramètres comme la teneur en ou l'opacité. En cas d'incendie, l'évacuation des fumées se fera en direction de l'un ou de l'autre portail.

Le fonctionnement des accélérateurs sera de type mixte automatique (débrayable) et manuel. En effet, les services de la protection civile pourront les commander depuis les têtes nord et sud du tunnel en fonction de la situation de crise.

Communication

Les niches seront équipées d'appareils de communication performants pour usagers. Une installation de retransmission des deux réseaux GSM locaux ainsi que les bandes à usage de la protection civile et des forces de l'ordre sera installée et protégée contre l'incendie.

Détection

Un système indépendant de détection de sources de chaleur sera installé en plafond et permettra la localisation rapide et précise de celles-ci.

En dehors des situations de crise, toutes les données relatives à la maintenance des installations sont captées et transmises aux services concernés.

Eclairage et signalisation

Une balise de guidage en cas d'incendie sera placée tous les 5 m à 60 cm de hauteur dans chaque piédroit.

En fonctionnement normal un éclairage latéral d'une puissance suffisante sera prévu pour le personnel de maintenance.

Les niches et sorties de secours seront signalées de façon précise et visible au moyen de panneaux lumineux portant le pictogramme réglementaire.

Le gabarit dégagé permettra l'implantation correcte de tous les signaux de voie courants et leur visibilité depuis la cabine du conducteur.

Alimentation électrique

Le courant sera fourni depuis le poste transformateur de la gare. En cas de panne, le groupe électrogène existant prendra le relais.

Des batteries assureront le fonctionnement de l'éclairage de secours et des équipements de communication en cas de défaillance du groupe électrogène.

La construction du tunnel

Superstructure

La superstructure dans le tunnel comme dans la gare et sur le viaduc repose dans du ballast.

Terrassement

Suivant le profil du rapport géotechnique effectué lors de la construction du parking de la Rocade de Bonnevoie le type de sol à terrasser est constitué pour la couche supérieure de marne avec banc de

calcaire et pour la couche inférieure de grès de Luxembourg. Vue la proximité des habitations l'utilisation de brise roche est à proscrire. Seul un fraisage de la roche est accepté.

Gros oeuvre

La structure portante est constituée de deux piédroits et d'une dalle de couverture en béton armé étanche. Le tunnel sera réalisé en tranchée couverte.

Dans les secteurs où la tranchée pourra être maintenue ouverte sur une plus ou moins longue période le terrassement se fera en continu jusqu'au fond de fouille. Les fouilles seront assurées par des parois berlinoises buttonnées. Les réseaux enterrés seront suspendus aux buttons. Une fois les piédroits et la dalle de couverture bétonnés la fouille sera remblayée. L'ouvrage sera bétonné en blocs de 12,50 m. Les joints de reprise seront munis de joints étanches en néoprène.

Au niveau du croisement du tunnel avec la rue de Bonnevoie, ainsi que de la rue des Trévières, il sera procédé préalablement à un forage de pieux forés sécants en béton armé. Le terrassement avec blindage berlinois sera effectué jusqu'au niveau de la dalle de couverture.

Celle-ci sera bétonnée et remblayée. Le terrassement de la section du tunnel se fera sous couverture. Ainsi la durée d'intervention en surface sera-t-elle réduite au minimum.

La méthode de construction du tunnel doit être déterminée en fonction des contraintes de régulation du trafic routier, de réduction des émissions de bruit et d'accessibilité des habitations adjacentes au tracé du tunnel.

Le béton utilisé dans les zones de portail sera résistant au gel.

Une nouvelle issue de secours permettant l'accès en surface à partir du tunnel sera à construire lors de la reconstruction de l'escalier IV.

Etanchéité

L'étanchéité de l'ouvrage sera garantie par des lés en PVC-mou calandré. Les eaux de ruissellement sont drainées par une couche drainante située entre l'étanchéité et la roche.

Drainage

Un drainage DN150 est prévu au niveau inférieur des piédroits de l'ouvrage, ainsi qu'au niveau supérieur de la roche reprenant les eaux de ruissellement. Dans un intervalle régulier le drain du piédroit se déverse vers un drain central DN400 se trouvant sous la voie dans le tunnel. Une couche sous-jacente au ballast continue, lisse et étanche avec une pente transversale de 2% est à aménager sur le fond de fouille.

Avant d'être rendues à l'exutoire, les eaux de drainage du tunnel traverseront, à l'extérieur du tunnel au niveau du portail nord un regard de contrôle permettant des mesures et des prélèvements d'échantillons. Ce regard sera équipé d'un système de rétention pour le cas d'accident majeur. Ce système pourra également être activé en cas de lavage de tunnel.

Adaptation du parking de la Rocade de Bonnevoie

Pour permettre la construction du tunnel suivant la section type définie il sera nécessaire de démolir partiellement la rampe d'accès au parking de la Rocade par la rue de Bonnevoie, ainsi que des annexes adjacentes comme par exemple l'escalier IV. Après réalisation du tunnel il sera procédé à leur reconstruction.

4.3.4. L'impact sur la voirie

Les réseaux enterrés

Pour permettre la construction du tunnel en tranchée couverte les réseaux enterrés devront être préalablement déviés ou suspendus au dispositif de buttonnage des parois berlinoises. Une partie de la canalisation des eaux usées descendant dans la rue de Bonnevoie devra être déviée provisoirement en phase de chantier et reconstruite en phase définitive.

Les réseaux suivants sont concernés:

1. Canalisations
2. Chauffage urbain

3. Eau potable
4. Gaz
5. Electricité
6. P&T
7. Antenne collective
8. Circulation

La voirie

La construction du tunnel ainsi que du passage inférieur sous le boulevard d'Avranches constituent une entrave non négligeable de la circulation routière, surtout dans la rue de Bonnevoie pendant les heures de pointe. Toutefois un phasage adapté aux contraintes du trafic réduit l'impact sur la circulation. Au niveau du croisement du tunnel avec la rue de Bonnevoie et des Trévires la méthode de construction par tranchée couverte sera appliquée en deux phases, c'est-à-dire une moitié de chaussée après l'autre sera barrée au trafic. Il sera procédé préalablement au forage de pieux forés sécants. Le terrassement avec blindage berlinois sera effectué jusqu'au niveau de la dalle de couverture. Celle-ci sera bétonnée et remblayée. Le terrassement de la section du tunnel se fera sous couverture. Le trafic sera contraint pendant la durée de ces travaux de circuler sur une seule moitié de chaussée pour les deux sens.

Pour les secteurs hors emprise de la voirie, ainsi que pour la rue du Laboratoire le terrassement se fera en continu jusqu'au fond de fouille. Les fouilles seront assurées par des parois berlinoises buttonnées. Les réseaux enterrés seront suspendus aux buttons. Une fois les piédroits et la dalle de couverture bétonnés la fouille sera remblayée.

Les détails de la déviation du trafic routier seront élaborés le moment venu en concertation avec les Administrations responsables de la circulation.

En principe l'ensemble des mesures de construction nécessite une étroite collaboration entre Ministères, Administrations, riverains et autres.

4.3.5. L'impact sur l'environnement

Bruit en phase de construction

Les émissions de bruit se vérifieront sur la totalité du tracé pendant les phases de déplacement des réseaux ainsi que lors de la réalisation des piédroits et dalle de couverture.

Par la suite des émissions de bruit sont à attendre à hauteur des portails du tunnel et ponctuellement lors de la réalisation des sorties de secours.

Bruit sous exploitation

Les portails du tunnel se trouvent d'une part au nord de la gare de Luxembourg et d'autre part au niveau du nouveau viaduc. Dans les deux cas l'espace concerné n'est pas particulièrement sensible.

Vibrations

Les travaux de blindage et de terrassement dans la roche, les travaux de forage des pieux engendrent des vibrations. Les maisons le long de la rue de Bonnevoie sont particulièrement concernées.

Emissions

Le tunnel sera en règle générale fréquenté par des moyens locomoteurs électrifiés. Dans ce cas aucune émission de fumées n'est attendue. Néanmoins il est possible que des moyens locomoteurs diesel utilisent le tunnel exceptionnellement. Les fumées seront ou bien évacuées par effet de piston ou par les accélérateurs d'air installés dans le tunnel.

En cas d'incendie les fumées seront évacuées vers les portails. En règle générale elle seront dirigées vers le viaduc de Pulvermühle. Toutefois la direction de ventilation est réglée automatiquement suivant la localisation du sinistre.

Les issues et sorties de secours sont munies d'un dispositif empêchant la propagation de gaz et de fumées d'incendie.

Les portails seront étudiés en tenant compte du problème de la recirculation de l'air vicié ou de fumées d'incendie.

*

5. LES EQUIPEMENTS FERROVIAIRES

Le raccordement du nouveau viaduc et plus tard du nouveau tunnel ainsi que la nouvelle organisation de trafics en gare de Luxembourg nécessite une adaptation des installations de voie, de signalisation et télécommunication et des caténaires.

On procédera à la dépose et à la pose de nouveaux appareils de voie et de voie nouvelle.

Concernant la sécurisation des circulations ferroviaires on procédera aux adaptations nécessaires des installations de signalisation et de télécommunication. L'information des voyageurs sera garantie par une adaptation des installations d'affichage des trains. Afin de garantir l'alimentation électrique du nouveau plan de voie, les installations de traction électriques seront adaptées à la nouvelle situation.

*

6. L'EVALUATION DES COUTS

Phase 1: Nouveau viaduc + aménagement de la tête nord en Gare de Luxembourg	
Partie A: Nouveau viaduc	
Nouveau viaduc Pulvermühle (partie génie civil)	67,45 mio €*
Voie	3,00 mio €
Signalisation et Télécommunication	2,50 mio €
Caténaires	1,70 mio €
Acquisitions foncières	0,35 mio €
Total Partie A:	75,00 mio €
Partie B: Aménagement de la tête nord en Gare de Luxembourg (quais, souterrains, ...)	
Aménagement tête nord (partie génie civil)	25,35 mio €
Voie	4,00 mio €
Signalisation et Télécommunication	5,20 mio €
Caténaires	0,80 mio €
Acquisitions foncières	0,00 mio €
Total Partie B	35,35 mio €
Total „Phase 1“	110,35 mio €
Phase 2: Nouveau tunnel + raccordement à la Gare de Luxembourg	
Nouveau tunnel (génie civil et équipements connexes)	49,12 mio €
Voie	3,00 mio €
Signalisation et Télécommunication	1,20 mio €
Caténaires	0,35 mio €
Acquisitions foncières	0,25 mio €
Total „Phase 2“	53,92 mio €
Total (Phase 1 + Phase 2) HTVA	164,27 mio €
Frais de planification (environ 10% des coûts de construction)	16,43 mio €
Total HTVA (incluant les coûts de planification)	180,70 mio €

* sous réserve des résultats d'une campagne géotechnique

COMMENTAIRE DE L'ARTICLE UNIQUE

Conformément à la pratique antérieure de regrouper dans un relevé d'ensemble tous les projets ferroviaires de grande envergure dont le coût de réalisation dépasse le seuil légal de 7,5 millions €, il est proposé de compléter le paragraphe 3. de l'article 10 modifié de la loi du 10 mai 1995 précitée par l'inscription du projet sous examen à cet endroit.

En vue de pouvoir mettre en compte les hausses légales, il y a en outre lieu de faire correspondre le montant de l'enveloppe financière précitée à la valeur du dernier indice semestriel connu des prix à la construction, soit la valeur de 569,61 de l'indice du 1er octobre 2002. Il convient d'inscrire cette précision au troisième alinéa du paragraphe 3. dudit article 10.

L'évaluation financière du projet table sur un coût de 180,70 millions euros au niveau de l'indice des prix à la construction valable au 1er octobre 2002 (indice 569,61).