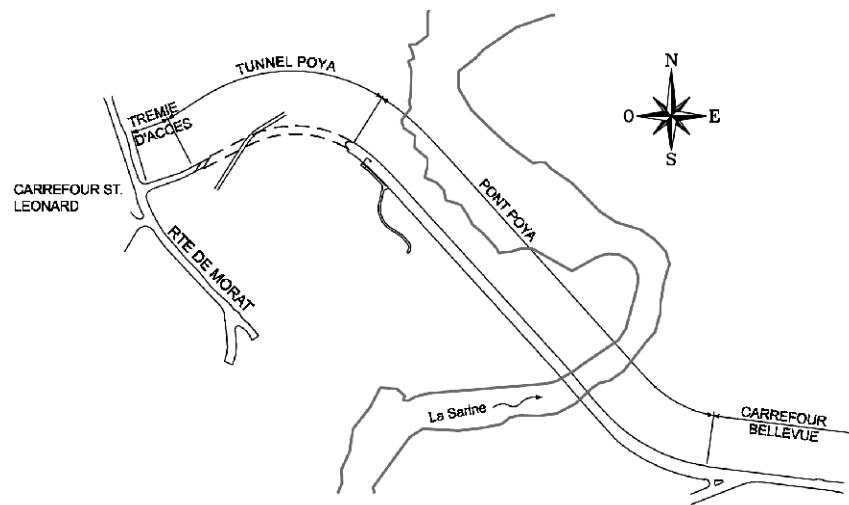
**Route principale Suisse H 182****Route cantonale Fribourg - Morat****PROJET POYA****DOSSIER D'ENQUÊTE PUBLIQUE****MÉMOIRE TECHNIQUE****Pièce N° 1**

Auteur : MPP / PERSS-GVH-Inelmec

Fichier :\\sdi\\serveurs\\mand\_perss\\7111\_galpoya\_04\\8\_docu\\82\_rapp\_tech\\82\_3\_avant\\7111\_memoire\_technique\_avant\_projet\_050610.doc

## Publication

Date : 10.06.2005

Signature : B. Stempfel

Version	Date	Commentaire	Statut
i1.1	10.06.05	Dossier d'enquête publique	définitif

**MPP****Mandataire Projet Poya**

p.a. PERSS Ingénieurs-Conseils SA  
Rte du Levant 8, CP 283,  
1709 Fribourg

Brugger et associés ingénieurs conseils SA / Chablais et Poffet SA / GVH Fribourg SA / GVH Tramelan SA / ICA Ingénieurs Civils Associés SA  
IC Infraconsult AG / Inelmec SA / PERSS Ingénieurs-Conseils SA / SACAO SA / Team + / Zwahlen & Mayr SA

Collaboration : Gicot Géotechnique SA / Bureaux d'architectes Michel Waeber, Claudine Lorenz et Florian Musso

## Distribution :

Nom	Fonction	Société
Selon liste de distribution du dossier d'enquête publique		
B. Stempfel	Chef de projet	MPP
B. Houriet	Chef de projet adjoint	MPP
G. Roth	Responsable EIE	MPP
C. Conforti	Responsable trafic	MPP
M. Waeber	Responsable architectes	M. Waeber arch.
O. Gicot	Responsable géologie, géotechnique	O. Gicot

## TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b><u>PRÉAMBULE</u></b>	<b>5</b>
1.1	MANDAT	5
1.2	PRÉSENTATION DU GROUPEMENT MPP	5
<b>2</b>	<b><u>OBJET DU RAPPORT ET BASES</u></b>	<b>6</b>
2.1	INTRODUCTION	6
2.2	DONNÉES DE BASE ET ÉTAT DES ÉTUDES EXISTANTES	6
2.3	BASES TECHNIQUES	6
<b>3</b>	<b><u>CONDITIONS NATURELLES</u></b>	<b>6</b>
3.1	SITUATION GÉOGRAPHIQUE	6
3.2	TOPOGRAPHIE	7
3.3	GÉOLOGIE	8
3.3.1	SECTEUR ST-LÉONARD – PALATINAT (PLAN N° AP-325)	8
3.3.2	SECTEUR PALATINAT – SCHOENBERG	9
3.4	HYDROGÉOLOGIE	9
3.5	DONNÉES DE TRAFIC	10
3.6	INTÉGRATION ENVIRONNEMENTALE	11
3.7	CONDITIONS D'AMÉNAGEMENT ET CONTRAINTES	12
3.7.1	AMÉNAGEMENTS	12
3.7.2	CONTRAINTES	12
<b>4</b>	<b><u>PRÉSENTATION DES OUVRAGES</u></b>	<b>13</b>
4.1	VOIRIE ET CARREFOURS DU SECTEUR ST-LÉONARD	13
4.1.1	FONCTIONNEMENT ET CONCEPT DES CIRCULATIONS (PLAN N° AP-344)	13
4.1.2	GÉOMÉTRIE	14
4.2	TRÉMIE D'ACCÈS ET PORTAIL ST-LÉONARD	18
4.2.1	GÉNÉRALITÉS	18
4.2.2	GÉOMÉTRIE	18
4.2.3	PORTAIL ST-LÉONARD (PLAN N° AP-336)	19
4.3	TUNNEL	20
4.3.1	GÉNÉRALITÉS	20
4.3.2	GÉOMÉTRIE	20
4.3.3	PORTAIL PALATINAT (PLAN N° AP-346)	21
4.4	BÂTIMENT DE SERVICE (PLAN AP-337)	22
4.4.1	ACCÈS PALATINAT (PLANS N° AP-341, AP-342, AP-343)	22
4.5	PONT	23
4.5.1	CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES	23
4.5.2	CONCEPTION GÉNÉRALE DE L'OUVRAGE	23
4.5.3	EQUIPEMENTS	28
4.5.4	PROTECTION CONTRE LE BRUIT	28
4.5.5	ENTRETIEN	29
4.6	EAUX DE RUISELLEMENT	29
4.7	MESURES DE PREUVE À FUTUR	29
<b>5</b>	<b><u>INSTALLATIONS ÉLECTROMÉCANIQUES</u></b>	<b>30</b>
5.1	INSTALLATION COURANT FORT	30

5.1.1	ALIMENTATION ÉLECTRIQUE	30
5.1.2	DISTRIBUTION BASSE TENSION	30
5.1.3	TRACÉ DES TUBES	31
5.1.4	ECLAIRAGE	31
5.1.5	CONSOMMATION D'ÉNERGIE	32
<b>5.2</b>	<b>VENTILATION</b>	<b>32</b>
5.2.1	DONNÉES DE BASE	32
5.2.2	ANALYSE DE RISQUE	33
5.2.3	SORTIES DE SECOURS	33
5.2.4	SÉCURITÉ	33
5.2.5	FONCTIONNEMENT NORMAL	34
5.2.6	CONCLUSION	34
<b>5.3</b>	<b>INSTALLATION DE SÉCURITÉ</b>	<b>35</b>
5.3.1	CONCEPT DE SURVEILLANCE	35
5.3.2	NICHES SOS	35
5.3.3	RÉGULATION DU TRAFIC ET SIGNALISATION	35
5.3.4	DÉTECTION INCENDIE	36
5.3.5	SURVEILLANCE VIDÉO	36
5.3.6	TRANSMISSION DES DONNÉES	37
5.3.7	INSTALLATION DE TRANSMISSION RADIO	37
5.3.8	DÉTECTION DE GEL	38
<b>5.4</b>	<b>CONTRÔLE COMMANDE</b>	<b>38</b>
<b>5.5</b>	<b>BÂTIMENT DE SERVICE</b>	<b>38</b>
<b>5.6</b>	<b>EQUIPEMENT À L'EXTÉRIEUR DU TUNNEL</b>	<b>39</b>
<b>5.7</b>	<b>ALIMENTATION EN EAU</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b><u>EMPRISES ET SERVITUDES (PLAN AP-304)</u></b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b><u>RÉALISATION</u></b>	<b>40</b>
7.1	INSTALLATION DE CHANTIER	40
7.2	RÉALISATION DU TUNNEL	40
7.2.1	PASSAGE SOUS LA DIGUE CFF (PLAN N° AP-338)	41
7.2.2	TRANCHÉE COUVERTE (PLAN N° 339)	42
7.2.3	SECTION SOUTERRAINE DU PALATINAT	42
7.3	RÉALISATION DU PONT	43
7.4	PROGRAMME INTENTIONNEL DES TRAVAUX	43
<b>8</b>	<b><u>DEVIS GÉNÉRAL</u></b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b><u>ENTRETIEN ET EXPLOITATION</u></b>	<b>45</b>
9.1.1	GÉNÉRALITÉS	45
9.1.2	FRAIS D'ENTRETIEN	45
<b>10</b>	<b><u>PROCÉDURE</u></b>	<b>46</b>
<b>11</b>	<b><u>CONCLUSIONS ET SUITE DES ÉTUDES</u></b>	<b>46</b>
<b>12</b>	<b><u>ANNEXES</u></b>	<b>47</b>
12.1	PÉRIMÈTRE DES BÂTIMENTS CONCERNÉS PAR UN RELEVÉ DE PREUVE À FUTUR	47
12.2	LE SYNOPTIQUE DES INSTALLATIONS DE SÉCURITÉ	48
12.3	PHOTOS DES MAQUETTES	49

## 1 Préambule

### 1.1 Mandat

Le « projet Poya » fait partie de l'aménagement majeur du canton pour solutionner la congestion de trafic qui prévaut dans le quartier du Bourg où est érigée la cathédrale de Fribourg. Un tracé a reçu l'aval des autorités politiques et services principaux impliqués dans ce projet.

La Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions (DAEC) s'est appuyée d'un Comité de Pilotage composé de représentants politiques, et un Groupe Technique représenté par les responsables techniques des différents services de l'Etat.

Pour l'élaboration du projet de mise à l'enquête, le Service des Ponts & Chaussées a poursuivi sa collaboration avec le groupement MPP qu'il a chargé de cette tâche sous la direction du Groupe Technique.

### 1.2 Présentation du groupement MPP

Le groupement MPP est constitué de sociétés impliquées dans les études particulières du pont et du tunnel.

L'étude du pont se déroule sous la conduite de GVH Tramelan SA avec la collaboration de GVH Fribourg SA, Zwahlen & Mayr SA à Monthey et comme partenaires Brugger et associés Ingénieurs conseils SA à Marly, Chablais et Poffet SA à Estavayer-le-Lac.

Le tunnel est mené par PERSS Ingénieurs-Conseils SA à Fribourg avec la collaboration de ICA – Ingénieurs Civils Associés SA à Fribourg, Inelmec SA à Minusio pour l'électromécanique et comme partenaire CVSE SACAO SA à Givisiez.

Les études d'impact sur l'environnement sont placées sous la responsabilité de IC Infraconsult AG à Berne, l'étude de trafic est conduite par Team+ à Fribourg, les reconnaissances géologiques et hydrogéologiques sont sous la responsabilité de Gicot Géotechnique SA à Fribourg. Le concept architectural des ouvrages et des aménagements est l'œuvre des bureaux d'architectes Michel Waeber à Barberêche et Lorenz & Musso à Sion.

Cette équipe pluridisciplinaire est placée sous la direction de PERSS Ingénieurs-Conseils SA.

## 2 Objet du rapport et bases

### 2.1 Introduction

Le présent rapport illustre le résultat des études d'avant-projet du nouveau tracé de la route principale suisse H182. Il synthétise toute la problématique et les contraintes qui ont conduit au choix optimum de solutions pour un projet innovant et d'importance nationale.

### 2.2 Données de base et état des études existantes

Le projet actuel fait suite à de nombreuses recherches de variantes de tracé résultant d'une réflexion globale, des bases du concours de 1989, des remarques du premier projet mis à l'enquête en 1999 et ponctué de plusieurs rapports intermédiaires. Sur la base de celles-ci, le choix de la variante alors dite C1, rassemblant le consensus politique et technique, a été présenté au public par voie de presse en janvier 2004. L'étude d'avant-projet est la première étape d'optimisation de ce nouveau tracé, qui a permis de fixer de manière définitive la position des ouvrages, les voiries de raccordement, le concept général des ouvrages et leur mode de réalisation.

Les données de bases récoltées depuis plus de 15 ans ont été continuellement mises à jour et ont fait l'objet, dans cette phase, d'un toilettage complet conduit par des campagnes de mesures et de reconnaissances complémentaires qui donne au projet toutes les garanties de prises en compte des contraintes locales à ce jour. En particulier, toute la problématique du trafic (qui a fait l'objet de comptages en 2004) a été réévaluée à l'horizon 2020 et ces nouvelles données prises en compte pour le dimensionnement des ouvrages et de mesures d'accompagnement.

### 2.3 Bases techniques

Les bases techniques ont été définies d'entente avec le Service des Ponts et Chaussées et consignés dans un document provisoire constituant les bases de projet. La **vitesse de planification a été fixée à 60 km/h**.

Les documents suivants sont référencés dans le présent rapport :

- [1] Rapport de circulation 2005, Team+ juin 2005
- [2] Rapport d'impact sur l'environnement 2005, Infraconsult juin 2005

## 3 Conditions naturelles

### 3.1 Situation géographique

Le tracé du projet Poya fera partie du réseau des routes principales suisses (H182) et sera un axe prioritaire du réseau routier cantonal (axe 3300). Les secteurs correspondants du quartier du Bourg et de ses prolongements seront déclassés en routes communales après réalisation du projet.

Il fera également partie du réseau ouvert aux transports exceptionnels types II, au sens de la norme SIA 261.

La longueur totale de cette nouvelle route sera de 1'467 mètres.

Le projet se situe au nord-est de la ville de Fribourg et relie, en franchissant la Sarine à la STEP de Fribourg, les axes routiers que sont l'autoroute A12 et les routes cantonales desservant le district de la Singine. Plus précisément, c'est la zone sportive de St-Léonard qui est liée en ligne directe au quartier du Schoenberg.

Le projet se situe intégralement sur la commune de Fribourg, englobant un périmètre délimité à l'ouest par le Stade universitaire de St-Léonard et la caserne de la Poya, s'étendant au nord jusqu'au secteur du Mettetlet sur la route de Morat, à l'est, la route de Berne est le point d'accrochage alors qu'au sud, le projet englobe l'intersection des routes de Morat et avenue Général Guisan.

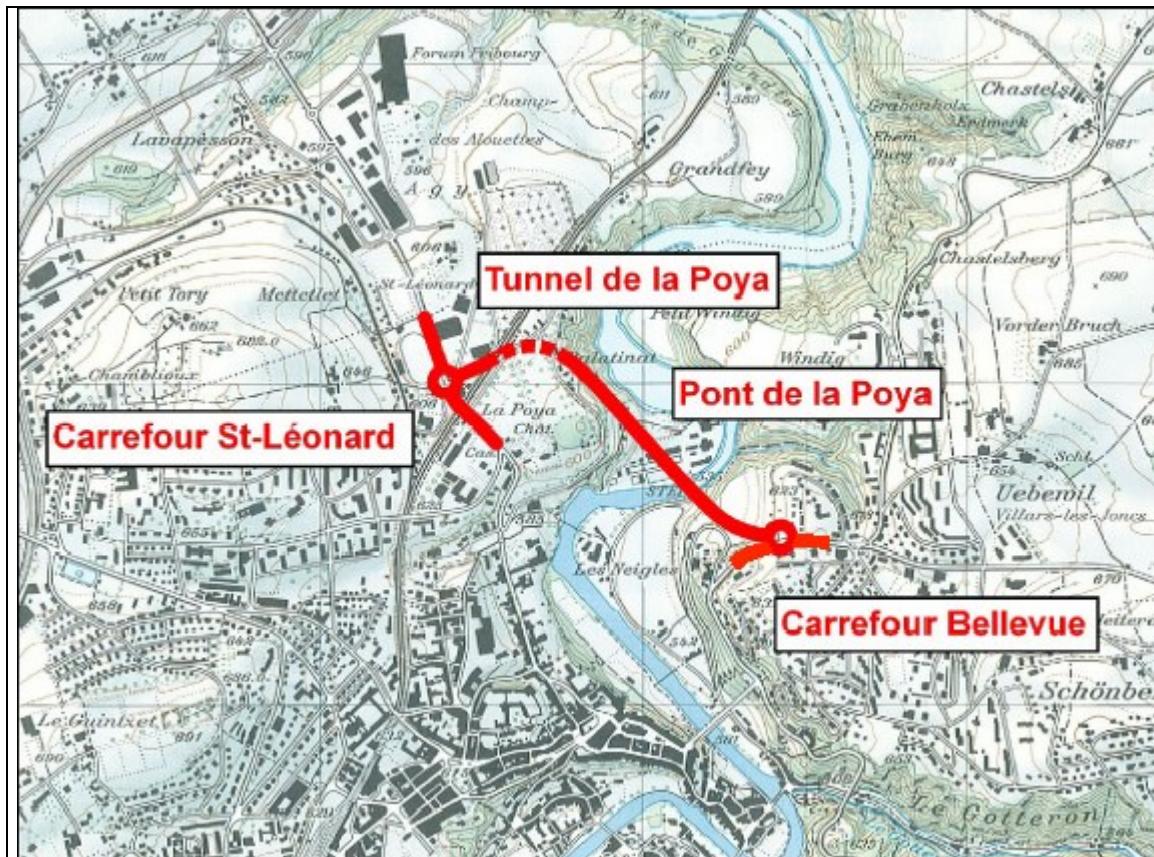


Figure 3-1: Situation générale

### 3.2 Topographie

L'élément topographique marquant du périmètre du projet est la vallée de la Sarine caractérisée par une falaise de pente abrupte côté Palatinat plongeant sur un des multiples méandres de la Sarine. Le vallon se situe à l'altitude 535 msm et remonte avec une pente presque constante vers la colline du Schoenberg.

Partant du plateau de St-Léonard englobant le parc et le château de la Poya à une altitude de 603 msm, le périmètre s'étant jusqu'au carrefour Bellevue au Schoenberg à une altitude de 614 msm.

Le point culminant du secteur Palatinat est la colline de la Haute-Croix à une altitude de 618 msm.

### 3.3 Géologie

#### 3.3.1 Secteur St-Léonard – Palatinat (plan n° AP-325)

Les reconnaissances par sondages conduites dans le cadre du projet au cours de différentes périodes, et notamment en 2004 et 2005, ainsi que dans le cadre d'autres projets voisins à la zone, ont permis de déterminer comme suit la succession des terrains qui intéressent le projet de tunnel et les appuis du pont dans la zone Palatinat.

§ Terrains de couverture (TC), variables selon les secteurs, à dominante limoneuse avec quelques sables et graviers, incluant des remblais divers. Ce sont des alluvions marécageuses avec intercalation d'horizons de tourbe (TO) dans le secteur Saint-Léonard, et des éluvions et colluvions d'origine morainique dans le secteur Grandfey-Palatinat. Les alluvions marécageuses sont le siège d'une nappe phréatique.

§ Alluvions glacio-lacustres (GL) peu compactes et compressibles, à dominante limoneuse, horizons argileux sporadiques et fraction de sable fin variable.

Alluvions fluvio-glaciaires (FL) à dominante sableuse avec horizons graveleux fins, intercalées dans le GL sous forme d'un horizon principal d'épaisseur très variable selon les lieux, et de multiples horizons d'épaisseur décimétrique et d'extension limitée. L'horizon principal contient une nappe plus ou moins captive.

§ Moraine (MO). Composition de sables limono-graveleux, compacts à très compacts

§ Dépôts interglaciaires (IC), inframorainiques de caractère-fluvioglaciaire. Constitués de graviers bien roulés (cailloutis), exempts de fines, légèrement cimentés par de la calcite.

Le remblai CFF est constitué de graviers sablo-limoneux assez hétérogènes peu compacts.

Ouvrage	Secteur	Formations dans l'emprise des ouvrages avec épaisseurs approximatives. Remarques (De haut en bas)	Eau souterraine
Trémie d'accès	Saint-Léonard	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remblai : ~1.50 m</li> <li>• Terrains de couverture, y.c. tourbe : ~ 0.5 – 0.8 m</li> <li>• Fluvio-lacustre : 0 – 3 m</li> <li>• Glacio-lacustre avec intercalations de fluvio-glaciaire de 1-2 m d'épaisseur. La fréquence des horizons FL diminue d'ouest en est. Epaisseur totale : &gt; 15 m.</li> </ul>	Deux niveaux distincts mesurés : cote ~600
Tunnel	Zone digue CFF (~75 m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remblai CFF</li> <li>• Terrains de couverture, y.c. tourbe : ~ 1.5 – 4 m, (suivi de GL sur 1.4 m dans sondage SL-4)</li> <li>• Fluvio-lacustre : 2 – 4 m</li> <li>• Glacio-lacustre avec 2 intercalations de fluvio-glaciaire de 0.5 - 1 m d'épaisseur. Epaisseur totale : 7 – 11 m</li> <li>• (Moraine : non présente dans la section du tunnel)</li> </ul>	cote ~597.5
	Zone Grandfey (~60 m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glaciolacustre (50% de la section en moyenne)</li> <li>• Moraine (50% de la section en moyenne)</li> </ul> <p>Le tunnel recoupe le contact incliné entre les deux formations, et passe d'une section entièrement en GL à une section entièrement en moraine en 60 m environ.</p>	Pas d'eau ou suintements localisés

	Zone Palatinat (~120 m)	Moraine	
Portail /Pont		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terrains de couverture de colluvion morainique : ~2 - 4 m</li> <li>• Moraine Les cailloutis interglaciaires sont attendus au-dessous de la cote ~ 583, soit 5-6 m sous le radier du tunnel au portail. Epaisseur : ~ 10 m au dessus de la molasse</li> </ul>	
Tableau 3-1 Détermination des terrains rencontrés pour les différents ouvrages liés au tunnel			

### 3.3.2 Secteur Palatinat – Schoenberg

Sur le plateau d'accès côté Bellevue, le substratum de molasse gréuese est recouvert d'une couche de sols altérés, d'alluvions fluviatiles interglaciaires et de moraine dont l'épaisseur atteint plus de 8 m.

L'épaisseur de la couche de terrain meuble est fortement réduite sur le flanc Sud-Est fortement incliné de la vallée.

Une couche de remblai et d'alluvions de la Sarine de 8 m d'épaisseur minimale recouvre le toit horizontal de la molasse gréuese, au fond de la vallée.

Sur le flanc Nord-Ouest moins incliné de la vallée, la couche de terrain meuble constituée de sols altérés et d'alluvions fluvio-glaciaires atteint une épaisseur de 2.0 à 5.0 m.

### 3.4 Hydrogéologie

La partie du tracé au nord de la digue du chemin de fer se trouve sur des sols d'un ancien lac glacière s'étendant jusqu'à l'autoroute A12. Dans ce secteur le projet se situe dans une nappe phréatique. Des essais de pompage ont été entrepris afin de visualiser le comportement de la nappe ainsi que l'étendue et l'ampleur de son influence.

Sur le plan hydrogéologique, le site se divise en deux zones distinctes :

- § une zone s'étendant de la route de Morat jusqu'au début du parc de la Poya dont le sous-sol abrite une nappe d'eau souterraine libre et, du côté de St-Léonard et zone de la digue CFF, une seconde nappe, captive, logée en profondeur.
- § une zone sans nappe d'eau souterraine comprise entre le début du parc de la Poya et le futur pont, la nappe libre du secteur précédent venant buter contre l'entité morainique dont le toit s'élève.

La présence de nappes d'eau souterraine est à mettre en relation notamment avec la géologie du site caractérisée en particulier par la superposition d'alluvions fluvioglaciaires sablo-graveleuses perméables, et glaciolacustres sablo-limoneuses ou argileuses de perméabilité moyenne à très faible.

Les sondages SL-1 à SL-5 (voir Profil en long géologique Plan AP-325) réalisés en 2004 ont permis d'identifier ces deux nappes. La nappe supérieure est située entre 599.5 et 600.5 m.s.n.m. aux sondages SL-1sup, SL-2, SL-3 et SL-5. La nappe inférieure est située 2 à 3 m plus bas en SL-1inf et SL-4.

En avril 2005, 5 forages additionnels pour l'observation des niveaux d'eau ont été réalisés.

Les 2 et 3 mai 2005, des essais de pompage ont été effectués depuis les sondages SL-2 et SL-5 respectivement, pendant une durée d'environ 6 heures chacun, avec suivi continu de l'évolution du niveau d'eau dans tous les piézomètres pendant la phase de pompage comme pendant la phase de remontée.

Sur la base d'une analyse préliminaire de ces données, il est possible d'estimer le rayon d'influence de chacun de ces pompages à une valeur comprise entre 100 et 150 m, pour des rabattements dans les puits de 2.30 m en SL-2 et 3.80 m en SL-5. Le rabattement est nul ou presque dans le piézomètre PE-3, situé à l'entrée du cimetière, et dans toute la zone du parc de La Poya. Le rabattement est de l'ordre de 40 cm au droit de la salle des fêtes de Saint-Léonard.

Ces pompages ont essentiellement intéressé la nappe superficielle.

Les mesures piézométriques avant pompage permettent de conclure à un écoulement de la nappe du sud vers le nord.

Certaines sources ou captages se situent à proximité du nouveau tracé du pont. Celles-ci feront l'objet d'un suivi régulier avant, pendant et après les travaux, selon un programme de contrôle établi par l'hydrogéologue. Des mesures de protection en cours de chantier seront prises conformément aux normes, règlements et directives en vigueur.

### 3.5 Données de trafic

Une étude détaillée a été entreprise principalement pour déterminer le plan de charge du nouveau tracé et la répartition du trafic avant et après la construction de cette nouvelle infrastructure routière. Un rapport de circulation [1] détaillé présente les bases, les résultats et recommandations de cette étude, dont voici les conclusions :

#### *"Evaluation des charges de trafic à l'échéance 2020*

*L'évaluation des charges de trafic à l'échéance 2020 a été faite en considérant l'ensemble des projets d'importance à l'enquête ou autorisés dans l'agglomération fribourgeoise. Il a été admis qu'à l'échéance 2020, tous ces projets seraient entièrement réalisés.*

*Ces hypothèses placent incontestablement le projet du côté de la sécurité, les hypothèses maximales considérées pour chaque projet ayant été cumulées les unes aux autres.*

*En résumé, on constate que la mise en service du Pont de la Poya ne provoque des augmentations de charges de trafic significatives (égales ou supérieures à 5%) que dans les secteurs suivants :*

- sur la route de Berne, en amont du carrefour de Bellevue, et sur la route de Tavel (c'est sur ces deux tronçons seulement que l'augmentation dépasse la valeur de 12%, valeur déterminante pour les nuisances sonores selon l'OPB),*
- sur la route de Morat (secteur carrefour Saint-Léonard – A12) et sur l'autoroute entre les jonctions de Fribourg-Nord et de Fribourg-Sud*

*L'augmentation de trafic, dans les secteurs cités ci-dessus, n'est pas pénalisante pour la sécurité des deux-roues et des piétons.*

## Calculs de capacité

*Les calculs de capacité réalisés pour les carrefours d'accrochage ont montré que leur fonctionnement était assuré à terme malgré les hypothèses maximales considérées (cf. ci-dessus).*

*De plus, une micro-simulation a été réalisée pour le carrefour de Saint-Léonard afin de s'assurer du fonctionnement du système avec la mise en service du parking d'échange et compte tenu du nombre important de circulations conflictuelles (TIM, piétons, deux-roues, TC) dans le secteur."*

## 3.6 Intégration environnementale

Le tracé ayant subi une légère modification depuis la mise à l'enquête de 1999, l'évaluation de l'impact a été réactualisée, principalement due aux nouvelles valeurs de trafic qui ont une incidence directe sur le bruit et l'air. Les résultats de cette étude sont consignés dans le rapport EIE [2], dont voici les conclusions :

*"Les impacts principaux du Projet Poya découlent de ses caractéristiques majeures :*

- d'une part des ouvrages urbains, pont élégant et tunnel situés en bordure du Bourg historique ;*
- d'autre part des ouvrages modifiant le plan de circulation de la ville.*

*Les flux de trafic sont donc déplacés : la route de Berne (basse), le Bourg et la rue de Morat jusqu'à la porte de Morat sont soulagés, alors que la route de Morat (entre St-Léonard et A12), l'A12 entre Fribourg Nord et Fribourg Sud, et au Schönberg, les routes de Tavel et de Berne (en direction de Guin) voient leur charge augmenter.*

*En conséquence, les impacts sur l'air et les impacts sonores sont les impacts prépondérants du projet : il y a une nette amélioration de la situation dans le Bourg, mais une certaine détérioration dans d'autres quartiers : pour les impacts sur l'air le long de l'axe entre St-Léonard, Fribourg Nord et Fribourg Sud, pour les impacts sonores au Schönberg le long des routes de Tavel et de Berne (en direction de Guin) et à Bellevue ainsi qu'à St-Léonard près du restaurant. Un grand effort de protection contre le bruit est fait au Palatinat où le pont est couvert sur 167 m. Ainsi le bilan global est toutefois positif.*

*Pour maintenir ces détériorations dans des limites acceptables, il est essentiel de mettre en œuvre le PDpT (pour les mesures d'accompagnement) qui est une partie indissociablement liée au projet : il comporte les mesures de modération qui visent avant tout à faire disparaître le trafic de transit à travers le Bourg et à plafonner le trafic sur les axes avenue Général-Guisan - route Ste-Thérèse, rue de Morat - Varis - rue Joseph Piller, route Chantemerle et route Chenevière ainsi que route du Stadtberg - route-Neuve.*

*Le projet POYA et le PDpT correspondent aux mesures prévues dans le Projet Général de la CUTAF ; la coordination avec cette approche régionale pour le domaine trafic est donc assurée.*

*Comparés à l'impact sur l'air et à l'impact sonore, les autres effets du projet sont de moindre importance :*

- par la nature même de l'ouvrage (pont et tunnel), les impacts permanents sur la faune et la flore sont peu importants (voir chapitre 5).*
- en prenant les mesures convenables durant le chantier, les atteintes au sol ou aux eaux pourront être limitées, voire évitées (voir chapitres 5).*
- le pont a fait l'objet d'un concours où les critères esthétiques ont joué un rôle considérable ; le projet a été jugé élégant et ne peut plus être amélioré du point de vue esthétique (voir chapitre 5).*
- par le choix du tracé (évitant le parc de la Poya) et l'aménagement de la couverture du pont (pour la protection contre le bruit au Palatinat) l'impact sur le paysage et le patrimoine bâti a été optimisé.*

*Un rapport succinct au sens de l'Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs (OPAM) a été rédigé dans le cadre de ce rapport d'impact : la situation d'ensemble est améliorée pour la population en raison du nouvel itinéraire suivi par le trafic ; par contre, la probabilité d'un dommage grave pour la Sarine augmente, mais elle reste dans des limites acceptables en raison des mesures prévues."*

### 3.7 Conditions d'aménagement et contraintes

#### 3.7.1 Aménagements

Les plus fortes contraintes d'aménagement sont situées dans le secteur St-Léonard. Les éléments principaux pris en compte sont :

- § Les bâtiments de l'îlot St-Léonard constitués d'un bâtiment d'habitation, de bâtiments voués à l'artisanat et d'un restaurant
- § Les limites du plan d'aménagement St-Léonard
- § La ligne CFF
- § Le parc de la Poya
- § Le quartier d'habitation au Palatinat
- § Le passage sous la route de Grandfey
- § Bâtiment de la STEP
- § Les infrastructures sportives existantes et futures le long de la route de Morat
- § Les développements futurs le long de la route de Morat.

#### 3.7.2 Contraintes

Les contraintes naturelles sont nombreuses et ont été répertoriées. Les principales sont :

- § Les arbres centenaires de l'allée du Parc de la Poya
- § La géologie du passage sous la digue
- § La stabilité de la falaise Palatinat
- § Les rives de la Sarine

## 4 Présentation des ouvrages

### 4.1 Voirie et carrefours du secteur St-Léonard

#### 4.1.1 Fonctionnement et concept des circulations (plan n° AP-344)

Au carrefour St-Léonard, une solution carrefour à feux a été retenue pour des raisons de régulation de trafic. Les feux régissent le trafic privé et public. Le concept des circulations intègre les transports publics, les voies et pistes cyclables et les voies piétonnières dans le trafic motorisé individuel.

Pour le **trafic motorisé individuel (TMI)**, les voies prioritaires et les présélections envisagées nécessitent un élargissement important de la voirie existante de la route de Morat. Cet élargissement s'effectue directement après le passage sous voies qui, lui, est maintenu dans son gabarit existant. La chaussée offrira deux voies vers l'A12, une voie pour la direction pont de la Poya, une voie unique entrant en ville et une présélection pour l'accès à la place des abattoirs. Les présélections pour la route de Grandfey sont maintenues.

Passé le nouveau carrefour, la chaussée s'élargit à 5 voies de 3 m à 3.2 m chacune. En maintenant le bord existant côté Patinoire, l'emprise est reportée quasi exclusivement côté stade St-Léonard et ceci jusqu'au nouveau carrefour du Mettetlet où débouchera la nouvelle allée du cimetière.

Le **trafic public** ne subit que des modifications mineures. La capacité du carrefour dans les deux sens sur la route de Morat et le mode de gestion de ce carrefour ne nécessitent pas un site propre pour les bus. Par contre au carrefour Mettetlet le sens cimetière-ville sera favorisé par un déclenchement par boucle d'induction des feux.

Selon le nouveau plan d'aménagement de la route de Morat-Agy (cf. Figure 4-1), le **trafic cycliste** est sorti de la voirie pour emprunter un cheminement arrière bien plus sécurisant. Dans le secteur St-Léonard, la modification majeure est un nouveau franchissement de la digue CFF par un passage inférieur cyclistes-piétons au droit de l'allée du parc de la Poya, ce qui permet à ces usagers de poursuivre sur le chemin du Palatinat vers la ville ou d'emprunter le pont vers le Schoenberg, ou de revenir sur la route de Morat par la route de Grandfey. Le trafic cycliste sur le pont est mixte avec les piétons et est situé côté ville de l'ouvrage. Ce n'est qu'au carrefour Bellevue que ces deux usagers se séparent.

Les **cheminements piétonniers** dans le secteur St-Léonard sont réorganisés en offrant, venant de ville, un itinéraire à choix :

- § Soit l'usager quitte l'artère de la route de Morat juste après le passage inférieur CFF existant pour cheminer le long de la digue CFF à proximité des bâtiments de l'îlot St-Léonard pour déboucher sur le portail du tunnel. Le franchissement du portail se fait sur la même chaussée que les véhicules accédant ou sortant de l'îlot St-Léonard.
- § Ou pour accéder au secteur du Stade de football, la route de Morat peut être franchie par un passage piétons situé après le passage inférieur CFF.
- § Ou encore le piéton peut poursuivre son chemin et traverser le nouveau carrefour et rejoindre la patinoire par le trottoir existant. L'accès au tunnel étant interdit aux piétons, des mesures coercitives seront aménagées dans ce sens.

Comme les cyclistes, les piétons pourront profiter du nouveau franchissement de la digue en prolongation de l'allée du Parc de la Poya et se diriger soit vers la ville, soit vers le Schoenberg, par le chemin du Palatinat.

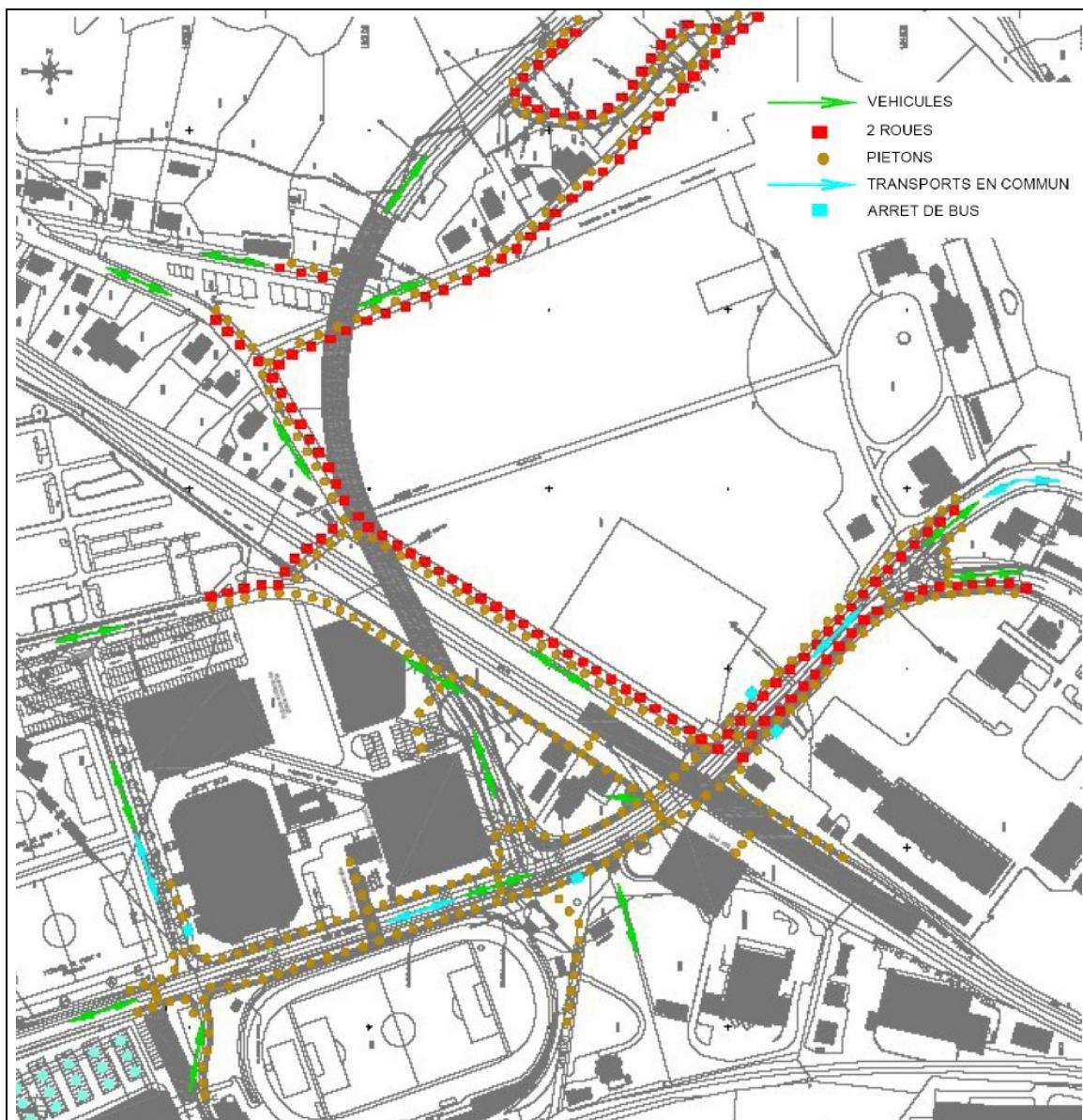


Figure 4-2: Représentation des circulations du secteur St-Léonard (AP-344)

L'accès pour les véhicules à l'îlot St-Léonard est maintenu depuis la route de Morat tel qu'actuellement. Le changement se situe au niveau de la sortie qui va déboucher sur le chemin du cimentière en passant sur le portail du tunnel. Ce dernier passage permet également l'accès au restaurant tant pour les véhicules légers que les poids lourds. Venant de l'autoroute, le tourné gauche étant interdit, les usagers devront rebrousser chemin au nouveau giratoire Général Guisan

#### 4.1.2 Géométrie

Le carrefour St-Léonard, point d'accrochage du pont de la Poya à la route de Morat, se situe en face de l'actuelle entrée du stade St-Léonard. La place à disposition est utilisée de manière optimale en garantissant à chaque usager un espace correspondant aux exigences des normes.

#### 4.1.2.1 Situation

Les rayons de raccordement de l'axe de la trémie d'accès sont dimensionnés pour répondre au critère visibilité (vitesse de planification 30 km/h). La position de la trémie par rapport au plan d'aménagement de la zone sportive, dégage de la surface autour de l'actuel restaurant St-Léonard. Les voies de circulation venant de ville doivent au droit du carrefour imprimer un "S" pour rester dans l'alignement prévu le long du stade. Sans les trottoirs, la largeur de la chaussée de la route de Morat est d'environ 15 m avec 5 voies de 3 m à 3.2 m. tant avant qu'après le carrefour St-Léonard. Pour l'alignement de la route de Morat, le bord ouest avec le chêne centenaire est contraignant alors que passé le carrefour, le bord est avec le trottoir actuel le long de la patinoire est maintenu.

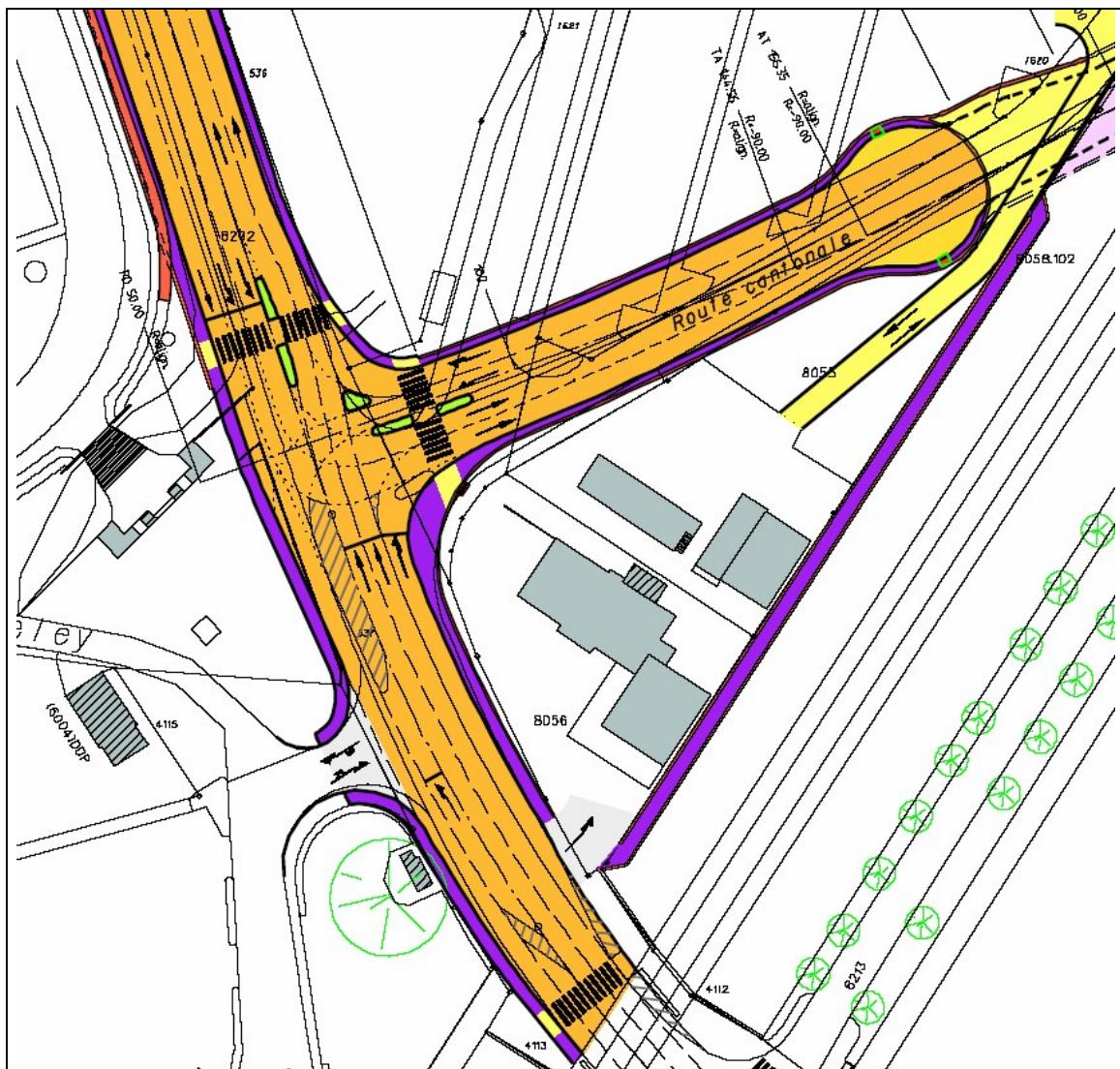


Figure 4-3: Accrochage St-Léonard du pont sur la route de Morat

#### 4.1.2.2 Profil en long

Les contraintes de pente de la chaussée du tunnel (déclivité max. de 5%) ainsi que le franchissement de la digue CFF ont nécessité un point d'accrochage sur la route de Morat environ 80 cm en-dessous du niveau de chaussée actuelle. Ce niveau correspond au niveau d'entrée du Stade St-Léonard. Ces modifications nécessitent le déplacement des

services de surface, mais n'occasionnent aucune modification des collecteurs d'eaux de chaussée.

Pour l'axe route de Morat, ce dénivelé implique une modification du tracé qui débute sous le PI CFF existant et rejoint le point d'accrochage du carrefour avec une pente de 1.7% pour un rayon vertical de 3000 m. Pour conserver une optique harmonieuse, le raccordement sur le carrefour du Mettetlet se fera avec une prolongation de cette pente.

#### 4.1.2.2 Secteur des abattoirs

Le secteur des abattoirs subira des modifications sensibles, principalement avec la construction probable d'un Park&Ride et de l'aménagement d'un nouvel arrêt de bus. Afin de permettre une meilleure lisibilité des voiries et surtout de préserver les conflits piétons voitures dans ce secteur, un aménagement mixte est prévu sur toute la place devant le stade. Les espaces offerts aux voitures et autres véhicules seront marqués ou délimités de manière légère.

Le niveau de la place sera remodelé pour tenir compte de l'abaissement du carrefour St-Léonard.



Figure 4-4: Esquisse de l'aménagement de la place

#### 4.1.2.3 Route de Grandfey

Les faibles couvertures sur le tunnel imposent une modification du profil en long de la route de Grandfey. La faible pente de cette route nécessitera une reprise sur environ 180 m avec une pente de 0.5 %. La correction est cependant minime, limitée à maximum 90 cm. Les modifications sur la route de Grandfey n'ont aucune incidence sur la rangée d'arbres bordant le parc de la Poya. Le gabarit de la route existante est maintenu.

#### 4.1.2.4 Carrefour du Mettetlet

Offrant l'accès de la nouvelle allée du cimetière à la route de Morat, le carrefour du Mettetlet s'inscrit dans le plan d'aménagement du secteur d'Agy. Ce carrefour sera régulé par feux pour permettre un débouché rapide des bus sur la route de Morat. A ce carrefour sera raccordé le chemin du Mettetlet afin de présenter un carrefour standard à T. Ces aménagements feront l'objet d'une mise à l'enquête ultérieure.

#### 4.1.2.5 Carrefour Général Guisan

L'actuel carrefour giratoire ne permet pas une gestion correcte de tous les flux de trafic, aussi cet aménagement est mis au gabarit afin de permettre aux véhicules utilitaires venant de l'A12 de rebrousser chemin pour accéder à l'îlot St-Léonard, le tourné gauche n'étant plus possible. Cet aménagement respecte les contraintes locales et particulièrement l'emprise sur la caserne de la Poya ainsi que la pente de la voie Général Guisan – route de Morat. Le diamètre du giratoire est de 26 m avec un îlot central de 8 m de diamètre, libre de tout obstacle, mais non franchissable.



Figure 4-5: Aménagement du carrefour giratoire Général Guisan

## 4.2 Trémie d'accès et portail St-Léonard

### 4.2.1 Généralités

La trémie d'accès au tunnel s'inscrit dans un contexte très contraignant tant du point de vue aménagement que géologie. L'alignement trouvé permet une intégration parfaite, mais sans réserve entre les sites construits et à construire. Les terrains rencontrés dans cette zone sont de mauvaise qualité et la présence d'eau n'améliore pas la situation. Cependant les mesures techniques prévues donnent à cet ouvrage un niveau de difficulté moyenne.

Servant d'entrée du tunnel, le portail englobe le passage supérieur routier (servant d'accès à l'îlot St-Léonard) qui forme, à l'aide d'un cercle, un réceptacle de transition entre la trémie et le tunnel.

### 4.2.2 Géométrie

#### 4.2.2.1 Situation (plan n° AP-321)

Avant d'entrer dans l'ouvrage portail, la trémie est en alignement sur environ 89 m. Dans la zone du portail, elle se raccorde sur le tracé du tunnel avec une légère courbe.

#### 4.2.2.2 Profil en long (plan n° AP-324)

Comme indiqué précédemment, le niveau du point d'accrochage sur le carrefour St-Léonard est abaissé de 80 cm environ. Ceci permet de plonger dans la trémie avec une pente de 3% sur environ 30 m et de maintenir ensuite une pente constante maximale dans le tunnel de 5% sur le premier tronçon.

#### 4.2.2.3 Profils en travers (plan n° AP-329)

Le profil en travers offre 4 voies de circulation d'un total de 12.8 m (2 x 3.20 m direction St-Léonard, 3.00 m et 3.40 m direction Palatinat) de large nécessaires pour le fonctionnement du carrefour. La largeur hors tout est de 14.8 m garantissant des banquettes de 1 m de chaque côté. L'ouvrage est construit selon le principe d'une auge (radier et murs en béton armé) étanche afin d'éviter un drainage de la nappe phréatique. Selon les mesures hydrogéologiques en cours, un lestage sera peut-être nécessaire. Les murs seront recouverts par un revêtement phono-absorbant tel que décrit dans les mesures du RIE. La hauteur des murs hors terre sera au minimum de 1.10 m et le couronnement culminera à la cote 606.50 msm, une protection supplémentaire contre le bruit sera envisagée vers le carrefour côté restaurant, mais sera en matière transparente.

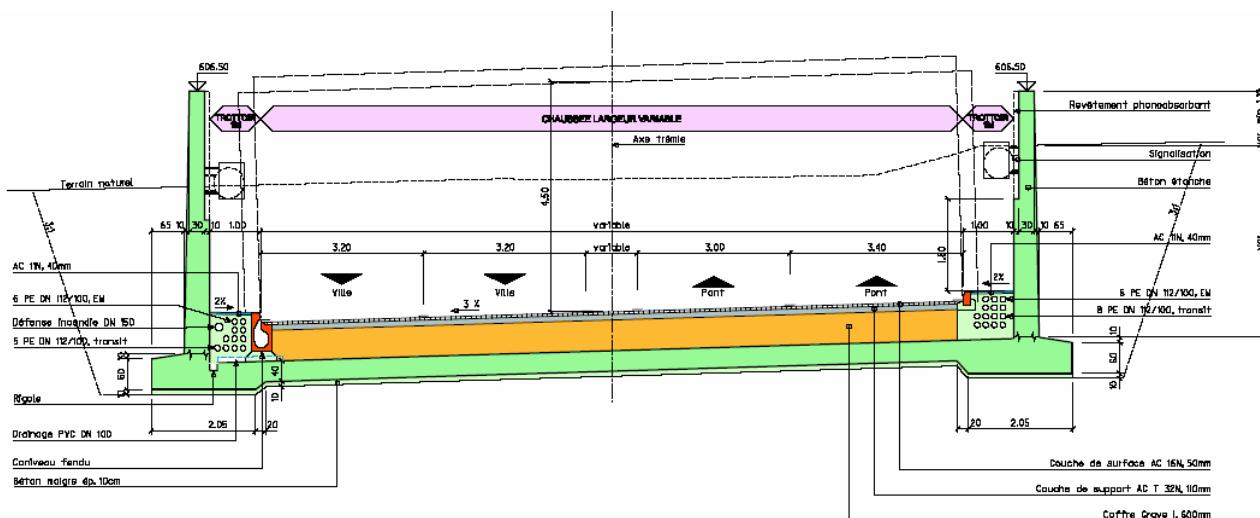


Figure 4-6: profil type de la trémie

#### 4.2.3 Portail St-Léonard (plan n° AP-336)

##### 4.2.3.1 Situation

Le portail St-Léonard englobe un réceptacle circulaire, un passage supérieur et la structure de transition entre un profil rectangulaire et le profil voûte du tunnel. Le réceptacle a un diamètre de 21 m et débute au km 0.147.5. Passé le cercle, les parois se rapprochent progressivement des pieds droits du tunnel. En surface, le passage supérieur d'une largeur de 4 m permet le franchissement du portail de manière alternée (sur 25 m) pour les voitures et camions tout en laissant également un passage pour les piétons.

Les bornes SOS et hydrantes à la sortie du tunnel seront placées dans le réceptacle circulaire permettant le parage d'un véhicule en dehors de la chaussée.

Voir annexes 12.3.

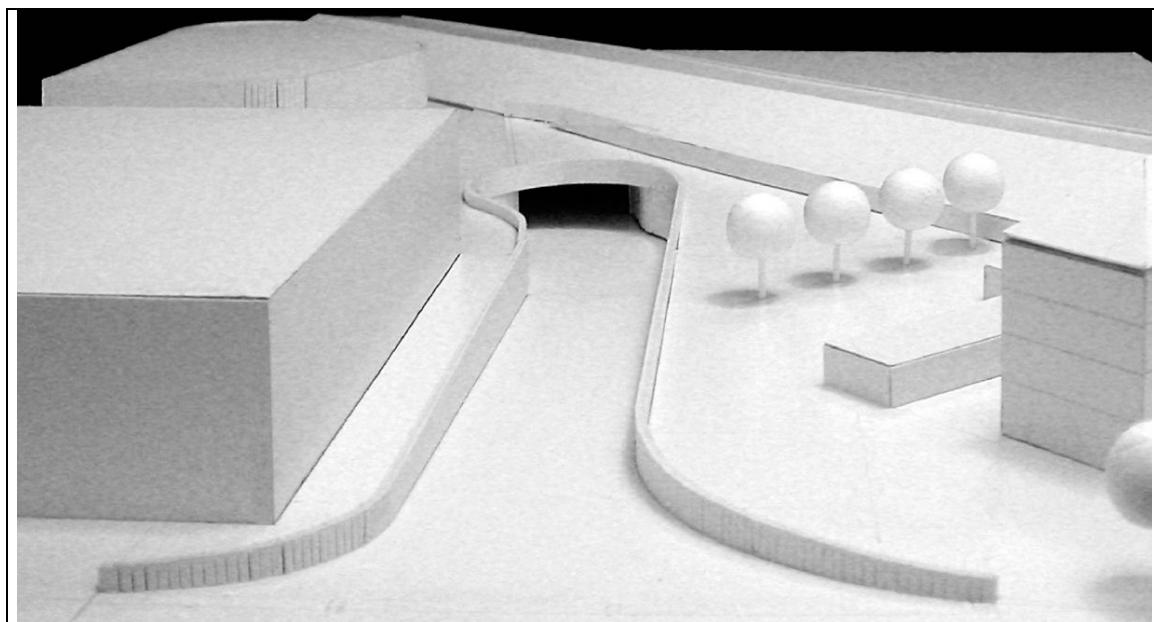


Figure 4-7: Vue de l'entrée du tunnel au portail St-Léonard

#### 4.2.3.2 *Structure*

La structure en béton armé du portail est conçue de manière étanche comme la trémie. Pour des raisons de protection contre le bruit, les parois et le plafond du portail seront recouverts d'un revêtement phono-absorbant. La dalle de franchissement de la chaussée, de longueur variable (moyenne de 14 m), est une dalle simple avec raidisseurs de part et d'autre faisant office de parapet du côté ouvert de la trémie et de raidisseur pour l'appuis de la structure du tunnel de l'autre. La hauteur hors tout de l'ouvrage sur chaussée est de 5.3 m afin de respecter les gabarits fixés dans la norme.

### 4.3 Tunnel

#### 4.3.1 Généralités

Le tronçon en tunnel est d'une longueur de 252 m hors portails. Ce tronçon se caractérise par trois secteurs, le secteur en souterrain sous la digue CFF, le secteur en tranchée couverte sous la route de Grandfey et le parc, et enfin le secteur en souterrain parc-Palatinat.

#### 4.3.2 Géométrie

##### 4.3.2.1 *Situation (plan n° AP-321)*

Partant d'un rayon de 500 m sur une longueur d'environ 60 m en provenance de la trémie d'accès, suivi d'une courte transition de 27 m, le tunnel amorce un virage avec un rayon de 180 m sur les 151 m suivants. La transition avec le pont s'effectue avec une clohoïde de 160 m. Ce tracé est le juste compromis entre toutes les contraintes fixées et garantit un niveau de confort optimum pour l'usager. La longueur du premier secteur sous la voie CFF est de 60 m, la tranchée couverte est de 49 m et le tunnel jusqu'au portail Palatinat a une longueur de 143 m.

##### 4.3.2.2 *Profil en long (plan n° AP-324)*

Le tunnel plonge sous la digue CFF avec une pente maximale de 5 % puis 0.5 % sur 110 m, garantissant un écoulement gravitaire de l'eau jusqu'au portail Palatinat.

##### 4.3.2.3 *Profil type et aménagement intérieur (plan n° AP-328)*

Le tunnel a un gabarit à trois voies de circulation de 3.65, 3.00 et 3.50 m et prend en compte les espaces de visibilité nécessaires liés à la courbure avec des trottoirs de 1.63 m respectivement de 1.74 m. La largeur totale des voies de circulation est de 10.15 m hors tout. Le dévers unilatéral est constant à 3 % tout le long du tunnel. Le gabarit d'espace libre est conforme aux nouvelles normes et propose de manière généreuse l'espace pour la signalisation, espace donné par la forme géométrique du tunnel. Les contraintes hydrogéologiques et géologiques imposent la construction d'un radier bétonné étanche, aussi une étanchéité circulaire est prévue sur toute la longueur du tunnel.

Le soutènement extérieur des 2 secteurs réalisés en souterrain sert de support à l'étanchéité souple et le revêtement intérieur non armé a une épaisseur variant de 30 à 40 cm selon les secteurs géologiques rencontrés. Les eaux de chaussées seront récoltées par un caniveau fendu disposé latéralement et équipé tous les 50 m d'une chambre

siphon. Ces eaux seront acheminées par un collecteur dans un bassin de rétention, déshuileur, décanteur prévu à cet effet au portail Palatinat sous le bâtiment de service. Ensuite elles seront conduites soit par camion à la STEP (en cas de pollution ou de lavage) soit à l'exutoire qu'est la Sarine après être passées au travers d'un bassin de filtration qui est le mode de fonctionnement courant.

Les banquettes abritent les caniveaux à câble et servent de trottoirs pour les usagers en détresse et le personnel du service d'entretien.

Les aménagements nécessaires à l'exploitation du tunnel sont décrits au chapitre 5 Installations électromécaniques.

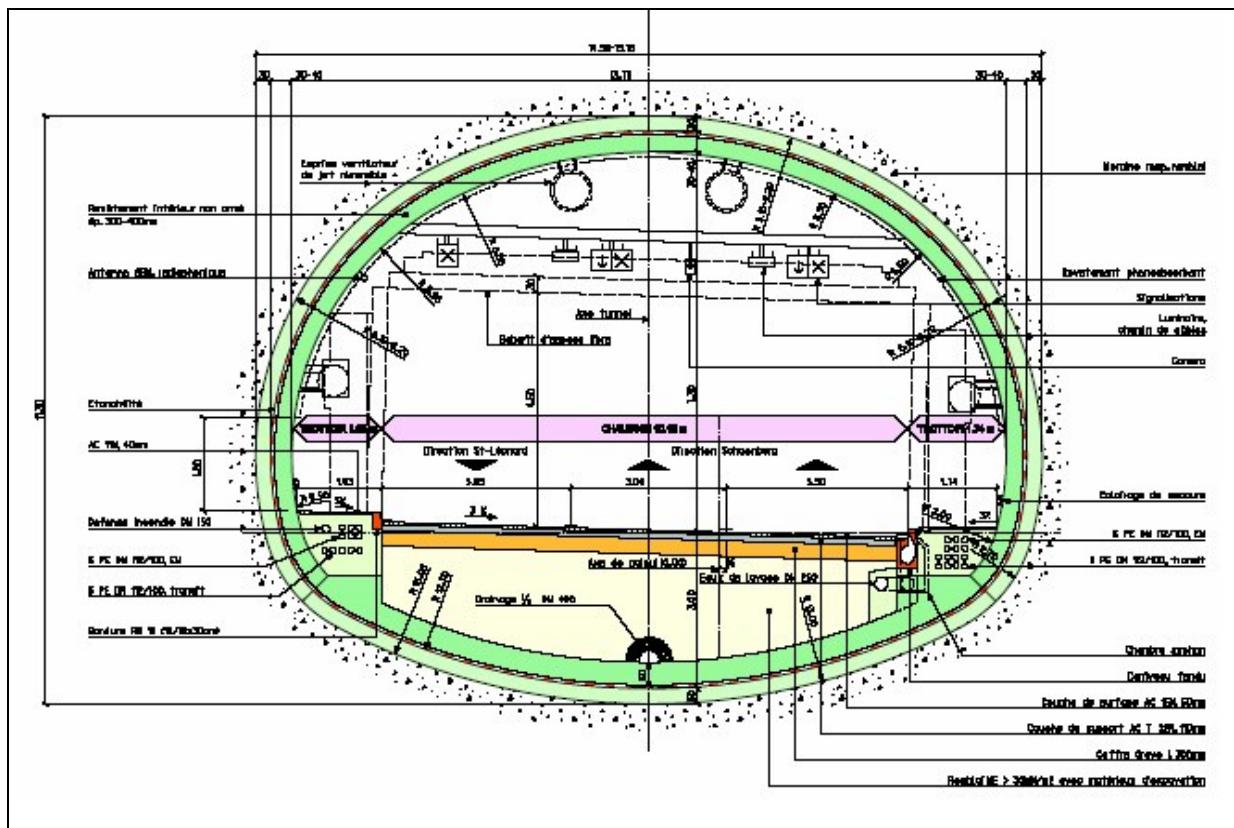


Figure 4-8: Profil type du tunnel

#### 4.3.3 Portail Palatinat (plan n° AP-346)

#### 4.3.3.1 Généralités

Le portail Palatinat est réduit à sa plus simple expression, assurant la transition de manière cachée de l'extérieur, entre le profil circulaire du tunnel et la section rectangulaire prévue comme couverture anti-bruit du pont. La longueur de l'aménagement est d'environ 19 m avec des pieds-droits s'enfilant comme un embout sous la couverture du pont et reprenant l'angle des premières béquilles de support de la structure de couverture.

#### 4.3.3.2 Structure en béton armé

La structure en béton armé est dimensionnée pour recevoir une couverture minimale de terre qui rétablira la pente naturelle du vallon. L'étanchéité du tunnel sera poursuivie comme étanchéité extérieure de cette portion d'ouvrage, ce qui assurera une transition sans problème au niveau des détails constructifs (dilatation, angles de raccord).

### 4.4 Bâtiment de service (plan AP-337)

Le bâtiment de service doit idéalement être implanté à proximité d'un portail. Dans notre cas, il profite de la configuration du terrain sur le vallon du Palatinat pour être placé au niveau de la chaussée comme prolongation de la couverture du pont vers le talus. Ce bâtiment d'une longueur de 24.3 m et d'une largeur de 8 m longeant le pont va se noyer dans l'aménagement prévu et, de par sa position semi-enterrée, va offrir une surface végétalisée à la vue des habitants des villas Palatinat. Il constituera en outre le prolongement de la paroi anti-bruit amont.

Sa surface d'environ 100 m<sup>2</sup> sera mise à disposition pour l'aménagement des installations électromécaniques. La hauteur totale est de 5,10 m pour rejoindre la couverture du pont avec, sur une partie, un faux-plancher laissant un vide d'installation de 70 cm.

La structure du bâtiment est en béton armé. Les faces contre terre sont protégées par une étanchéité collée et les investigations géologiques et hydrogéologiques détermineront de la nécessité de placer un drainage autour du bâtiment.

La pente du terrain est judicieusement occupée par le bassin de récupération des eaux de lavage d'une capacité de 30 m<sup>3</sup> qui pourront être repompées depuis la place d'arrêt aménagée devant le bâtiment.

Les ouvrages nécessaires au traitement des eaux de ruissellement du pont et de la trémie ont été intégrés sous le bâtiment de service. Le déshuileur et le bassin de laminage, d'un volume de 450 m<sup>3</sup>, se situent dans le prolongement du bassin de récupération des eaux de lavage. Les eaux de ruissellement transitent ensuite au travers d'un bassin de traitement, à ciel ouvert, où les eaux sont filtrées avant d'être acheminées en direction du lac de Schifffenen.

Le bâtiment sera accessible soit directement par le tunnel de manière exceptionnelle (seulement pour les cas de transport d'éléments volumineux en cas de changement des installations), soit par le cheminement du Palatinat d'accès au pont prévu pour les cyclistes et piétons.

#### 4.4.1 Accès Palatinat (plans n° AP-341, AP-342, AP-343)

Les cyclistes et piétons emprunteront le pont sur la voie amont (côté ville) par une piste aménagée sur le tablier du pont qui se prolongera au Palatinat par un chemin d'accès de 149 m de long suivant de manière équilibrée la topographie du vallon. De largeur 4.5 m (3.5 m de chaussée et 2 accotements de 50 cm), le chemin a une pente maximale de 6% permettant ainsi l'accès aux chaises roulantes. L'emprise est limitée au maximum et longera le mur de soutènement existant, passera sur d'anciens soutènements qui seront adaptés et demandera la démolition d'un petit cabanon. Un soutènement de talus ne sera nécessaire que sur une faible longueur.

## 4.5 Pont

### 4.5.1 Caractéristiques géométriques

L'ouvrage d'une longueur totale de 851.6 m, présente le tracé en plan suivant :

- un tronçon de raccordement en clohoïde ( $A = 160\text{m}$ ) de 117 m côté Palatinat;
- un alignement de 501 m au centre comprenant la zone haubanée;
- un tronçon de raccordement en clohoïde ( $A = 120\text{ m}$ ) de 48 m, un tronçon courbe ( $R = 300\text{ m}$ ) de 164 m et un deuxième tronçon de raccordement ( $A = 120\text{ m}$ ) de 21 m côté Bellevue.

A l'exception d'une zone de raccordement ( $R_v = 4000\text{ m}$ ) de 5 m côté Palatinat, l'ouvrage suit une pente longitudinale constante de 2%.

La largeur hors tout du tablier varie de 19.25 m en zone courante à 23.25 m à l'approche du carrefour Bellevue.

Le tablier comprend 3 voies de circulation (3.50 m, 2.75 m, 3.50 m) ainsi qu'une voie de 3.50 m réservée à la circulation bi-directionnelle des cyclistes et des piétons, côté ville, et séparée par un système de retenue.

Le dévers en toit de 2.5% prévu sur les chaussées est inversé à 2.5% sur la piste cyclable et le trottoir.

La hauteur maximale du tablier au-dessus de la Sarine atteint environ 70 m.

L'implantation des mâts et des piles est soumise aux contraintes suivantes :

- la station d'épuration et son extension récente;
- la Sarine;
- le versant très incliné, boisé et d'accès difficile côté Palatinat.

### 4.5.2 Conception générale de l'ouvrage

#### 4.5.2.1 Type d'ouvrage, implantation des appuis

La solution proposée est élaborée sur la base des considérations suivantes :

- réduire au maximum l'effet d'encombrement optique sur le fond de la vallée tout en maintenant les proportions de l'ouvrage en harmonie avec le site environnant,
- faire appel aux possibilités les plus récentes de la technique et garantir un ouvrage de qualité, qui réponde aux exigences de durabilité et d'entretien aujourd'hui requises,
- développer un pont de conception structurale claire, réalisable selon un mode de construction rationnel et éprouvé,
- donner enfin à la Ville une réalisation remarquable, de conception moderne, qui perpétue la tradition des grands ponts de Fribourg.

Pour répondre de manière optimale aux critères susmentionnés ainsi qu'aux différentes contraintes du projet, la solution suivante est retenue :

- un pont haubané de 368 m de longueur pour franchir la vallée principale avec une portée centrale de 196 m et deux travées latérales de 86 m;

- un viaduc d'accès de 253 m (40, 51 m + 3 x 54 m) côté Palatinat;
  - un viaduc d'accès de 231 m (54, 50, 47, 45, 35 m) côté Bellevue.

#### 4.5.2.2 Système statique

L'ouvrage est conçu comme un système flottant.

Les mâts N° 6 et 7 sont liés monolithiquement au tablier et garantissent la stabilité longitudinale de l'ouvrage.

Les piles N° 3, 4, 5, 8 et 9 sont munies d'un appui bloqué en tous sens et d'un appui bloqué transversalement.

Les piles N° 1, 2, 10, 11 et 12 sont pourvues d'un appui mobile en tous sens et d'un appui bloqué transversalement.

Deux appuis mobiles en tous sens et un appui de guidage longitudinal sont prévus à chaque culée.

#### 4.5.2.3 Tablier des viaducs d'accès

Le tablier en bipoutres mixte acier-béton comprend les éléments suivants :

- dalle de roulement en béton armé de 28 cm d'épaisseur munie de raidisseurs latéraux de 110 cm de hauteur;
  - poutres maîtresses métalliques de 2 m de hauteur espacées de 7.6 m en zone normale, porte-à-faux de 5.825 m;
  - espacement porté à 11.6 m côté Bellevue avec maintien des porte-à-faux de 5.825 m.
  - entretoises métalliques espacées de 6.0.

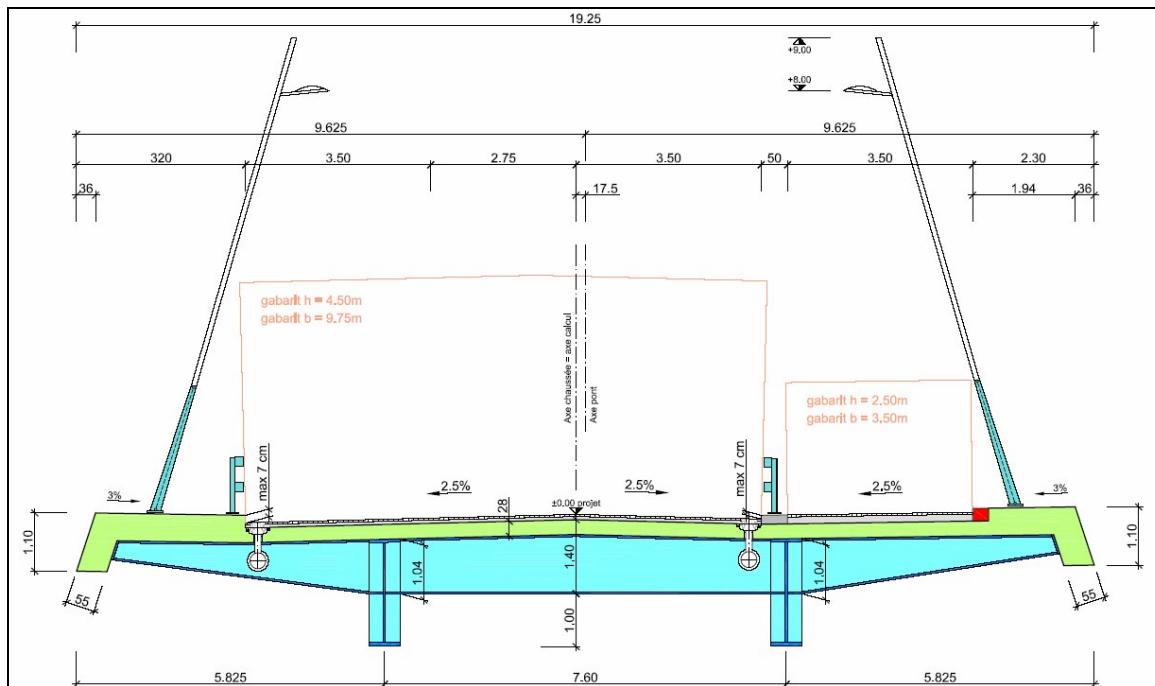


Figure 4-9: Profil type du tablier des viaducs d'accès

#### 4.5.2.4 Tablier de la zone haubanée

La conception structurale du tablier de la zone haubanée est similaire à celle des viaducs d'accès :

- l'épaisseur des raidisseurs latéraux est portée de 55 à 115 cm;
- la hauteur des poutres maîtresses est réduite de 2.0 à 1.0 m (réduction linéaire sur 18 m au droit des piles N°5 et 8).

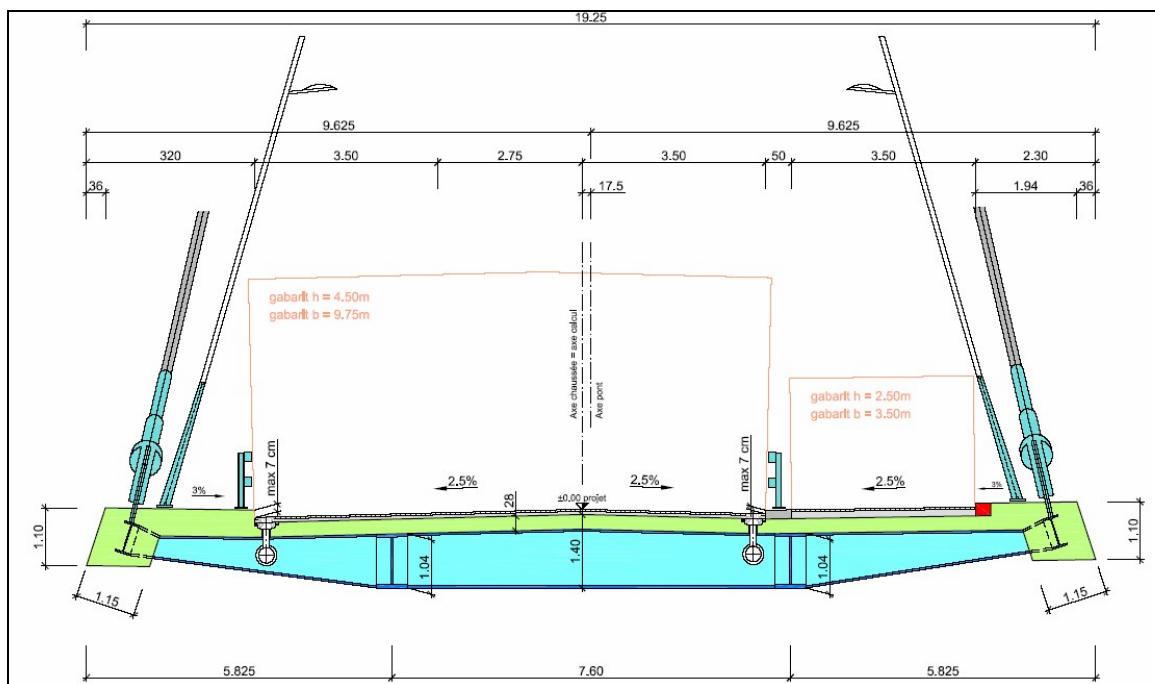


Figure 4-10: Profil type du tablier de la zone haubanée

#### 4.5.2.5 Mâts

Le fût inférieur vertical des mâts est constitué d'une section de forme hexagonale creuse, de dimensions externes de 5.0 m x 11.0 m.

Ce fût est dissocié en deux branches de section rectangulaire creuse pour permettre le franchissement du tablier.

Une entretoise précontrainte de section rectangulaire pleine reprend la traction engendrée par la dissociation susmentionnée.

Une entretoise verticale assure la connexion des deux branches en tête des mâts.

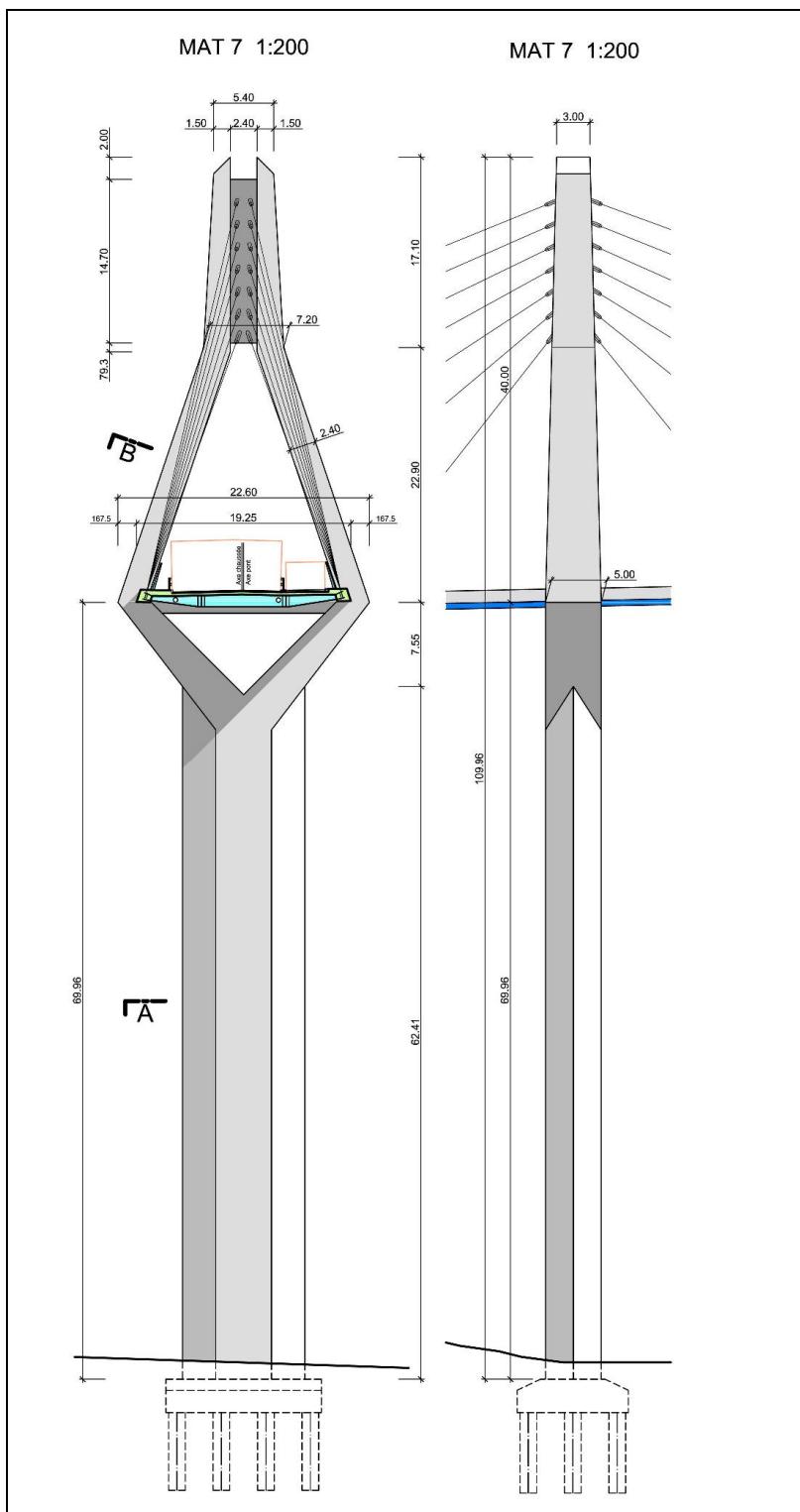


Figure 4-11: Mât

#### 4.5.2.6 Haubanage

Le haubanage est constitué de deux nappes latérales en semi-harpe ancrées verticalement dans l'entretoise de tête.

Les haubans sont constitués de torons galvanisés à chaud et revêtus en usine d'une gaine polyéthylène à haute densité.

Une cire pétrolière vient remplir les vides entre les fils ainsi que les interfaces torons-gaines.

#### 4.5.2.7 Ancrages des haubans

Les ancrages fixes au niveau du tablier sont réalisés au-dessus de ce dernier au moyen d'une structure métallique en œillet qui simplifie le montage et l'entretien des haubans.

Les ancrages mobiles en tête des mâts sont réalisés à l'aide d'une ossature mixte accessible depuis les deux branches latérales creuses des mâts.

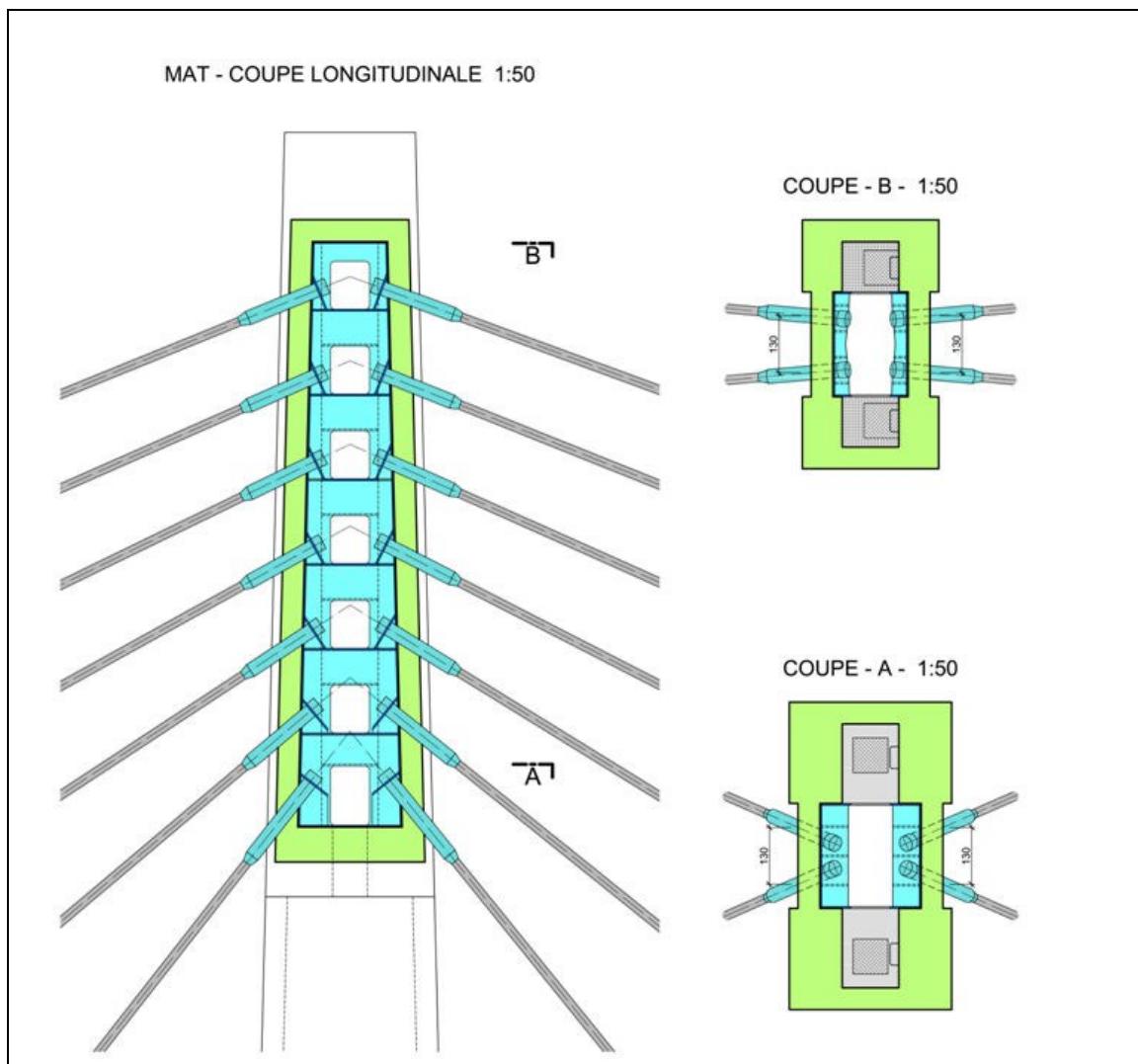


Figure 4-12: Ancrages des haubans

#### 4.5.2.8 *Piles*

La conception structurale et architecturale des piles répond à celle des mâts.

Les dimensions du fût vertical des piles correspondent à la moitié de celles du fût vertical des mâts soit 2.5 m x 5.5 m. Voir annexes 12.3.

#### 4.5.2.9 *Fondations*

Les piles N° 3 à 5 côté Poya sont implantées dans une zone boisée caractérisée par une forte pente transversale ; la couche de couverture dont l'épaisseur atteint 2.0 à 3.0 m présente une stabilité localement précaire. Ces piles sont de ce fait fondées sur deux puits.

Pour les piles N° 1 et 2 la fondation est également prévue sur deux puits afin d'atteindre le toit de la molasse gréuse à plus de 15 m de profondeur.

La pile N° 8 est fondée également sur deux puits de section pleine.

Les piles N° 9 à 12 sont fondées sur semelles superficielles.

Le mât N° 6 est fondé sur la molasse à l'aide d'une semelle superficielle.

Le mât N° 7 est fondé sur 12 pieux forés tubés DN 1.5 m encastrés dans la molasse.

#### 4.5.3 *Equipements*

Le concept d'évacuation des eaux du tablier sera conforme aux directives de l'OFROU. Elles seront envoyées à la Sarine après un passage dans un bassin de rétention puis de filtration situés sous le bâtiment de service.

Les services nécessaires à l'ouvrage ainsi que les conduites techniques seront suspendues sous la dalle de roulement.

La dalle de roulement sera protégée au moyen d'une étanchéité de type LBP.

Les glissières de sécurité à double caisson sont encastrées dans le tablier.

Des barrières de sécurité de 2.5 m de hauteur, inclinées parallèlement aux branches supérieures du mât, assurent les fonctions suivantes :

- protection des cyclistes et des piétons contre les chutes côté ville;
- protection du service d'entretien contre les chutes côté lac;
- protection des haubans et des ancrages contre le vandalisme;
- protection contre les tentatives de suicide.

Les mâts d'éclairage sont disposés dans le plan incliné des barrières de sécurité.

#### 4.5.4 *Protection contre le bruit*

L'étude d'impact a souligné l'importance du bruit sur le secteur de transition Palatinat. Pour restituer une situation originelle avec le moins de nuisance possible, une couverture légère du pont sera réalisée sur 160 m dès la sortie du tunnel. Cette couverture est complétée par une paroi anti-bruit qui sépare le trafic véhicule du trafic deux roues et piétons. La structure est constituée de bâcheuses tubulaires en acier reposant sur les bordures du pont et supportant une structure bois pourvue d'une étanchéité, d'un

système de récolte des eaux et partiellement couverte d'une couche de végétalisation extensive de 10 cm d'épaisseur. Voir annexes 12.3.

Côté aval, le dispositif est complété par une paroi de protection en verre qui se substitue partiellement à la barrière de sécurité inclinée de 2.5 m de hauteur.

#### 4.5.5 Entretien

La conception structurale de l'ouvrage simplifie son entretien, respectivement en réduit l'ampleur :

- l'ossature métallique du tablier est aisément accessible;
- les ancrages fixes des haubans disposés au-dessus du tablier sont facilement contrôlables;
- les ancrages mobiles des haubans logés dans la structure mixte de la tête des mâts sont accessibles depuis des portes aménagées dans les branches du mât au niveau du tablier;
- les haubans peuvent être échangés toron par toron.
- L'ossature métallique protégée par la dalle de roulement étanchée.

#### 4.6 Eaux de ruissellement

La nouvelle infrastructure présente pour chaque ouvrage un concept distinct des eaux de ruissellement.

Pour la voirie St-Léonard le raccordement se fera sur le collecteur existant de la route de Morat.

Pour la trémie d'accès et le tunnel, l'écoulement se fera gravitairement jusqu'à la sortie du portail Palatinat où les eaux de chaussées seront récoltées, décantées, filtrées et acheminées à l'exutoire qu'est la Sarine par un collecteur propre à l'ouvrage.

Pour le pont, les eaux de chaussée sont collectées et acheminées elles aussi au bassin de rétention puis au bassin de filtration et conduites à la Sarine.

La voirie Bellevue étant réalisée sur une chaussée existante, les eaux de ruissellement seront directement raccordées au collecteur de la route de Berne.

#### 4.7 Mesures de preuve à futur

La construction d'une infrastructure souterraine occasionne des remaniements tant du point de vue géologique que hydrogéologique. Dans le cadre du projet Poya, une campagne de relevés détaillés d'ouvrages et bâtiments existants sera entreprise bien avant la construction et renouvelée juste avant le début des travaux, en vue d'établir un dossier de preuves à futur. L'annexe 12.1 présente les ouvrages et bâtiment concernés par cette mesure.

## 5 Installations électromécaniques

L'évolution des concepts sécuritaires des tunnels routiers a été grandement accélérée ces dernières années par les graves incidents survenus dans les tunnels du Mont-Blanc, du Gothard et du Tauern. Des directives et normes ont été adaptées dans tous les pays européens et la Suisse a fait, à son habitude, œuvre de pionnière dans ce domaine. Tout le concept sécurité du tunnel de la Poya a été revu sur ces bases.

Les normes et directives principales ayant servi au concept et au dimensionnement des installations électromécaniques sont les suivantes :

- § ASTRA Richtlinie – Lüftung der Strassentunnel – Systemwahl, Dimensionierung und Ausstattung – Ausgabe 2004
- § SIA 197 – Projektierung Tunnel – Grundlagen – Ausgabe 2004
- § SIA 197-2 – Projektierung Tunnel – Strassentunnel – Ausgabe 2004

### 5.1 Installation courant fort

#### 5.1.1 Alimentation électrique

En considérant la faible puissance nécessaire à l'ouvrage, il est proposé d'alimenter le tunnel directement en BT (basse tension) sans transformation.

#### 5.1.2 Distribution basse tension

Selon ce concept il est prévu :

- § Une alimentation électrique triphasée 400 VAC.
- § Une alimentation de secours pour les équipements de sécurité.
- § Des armoires de distribution dans le bâtiment de service.

L'approvisionnement électrique est subdivisé de la manière suivante :

- § distribution réseau normal 230 V
- § distribution réseau secours 230 V
- § distribution équipement niches SOS 230 V.

Les équipements seront approvisionnés par le bâtiment de service situé au portail Palatinat.

L'alimentation de secours est prévue pour les équipements suivants :

- § Equipements de contrôle-commande
- § Signalisation
- § Balisage lumineux de fuite
- § Eclairage du tunnel (uniquement niveau minimal)
- § Eclairage des locaux techniques
- § Eclairage de guidage
- § Equipements radio et téléphonie mobile
- § Réseau téléphones SOS
- § Surveillance vidéo.

### 5.1.3 Tracé des tubes

La distribution basse tension s'organise selon les réseaux principaux suivants :

- § Réseau 230/400 V
- § Réseau fibre optique
- § Réseau de terre.

Le câblage du tunnel sera réalisé de manière traditionnelle, avec des gaines sous les deux banquettes latérales et en voûte. Il est prévu les composantes suivantes :

- § Canalisations pour câbles avec tubes sous les trottoirs
- § Chambres de tirages et d'inspection
- § Multitubes
- § Boîtiers de jonction
- § Réseau de terre
- § Protections contre les surtensions
- § Passage des câbles au-dessus de la chaussée aux portails et au milieu du tunnel.

Le canal de câbles sera composé de 6 tubes PE112/100 du côté droit du tunnel en direction du pont de la Poya et de 4 tubes PE112/100 du côté gauche du tunnel. Cette détermination du nombre de tubes est basée sur les besoins du tunnel et des équipements externes. Elle ne prend pas en considération d'éventuelles nécessités de transit.

L'accessibilité des tubes sera garantie par chambres de tirages tous les 50 m environ. Il y aura des montées de câbles de part et d'autre des portails et des deux côtés du tunnel pour alimenter l'équipement d'éclairage en voûte.

Une bande de mise à la terre sera posée tout le long du tunnel et sera reliée à la mise à la terre du bâtiment de service.

### 5.1.4 Eclairage

Pour garantir à chaque usager du tunnel une vision optimale, on prévoit trois systèmes d'éclairage :

- § Eclairage d'adaptation et de base avec des luminaires NAH (sodium haute pression)
- § Eclairage incendie (balisage lumineux de fuite avec pots lumineux tous les 50 m dans la partie basse des deux piédroits)
- § Eclairage de guidage avec des LED tous les 12.5 m sur les deux trottoirs.

À l'extérieur du tunnel il est prévu :

- § Eclairage du pont de la Poya
- § Eclairage de la trémie d'accès St-Léonard.

L'éclairage d'adaptation sert à adapter la luminosité aux portails progressivement à la luminosité à l'intérieur du tunnel. On utilisera des luminaires NAH sur deux fils avec des puissances différentes (400 W, 250 W et 100 W) et avec une distance variable entre les luminaires. La faible longueur du tunnel ne justifie pas l'adoption de technologies

différentes pour l'éclairage de base et pour l'adaptation. Le calcul détaillé de l'éclairage sera conduit au cours des prochaines phases du projet.

L'éclairage incendie sert en cas d'enfumage du tunnel et sera installé des deux côtés de la chaussée sur les pieds droits du tunnel avec des luminaires tous les 50 m placés à une hauteur de 50 cm au-dessus du trottoir.

Les points lumineux de l'éclairage de guidage seront placés des deux côtés de la chaussée sur le bord des trottoirs. Ils seront allumés en permanence. L'écart entre les plots lumineux sera de 12.5 m et chaque point lumineux sera composé par 4 à 6 LEDs.

Pour l'éclairage extérieur du carrefour jusqu'au portail et du pont l'espacement des luminaires sera de l'ordre de 30 – 40 m. La solution définitive sera établie par un calcul détaillé qui sera conduit au cours d'une phase ultérieure du projet.

### 5.1.5 Consommation d'énergie

La consommation énergétique du tunnel peut être estimée selon l'équipement de la manière suivante:

- § éclairage 25 kW
- § surveillance vidéo 5 kW
- § radio 5 kW
- § signalisation 5 kW
- § niches SOS 10 kW

Soit un TOTAL de 50 kW

La consommation journalière est estimée comme suit :

- § Heures diurnes (12 h) env. 300 kWh
- § Heures nocturnes (12 h) env. 130 kWh.

La consommation d'énergie sera de l'ordre de 160'000 kWh par an.

## 5.2 Ventilation

### 5.2.1 Données de base

Les caractéristiques principales du tunnel sont :

- § Longueur env. 287 m
- § Déclivité 0.5% sur 173 m 5% sur 114 m
- § Trafic moyen (2020) 23'700 véhicules/24h, dont 5% de poids lourds
- § Trafic heures de pointe 1'098 véhicules/h montant et 1'509 véhicules/h descendant
- § Trafic bidirectionnel sur 3 voies
- § Tunnel urbain avec possibilité de congestion.

Pour des raisons de protection contre le bruit une couverture du tunnel sur une longueur de 168 m côté pont est prévue. Cette couverture de structure légère offre un espace ouvert non considéré comme un prolongement du tunnel.

### 5.2.2 Analyse de risque

Compte tenu des données de bases, le tunnel de la Poya ne présente pas de problème particulier de sécurité.

Les risques principaux sont :

- § Accidents
- § Propagation de matières dangereuses sans incendie
- § Incendie VL
- § Incendie PL
- § Incendie avec matières dangereuses
- § Explosion

Il faut néanmoins noter que :

- § Le transport de matières dangereuses est libre.
- § Le congestionnement du trafic à l'intérieur du tunnel est évité par la régulation du carrefour de St-Léonard et des barrières en cas d'incident côté St-Léonard.

Des mesures de sécurité sont prévues sur quatre niveaux :

- § Mesures de prévention (éclairage, conduction du trafic etc.).
- § Mesures pour faciliter la fuite des usagers en cas d'évènement (signalisation, balisage lumineux de fuite etc.).
- § Mesures techniques de protection.
- § Intervention.

Il est prévu d'adopter un standard de sécurité correspondant à celui de réalisations similaires récentes en Suisse.

**Le niveau de risque relativement bas ne justifie pas de mesures de sécurité exceptionnelles pour le tunnel de la Poya.**

### 5.2.3 Sorties de secours

La distance maximale entre les sorties de secours est spécifiée dans la norme SIA 197/2, Fig. 4.1. Les conditions générales du tunnel ne justifient pas une exception à cette règle.

**Suite à la faible longueur de l'ouvrage, il n'est pas nécessaire de réaliser des sorties de secours.**

### 5.2.4 Sécurité

Un système de ventilation mécanique n'est généralement nécessaire que pour des longueurs supérieures à 500-800 m. Pour le tunnel de la Poya l'évaluation des indicateurs d'influence est la suivante :

- § Trafic total (7'900 véh./24h, voie) « moyen »
- § Trafic poids lourds (395 PL/24h, voie) « moyen »
- § Déclivité (moyenne 2.25%) « moyen ».

Le résultat donne une évaluation globale «B», correspondante à un niveau de risque «moyen», pour lequel la longueur limite pour une ventilation naturelle est comprise entre 600 et 700 m. L'évaluation globale des autres facteurs de risque ne justifie pas la mise en place d'une ventilation mécanique pour des raisons de sécurité.

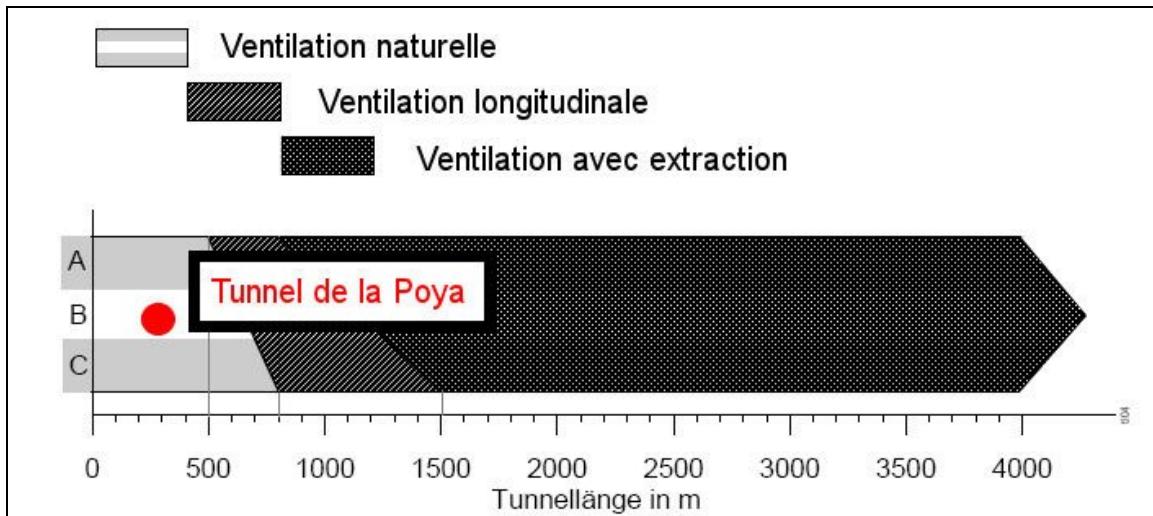


Figure 5-1: Choix du système de ventilation pour tunnels avec trafic bidirectionnel (directive OFROU, Ventilation des tunnels routiers, version 2004)

### 5.2.5 Fonctionnement normal

Les calculs de ventilation ont été conduits pour déterminer les émissions des véhicules à moteur et le besoin d'air frais :

Paramètre	CO	Opacité
Emissions totales	0.4 m <sup>3</sup> /h	97 m <sup>3</sup> /h
Besoin en air frais	1.5 m <sup>3</sup> /s	5.5 m <sup>3</sup> /s

Tableau 5-2: Emissions et besoin en air frais

Le besoin d'air frais reste très modeste comme le montre le tableau ci-dessus. L'analyse montre que la ventilation naturelle est suffisante pour tous les cas de trafic considérés, y compris les cas avec un trafic congestionné dans une direction et fluide dans l'autre.

### 5.2.6 Conclusion

Pour le tunnel de la Poya il n'est donc pas prévu de mettre en place un système de ventilation. Le gabarit retenu permet néanmoins l'installation futur de ventilateur de jet.

On renoncera dès lors aux équipements directement reliés au fonctionnement du système de ventilation : équipements pour la détection incendie, anémomètres et appareils pour l'analyse de la qualité de l'air.

## 5.3 Installation de sécurité

Le synoptique des installations de sécurité est présenté en annexe 12.2.

### 5.3.1 Concept de surveillance

Le tunnel de la Poya sera surveillé depuis le centre de commande de la police de la circulation à Granges-Paccot. Toutes les informations concernant le trafic et les installations de sécurité seront transmises au centre de surveillance.

### 5.3.2 Niches SOS

Deux niches SOS seront disposées de chaque côté de la chaussée au milieu du tunnel. Elles seront équipées d'un téléphone de secours, d'un poussoir manuel de déclenchement de l'alarme incendie, de deux extincteurs avec une capacité d'au moins 6 kg Poudre AB, et de divers équipements électriques. L'emplacement des niches est indiqué par un panneau lumineux « SOS » et elles sont pourvues d'un éclairage permanent et d'une porte coupe-feu (minimum T30). A chaque niche est disposée une borne hydrante reliée à la conduite de défense incendie.

Aux entrées du tunnel se trouve une borne SOS avec téléphone de secours de part et d'autre de la chaussée. Chaque téléphone est relié par une ligne au répartiteur dans le local technique. Un système contrôle périodiquement la liaison de chaque téléphone.

L'utilisation du téléphone de secours, la manipulation d'un extincteur ou du poussoir d'alarme incendie enclenchent automatiquement les feux clignotants jaunes et la caméra vidéo du secteur concerné.

Deux interrupteurs à clé sont prévus pour ponter les alarmes incendie et téléphone SOS lors de travaux d'entretien.

Les niches seront pourvues d'une alimentation électrique de secours.

### 5.3.3 Régulation du trafic et signalisation

L'installation de régulation de trafic doit veiller à la fluidité du trafic en service normal, lors de travaux d'entretien ou en cas de problème à l'intérieur du tunnel.

L'installation de régulation de trafic comprend les équipements suivants :

- § panneaux de signalisation, panneaux de signalisation de voie à fibre optique, feux clignotants jaunes
- § terminal de commande au centre de contrôle
- § centrale de commande
- § installation de comptage de trafic
- § installation de contrôle de la vitesse
- § tableau de commande dans le local technique

La signalisation est composée de :

- § Feux lumineux tricolores aux portails
- § Signalisation entrée tunnel
- § Indication de vitesse maximale
- § Interdiction de dépasser
- § Signalisation de la distance des portails tous les 25 m (sorties de secours)
- § Signalisation en cas de bouchon (signalisation variable)
- § Signalisation niches SOS
- § Signalisation de la radio FM.

Les feux lumineux aux portails serviront à la fermeture du tunnel en cas d'accident ou de travaux d'entretien. La commande sera possible soit à distance depuis le centre de surveillance du tunnel soit localement depuis le bâtiment de service.

La vitesse maximale dans le tunnel est de 60 km/h et l'interdiction de dépasser pour les camions vers le pont sera signalée aux portails.

Les portails serviront comme sortie de secours. La signalisation des sorties de secours est prévue par des panneaux tous les 25 m et indiquera la distance par rapport aux deux portails. Les panneaux seront installés sur les deux piédroits environ 1 m au-dessus du trottoir et leur luminosité sera calibrée pour la condition la plus défavorable qui peut se présenter pendant l'exploitation du tunnel.

Les niches SOS aux portails et au milieu du tunnel seront signalisées par deux panneaux, un pour le téléphone de secours et l'autre pour les extincteurs. La signalisation de la fréquence de diffusion radio FM et la signalisation en cas de bouchon seront mises en place à chaque portail sur la droite.

#### 5.3.4 Détection incendie

Suite aux conclusions sur la non nécessité de ventilation dans le tunnel, un système spécifique de détection incendie n'est pas nécessaire. La détection incendie sera assurée par le système de vidéosurveillance.

#### 5.3.5 Surveillance vidéo

La surveillance vidéo couvrira le tunnel et les zones d'approche. Les caméras connectées à la centrale de commande seront placées de la manière suivante :

- § caméra de portail côté Pont de la Poya, direction du portail
- § caméra de portail St-Léonard, direction portail
- § caméra sur le portail côté pont en direction du pont
- § caméra au milieu du tunnel dans les deux directions

Les caractéristiques principales du système sont :

- § fibre optique pour la connexion des caméras
- § software pour la détection automatique d'accident (DAI)
- § enregistrement digital dans le bâtiment de service

Les caméras pourront fonctionner de manière satisfaisante à partir d'une intensité lumineuse de 0.5 cd dans le tunnel. Elles seront protégées contre les effets courants de perturbation pendant la lecture vidéo, par exemple les effets dus à l'éblouissement par les phares des voitures (blooming). La compression des images utilisées par les caméras pour optimiser la transmission des données vidéo correspondra au standard de la technique. Les objectifs utilisés seront optimisés en fonction de leur position. Les caméras seront protégées contre les effets atmosphériques.

La transmission des images sera effectuée par fibre optique, qui permet une protection optimale contre les perturbations électromagnétiques et maintient la qualité de l'image inaltérée.

Un système de détection automatique des évènements est prévu et les parois du tunnel seront réfléchissantes (peinture claire) pour améliorer la qualité des reprises vidéo.

La précision du système de détection sera égale ou supérieure à 99%. Un système d'enregistrement vidéo positionné dans le bâtiment de service permettra d'enregistrer en cas d'évènement au moins 20 min consécutives de vidéo en qualité PAL pour chaque caméra.

### 5.3.6 Transmission des données

Le tunnel de la Poya sera surveillé et commandé depuis le local de commande de la police de la circulation à partir d'un PC.

Toutes les alarmes et les données nécessaires au bon fonctionnement du tunnel seront transmises par une liaison fibre optique. Cette liaison sert également à commander la gestion du trafic depuis Granges-Paccot.

Le système de commande à distance doit garantir la gestion des tâches suivantes :

- § transmission de commandes, alarmes et valeurs de mesure entre le bâtiment de service et la centrale de commande de Granges-Paccot,
- § traitement des alarmes et signaux de panne pour l'élaboration de protocoles et de statistiques,
- § déclenchement d'un signal optique et visuel à la centrale de commande et au local technique en cas de défectuosité.

Un tableau avec la représentation des installations de sécurité sera installé dans le bâtiment de service.

### 5.3.7 Installation de transmission radio

Une installation de transmission radio est prévue dans le tunnel pour la police, le service d'entretien, les pompiers et les services sanitaires.

Le système de transmission radio prévu est le suivant :

- § Communication radio pour les secours
- § Réseau POLYCOM selon le standard TETRAPOL
- § Diffusion radio FM

Le tunnel sera équipé avec un système POLYCOM qui représente le nouveau standard pour les équipements radio au niveau suisse. Puisqu'au cours des prochaines années les systèmes de transmission radio dédiés seront remplacés par le réseau POLYCOM, il est

prévu de réserver, en plus du standard POLYCOM, seulement 4 canaux de transmission pour la police et pour les secours.

La diffusion radio FM dans le tunnel permettra au maximum la diffusion de 12 canaux, qui comprendront 6 canaux pour les radios nationales et 6 canaux pour les radios régionales. En fonction de la place disponible on pourra également diffuser des canaux étrangers. Les fréquences de transmission seront choisies selon les caractéristiques de l'équipement de radio diffusion FM. Tous les canaux de diffusion permettront de transmettre localement des informations qui concernent la situation dans le tunnel pour garantir une information rapide des usagers en cas d'évènement.

L'équipement de transmission radio sera modulaire de façon à permettre l'intégration de canaux supplémentaires. L'antenne de réception des canaux radio sera placée à l'extérieur du tunnel en proximité du bâtiment de service, dans lequel seront installés les systèmes de commande des équipements électromécaniques.

### 5.3.8 Détection de gel

Afin de garantir une sécurité optimale aux usagers, une installation de détection de gel est prévue à l'intérieur du tunnel, éventuellement une troisième sera installée sur le pont à l'entrée de la couverture légère. Elle se compose de deux stations de mesure situées aux deux extrémités du tunnel. Les résultats des mesures effectuées par cette installation seront transmis au PC du centre d'entretien.

## 5.4 Contrôle commande

Le tunnel sera en général géré depuis le PC de commande à distance, avec un personnel présent en continuité. La gestion du tunnel pourra également se faire depuis le bâtiment de service.

Les équipements suivants seront gérés avec une commande à distance :

- § Energie
- § Eclairage
- § Signalisation
- § Surveillance vidéo
- § Radio.

L'équipement énergie sera géré à partir du bâtiment de service et comprendra aussi la commande de l'installation d'éclairage.

## 5.5 Bâtiment de service

Le seul bâtiment de service prévu pour le tunnel de la Poya est le bâtiment prévu côté Pont de la Poya. Il sera relié au fournisseur d'énergie par un lien 400 V triphasé 50 Hz. Il contiendra le point de départ de la distribution de l'énergie aux équipements dans le tunnel. Il y aura un local de courant fort qui contiendra les armoires de distribution d'énergie ainsi qu'un local pour les batteries des onduleurs statiques avec une autonomie de deux heures.

Il est prévu également un local courant faible avec les armoires de commande et équipé d'un poste de surveillance et de contrôle/commande des équipements en tunnel pour des situations extraordinaires, telles que la mise en service, l'entretien ou un cas d'incendie.

Le cas échéant, les locaux seront climatisés.

Pour des raisons de coût et de simplicité il n'est pas prévu de moyenne tension.

## 5.6 Equipement à l'extérieur du tunnel

Les équipements prévus à l'extérieur du tunnel seront définis au cours des prochaines phases de projet. Les équipements prévus sont en principe :

- § Eclairage
- § Surveillance vidéo
- § Infrastructure pour le passage des câbles
- § Signalisation.

## 5.7 Alimentation en eau

L'eau nécessaire pour le tunnel a deux fonctions :

1. lavage du tunnel
2. défense incendie

La conduite pression installée ( $\varnothing$  150 mm) aura sa prise sur le réseau de distribution de la route de Morat et alimentera le tunnel par la trémie d'accès.

Une boucle est prévue par un raccordement au chemin du Palatinat afin de garantir un approvisionnement continu. Cette conduite de transfert alimentera six bornes hydrantes situées aux deux portails et au milieu du tunnel placées de part et d'autres de la chaussée au droit des niches et bornes SOS.

Pour la défense incendie des tunnels, la norme SIA 197-2 exige un débit de 20 l/s, avec une pression dynamique qui ne doit pas descendre au-dessous de 6.0 bars.

La réserve incendie doit être garantie par un réservoir d'eau minimum 250 m<sup>3</sup>.

Pour l'alimentation en eau de service, il est recommandé de couvrir les besoins en eau de lavage qui sont effectués au maximum deux fois par année avec un volume utilisé de 60 m<sup>3</sup>/km.

Ces exigences sont couvertes par le réseau de distribution en place.

## 6 Emprises et servitudes (plan AP-304)

Les emprises définitives, provisoires et servitudes de la route principale suisse H182 se trouvent exclusivement sur la commune de Fribourg.

Ces emprises atteignent environ 12'000 m<sup>2</sup>. Ces acquisitions seront traitées par la procédure d'acquisition courante, de gré à gré. A défaut d'entente les indemnités seront fixées par le juge de l'expropriation.

Le passage du tunnel ainsi que du pont dans sa partie élevée feront l'objet de servitudes (de passage, respectivement de survol) qui seront traitées de la même manière que les emprises.

## 7 Réalisation

### 7.1 Installation de chantier

La place nécessaire à l'installation de chantier du tunnel ainsi qu'au stockage des matériaux de remblai se situe dans un périmètre délimité par la route de Grandfey et la route de Morat. Les déblais excédentaires seront directement évacués du chantier. L'utilisation du parc comme surface de stockage temporaire est limité au secteur vers Palatinat où les matériaux du tunnel seront acheminés à l'aide de tapis roulant depuis le portail Palatinat. Ce stock est estimé à 15'000 m<sup>3</sup> et est nécessaire au remblayage de la tranchée couverte.

Une place secondaire sera aménagée du côté St-Léonard pour couvrir les besoins du portail et de l'excavation sous la digue.

Les accès nécessaires ainsi que l'alimentation en énergie et eau sous pression seront traités en détail dans le dossier de mise en soumission. Les principaux accès de chantier pour la partie St-Léonard se situent par :

- l'allée du cimetière actuelle pour le secteur trémie d'accès et passage sous les voies CFF
- la route de Grandfey pour le secteur passage sous les voies CFF et tranchée couverte
- Le bas du chemin du Palatinat puis sur le nouveau chemin d'accès au Palatinat menant au pont pour toute la partie tunnel
- Un accès direct exclusivement piéton sera aménagé depuis le chemin du Palatinat au portail Palatinat

Du côté du carrefour Bellevue une installation de chantier pour le pont et le carrefour est prévue. L'essentiel des installations du chantier des deux mâts du pont haubané se situera dans l'enceinte de la STEP.

Des accès pour piétons ou pour véhicules seront provisoirement aménagés afin d'accéder aux différentes piles du pont.

### 7.2 Réalisation du tunnel

Le chantier du tunnel débutera conjointement aux deux portails par les installations de chantier côté St-Léonard et le chemin d'accès au pont depuis le Palatinat (qui servira de piste de chantier). La réalisation des premières excavations sous la digue CFF débutera 3 mois après la mise en chantier. Ce passage sous la digue nécessitera 22 semaines de travail et dès ce tronçon achevé, le bétonnage de l'anneau intérieur pourra débuter sans s'arrêter jusqu'au portail du Palatinat, les tronçons en tranchée couverte et tunnel sous le parc ayant été excavés parallèlement. Au total le tunnel sera terminé environ 2 ans après avoir débuté et 6 mois seront encore nécessaires pour les essais et la mise en fonction des équipements électro-mécaniques.

### 7.2.1 Passage sous la digue CFF (plan n° AP-338)

Cette portion de tunnel est celle qui pose le plus grand défit aux ingénieurs. Le niveau des contraintes est maximal, et l'analyse de risque qui en est découlée a démontré que les mesures prévues permettent de maintenir le risque résiduel à un niveau acceptable moyennant des mesures particulières principalement au niveau de la maîtrise des déformations de la voie de chemin de fer.

Les travaux prévus sont chronologiquement séparés en deux étapes. Une première étape qui va constituer en le prétraitement et l'amélioration du remblai sous les voies par des « tubes d'armatures de terrain injectés ». Ces mesures permettront la réalisation d'un présoutènement constitué de colonnes jetting sub-horizontales. Pour garantir une excavation au sec, le niveau de la nappe phréatique sera localement et provisoirement abaissé. Les mesures de soutènement de la tranchée d'accès prévue en pieux jointifs pourront dès lors être entreprises.

L'excavation du tunnel dont la section est proche des 100 m<sup>2</sup> se fera en section divisée avec un soutènement constitué de cintres et de béton projeté et s'appuyant sur des micro pieux.

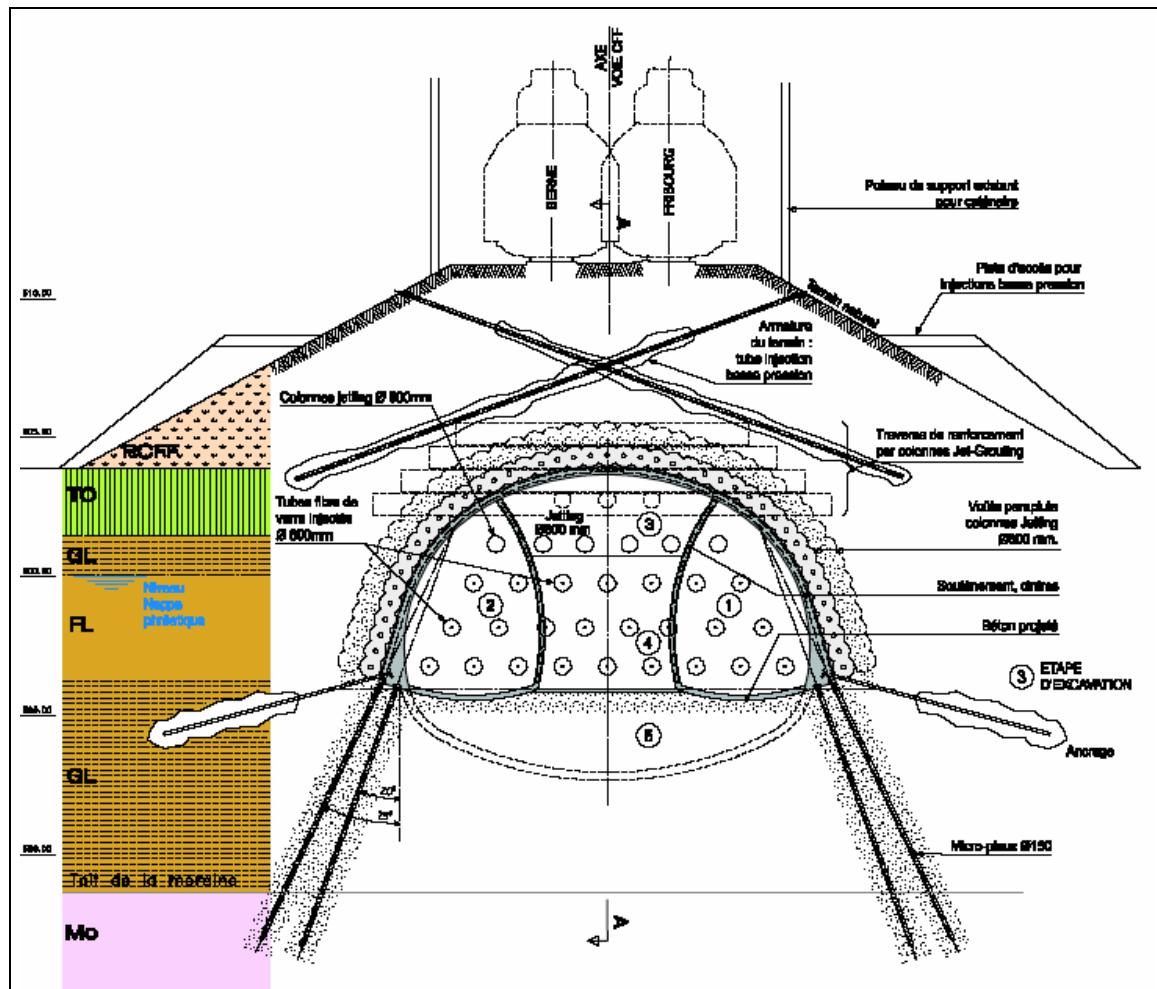


Figure 7-1: Méthode d'exécution en tunnel sous la voie CFF

### 7.2.2 Tranchée couverte (plan n° 339)

Ce secteur sera réalisé en parallèle aux travaux du portail St-Léonard afin de permettre la mise en place du présoutènement pour le tunnel sous la voie CFF. La section de ce secteur est identique à la section du tunnel et la partie voûte est réalisée selon la méthode « Deckelbauweise ». Cette méthode a le grand avantage de réduire l'emprise du chantier de plus de 6 m par rapport à une méthode traditionnelle. Elle a également l'avantage de conserver une uniformité dans la réalisation du radier, de l'étanchéité et de l'anneau intérieur en béton. Les talus de la fouille seront soutenus par une paroi clouée, dans les terrains morainiques et par une paroi avec pieux jointifs au pied de la digue CFF et sous la route de Grandfey.

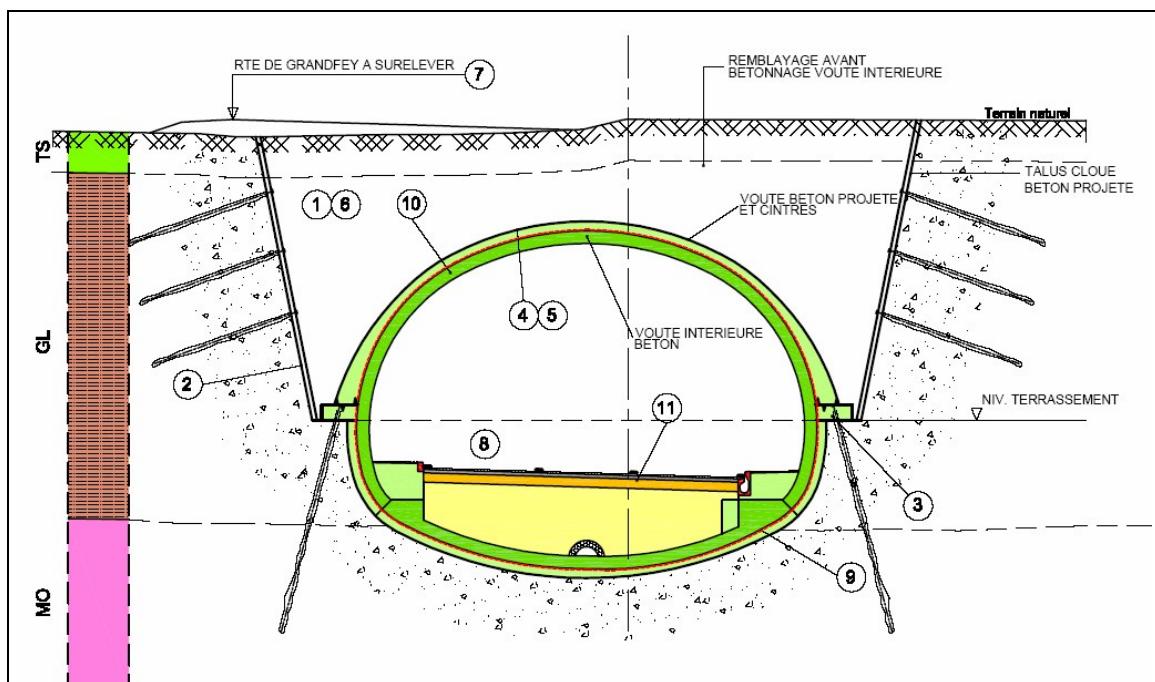


Figure 7-2: Méthode d'exécution en tranchée

### 7.2.3 Section souterraine du Palatinat

Dès la rencontre avec la moraine et une couverture suffisante, le tunnel va être excavé en souterrain sous couvert d'une voûte parapluie constituée de tubes en acier injectés. L'excavation se déroulera comme pour le passage sous la digue CFF en section divisée qui pourra être adaptée selon la qualité des matériaux rencontrés et les mesures de déformations effectuées en surface. Le projet d'exécution déterminera si ces opérations pourront s'effectuer l'une après l'autre pour la totalité du tronçon, ou devront être exécutées presque simultanément assurant une fermeture du soutènement de la section complète du tunnel entre 24 et 48 h. après son ouverture. Toutes les précautions seront prises pour le passage sous les bâtiments du Palatinat avec une maîtrise des déformations qui peut être garantie dans les terrains prévus. Comme indiqué, des mesures de preuves à futurs seront organisées plusieurs années avant le début des travaux et juste avant le début des excavations.

## 7.3 Réalisation du pont

Les mâts et les piles sont réalisés au moyen de coffrages grimpants.

L'ossature métallique des viaducs d'accès est mise en place par lancement.

Les deux fléaux de la zone haubanée sont réalisés par encorbellement haubané.

La stabilité longitudinale des fléaux sous bétonnage asymétrique de la dalle de roulement est garantie par la mise en place anticipée des haubans de retenue ancrés sur les viaducs d'accès préalablement réalisés.

La banquette de répartition sur pieux du mât N° 7 est réalisée à proximité de la Sarine à l'abri d'une enceinte de palplanches étayées.

Les haubans sont mis en place torons par torons à l'aide d'un équipement léger.

## 7.4 Programme intentionnel des travaux

Les travaux devraient globalement durer une quarantaine de mois. Le graphique ci-dessous représente la durée brute des travaux exclusifs du projet Poya, sans tenir compte des interactions avec d'autres projets, du financement, de la coordination, etc.

	année 1	année 2	année 3
<b>Installation de chantier pont</b>	n n		
<b>Pont Palatinat</b>	n n n n n n n n n n		
<b>Pont Bellevue</b>		n n n n n n n n n n n n n n	
<b>Mâts</b>	n n n n n n n n n n n n n n n n n n n n		
<b>Pont zone haubanée</b>			n n n n n n n n n n n n n n
<b>Chaussée et équipement</b>			n n n n n n n n n n n n n n
<b>Voirie rte de Berne</b>			n n n n n n n n n n n n n n
<b>Installation chantier tunnel</b>	n n		
<b>Accès Palatinat</b>	n		
<b>Trémie d'accès St-Léonard</b>	n n n n		
<b>Prétraitement digue CFF</b>	n n		
<b>Tunnel sous Digue</b>		n n n n n	
<b>Tranchée couverte</b>		n n n n	
<b>Tunnel Palatinat</b>		n n n n n n n n n n	
<b>Ouvrages Palatinat</b>		n n n n n n n n n n	n
<b>Equipements électromécaniques</b>			n n n n n n n n n n
<b>Voirie rte Morat</b>		n n n n n n n n n n n n n n n n	
<b>Mise en service</b>	u		

## 8 Devis général

Le coût des travaux a été estimé à partir d'avant-métrés sommaires et considérant les prix actualisés de projet similaires. La base tarifaire est 2005 et présente une approximation à 15%.

Le coût global par ouvrage se décompose de la manière suivante :

Objet	Total	Aménagement routier	Ouvrages
<b>1 PROJET POYA HT</b>	<b>84'548'638.72</b>	<b>16'976'505.54</b>	<b>67'572'133.18</b>
1 1 VOIRIE ST-LEONARD	12'612'773.78		
1 1 1 GIRATOIRE GENERAL GUISAN		780'679.40	
1 1 2 ROUTE MORAT ET CARREFOUR		6'697'261.00	
1 1 3 CARREFOUR METTETLET ET CHEMIN METTETLET		570'288.00	
1 1 4 TREMIE D'ACCES		2'655'135.00	
1 1 5 PORTAIL ST-LEONARD			886'328.24
1 1 6 ROUTE GRANDFEY		409'570.14	
1 1 7 PI PIETON PALATINAT - CIMETIERE			425'000.00
1 1 8 CHEMIN PIETON - VOIRIE ST-LEONARD		188'512.00	
1 2 TUNNEL	19'304'431.70		
1 2 1 DIGUE CFF			6'843'835.80
1 2 2 TRANCHEE COUVERTE			3'155'718.40
1 2 3 TUNNEL PALATINAT			9'304'877.50
1 3 OUVRAGES SORTIE PALATINAT	1'711'933.24		
1 3 1 CHEMIN D'ACCES AU PALATINAT		207'560.00	
1 3 2 PORTAIL PALATINAT			964'948.24
1 3 3 BÂTIMENT DE SERVICE			539'425.00
1 4 ELECTROMECANIQUE ET SIGNALISATION	2'800'000.00		
1 4 1 ELECTROMECANIQUE TUNNEL		2'200'000.00	
1 4 2 SIGNALISATION		600'000.00	
1 5 PONT	45'452'000.00		
1 5 1 PONT ZONES HAUBANEE			26'494'000.00
1 5 2 PONT ZONE D'ACCES			17'525'500.00
1 5 3 COUVERTURE			1'432'500.00
1 6 VOIRIE BELLEVUE	2'667'500.00		
1 6 1 CARREFOUR BELLEVUE		2'667'500.00	

La récapitulation des coûts se présente comme suit :

Objet	Montant Fr.
<b>AMENAGEMENT ROUTIER</b>	<b>16'976'505.54</b>
<b>OUVRAGES</b>	<b>67'572'133.18</b>
<b>TOTAL DES TRAVAUX HT</b>	<b>84'548'638.72</b>
ETUDES, FRAIS ET RECONNAISSANCES 15 %	12'936'000.00
ACQUISITIONS	2'754'000.00
FRAIS ADMINISTRATIFS	700'000.00
MESURES	1'050'000.00
<b>SOUS-TOTAL HT</b>	<b>101'988'500.00</b>
TVA 7.6 %	7'751'000.00
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>109'739'500.00</b>

## 9 Entretien et exploitation

### 9.1.1 Généralités

Un cahier des charges des installations ainsi que de l'exploitation seront déterminés dans une phase ultérieure d'entente avec la section ERNC, secteur d'Entretien des Routes Nationales du canton de Fribourg ainsi que de la police de la circulation.

### 9.1.2 Frais d'entretien

Les prix indiqués ci-dessous se basent sur les coûts d'entretien d'un ouvrage similaire. La faible consommation présentée dans le chapitre 5.1.5 est une estimation qui montre le caractère économique du concept.

Fourniture en énergie électrique	20'000.—
Nettoyage des installations	10'000.—
Changement des lampes, réparations diverses	15'000.—
Entretien des équipements	28'000.—
<b>Total</b>	<b>73'000.—</b>

## 10 Procédure

Le présent dossier sera mis à l'enquête publique, respectivement en consultation dans la feuille officielle du 10 juin 2005. Le plan directeur partiel des transports (PDpT) concernant les communes de Fribourg et de Granges-Paccot sera mis en consultation durant la même période. La nouvelle allée du cimetière nécessaire pour disposer des terrains de la trémie d'accès au tunnel sera mise à l'enquête par la ville de Fribourg, avec les adaptations du chemin et du carrefour du Mettetlet.

Le présent projet annule et rend caduque la procédure engagée dans la feuille officielle N°35 du 27 août 1999 (=projet initial).

A titre de compensation du préjudice porté au parc de la Poya par la réalisation de ce projet, l'Etat réalisera une étude de revalorisation de ce parc. Celle-ci démarrera dès l'obtention du crédit d'engagement pour la réalisation du projet Poya et devra être terminée avant le début des travaux dudit projet.

## 11 Conclusions et suite des études

Les études d'avant-projet ont permis de proposer une variante de tracé et d'ouvrage répondant au mieux aux objectifs fixés et aux contraintes reconnues.

Les solutions ainsi trouvées, garantissent un maintien de tous les cheminements, voire même une nette amélioration dans certains cas.

Les mesures de protection envisagées permettent de minimiser grandement l'impact du projet, principalement pour les riverains.

Les solutions techniques trouvées ont pu démontrer la faisabilité du projet en garantissant un coût raisonnable.

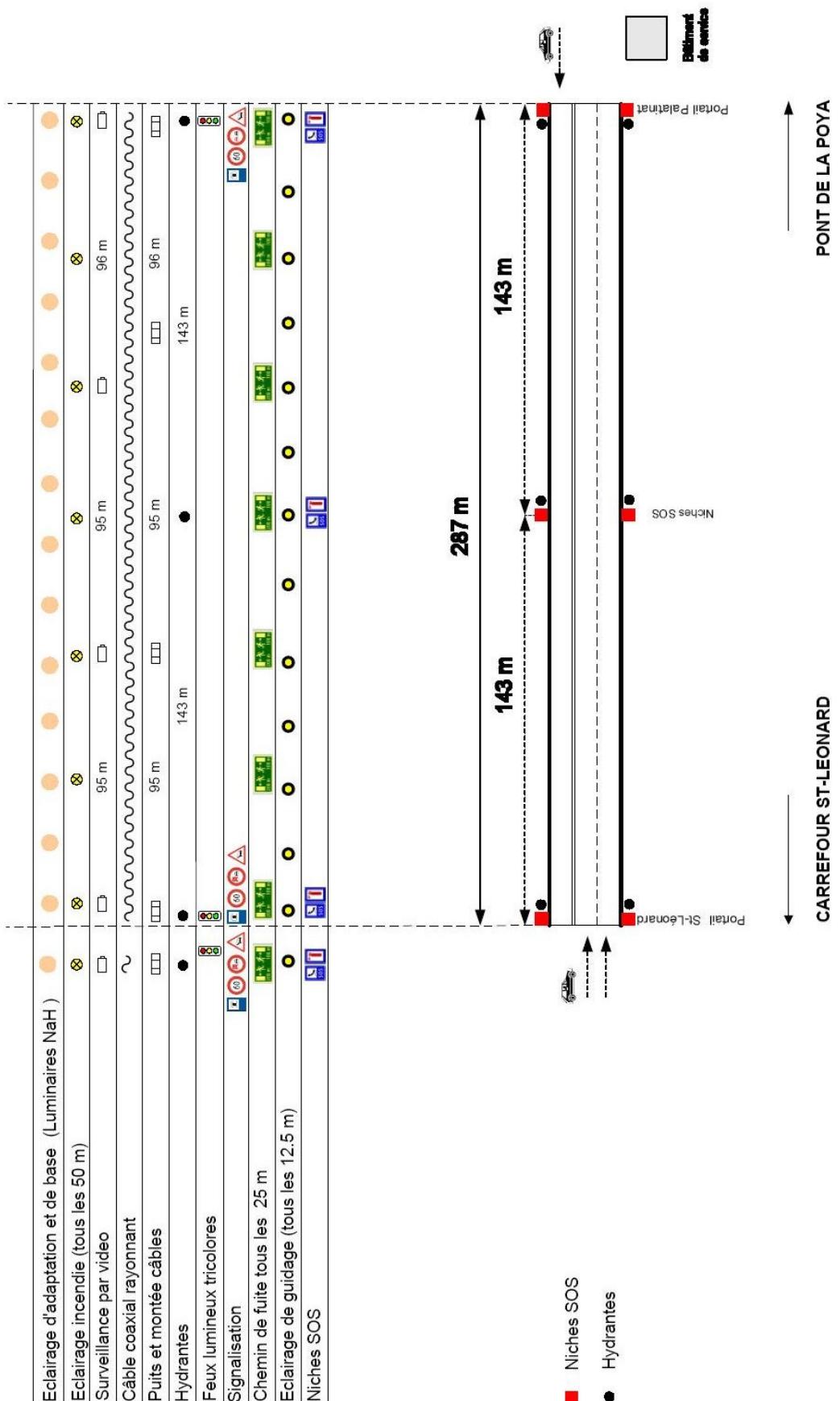
A la suite du processus de développement des variantes et de leur choix, il sera nécessaire durant la phase suivante de cerner les détails constructifs et de poursuivre les investigations géologiques afin de confirmer toutes les hypothèses élaborées durant la phase d'avant-projet.

## 12 Annexes

### 12.1 Périmètre des bâtiments concernés par un relevé de preuve à futur



## 12.2 Le synoptique des installations de sécurité



### 12.3 Photos des maquettes

