

18 octobre 2012 à Grenoble
Le chantier de la ligne E du Tram



Le jeudi 18 octobre 2012, la délégation Rhône-Alpes a organisé une manifestation consacrée aux différents aménagements conçus en vue de l'ouverture de la nouvelle ligne E de tramway sur l'agglomération grenobloise. L'objectif est d'étendre la couverture des transports en commun afin de réduire les difficultés de circulation automobile au nord de la ville.

Cette 5ème ligne du réseau de tramway de l'Agglomération Grenobloise reliera fin 2014, le Fontanil-Cornillon à Grenoble, via les communes de Saint-Egrève, et de Saint-Martin-le-Vinoux, en traversant l'Isère sur un nouveau pont accolé à celui existant de la Porte de France.

Ce sont près de 45 000 voyageurs chaque jour qui sont susceptibles d'emprunter cette nouvelle ligne, dès sa mise en service.

Rappel du programme

- 9h00 : Accueil des participants
- 9h15 : Présentation de la journée
Jacques Martin, EGIS JMI/Président de la délégation Rhône-Alpes de l'AFGC
- 9h30 : Présentation du projet par la maîtrise d'ouvrage
Philippe Billard, Robert Olivier (SMTG), Patrice Marron (Territoires 38)
- 10h15 : Présentation du projet par la maîtrise d'oeuvre E-Tram
Thierry Grand (Ingerop), Alain Rousseau (Egis Rail)
- 11h00 : Le contrôle de la sécurité des tramways
Stéphane Contardo (STRMTG)
- 11h30 : Le nouveau pont de l'Isère
Alexandra Joly (Demathieu & Bard)
- 12h00 : Discussion

12h30 : Déjeuner

14h00 : Visites du chantier

*Encadrement et commentaires par
Demathieu & Bard et Egis Rail*

16h45 : Fin de journée

Déroulement de la journée

Les participants sont accueillis à l'INP de Grenoble par Jacques Martin (EGIS JMI), président de la délégation Rhône-Alpes de l'AFGC et Julien Baroth (UJF) délégué enseignement de l'AFGC RA. Après un café/croissants traditionnel, le président présente l'AFGC et les actions entreprises par la délégation RA au cours de l'année 2012.

A son habitude il place cette manifestation sous les auspices de Sénèque (poète, philosophe romain et précepteur de Néron). Enfin il rassure l'audience sur le devenir du GC malgré la crise économique actuelle.



Présentation du projet

Robert OLIVIERI, chargé d'opération au SMTC (Syndicat Mixte des Transports en Commun) qui représente la maîtrise d'ouvrage sur ce projet.

Le SMTC, propriétaire des infrastructures du tramway et de l'ensemble du réseau de transports en commun (dépôts, locaux techniques, etc) est chargé de développer et exploiter des services de transports urbains qui concernent plus de 400 000 habitants sur l'agglomération.

Présentation de l'état actuel du réseau

A l'heure actuelle, le réseau tramway est constitué de 4 lignes dont la plus ancienne est la ligne A qui assure le transport d'environ 95 000 voyages par jour avec une fréquence de 3 minutes aux heures de pointe. Vient ensuite la ligne B avec 75000 voyages/j, la ligne C qui représente 45000 voyages/j et enfin la ligne D qui constitue un «complément» de la ligne C avec 5000 voyages/j. Aujourd'hui, avec ses 30 km de réseau tram, 44%

Les manifestations régionales

de la population et 50% des emplois se situent à moins de 400 m d'une station de tramway.

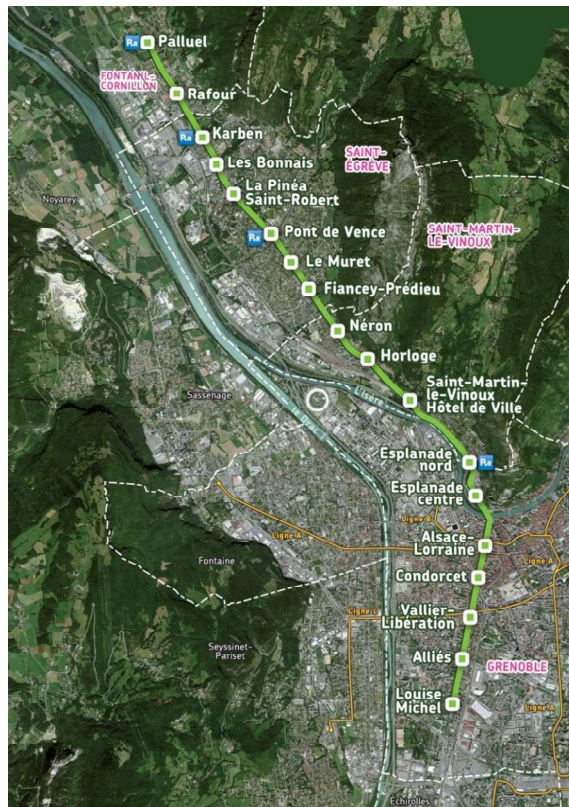


Figure 1 : Tracé de la ligne de tram retenue (présentation PPT de Robert OLIVIERI)

Pourquoi une nouvelle ligne ?

Aujourd'hui, avec 106000 véhicules empruntant chaque jour l'A48, la RD 1075 et la RD 1532, le trafic routier du nord de l'agglomération est considérablement engorgé. Parmi ces automobilistes, nombreux sont ceux qui résident dans les communes du Nord-Ouest et utilisent leur voiture pour venir travailler sur Grenoble faute d'une alternative satisfaisante (on estime que 83% des déplacements des communes de Fontanil-Cornillon, Saint-Egrève et Saint-Martin-le-Vinoux sont en direction de Grenoble). La nouvelle ligne de tram doit incarner ce moyen de transport attractif sensé concurrencer la voiture. Elle fait également partie d'une politique d'anticipation du développement urbain de la zone. En effet, la ligne E s'inscrit dans le cadre d'une démarche associant projet de transport et projets d'urbanisme. En conformité avec le Plan Local de l'Habitat, elle se traduit par la signature d'un contrat d'axe entre le SMTC, les communes concernées par le projet, la Préfecture, la Région, le Département, Grenoble Alpes Métropole communauté d'agglomération. Enfin, avec l'arrivée de la ligne E, s'initie un processus de « maillage du réseau » qui consiste à

faire s'entrecroiser les différentes lignes de telle sorte que l'agglomération puisse être, un jour, couverte par de nombreuses « lignes » [figure 2].



Figure 2 : Maillage; Intersection entre 2 lignes du réseau (présentation PPT de Robert OLIVIERI)

L'intérêt d'un tel réseau est de pallier à un éventuel incident sur une ligne en évitant l'arrêt complet de la circulation. Pour ce faire, la rame d'une ligne donnée peut momentanément emprunter les voies d'une autre ligne afin de contourner l'obstacle sur son propre circuit. Egalement, ce pourra être la création de nouvelles lignes empruntant les infrastructures existantes mais proposant de nouvelles origines-destinations.

Parmi les 298 millions d'euros d'investissement de ce projet, l'ensemble infrastructure représente 231 millions d'euros. 10% du financement provient directement de subventions de l'Etat. Pour le reste, le SMTC engage ses fonds propres et a recours principalement à l'emprunt.

Les fonds propres du SMTC sont constitués par un financement à parité de Grenoble Alpes Métropole et du Conseil Général de l'Isère ainsi que le produit d'une taxe appelée « Versement Transport » dont sont redevables toutes les entreprises de plus de 9 salariés.

Le montant de cette taxe est un pourcentage de la masse salariale de l'entreprise

Le budget global de l'opération ligne E prévoit un montant réservé pour l'indemnisation éventuelle des commerces qui verraient leur chiffre d'affaire diminué pendant les travaux. Cette indemnisation répond à des critères très stricts relevant de la jurisprudence et sont communs à l'ensemble des réseaux de transports urbains qui la pratique.

Comme tout projet important d'aménagement de l'espace public, l'implantation de la nouvelle ligne de tram a fait l'objet d'une « Déclaration d'Utilité Public » (DUP) arrêté préfectoral après réalisation d'une enquête publique.

Les manifestations régionales



Figure 3 : Titre du périodique régional concernant l'annulation de la DUP [Extrait journal]

Cette enquête, menée par le maître d'ouvrage (SMTC) selon les directives de la Préfecture, justifie du réel besoin de réaliser l'aménagement et de son intérêt général. Dans le cas de la nouvelle ligne E, le dossier constitué par le SMTC a été soumis, comme le prévoit la procédure, à l'examen de l'Etat, lequel a validé le dossier en soulignant l'importance apporté au développement durable. Cet avis figurait dans el dossier de DUP. Cependant, plusieurs recours ont été déposés auprès du tribunal administratif dont un par l'Union des riverains de la RD1075 le rapporteur public, lors de l'audience di 16 octobre, a demandé l'annulation de la DUP, en déclarant le dossier comme «entachée d'irrégularités». Selon lui, les points principaux qui posent problème sont la non pris en compte de la pollution de l'air pendant les travaux et la non prise en compte du rapprochement de la voirie par rapport aux façades de bâtiment dans l'analyse des nuisances sonores. Le jugement doit être rendu le 6 novembre ce qui pourrait conduire le SMTC à compléter son étude d'impact, voire refaire une procédure d'enquête publique.



Figure 4 : Caractéristiques de la ligne E (présentation PPT de Robert OLIVIERI)

Présentation de l'aspect technique de la ligne de tram.

Alain Rousseau de EGIS RAIL directeur du projet de la maîtrise d'œuvre

L'objectif de cet aménagement étant de concurrencer la voiture, il en résulte un impératif d'efficacité : pour que la population l'utilise, elle doit avoir le sentiment que ce moyen de transport est plus performant en termes de temps et de confort. Ainsi, le tracé retenu est le plus rectiligne possible afin de limiter les pertes de vitesse dans les courbes. De cette manière, la vitesse commerciale sur cette ligne est de 22 km/h (contre 18 sur les lignes classiques). D'autre part, la distance inter-stations constitue un compromis entre

Les manifestations régionales

une distance inter-station raisonnable de façon à faciliter l'accès des usagers et une distance importante qui contribue à une grande vitesse globale de la ligne.

L'installation de cette nouvelle ligne s'inscrit dans un cadre de mutation de la zone au cours de laquelle les voitures seront réduites d'une part, et les modes de transport doux seront favorisés d'autre part. Ainsi, des parkings relais pour les véhicules seront installés tout au long de la ligne et des espaces réservés aux piétons et aux cycles seront incorporés au projet, comme on peut le voir sur le profil en travers type de la ligne [figure 5].

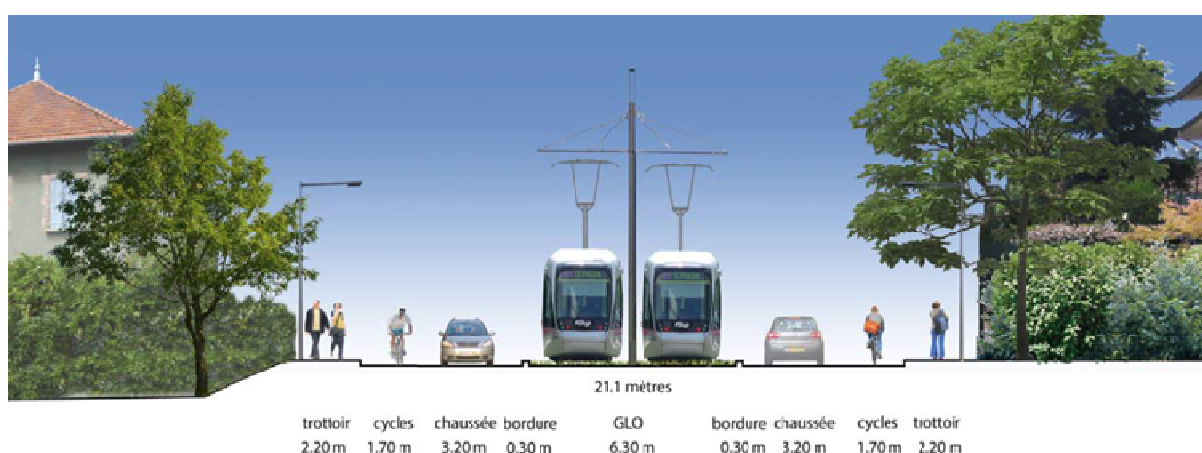


Figure 5 : Profil en travers type de la ligne (présentation PPT de Alain ROUSSEAU)

En outre, l'aménagement sera doté de traversées piétonnes sécurisées par des feux et toutes les stations seront adaptées aux PMR.

Autant que faire se peut, ces stations sont de type «latérales», c'est-à-dire de part et d'autre des voies. De cette manière, la sécurité est renforcée (nul besoin de traverser les voies pour atteindre le quai) et l'usage en est simplifié par une simple astuce visuelle (un quai pour une destination). Cependant, à certains endroits du tracé, l'espace dédié au tram est limité par l'environnement. Dans ces cas de figure (4 cas sur la ligne C) c'est la configuration en quai central qui a été retenue : un quai unique de 4,5 m de large contre deux quais de 3,5 m chacun. La voie en elle-même est engazonnée sur la majeure partie de la ligne [figure 2], exception faite des carrefours de circulation et des traversées piétonnes. La séparation entre la voie de circulation et la ligne de tram est matérialisée par une bordure biseautée de façon à permettre le dépassement d'un véhicule en panne sur la chaussée ou le passage des véhicules de secours. Afin de faciliter ce passage, un espace est réservé entre les rails et les voies de circulations. Le projet prévoit le réaménagement de la place Dubedout [figure 6] qui

aujourd'hui est un lieu entièrement dédié à la voiture et où la circulation y est parfois chaotique. Des espaces piétons seront installés et les voies de circulation réduites.



Figure 6 : Projet d'aménagement de la place Dubedout (présentation PPT de Alain ROUSSEAU)

Caractéristiques techniques

Le tracé de la ligne et sa structure ont été conçus de manière à pouvoir accueillir du matériel roulant type Citadis (tram récents) comme des TFS (15 rames disponibles ayant appartenues à une autre ligne). La voie est équipée d'un dispositif dit « multitubulaire ». Il s'agit d'un caisson béton dans

lequel on fait passer les réseaux secs nécessaires à l'alimentation des équipements de long de la ligne comme la signalisation ou les affichages en stations. En partie courante, l'épaisseur de la plateforme est de 80 cm et sa largeur est de 6 m. Dans certains secteurs, il est nécessaire de limiter les nuisances sonores engendrées par le passage du tram.

Pour ce faire, un système d'amortissement est mis en place au niveau de la fixation du rail sur la traverse béton, ce qui permet une réduction de 10 dB. Lorsque la voie est située à moins de 7 m des façades, toute la plateforme est réalisée sur une dalle flottante constituée d'un matériau avec une forte capacité d'absorption des vibrations. On peut alors atteindre une réduction phonique de 20 dB.

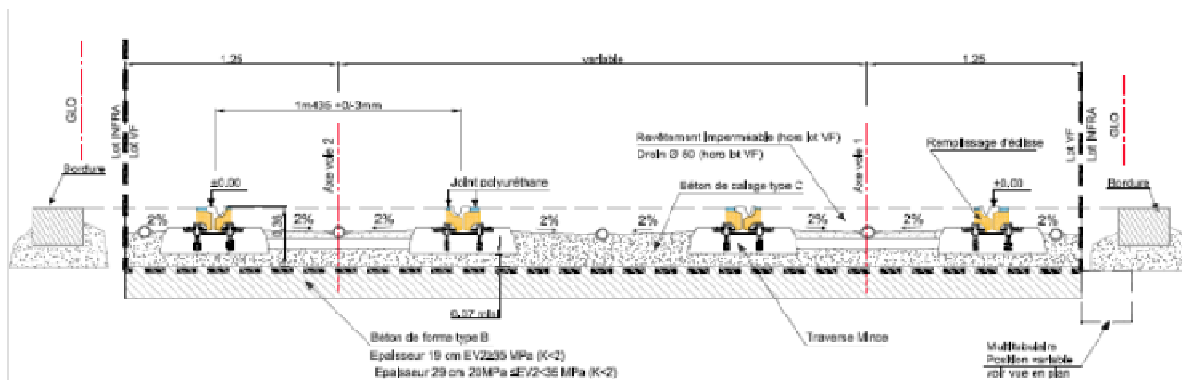


Figure 7 : Composition de la structure de la plateforme en section courante (présentation PPT de Alain ROUSSEAU)

Le tram fonctionne sous une tension de 750 V. Afin de garantir la sécurité des passants aux abords des voies, les caténaires en partie haute sont à un potentiel de 750 V et les rails à 0 V. L'alimentation électrique est assurée par 7 sous-stations dont 4 qui seront entièrement construites (pas d'utilisation d'ouvrage existant). Ces dernières seront, par la suite, habillées avec de la végétation par souci d'esthétisme [Figure 8].

dédiés au projet, où un vingtaine de personnes des différentes entreprises travaillent en permanence. Avec environ 50 marchés à gérer au quotidien pour cette affaire, les études du phasage des travaux sont très approfondies afin que les différentes entreprises ne se perturbent pas les unes les autres.

Le génie civil de la ligne E

Le tracé qui a été retenu a nécessité la construction de différents ouvrages de génie civil. Ainsi, un mur de soutènement en rive droite de l'Isère à l'aval du pont de la porte de France, a été requis pour soutenir la voie. Un ouvrage similaire a été construit pour soutenir la voie de débranchement de l'A481 vers Saint-Martin le Vinoux. Enfin, un troisième mur dont le rôle est de soutenir la voie ferrée SNCF, face à la mairie de Saint-Martin le Vinoux, a été réalisé sur pieux avec un habillage en panneaux préfabriqués. Le pont de la Porte de France, rejoint la place Hubert Dubedout en rive gauche, à la place Aristide Briand en rive droite, a subi des travaux d'élargissement particuliers. Des élargissements d'ouvrages hydrauliques ont été effectués sur les communes de Saint-Egrève et Fontanil.



Figure 8 : Habillage végétal des nouvelles sous-stations (présentation PPT de Alain ROUSSEAU)

L'étendu du projet ainsi que les nombreuses interactions entre les différents corps de métier nécessite un allotissement complexe ainsi qu'une coordination soignée. A ce titre, un « plateau » a été mis en place dans des locaux entièrement

Les équipements techniques de la ligne E

Les lignes aériennes assurant une alimentation de type classique par fil de contact seront insérées à l'espace urbain de différentes manières : supports

latéraux ou centraux avec suspension sous console simple ou double voie ; supports bilatéraux avec suspension sous transversal, ancrages en façades autant que possible sur le boulevard Jean Jaurès/ cours de la Libération, fixations sous ouvrages pour le passage du pont SNCF de l'estacade.

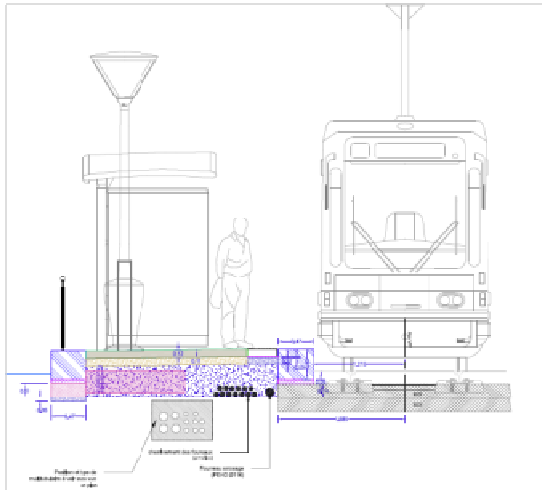


Figure 9 : Structure d'un quai latéral avec passage des réseaux (présentation PPT de Alain ROUSSEAU)

Cette alimentation permet le fonctionnement des systèmes de signalisation le long des voies parmi lesquels on trouve la signalisation ferroviaire qui comprend l'ensemble des équipements permettant la circulation en sécurité du tramway dans les 4 zones de manœuvres signalisées : les 2 terminus Lanfrey et Louise Michel et les 2 zones de croisement Alsace Lorraine et Foch. On trouve également la signalisation routière qui assure le franchissement des véhicules aux carrefours avec priorité du tramway. Enfin, sont aussi alimentés tous les équipements dis « à courant faible » à savoir : GTC : système de Gestion Technique Centralisée permettant de gérer depuis le PC Tram ; l'ensemble des équipements techniques : SAEIV : système permettant de suivre en temps réel la position et l'avance/retard des tramways et d'informer à tout moment les voyageurs (heure, ligne, destination, temps d'attente estimé, messages commerciaux et de perturbation) ; billettique : système comprenant les distributeurs et les valideurs en station ; Radio : système de

Les manifestations régionales

communication (voix, données) sol - bord entre le PC et les tramways.

Présentation générale d'une procédure de sécurité

Jean-Jacques GARET, chargé d'affaires STRMTG (Service Techniques des Remontées Mécaniques et des Transports guidés).

Toute conception ou modification d'une ligne de transports en commun par voie ferrée est soumise au contrôle d'un organisme spécialisé. Cet organisme intervient depuis les études préliminaires jusqu'à la mise en service. Le suivi de l'exploitation fait également partie des attributions du STRMTG. La procédure d'autorisation, régie par le décret « STPG » (Sécurité des Transports Publics Guidés), s'articule en trois items que sont la réalisation de plusieurs dossiers de sécurité en fonction des phases du projet, l'intervention d'un organisme de contrôle indépendant et l'établissement d'un RSE (Règlement de Sécurité de l'exploitation) et d'un PIS (Plan d'Intervention et de Sécurité). Les dossiers de sécurité se décomposent en 3 phases :

- Le Dossier de Définition de Sécurité (DDS) constitué en phase d'études préliminaires lors de discussions avec les différents acteurs afin d'identifier les points spécifiques liés à la sécurité. Après instruction du dossier, le préfet émet un avis
- Le Dossier Préliminaire de Sécurité (DPS) déposé au terme de l'avant projet, intervient en amont du démarrage des travaux. Son rôle est de valider la méthode de démonstration de sécurité. On trouve également dans ce document le rapport du contrôle indépendant par l'Organisme Qualifié Agréé (OQA). A ce stade, le document est soumis à l'approbation du préfet qui donnera l'autorisation de commencer les travaux.
- Le Dossier de Sécurité (DS) présenté avant la mise en service, dans lequel on trouve la validation des résultats des démonstrations de sécurité ainsi que l'avis de l'OQA. Le préfet donne son approbation sur le DS et le RSE autorisant la mise en exploitation du système.



Figure 10 : La place Debedout ; un aménagement complexe (présentation PPT de Alain ROUSSEAU)

La conception des dispositifs de sécurité est soumise à un principe particulier appelé « GAME ». Il s'agit de vérifier que le système envisagé assure un « niveau Global de sécurité Au Moins Equivalent » au système actuel dans le cas d'une modification, ou à d'autres systèmes existants dans des configurations semblables dans le cas d'un nouveau système.

La sécurité dans l'aménagement de la nouvelle ligne.

Certains points particulièrement critiques et difficiles à aménager ont requis des études poussées afin que la configuration retenue soit la plus sûre possible. Un moyen relativement efficace d'assurer la sécurité est de simplifier la compréhension de l'aménagement. La tâche est parfois difficile comme par exemple pour le carrefour Foch / Vallier où deux artères structurantes de la ville comportant chacune quatre voies de circulation plus la ligne C du tramway sur le boulevard Vallier, se croisent. Au niveau de ce carrefour déjà complexe, va venir circuler un deuxième tram. Ici, la solution retenue a été de privilégier un seul type de signalisation : la signalisation routière (contrairement aux configurations classiques pour lesquelles les trams sont également soumis à la signalisation ferroviaire). L'objectif est de limiter la confusion des conducteurs de tram entre plusieurs types de signaux afin de réduire au maximum les erreurs. D'autre part, il est important de veiller à ne pas perturber la circulation avec des temps d'attente trop longs. Le fait de ne conserver qu'un seul système de signalisation permet également de ne pas cumuler les temps de dégagement du système ferroviaire et du système routier. Ce système de simplification de carrefour s'appuie sur le retour d'expérience de la place Chavant, qui a été modifié dans cet esprit et qui est une première nationale.

Le nouveau pont de l'Isère

Alexandra COUTAUD JOLY, ingénieur travaux de l'entreprise Demathieu & Bard et directrice du chantier du pont de la Porte de France.

Etat actuel de l'ouvrage

Initialement, le pont de la porte de France est un ouvrage routier permettant à 4 voies de circulations de franchir l'Isère. Le nouvel ouvrage a pour but de porter les modes de transports doux à savoir le tram, les cycles et les piétons. L'ouvrage étant situé dans une zone classée patrimoine historique, son aspect est contrôlé par les Architectes des Bâtiments de France. Ainsi, afin de limiter au maximum l'impact visuel du nouveau pont, celui-ci est réalisé dans le prolongement du pont existant, immédiatement à l'aval de celui-ci. Une fois les travaux terminés, les deux ouvrages seront visuellement confondus.



Figure 11 : Aspect final du pont vu de la rive droite (présentation PPT de Alain ROUSSEAU)

Le merlon

La phase de construction des appuis (piles ou culées) nécessite l'utilisation de grues mobiles placées sur des merlons : enrochement en gros blocs le long de la voie de Corato, qui doit être laissée libre à la circulation entre 16h et 9h, puis création d'une plateforme de travaux en matériaux de remblai classiques sur les blocs rocheux.

La construction de ce merlon permet la réalisation des travaux tout en laissant libre la voie de circulation. Le merlon a été conçu avec d'importantes contraintes environnementales : celui-ci doit avoir un impact minimum sur l'écoulement de l'Isère. Ce critère a, en partie, conditionné le choix du mode constructif du merlon. En effet, ce dernier est fusible afin qu'en cas de crue exceptionnelle, il n'obstrue pas le cours d'eau, ce qui engendrerait d'importants désordres.



Figure 12 : Merlon [photo Thomas ROUSSEAU]

Les piles

La construction du nouveau pont et notamment l'accès aux piles existantes, nécessite la démolition de l'encorbellement supportant les dispositifs de sécurité ainsi qu'une partie de la voie piétonne de l'ouvrage actuel. Lors de cette phase, l'entreprise utilise un outil spécial afin de scier le béton de la structure tout en récupérant les blocs, tout rejet de matériaux de construction dans l'Isère étant défendu.



Figure 13 : Démolition de l'encorbellement (présentation PPT d'Alexandra COUTAUD JOLY)

Les manifestations régionales

Une fois l'accès aux piles dégagé, une partie de celles-ci est démolie afin de venir construire les piles du nouvel ouvrage dans la continuité. Ces parties des piles ne participant pas à la résistance structurelle sont découpées par sciages. Cette opération nécessite la réalisation d'un batardeau en palplanches métalliques calées sur les piles existantes. La forme complexe de celles-ci a largement compliqué la mise en place du batardeau et l'entreprise a dû faire intervenir des scaphandriers ainsi que des cordistes.

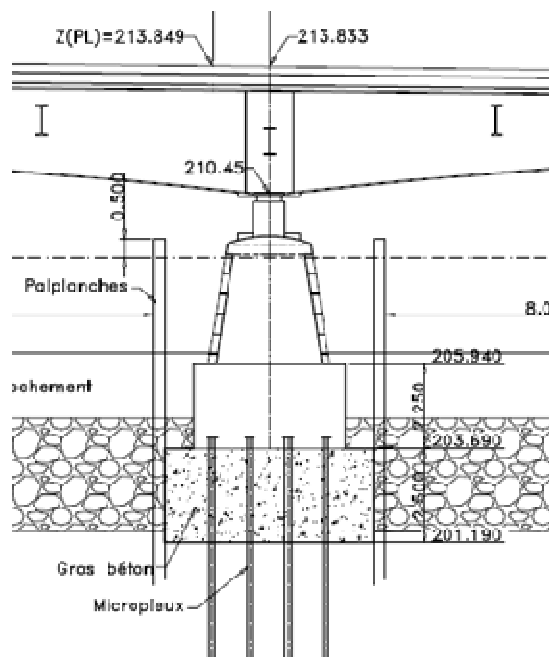


Figure 14 : Coupe sur pile avec mise en place des palplanches (présentation PPT d'Alexandra COUTAUD JOLY)

Les palplanches sont mises en place par vibro-fonçage et battage à l'aide d'un engin placé sur une barge, elle-même ancrée à l'aide de pieux au lit de la rivière.

Certaines palplanches sont situées directement sous l'ouvrage, ce qui pose le problème de la position du dispositif de fonçage. Pour pallier à cela, le choix de l'entreprise a été d'utiliser des palplanches moins hautes que celles conventionnellement utilisées, et de les souder entre-elles au fur et à mesure de l'ancrage (mise en place de la palplanche, ancrage, mise en place par-dessus de la palplanche suivante, soudure, et à nouveau ancrage). Afin d'appliquer le dispositif de vibro-fonçage, l'entreprise utilise un appareil particulier avec un « bras déporté », permettant de reporter l'effet du dispositif encombrant, en dessous du tablier.



Figure 15 : Mise en place de palplanches par vibro-fonçage (présentation PPT d'Alexandra COUTAUD JOLY)

Une fois le batardeau terminé, un béton hydraulique de 2,0 m d'épaisseur est coulé à l'intérieur, il va constituer un « bouchon étanche ». Ce béton de type C30/37 classique étant coulé dans une enceinte fermée, tout phénomène de lavement du béton dû au courant est occulté. Le batardeau est ensuite vidangé. L'eau est d'abord rejetée directement dans l'Isère, puis les 50 derniers cm sont dirigés vers un bassin de décantation pour être traités avant leur rejet dans le milieu naturel. Les piles sont fondées sur micropieux dont le forage commence par la percée du béton bouchon.



Figure 16 : Vue de l'intérieur du batardeau sur pile découpée avec béton-bouchon mis en place (présentation PPT d'Alexandra COUTAUD JOLY)

Les culées

Au vu de la faiblesse de l'espace disponible à la réalisation des culées, ainsi qu'à la qualité du sol des berges, le soutènement provisoire du quai lors du terrassement est assuré par une technique de « jet-grouting ». Ce procédé consiste à forer le sol avec un outil particulier qui va permettre d'injecter dans le sol du coulis de ciment sous haute pression. De cette manière, le sol est désolidarisé et le ciment vient combler les vides créant ainsi un pieux mixte sol/ciment. Par la suite, au cours du terrassement, ce soutènement sera conforté par la mise en place de tirants.



Figure 17 : Renforcement du soutènement en «jet-grouting» par la mise en place de tirants

La culée rive sud est fondée sur micro-pieux, solution la plus adaptée en terme de coût et de délais. En revanche, lors de l'exécution des fondations de la culée nord (solution sur pieux classiques d'un diamètre d'1 m), l'entreprise a constaté que les dimensions de la semelle de la culée existante étaient bien supérieures de celles indiquées sur les plans de récolements. Or, le matériel de forage des pieux de l'entreprise n'était pas adapté à ce matériau constitué de galets d'un diamètre parfois supérieur à 10 cm, ce qui en fait un matériau très abrasif [figure18].



Figure 18 : Effet du béton présent dans le sol sur les outils de forage (présentation PPT d'Alexandra COUTAUD JOLY)

C'est une entreprise suisse, spécialisée dans le forage en terrains très résistants et équipée de matériel d'une grande puissance, qui a été appelée pour ces travaux. L'emplacement des réseaux non conforme aux plans de recolement fournis par les exploitants au niveau de cet appui, a également représenté une surprise pour l'entreprise et engendré des délais supplémentaires.

Toutes ces données inattendues, surlargeur de béton au niveau des fondations existantes, nature du sol de fondation, position des réseaux, formes des piles immergées, a grandement retardé l'exécution des travaux. L'entreprise a donc augmenté les moyens mis en œuvre ainsi que la cadence des travaux, ce qui

implique de travailler pendant les périodes de hautes eaux, où il est particulièrement difficile d'assurer la stabilité des barges.

La charpente

Au vu de l'importance des caractéristiques architecturales du site, la hauteur du nouvel ouvrage doit être la même que celle du pont existant. C'est cette importante contrainte qui a défini la hauteur des poutres de charpente. Ces poutres PRS préfabriquées en usine, sont amenées par convois exceptionnels puis mises en place à l'aide de deux grues de 200 tonnes.

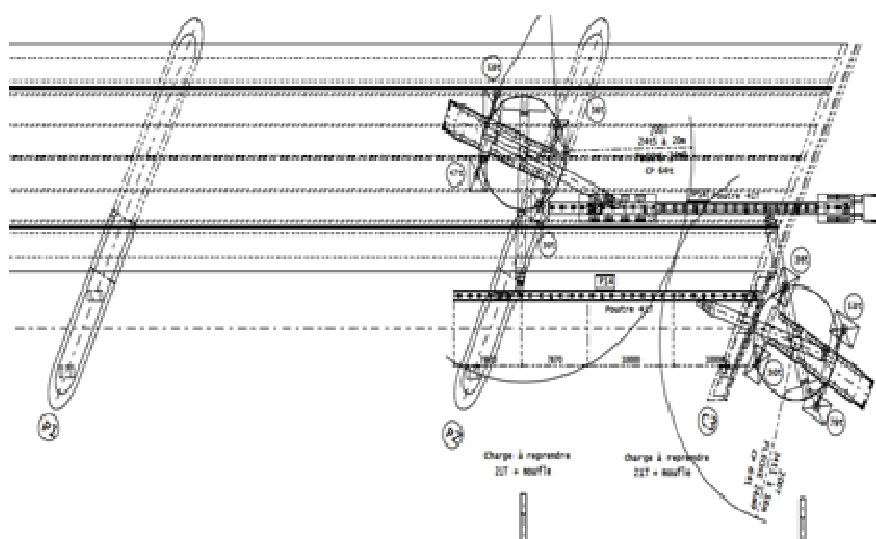


Figure 19 : Vue en plan de la mise en place des poutres (présentation PPT d'Alexandra COUTAUD JOLY)

Lors de cette phase, le travail s'effectue uniquement de nuit avec arrêt total de la circulation sur l'ouvrage. Une fois mises en place sur les piles, les poutres sont soudées. La deuxième partie du tablier mixte est le hourdis béton. Celui-ci est constitué d'éléments préfabriqués qui seront d'une part, clavés entre eux et d'autre part, clavés aux poutres de la charpente. En revanche, les abouts du tablier seront coulés en place. Les rails du tram seront, par la suite, directement fixés à ce hourdis béton.

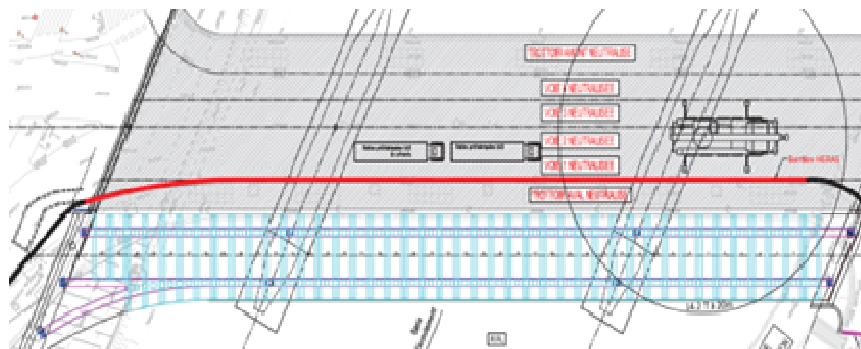


Figure 20 : Vue en plan de la mise en place des éléments de hourdis préfabriqués (présentation PPT d'Alexandra COUTAUD JOLY)

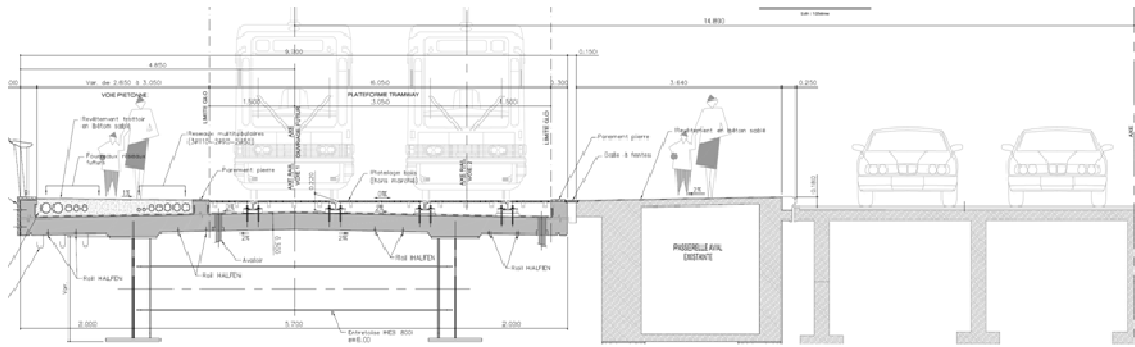


Figure 21 : Coupe sur section courante de l'ouvrage (présentation PPT d'Alexandra COUTAUD JOLY)

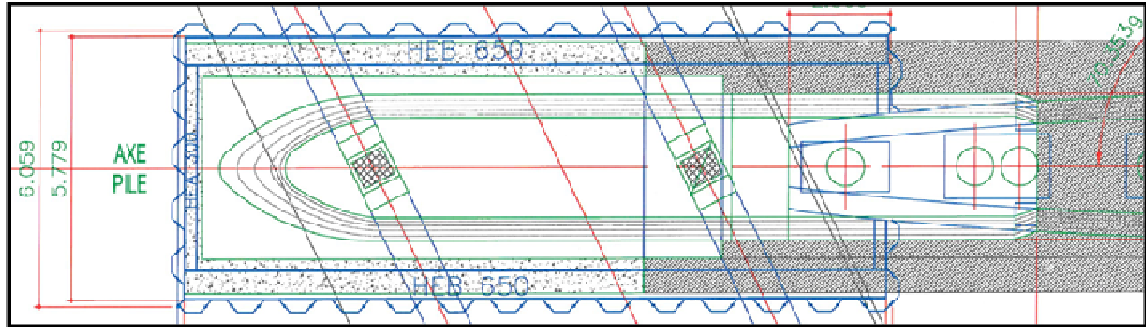


Figure 22 : Vue en plan de l'installation des palplanches au niveau des piles (présentation PPT d'Alexandra COUTAUD JOLY)

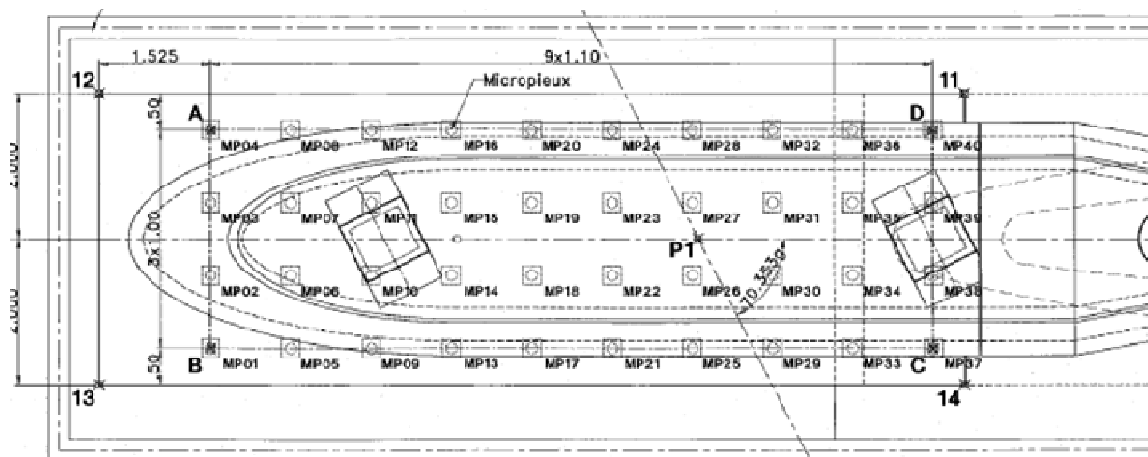


Figure 23 : Implantation des micro-pieux des piles (présentation PPT d'Alexandra COUTAUD JOLY)



Figure 24 : Représentation de l'état des deux ouvrages juxtaposés une fois le chantier terminé (présentation PPT d'Alexandra COUTAUD JOLY)

Après avoir assisté aux présentations (et après une pause déjeuner), Alexandra COUTAUD JOLY ainsi que Ali ABDESSMAD, chargé du suivi des travaux pour INGEROP (responsable de la maîtrise d'œuvre), nous ont offert une visite commentée du chantier.

[Fiche identité de l'ouvrage](#)

Marché de Génie Civil : 5 598 542 €

Raccordement à un ouvrage existant

4 appuis dont 2 en rivièrè

Longueur de l'ouvrage : 106 m

Largeur de l'ouvrage : de 11.20 à 14.80 m

Quantité de béton mis en œuvre : 2 000 m³

Quantité d'aciers mis en œuvre : 288 t

Durée de construction estimée : 15 mois