

25 mars 2015 en Maurienne

A43-SFTRF : Réparations du viaduc de Fourneaux – Reconstruction et déconstruction du viaduc de Charmaix



La délégation AFGC Rhône-Alpes a organisé, avec la participation de TONELLO ingénieurs Conseils, EGIS Structures & Environnement, les groupements SETEC ALS-DIADES-SETEC TPI et DEMATHIEU BARD-ETICSAS-TSV SAS ainsi que INGEROP conseil et ingénierie, une conférence consacrée aux travaux sur la rampe d'accès au tunnel de Fréjus de l'A43.

Cette rencontre s'est déroulée le mercredi 25 mars 2015 de 15h00 à 20h00 dans les locaux de la fédération du bâtiment et travaux publics du Rhône à Villeurbanne ; elle a rassemblé près de quatre-vingt participants issus d'horizons variées.

Ces travaux regroupent principalement deux projets. Le premier projet présenté lors de la conférence traitait des réparations du viaduc de Fourneaux rassemblant un ensemble de 4 structures différentes. Le deuxième projet portait sur la reconstruction et déconstruction du viaduc sur le franchissant du torrent de Charmaix

Rappel du programme

15h15 : Accueil des participants à l'amphithéâtre.

15h30 : Ouverture et allocution de bienvenue

Jacques MARTIN - EGIS JMI/Président de la délégation AFGC Rhône-Alpes

16h00 : L'histoire depuis 1970.

Eric PLAUT - ex CDOA DDE73

Jean TONELLO - ex TONELLO IC

16h30 : Présentation Générale des opérations SFTRF/A43.

Nicolas MICHE - Directeur SFTRF

17h00 : Présentation des rénovations du viaduc de Fourneaux.

Julien BOITEUX, Christophe DOUL - INGEROP

18h00 : Projet du viaduc du Charmaix.

Patrice ADIER, Magali FRAYSSINE, Reynald KERROMEN-EGIS

19h00 : Questions / Réponses.

19h15 : Cocktail dînatoire.

Déroulement de la rencontre

La conférence s'est déroulée en quatre temps forts : Jacques MARTIN, président de la délégation Rhône-Alpes

de l'AFGC a tout d'abord souhaité la bienvenue à l'ensemble des participants, présenté l'AFGC en quelques mots et annoncé le déroulement de la rencontre dans son ensemble.

Eric PLAUT et Jean TONELLO les concepteurs originaux nous ont présenté l'histoire de ce projet datant de 1970.

Nicolas MICHE le Maître d'Ouvrage nous a par la suite fait une présentation générale des opérations puis INGEROP et EGIS (les MOE pour SFTRF) ont pu nous expliquer en détail les projets actuels des viaducs de Fourneaux et de Charmaix. Tout au long de ces présentations, différents intervenants ont pu être présents afin d'enrichir le contenu de cette conférence. À la suite de ces interventions et après un échange de questions/réponses avec les différents intervenants, un cocktail dînatoire a été proposé à l'ensemble des participants.

Synthèse des présentations

Le mot du président

Après avoir accueilli l'ensemble des participants, Jacques MARTIN a présenté l'AFGC dont l'ambition est de rassembler l'ensemble des acteurs intéressés par le monde du Génie Civil. Qu'ils soient issus du monde professionnel ou de l'enseignement, l'AFGC permet aux ingénieurs, aux architectes, aux entrepreneurs, aux chercheurs, aux professeurs, mais aussi aux étudiants et plus généralement à toute personne passionnée par le monde de la construction, de se rencontrer et d'échanger autour de leur passion commune. Pour illustrer cela, Jacques MARTIN a placé cette conférence sous la citation de Sénèque : « La connaissance et le savoir ne se justifient que si on les partage avec les autres ».

Jacques MARTIN a aussi présenté les membres actuels qui constituent le bureau de l'AFGC (20 membres) et effectué un rappel des principales journées organisées par l'association ces dernières années et celles

organisées prochainement, ainsi que certains sortants publiés par l'AFGC. J. MARTIN a particulièrement tenu à nous rappeler que malgré les temps difficiles que traverse le génie civil, tant que des défis tels que ceux présentés lors de la conférence existeront, la profession du GC aura un bel avenir !



Conférence AFGC à l'amphithéâtre de la FBTP du Rhône

Historique du projet depuis 1970

L'un des grands avantages de cette conférence fut d'avoir la présence des concepteurs du projet originel datant de 1970 ainsi que les concepteurs du futur projet qui se réalisera dans quelques années. Le futur projet consiste à réaliser un nouvel ouvrage et à démanteler l'ancien.

La présentation du projet initial fut menée par Eric PLAUT.

Au début des années 1960, le projet d'une liaison franco-italienne reliant Lyon à Turin est étudié. Après de nombreuses études, le projet du tunnel de Fréjus est lancé. Pour accéder à ce tunnel une rampe d'accès est créée, incluant à 2km de la tête du tunnel deux viaducs implantés dans la vallée de Modane. Ces deux viaducs qui sont l'objet de notre conférence ont été conçus par Eric PLAUT et Jean TONELLO.

Nicolas MICHE nous a ensuite présenté les deux opérations qui se devront se réaliser simultanément en raison de l'ouverture de la liaison THT 320kv Savoie Piémont en 2019.

Le viaduc de Fourneaux

Origine du projet

Les manifestations régionales

Initialement, le viaduc de Fourneaux n'avait pas été prévu lors des études réalisées pour la rampe d'accès du tunnel de Fréjus. A la réalisation des terrassements de la voie passant au niveau de la forêt de Fourneaux, d'importants glissements de terrain se sont déclenchés empêchant alors la réalisation de la rampe d'accès.

Une étude montre alors que la couche de sol instable n'est présente que sur 4m de profondeur. D'importants travaux de stabilisation du glissement sont entrepris en 1978 débouchant sur une évacuation totale de 200 000 m³ de matériaux instables au niveau de la forêt de Fourneaux pour une durée totale de 1 an.

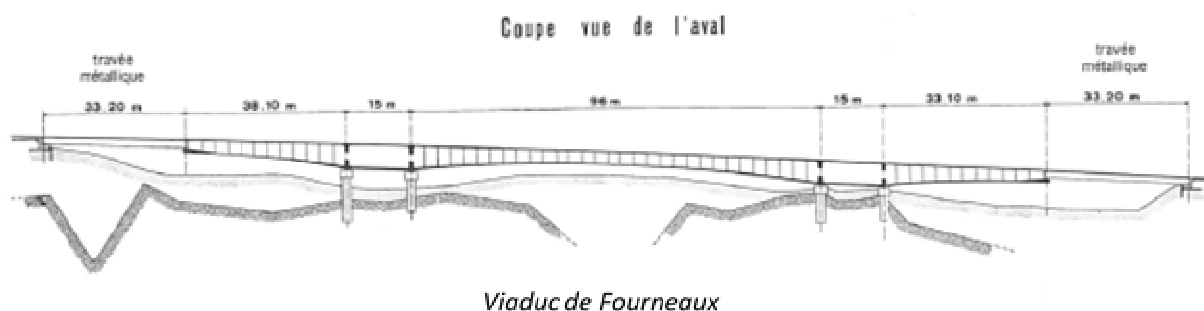


Glissement de terrain 1977 provoqué par le début du terrassement

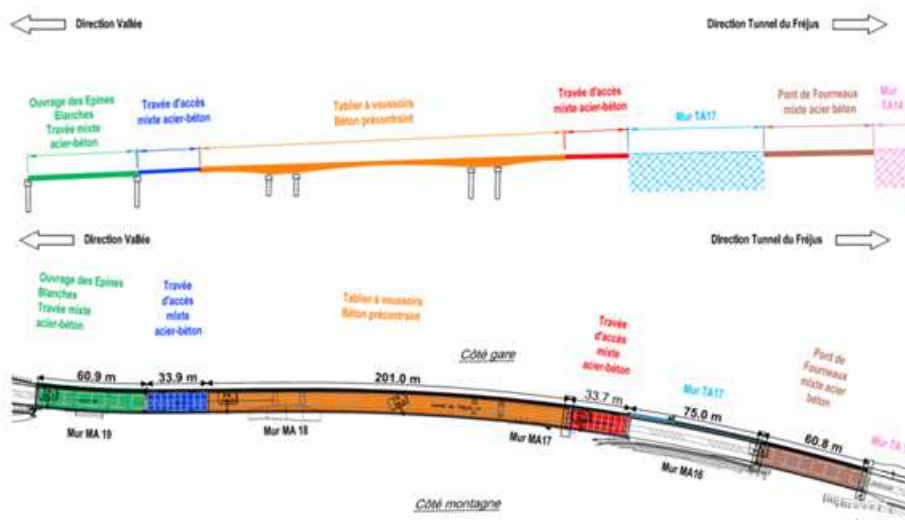
La modification du projet initial est alors une nécessité et la solution d'un viaduc franchissant cette zone est proposée. Cette alternative est dictée par la recherche de la fondation au rocher à faible profondeur des 2 appuis intermédiaires et le franchissement des couches instables.

Le chantier débute alors en 1979 et durera 2 années. La présence de rail SNCF en contre-bas de la forêt de Fourneaux ne facilita pas la réalisation des travaux. En effet, en raison des inquiétudes de la SNCF, de glissements de terrain atteignant les rails, le chantier possédait un système de surveillance présent en permanence. Le chantier devait donc se réaliser avec les plus grandes précautions.

Le viaduc est composé de 4 structures différentes comme nous pouvons le voir ci-dessous.



REPERAGE DES OUVRAGES



Rénovations du viaduc de Fourneaux

Les rénovations du viaduc de Fourneaux nous ont été présentées par INGEROP, le maître d'œuvre sur l'opération. Depuis 10 ans, les dégradations avancées du béton étaient devenues notablement constantes. Des aciers apparents oxydés, des éclats de béton, l'absence d'un système performant de drainage du tablier et des défauts d'étanchéité ont poussé le maître d'ouvrage à prévoir des rénovations pour cet ouvrage dès que possible. Les enjeux présents pour cette opération sont les suivants :

- Assurer la pérennité de l'accès au Tunnel routier du Fréjus et la continuité de l'axe fort entre Lyon et Turin.
- Effectuer tous les travaux de réparation nécessaires à la « remise à neuf » des ouvrages existants.
- Mettre en conformité les ouvrages vis-à-vis des effets du séisme et de la fatigue.
- Permettre le passage de la future ligne à très haute tension RTE de 320 kV entre Montmélian en Savoie et Piossasco en Italie.
- Minimiser les interférences avec l'exploitation autoroutière et réaliser les travaux sans interruption de l'exploitation.

Pour pouvoir assurer l'ensemble de ces directives, INGEROP a préconisé les travaux de rénovations suivants sur l'ouvrage existant :

- Réparation des bétons dégradés à l'aide d'hydrodémolition et reconstruction des parements.
- Démolition et reconstruction des encorbellements et remplacements des dispositifs de retenue pour des dispositifs type CE.
- Remplacement des appareils d'appui.
- Reprise des raidisseurs de pièces de pont.
- Intégration de la ligne à très haute tension RTE au sein du tablier.
- Remplacement des joints de chaussée par hydrodémolition.
- Réparation et renforcement des murs ancrés.

- Réparation et renforcement des murs en remblai renforcé.

L'ensemble de ces travaux va se réaliser sous d'importantes contraintes puisque le flux de circulation doit être conservé, les entrées en amont et aval du chantier seront limitées, la présence de fortes pentes du TN empêche la disposition de matériel particulier type nacelle élévatrice et le matériel est à adapter pour la protection de l'environnement.

Le projet en quelques chiffres :

- Coût de l'opération = 8 millions d'Euros HT
- Durée des travaux = 3 saisons de 7 mois (2015 à 2017)
- Principales quantités :
 - o 650 m² de béton à réparer avec protection cathodique,
 - o 900 ml de tirants pour renforcement des murs ancrés,
 - o 4400 m² de remise en peinture de charpente métallique,
 - o 5200 m² de nouvelle étanchéité,
 - o 2500 T d'enrobés neufs.

Le viaduc de Charmaix

Un ouvrage en mouvement !

En 1976, afin d'assurer la pérennité de la liaison de l'autoroute de la Maurienne (A43), le viaduc du Charmaix est construit à 2km de l'entrée du tunnel de Fréjus. Peu après la fin de sa construction (1978), des déformations alarmantes ont mis en évidence une instabilité des versants sur lesquels est fondé l'ouvrage. En effet, ces mouvements ont entraîné un déplacement des pieds des piles du viaduc avec pour conséquence des déformations qui compromettaient son existence. De nombreux désordres affectant l'ouvrage dus aux mouvements du versant sont alors observés.

Les manifestations régionales



Eclatement des abouts de poutre sur la pile P7 constaté en 1980 : conséquence de la mise en compression du tablier

Plusieurs solutions ont alors été envisagées, parmi lesquelles la démolition du viaduc et son remplacement par un ouvrage adapté ou encore la mise en place d'un remblai de grande hauteur. Toutes ont été écartées en raison de leur coût excessif. Une solution originale est alors apportée au projet par Jean TONELLO : un ouvrage à géométrie variable par l'installation aux pieds des piles d'un dispositif permettant de les bouger à la fois horizontalement et verticalement. Cette solution permet ainsi à intervalles réguliers de déplacer l'ouvrage pour le remettre à sa place initiale.

L'objectif de cette solution est de s'opposer aux déplacements en créant, au pied des piles et sur les culées, une interface de manœuvre. A l'aide de vérins mis en place, l'ouvrage pouvait ainsi être décalé et « remis » à sa place régulièrement.



Vue générale du viaduc

Pour pouvoir mettre en place le système permettant le déplacement des piles, le processus est le suivant :

La première étape est l'agrandissement des semelles. Une fois cette opération réalisée, une mâchoire précontrainte est alors mise en place sur le pied de pile afin de compresser ce dernier. Une fois les câbles de précontrainte mis en tension pour maintenir le pied de pile, celui-ci est alors scié et maintenu verticalement par des vérins de 1250T tandis que 4 vérins de 20T déplacent la pile horizontalement.

Processus :



Agrandissement des semelles



Dégagement des fondations



Installation de la mâchoire précontrainte

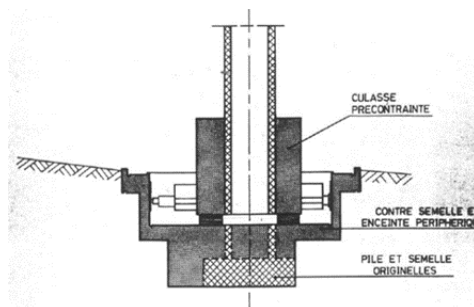


Sciage du pied de pile et installation des vérins

Cette idée fut totalement novatrice et il s'agissait d'un pari risqué puisqu'une telle opération n'avait jamais été réalisée au préalable.

Le système fut tout d'abord testé sur une unique pile pour voir à la fois son efficacité et la façon dont allait réagir l'ouvrage.

Cette initiative fut concluante et le système appliqué à l'ensemble de l'ouvrage.

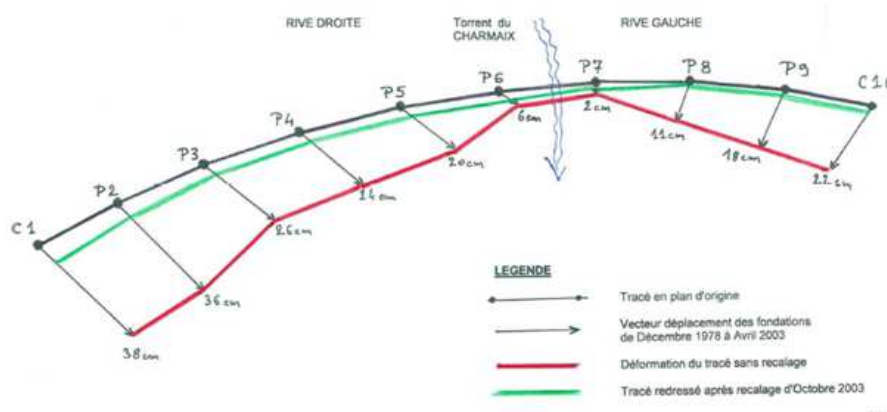


Interposition d'appuis glissants permettant de désolidariser le fût de pile de sa semelle de fondation

L'opération fût un véritable succès. En effet, via un dispositif complexe de surveillance topographique GPS, les déplacements des piles ont pu être recensés et une simulation de la position actuelle de l'ouvrage a pu être réalisée permettant ainsi de voir l'impact qu'a pu apporter la solution d'un ouvrage à géométrie variable.

Cette solution aura donc donné 40 ans de vie supplémentaire à l'ouvrage.

- 3 opérations de recalage réalisées en 1990, 1997 et 2003
- Décalage persistant par rapport à la position d'origine après dernier recalage



Réalisation d'un nouveau viaduc

Malgré la solution d'un ouvrage pouvant adapter la position de ces piles, de nombreux problèmes restaient présents. L'ouvrage actuel situé sur un versant toujours instable arrive en fin de vie et la nécessité de reconstruire un nouveau viaduc adapté aux déplacements du terrain se fait ressentir. En effet, de nombreux dégâts ont pu être observés :

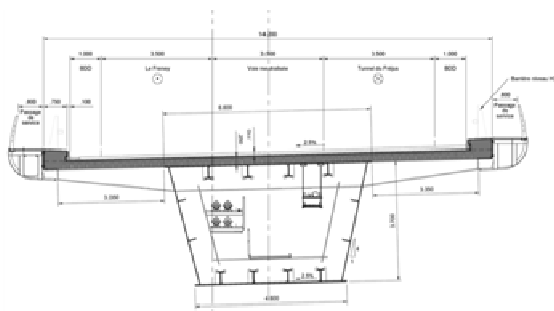
- le béton des piles est marqué par d'importantes dégradations,
- désordres au niveau du tablier et d'une culée,
- défauts de verticalité des piles,
- décalage général de l'ouvrage par rapport à la position d'origine.

L'ensemble de ces facteurs ont poussé la SFTRF à faire le choix de reconstruire un nouvel ouvrage. En tirant expérience des dégâts causés au précédent ouvrage,

plusieurs éléments devront être étudiés pour la réalisation du nouveau viaduc à savoir :

- La position des points de recalage au niveau des appareils d'appui.
- La possibilité de recalage dans les 3 dimensions.
- Un nombre d'appuis réduits pour limiter le nombre de points de recalage du tablier, augmenter les portées et donc la souplesse du tablier.
- Un tablier mixte acier béton plus souple et léger qu'un tablier béton devra être mis en place.
- Des appareils d'appui en élastomère fretté de grandes dimensions pour bénéficier de leurs capacités de distorsion seront étudiés.
- Une ergonomie des têtes d'appui concertée avec le maître d'ouvrage pour faciliter les interventions et tenir compte du retour d'expérience des recalages de l'ouvrage existant.

L'ensemble des éléments précédemment cités permettent de définir la structure de l'ouvrage.



Tablier à ossature mixte

La localisation du projet étant particulière, le choix de l'emplacement des appuis doit être sujet à une grande attention afin de ne pas rééditer les erreurs du passé.

Pour cela, l'implantation des appuis est dictée par :

- La présence de l'ouvrage existant : ne pas venir déchausser les appuis existants et surcharger leur sol d'assise.
- L'impossibilité d'inscrire des appuis sur les versants encadrant le Charmaix : pente > 45°, témoignages de plusieurs glissements de surface, classement en forêt de protection.
- La limitation des hauteurs de soutènements (provisoires et définitifs) au niveau des culées.

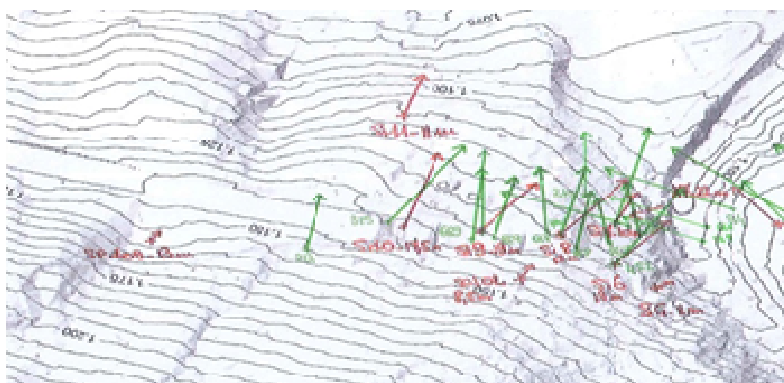
Sachant que le sol est particulièrement instable, des études poussées ont été réalisées aux alentours du viaduc afin de comprendre le comportement du sol et ainsi pouvoir prévoir les déplacements. Ces études ont montré une irrégularité des gradients de pente qui montre une instabilité locale au sein même de chaque versant. Le mouvement des rives est donc hétérogène et particulièrement difficile à interpréter. De plus, la vitesse de déplacement du sol est elle-même hétérogène. Ainsi alors que de 1982 à 1990 la vitesse de déplacement des piles était de 10mm/an, elle ne fût ensuite plus que de 3mm/an.

Ce ralentissement est donc à prendre en compte pour réaliser une simulation des futurs déplacements tout en gardant à l'esprit qu'un nouveau changement de vitesse de déplacement est possible.

Une fois de plus les prévisions restent donc difficiles à réaliser mais ces études auront cependant apporté d'importantes conclusions.

En effet, il a été observé que les glissements suivent toujours la ligne de plus grande pente, le glissement a lieu au niveau des interfaces de différentes situations de sol analysées et une corrélation entre la vitesse de déplacement et la pluviométrie sur le site a été observée.

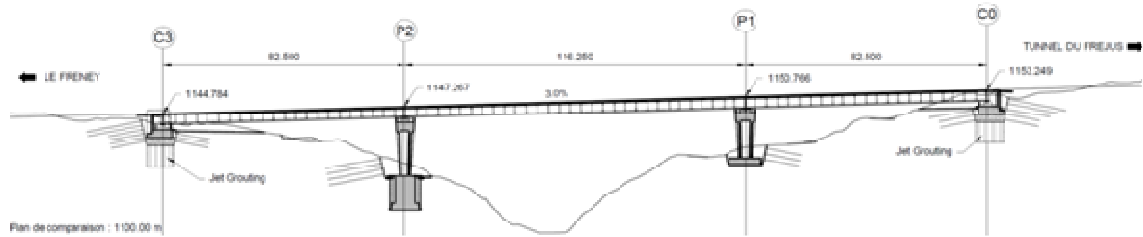
En respectant les directives demandées et l'ensemble des données rassemblées lors des études géotechniques, l'implantation des appuis a été décidée et une simulation des déplacements sur 100 ans a pu être réalisée.



Glissement indiqué par les gradients de plus grande pente

Déplacement du glissement à 100ans	au droit de la Culée C3 (cm)	au droit de la Pile P2 (cm)	au droit de la Pile P1 (cm)	au droit de la culée C0 (cm)
Dans le sens transversal au tracé du viaduc	36<T<44	28<T<34	51<T<63	113<T<138
Dans le sens longitudinal au tracé du viaduc	0<L<5	18<L<22	-62<L<-76	-37<L<-45
Verticalement	27<H<33	27<H<33	9<H<11	32<H<39

Prévision des glissements sur 100 ans



Un ouvrage de 281,25m inscrit sur un cercle de rayon 400m



Implantation des appuis du nouvel ouvrage

La gestion de déplacement du viaduc pour le nouvel ouvrage fut gérée différemment du projet initial. Cette fois-ci, l'ouvrage ne possède qu'un point fixe en P2 et les autres appuis sont mobiles laissant alors le déplacement des appuis libre et ceux-ci ne sont pas repositionnés. Afin que le tablier reste à sa position initiale, le choix a été fait de mettre en place des appareils d'appuis en élastomère fretté à capacité surdimensionnée en distorsion. Ainsi alors que la pile se déplace en suivant les mouvements du sol, l'appui se déplace par rapport à la tête de pile laissant le tablier à sa place initiale. Il existe donc un déplacement différentiel tablier/appuis dû à la distorsion des appareils d'appuis.

L'ensemble des déplacements crée cependant des déformations sur l'ouvrage dues aux efforts. Ces déformations devront donc être suivies et certaines réparations devront être réalisées au fil du temps. Un rétablissement de la courbure du tablier sera à prévoir tous les 20 ans. La capacité de déformation transversale du tablier autorise des déplacements plans jusqu'à une trentaine de centimètres. En 20 ans, la culée C0 se déplace de 30 cm et nécessite donc une intervention.

Une relaxation et un recalage des appareils d'appui élastomère seront à prévoir tous les 13 ans, durée à laquelle ils atteignent leur limite en distorsion.

Pour finir le tablier se déplaçant transversalement, la casquette de la culée C0 sera sciée tous les 30 ans, date à laquelle la durée de service des joints de chaussée est fixée.

Le projet en quelques chiffres :

- 1700 m de piste à créer ou aménager
- Déblais : 30000 m³
- Clous : 17 km
- Charpente métallique : 2200 t
- Béton : 9500 m³
- Armatures passives : 1300 t

Compte-rendu rédigé par Lucas PAQUENTIN étudiant ENISE et stagiaire chez Egis JMI/LYON

