

RAPPORT DE STAGE DE FIN D'ÉTUDES

Intégration des interfaces ferroviaires dans les projets d'aménagement urbain



Mathilde SOULÉ

Etablissement d'accueil: Unité VRD - AREP Ville
Responsable de stage: Alexandre GUILLIER
Tuteur de stage : Thierry BOISSEAU

Février 2019 - Juillet 2019

Résumé

J'ai assisté un chef de projet de l'unité voirie et réseaux divers (VRD) du bureau d'études AREP pendant les 6 mois de stage TFE. Les missions de conception et de suivi de travaux que j'ai réalisées étaient en majorité en lien avec la SNCF, qui était soit maître d'ouvrage soit acteur externe important du projet.

L'architecte et l'ingénieur doivent prendre en compte les contraintes du site sur lequel ils conçoivent et/ou réalisent le projet. Elles sont d'ordre technique, réglementaire, procédural, économique,... Le domaine ferroviaire est une composante de taille, et toutes les interfaces avec le projet d'aménagement doivent être intégrées dans chaque phase du projet, depuis les études. Mon TFE traite plus particulièrement du projet d'aménagement du pôle gare de Béthune (Hauts-de-France, Maîtrise d'ouvrage : Ville de Béthune) et du remplacement de la passerelle piétonne existante, qui enjambe les voies ferrées et présente ainsi une forte interface avec la SNCF. Quelles sont les contraintes supplémentaires générées par un environnement ferroviaire dense sur un ouvrage de franchissement et comment ont-elles été intégrées dans le projet de la passerelle de Béthune en phases d'études et lors de sa réalisation ?

Tout d'abord, des contraintes techniques se présentent à chaque grande étape des travaux : la mise en place d'écrans de protection ou d'échafaudages autour des piles de la passerelle, la dépose des travées de l'ancienne passerelle puis la pose de la nouvelle, les travaux d'assemblage et de réparation des piles conservées. En effet, la présence des voies ferrées en-dessous impose une méthodologie précise pour la réalisation des travaux. Les principaux risques sont les risques de chute, d'engagement du gabarit ferroviaire et les risques électriques dus aux caténaires. Des mesures palliatives sont prises pour réaliser les travaux en toute sécurité. Parmi ces mesures, les interruptions temporaires de circulation (ITC, les trains ne circulent pas sur un tronçon) et les coupures caténaires (CC, l'alimentation électrique est coupée) permettent aux entreprises de travailler sur les voies ferrées, sous certaines conditions et sur des plages temporelles données. L'avancement du projet est alors conditionné dans le temps. A cela s'ajoute l'intégration des interfaces ferroviaires pour l'ouvrage définitif comme les protections caténaires horizontales et verticales qui sont intégrées à la passerelle. C'est aux ingénieurs et architectes de les prendre en compte dès les premières phases de conception. Les coûts sont également un enjeu de taille dans le montage du projet.

Toutes ces contraintes et mesures sont connues du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre et des entreprises grâce à une réglementation fondée sur des normes qui s'appliquent aux structures situées au-dessus ou en-dessous d'emprise ferroviaire. Des documents techniques propres à la SNCF peuvent prévaloir sur ces normes, comme l'IN-0033 qui décrit les « *Règles de conception, réalisation et contrôle concernant les ouvrages provisoires et les opérations de construction*, »¹. Evidemment, cela n'empêche pas l'apparition d'aléas de chantier, parfois sources d'échanges avec la SNCF.

Thesaurus

Aménagement – Interface – Ferroviaire - Contraintes – Réglementation – Infrastructure

¹ IN-0033, SNCF « Règles de conception, réalisation et contrôle concernant les ouvrages provisoires et les opérations de construction »

Abstract

I assisted a project manager in roads and equipment [“voirie et réseaux divers (VRD)”] at AREP during the 6 months of the TFE internship. The majority of the design and work supervision missions I carried out were related to SNCF, which was either the project owner or a major player in the project.

The architect and engineer must take into account the constraints of the site on which they design and/or carry out the project. They are technical, regulatory, procedural, economic, etc. The railway domain is a major component, and all interfaces with the development project must be integrated into each phase of the project. My study includes the development project for the Béthune station centre (Hauts-de-France, project owner: City of Béthune). More specifically, it is the replacement of the pedestrian footbridge spanning the railways that has the strongest interface with the SNCF. What are the additional constraints generated by a dense railway environment on a crossing structure and how were they integrated into the Béthune footbridge project during the study phases and during its construction?

First of all, technical constraints arise at each major stage of the work: the installation of protective screens or scaffolding around the piers of the footbridge, the removal of the bays of the old footbridge and then the installation of the new one, the assembly and repair work on the preserved piers. Indeed, the presence of the railways underneath imposes a precise methodology for carrying out the work. The main risks are the risk of falling, the risk of the railway gauge being engaged and the electrical risks due to catenaries.

Palliative measures are taken to ensure that the work is carried out safely. These measures include temporary traffic disruptions (ITC, trains do not run on a section) and catenary outages (CC, power is cut off) that allow companies to work on rail lines, under certain conditions and within certain time periods. The progress of the project is then conditioned over time. In addition, there is the integration of the railway interfaces for the final structure, such as the horizontal and vertical catenary protections that are integrated into the footbridge. It is up to engineers and architects to take them into account from the very beginning of the design phase. Costs are also a major issue in the project design.

All these constraints and measures are known to the contracting authority, the project manager and the companies through standards-based regulation that apply to structures located above or below railway right-of-way. SNCF-specific technical documents may take precedence over these standards. These include IN-0033, which describes the "Design, construction and control rules for temporary structures and construction operations".

Obviously, this does not prevent the emergence of construction site hazards, which are sometimes sources of exchanges with SNCF.

Remerciements

Je souhaite remercier l'ensemble de l'équipe VRD d'AREP pour son accueil chaleureux. Les conseils et l'aide des membres de l'équipe m'ont permis de progresser pendant ces 6 mois de stage. Merci également à l'équipe Espaces publics - Maîtrise d'œuvre urbaine, avec qui j'ai travaillé en commun sur des projets d'aménagement.

Plus particulièrement, merci à mon maître de stage Alexandre GUILLIER, chef de projet VRD, pour sa confiance, sa disponibilité et sa rigueur. Il m'a permis de découvrir le domaine de la VRD en travaillant sur des projets différents et très intéressants tout en aiguisant mon esprit d'analyse.

Je voudrais également témoigner ma reconnaissance à Taha ALADINE, ingénieur structure et cofondateur du bureau d'études MAP3, avec qui j'ai travaillé sur le projet d'aménagement du pôle gare de la ville de Béthune. Sa patience, sa disponibilité et sa pédagogie m'ont été d'une grande aide pour comprendre les enjeux du projet et me sentir plus à l'aise sur les aspects techniques propres à l'ouvrage de génie civil (passerelle).

Merci à Thierry BOISSEAU, ingénieur hydraulicien chez Setec, pour m'avoir suivie pendant ces 6 mois de stage. Ses conseils m'ont entre autres aidée dans l'écriture de ce rapport.

Table des matières

Résumé	1
Thesaurus	1
Abstract	2
Remerciements	3
Table des matières	4
Introduction	5
I – Contexte du stage	6
I.1) Le contexte du stage	6
I.2) L'intégration de contraintes dans des projets d'aménagement en phase d'étude et de réalisation	6
I.3) Mes missions	12
II – Les contraintes supplémentaires générées par un environnement ferroviaire dense sur un ouvrage de franchissement et leur intégration dans le projet de la passerelle de Béthune en phases d'études et de réalisation	16
II.1) Contraintes	16
II.2) Réglementations et procédures	21
III – Les aléas de chantier et la gestion des contraintes ferroviaires	24
III.1) Aléas de chantier en domaine ferroviaire	24
III.2) Les demandes auprès de la SNCF	26
IV – Les apports personnels et professionnels du stage	30
IV.1) Une première expérience longue dans le monde professionnel	30
IV.2) Les relations entre les différents acteurs et le rôle de la maîtrise d'œuvre	30
Conclusion	32
Bibliographie	33
Annexes	34
Annexe 1. Projet de Nice Saint-Augustin – Plan minute gestion des Eaux Pluviales	34
Annexe 2. Projet de Nice Saint-Augustin – Plan de girations	36
Annexe 3. Projet de technicentre TSEE Conflans – Plan des réseaux projetés	38
Annexe 4. Projet Béthune – Extrait d'Instruction de Sécurité Ferroviaire (ISF)	40
Annexe 5. Projet Béthune -Frise demande d'ITC supplémentaires	42
Annexe 6. Projet Béthune – Plans et coupes du projet	44

Introduction

L'EIVP est une des seules écoles à ne pas proposer d'options ou spécialités au fil des années, afin que chaque étudiant sortant ait vu la plus grande palette de domaines du génie urbain. Pour découvrir des corps de métier et se spécialiser, le cursus à l'EIVP est ponctué d'immersions dans la vie professionnelle. J'ai expérimenté le travail d'un agent éboueur pendant 3 semaines à Paris, celui d'un assistant conducteur de travaux en travaux publics pendant 2 mois et d'un assistant chercheur en transports pendant 3 mois à Bangkok.

Le choix du stage de fin d'études (TFE) d'une durée de 6 mois est pour moi l'aboutissement de ces années d'apprentissage à l'école et est le fruit d'une réflexion sur les curiosités personnelles et professionnelles de l'étudiant en fin de parcours. J'ai choisi de faire ce stage à AREP, une agence d'architecture et ingénierie pluridisciplinaire et plus particulièrement au sein de l'unité voirie et réseaux divers (VRD). AREP est une filiale de la SCNF : les projets d'aménagement urbain sont majoritairement menés par et pour la SNCF. Ils vont de l'aménagement de technicentres à la mise en accessibilité des quais et des parvis de gare.

Quel que soit le projet, les interfaces ferroviaires sont à prendre en compte pendant les études jusqu'à l'exécution des travaux. J'ai décidé d'orienter mon étude sur **l'intégration des interfaces ferroviaires dans les projets d'aménagement**. Les interfaces sont d'ordre réglementaire, procédural et technique lorsque des normes, des documents et des pièces administratives encadrent le projet. La réglementation permet de minimiser les accidents dans la plupart des cas. Ces contraintes de sécurité en domaine ferroviaire portent généralement sur les risques de chute et d'électricité en raison de la présence de caténaires, à prendre en compte dès la phase d'études. Enfin, le planning peut être cadencé par des mesures exceptionnelles qui dépendent des interfaces du site. En domaine ferroviaire, il s'agit généralement d'interruption de circulation de trains ou de coupure de l'alimentation électrique, prévues en avance avec la SNCF.

Mon étude porte sur un projet d'aménagement que j'ai suivi dès le début de mon stage : le projet d'aménagement du pôle gare de Béthune (Hauts-de-France, la maîtrise d'ouvrage est la ville de Béthune), qui sera largement détaillé dans ce rapport. Brièvement, il s'agit du renforcement du lien Nord-Sud de la ville de Béthune, aujourd'hui fracturée par les voies ferrées qui la traversent d'Est en Ouest. Le parvis de la gare, et les abords au Sud et au Nord des voies ferrées font l'objet d'un réaménagement, tout comme la passerelle piétonne qui traverse les voies ferrées. Elle est remplacée par une nouvelle passerelle mixte acier-bois (anciennement béton) plus large et confortable.

Les passerelles, destinées au franchissement, sont des ouvrages complexes d'un point de vue ingénierie. Ce sont aussi des objets architecturaux emblématiques qui composent de fait avec de nombreuses contraintes. Quelles sont les contraintes supplémentaires générées par un environnement ferroviaire dense sur un ouvrage de franchissement et comment ont-elles été intégrées dans le projet de la passerelle de Béthune en phases d'études et lors de sa réalisation ?

Après avoir présenté les principaux projets d'aménagement sur lesquels j'ai travaillé pendant mon stage et comment j'ai assimilé des méthodes et réflexions sur l'intégration de contraintes d'un site dans des projets en phase d'étude, je traiterai le sujet de l'interface ferroviaire dans le cas particulier du projet de passerelle de Béthune. Les contraintes techniques, temporelles et de sécurité seront traitées, ainsi que les aspects réglementaires. J'aborderai des cas particuliers d'aléas de chantier en domaine ferroviaire et deux échanges que j'ai pu avoir avec la SNCF. Enfin, je finirai par un bilan de mon stage et sur ce qu'il m'a apporté, d'un point de vue personnel et professionnel.

I – Contexte du stage

I.1) Le contexte du stage

AREP est une agence d'architecture pluridisciplinaire où travaillent des architectes, des ingénieurs, des designers et bien d'autres corps de métiers.

Le groupe AREP se décompose en 3 entités :

- AREP : pour les opérations de maîtrise d'œuvre en France
- AREP Ville : pour les opérations d'études architecturales et urbaines, en France et à l'international
- PARVIS : pour la programmation (architecturale et urbaine) et les opérations d'assistance à maîtrise d'ouvrage.

Filiale de SNCF Gares & Connexions, le groupe AREP participe à des projets où se mêlent développement urbain et mobilité. Le groupe compte environ 1000 collaborateurs et est implanté en France, à Dubaï, au Vietnam, en Chine et en Suisse.

J'ai effectué mon stage au sein de l'équipe voirie et réseaux divers (VRD), rattachée à AREP Ville et au pôle ingénierie. A ce jour, l'unité VRD est constituée d'une quinzaine de personnes, dont 3 chefs de projets. Elle travaille étroitement avec les architectes de l'équipe « Espaces publics – Maîtrise d'œuvre » sur plusieurs projets, ainsi qu'avec les autres corps de métiers présents à AREP. L'unité VRD réalise des missions de maîtrise d'œuvre d'aménagement urbain, depuis les concours jusqu'aux missions de suivi de travaux en passant par la conception.

I.2) L'intégration de contraintes dans des projets d'aménagement en phase d'étude et de réalisation

En plus du projet d'aménagement du pôle gare de Béthune qui sera au centre de ce rapport de stage, j'ai choisi de décrire deux projets qui ont représenté la majorité de ma charge de travail pendant ces 6 mois de stage : un projet d'abaissement de voirie dans un technicentre de la gare de Lyon et le projet de création de gare routière à Nice Saint Augustin. Travailler sur ces deux projets m'a permis d'assimiler des méthodes et réflexions sur l'intégration de contraintes d'un site, dans des projets en phase d'étude.

Le projet d'abaissement de voirie du technicentre de la gare de Lyon (TSEE Paris Conflans) - Phase APS

Le technicentre SNCF TSEE est situé sur deux sites de production : à Villeneuve Saint-Georges et Paris Conflans (au Sud-Est de la Gare de Lyon). Ce site sert à la maintenance de rame TGV pour l'axe Sud-Est. A l'avenir, plusieurs activités vont se regrouper sur le site de Paris Conflans. Dans le cadre de cette réorganisation, davantage de véhicules de plus grands gabarits (jusqu'à 19T) seront amenés à circuler dans le technicentre.



Figure 1 : Vue aérienne du Technicentre Sud-Est Européen (TSEE) Paris-Conflans

Comme cela est montré sur l'image ci-dessus, une partie du site se situe sous le boulevard Poniatowski et la petite ceinture. Le projet consiste ainsi à abaisser la voirie de 30 cm en portant la hauteur libre sous l'ouvrage de 3,70m à 4m pour permettre la circulation de ces gabarits. Un dossier d'initialisation avait été rendu par Arep environ 1 an avant le lancement de l'avant-projet sommaire (APS), sur lequel j'ai travaillé.

Ce projet d'abaissement de voirie sous un tunnel et en site SNCF présente une contrainte de phasage des travaux. En effet, depuis le démarrage des études, nous devons composer avec le fait que le site ne présente qu'un seul accès, piétons et véhicule. Ainsi, faire des travaux sous le tunnel large de 4m signifie couper la circulation et l'accès au sud du site (totalité du technicentre en rouge sur la figure 2 ci-contre), qui accueille bureaux, ateliers, etc. Le projet est alors en complète interface avec les services d'exploitation (logistique, cantine, accès des véhicules agents,...). Tout aussi contraignant, il s'agit aussi de l'unique accès pompier du site.

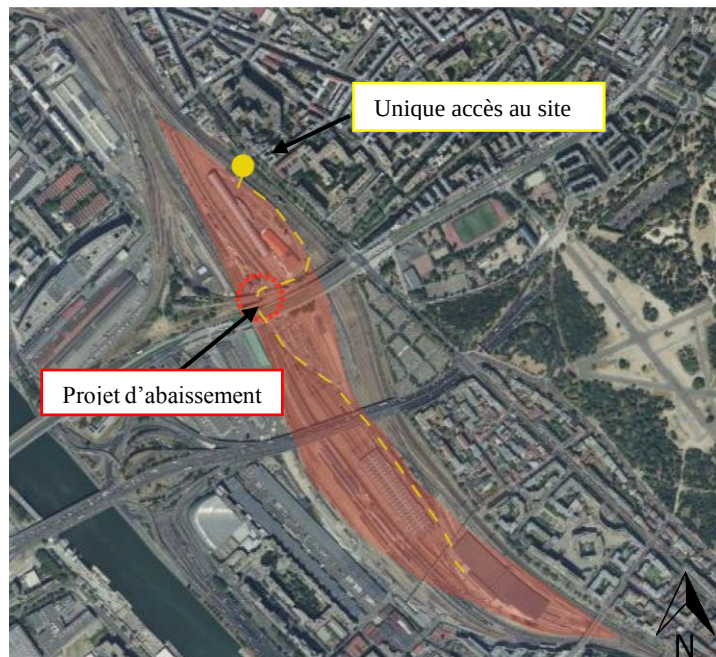


Figure 2 : Accès au site du TSEE

Concrètement, nous avons échangé avec des personnes de SNCF mobilités, la conductrice d'opérations et des prestataires. Comme le projet est en phase d'étude sommaire, nous n'avons pas eu le temps d'aborder cette contrainte d'agencement des travaux avec les responsables d'exploitation. Cette mission devra être réalisée par l'exploitant et un agent ordonnancement, pilotage et coordination (OPC). A ce stade des études et en tant que maîtrise d'œuvre, nous avons traduit cette contrainte avec une provision financière sur le montant total des travaux.

Ce fut le premier projet sur lequel j'ai travaillé. J'ai ainsi pu me familiariser avec le vocabulaire propre à la VRD, les réflexes et les outils comme Autocad. J'ai constaté mon évolution lorsque j'ai dû faire des reprises de l'APS plusieurs semaines après le premier rendu.

Le projet de gare routière à Nice Saint-Augustin - Phase APD

Il s'agit de la création d'une gare routière dans le cadre d'un projet de pôle d'échange multimodal. Une gare TER viendra jouxter la future gare routière (cf figure 3 ci-dessous) et tout cela à proximité d'une ligne de tramway nouvellement créée sur l'axe Nord/Sud. J'ai travaillé sur l'avant-projet détaillé (APD) de la gare routière de Nice Saint-Augustin, qui accueillera environ 20 bus.

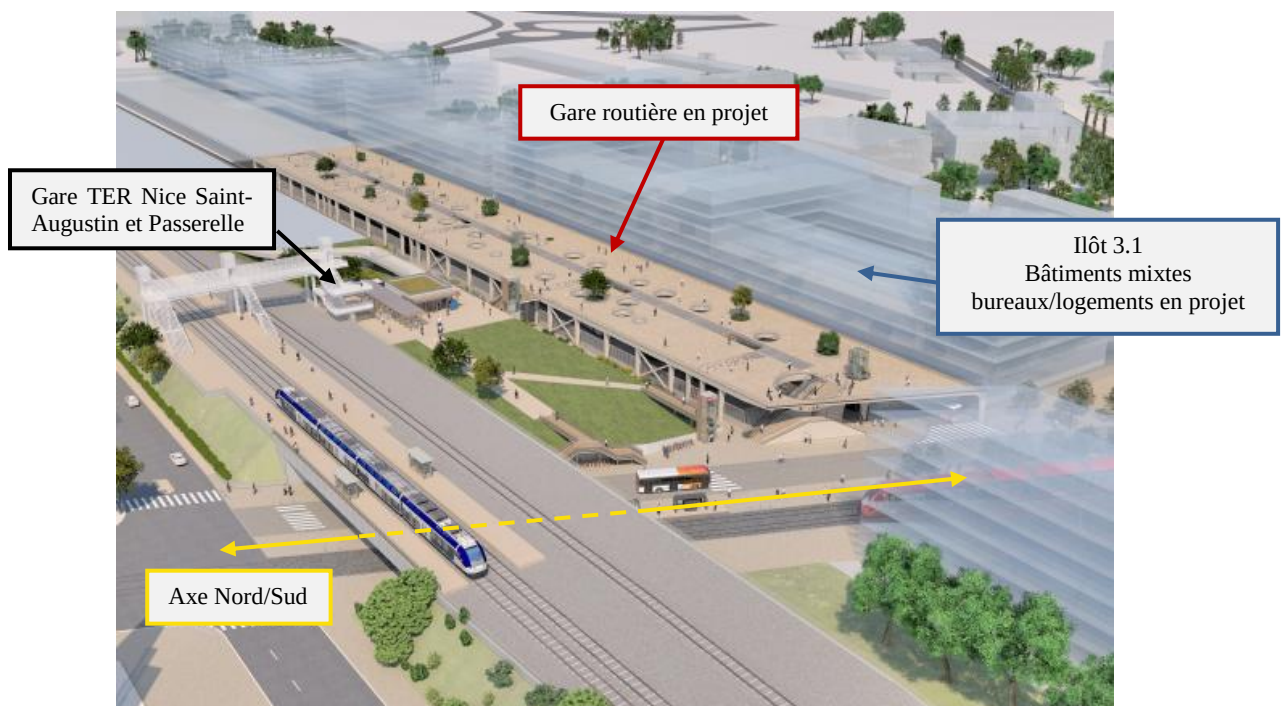


Figure 3 : Projet de gare routière Nice Saint Augustin, AREP

Une des complexités du projet réside du fait que le site est soumis aux risques d'inondation et que le niveau fini de la gare se situe sous le niveau de la nappe. Dès la phase d'études (APD) sur laquelle j'ai travaillé, il a fallu prendre en compte cette contrainte forte pour la phase de travaux (méthodologie et moyens matériels pour réaliser les terrassements). Concernant l'exploitation, c'est surtout une contrainte propre au lot structure, qui doit réaliser un radier

cuvelé sur toute la superficie de la gare routière mais qui présente des interfaces fortes avec le lot VRD.



Figure 4 : Projet de gare routière Nice Saint Augustin, vue depuis l'axe Nord/Sud, AREP

Comme la gare routière est couverte (cf figure 4), elle est en partie conçue comme si c'était un bâtiment : il y a des lots plomberies/CVC, électriciens, etc. Les missions de terrassement et nivellement par exemple sont traitées par les VRD mais nous avons dû échanger avec les ingénieurs structure et plomberie et même les architectes sur des sujets comme la gestion des eaux de pluie. En effet, ce projet de travaux publics a un parti-pris architectural qui contraint l'acheminement des eaux de pluie (cf annexe 1) : pour rejoindre le niveau bas, l'eau qui tombe sur la dalle supérieure est acheminée le long des poteaux, qui sont dessinés et disposés par les architectes. Nos besoins en VRD doivent être compatibles avec la qualité architecturale du projet.

La plupart des intervenants étaient internes à Arep, ce qui a facilité les échanges avec les architectes, le chargé d'affaires et les autres lots du projet.

Le projet d'aménagement du pôle gare de Béthune - Phase travaux

Le projet de l'aménagement du pôle gare de Béthune s'inscrit dans un contexte particulier : la rive nord et la rive sud de la Ville sont séparées par le faisceau ferroviaire et cela crée une fracture à l'échelle du territoire (cf figure 5 ci-dessous). Dans ce contexte, une passerelle avait été construite pour créer une connexion avec le quartier des cheminots au Sud et le centre-ville au Nord. Notre maîtrise d'ouvrage sur ce projet est la Ville de Béthune.

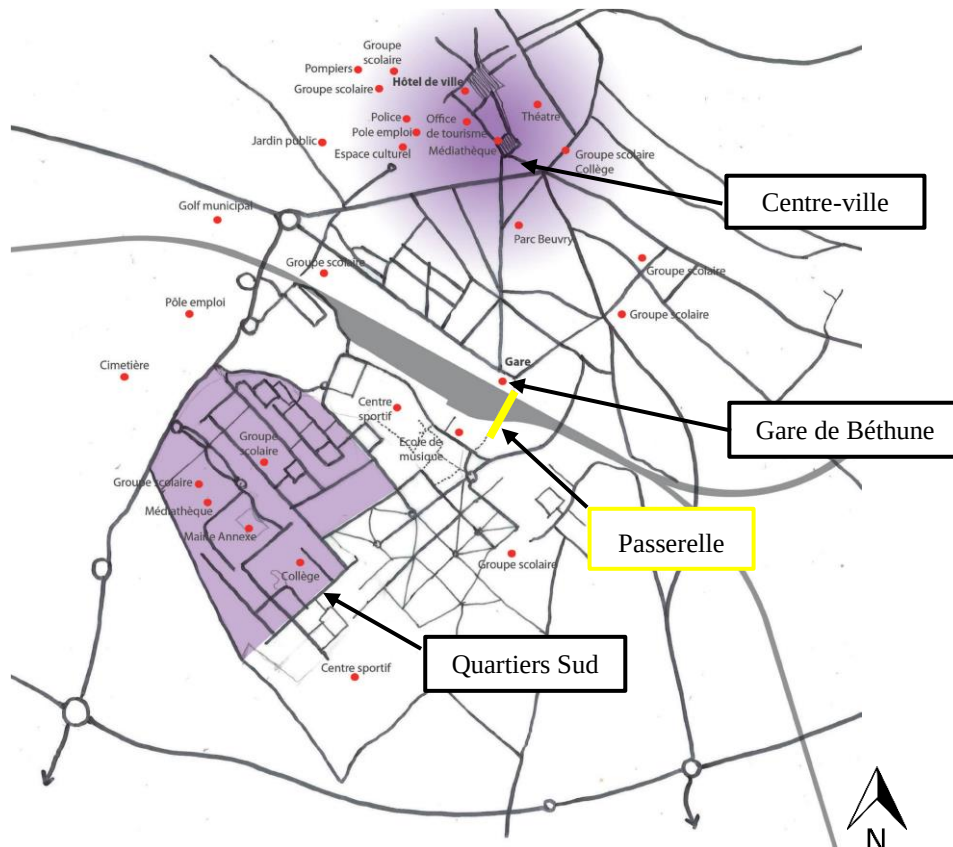


Figure 5 : Ville de Béthune, faiblesse du lien Nord/Sud de part et d'autre des voies ferrées entre le centre-ville et les quartiers Sud, AREP

L'objectif est de renforcer la connexion nord/sud entre la gare, le centre-ville, et les quartiers Sud. Aujourd'hui, l'ouvrage phare du projet est la nouvelle passerelle mixte bois/acier en lieu et place de l'ancienne passerelle en béton, au-dessus des voies ferrées. Cette passerelle à destination des piétons et vélos s'appuie sur les piles existantes en béton. Le tablier est large de 4,50m soit l'équivalent d'une « rue » où le passage des piétons et vélos est facilité. L'accès au Nord et au Sud se fait par un ascenseur, par des escaliers et par des rampes accessibles aux personnes à mobilité réduite.

Des plans et des coupes du projet sont disponibles en Annexe 6 à la fin de ce rapport.



Figure 6 : Vue du projet de la passerelle de Béziers depuis le Nord vers le Sud, AREP

Le projet global est décomposé en deux grandes parties, pour lesquelles la ville a passé deux marchés subséquents indépendants. Par exemple au Nord, le parvis de la gare avait été réaménagé avant mon arrivée en stage, dans le premier marché subséquent. C'est le même cas au Sud où des parvis d'équipements (Ecole de Musique par exemple) avaient été conçus par Arep dans le cadre de ce premier marché subséquent.

L'aménagement de la passerelle (déconstruction et pose de la nouvelle) et de ses deux débouchés constitue le 2^e marché subséquent sur lequel j'ai travaillé lors de mon stage. Les études d'exécution ont commencé durant l'été 2018 après la notification du marché en Juin 2018. AREP est maître d'œuvre mandataire du projet et le marché est divisé en 3 lots indépendants :

- Lot 1 : Passerelle. Entreprise titulaire du lot : Freyssinet.
Un bureau d'étude orienté structure (MAP3) a assuré la conception de la passerelle en commun avec AREP. Ce bureau suit aussi la phase de travaux pour les questions de structure relatives à la passerelle.
- Lot 2 : VRD & Aménagements paysagers. Entreprise titulaire du lot : Eiffage.
- Lot 3 : Ascenseur. Entreprise titulaire du lot : Otis.

Pour ce projet, plusieurs équipes d'Arep ont participé à la conception et pour certaines à la réalisation, dont :

- l'équipe maîtrise d'œuvre urbaine, du pôle Urbain, composée d'architectes et paysagistes ;
- l'équipe structure, du pôle ingénierie, pour l'ascenseur ;

- l'équipe VRD, où j'ai effectué mon stage.

Sur l'ensemble de mon stage, ce projet a représenté la moitié de ma charge de travail. Mes missions de suivi des travaux sur ce projet seront détaillées à la fin de la prochaine partie.

I.3) Mes missions

Conception

J'ai travaillé sur des missions de conception en production de pièces écrites et graphiques.

Pour cela, j'ai participé à la rédaction de notices écrites sur les parties VRD pour des rendus de projets en phases APS et APD.

J'ai plus particulièrement travaillé sur la partie de gestion des eaux pluviales en dimensionnant des bassins de rétention pour la gare routière de Nice-Saint Augustin par exemple. Pour cela, j'ai utilisé la méthode des pluies, en me référant aux coefficients de Montana fournis par les stations météo à proximité du site. La gare routière (+3M NGF) a la particularité d'être recouverte d'un parvis (+10M NGF). Ainsi, les eaux pluviales gérées sont récupérées dans les poteaux de la structure et acheminées dans des bassins de rétention situés au niveau de la gare routière avant le rejet dans le réseau du concessionnaire.

J'ai complété les études d'assainissement par des pièces graphiques comme des plans minutes de gestion des eaux pluviales (cf Annexe 1) qui ont servi de support d'échange avec les autres intervenants du projet.

J'ai aussi produit plusieurs plans (nivellement, réseaux divers, démolition, mobilier, etc) sur Autocad ainsi que des carnets de girations sur le logiciel Covadis (logiciel VRD) pour plusieurs projets (cf Annexes 2 et 3).

Estimations financières

En complément des pièces écrites et graphiques, j'ai réalisé la trame de plusieurs estimations financières et aidé à la réalisation de métrés. Le travail que j'ai fourni pour le Bordereau de Prix Unitaires (BPU, voir paragraphe suivant) m'a aidée à monter des estimations et inversement.

Mission annexe : élaboration d'un BPU VRD pour un accord-cadre de parvis de gare

J'ai travaillé à l'élaboration d'un bordereau de prix unitaires (BPU) de prix complémentaires spécifiques VRD pour l'accord-cadre des Parvis des Marchés subséquents Quais (accord-cadre avec la SNCF). Ce BPU a pour but d'être applicable à plusieurs parvis de gares d'Île-de-France et faciliter le montage de ces bordereaux de prix. Créé une fois et applicable sur plusieurs gares, c'est un gain de temps lorsque l'on est missionné par le client. C'est aussi une manière d'avoir une base de prix commune pour plusieurs projets de gares.

Ce travail a été l'occasion de me familiariser avec les pièces écrites types de tous projets (CCTP, estimations, etc) car les structures générales sont identiques d'un projet à l'autre. Bien que cela ait été une opération chronophage, j'ai gagné énormément de vocabulaire dans le domaine de la VRD.

Suivi de chantier

Pour le projet d'aménagement du pôle gare de Béthune, l'équipe VRD a une mission d'exécution des travaux (DET). J'ai suivi ce projet pendant mes 6 mois de stage en binôme avec mon maître de stage.

Réunions hebdomadaires

J'ai participé aux réunions de chantier toutes les semaines à Béthune, dont quelques-unes sans mon maître de stage. Ces réunions avaient pour but de faire un état de l'avancement des travaux en cours et lever les problèmes issus du chantier ou d'événements extérieurs au chantier.

J'ai ainsi côtoyé :

- Le maître d'ouvrage, Ville de Béthune
- Le bureau d'études structure
- Le responsable Ordonnancement Pilotage et Coordination (OPC)
- Les entreprises des 3 lots et leurs co-traitants et sous-traitants
- Des représentants de la SNCF
- Le géotechnicien du projet, le bureau de contrôle
- Le coordonnateur en matière de sécurité et protection de la santé (CSPS)
- Des concessionnaires impliqués par le projet.

Les réunions commençaient le plus souvent par une visite du chantier pour se rendre compte de l'avancement des travaux. La réunion continuait ensuite dans la baraque de chantier, menée par l'OPC et la maîtrise d'œuvre.

Après chaque réunion hebdomadaire, je rédigeais et envoyais un compte-rendu de réunion à tous les acteurs présents. Ce compte-rendu tenait lieu de convocation pour la prochaine réunion de chantier.

Réunion MOE/MOA et suivi financier

En plus des réunions de chantier hebdomadaires, nous devions être présents aux réunions mensuelles maîtrise d'œuvre / maîtrise d'ouvrage / OPC. Ces réunions étaient destinées à établir un bilan sur les aspects financiers, de planning et les sujets importants du chantier.

Nous avons par exemple à plusieurs reprises discuté des prix nouveaux (demandes de travaux supplémentaires, nécessaires au bon achèvement du projet) de la part des entreprises. Ces prix doivent, d'après l'article 14 du cahier des clauses administratives générales des marchés publics (CCAG), être « établis sur les mêmes bases que les prix du marché ». En tant que maîtrise d'œuvre, il a fallu que j'analyse ces prix et que j'apporte une mission de conseil à la maîtrise d'ouvrage.

Mission de visas

La mission est un contrôle de conformité des documents d'exécution fournis par l'entreprise, vis-à-vis des réglementations et du marché de travaux (pièces fournies par le maître d'œuvre au

moment de la consultation des entreprises). Les visas ont pour but d'assurer le bon aboutissement du projet.

La mission comprend également la diffusion de cet avis auprès des entreprises et les échanges avec elles sur les remarques levées par maître d'œuvre ou des alternatives techniques proposées par l'entreprise. Les avis émis par la maîtrise d'œuvre peuvent être :

- Visa sans observation (VSO) : une fois ce visa diffusé par le bureau d'études, et après l'émission d'un avis favorable de la part du bureau de contrôle, l'entreprise pourra réaliser les travaux correspondant au document visé.
- Visa avec observations (VAO) : le bureau d'études liste les remarques et l'entreprise doit envoyer un nouvel indice du document avec prise en compte des remarques pour une nouvelle soumission au bureau d'études.
- Refusé (REF)

J'ai visé des plans, des notes, des fiches techniques et des demandes d'agrément. J'ai effectué cette mission de suivi de visas dès le début de mon stage. Cela m'a obligée à regarder les pièces marché pour comparer ce qui avait été dessiné et prescrit par les architectes et ingénieurs lors de la conception du projet. Ainsi, j'ai pris connaissance du projet assez rapidement.

Coordination générale

En dehors des réunions sur place et des suivis de visas, j'ai consacré du temps à la coordination générale sur ce projet. Cela se traduit principalement par de nombreux échanges avec l'entreprise, le maître d'ouvrage et les intervenants extérieurs comme les concessionnaires ou la SNCF.

Du côté technique, j'ai consacré du temps à des reprises d'études en cours de travaux, ayant pour cause des aléas de terrain ou des erreurs de diagnostic. Par exemple, nous avons découvert par le biais d'une inspection télévisuelle qu'un ouvrage d'assainissement était en maçonnerie et non en béton comme l'ensemble des études l'avait supposé. Or le projet prévoit de monter une quantité de remblais jusqu'à 5m au-dessus de cet ouvrage. N'ayant aucune garantie que celui-ci puisse supporter la charge prévue dans le projet, j'ai dû étudier la possibilité de modifier le nivellement projet au-dessus du réseau afin de diminuer la hauteur de remblais.

Du côté administratif, j'ai aidé à la rédaction de pièces comme des fiches techniques modificatives (FTM) ou ordres de service (OS), qui sont des actes d'exécution.

Les ordres de service (OS) sont définis dans les cahiers des clauses administratives générales (CCAG, art.2) comme suivant : « L'ordre de service est la décision du pouvoir adjudicateur qui précise les modalités d'exécution des prestations prévues par le marché ». Les OS doivent être, d'après le CCAG travaux (art 3.8.1) « écrits (...) signés par le maître d'œuvre, datés et numérotés. ». Ainsi, nous en avons utilisé pour notifier des informations de lancement et d'arrêt de travaux par zones de travaux par exemple. Les prix nouveaux analysés puis discutés lors des réunions MOE/MOA sont également notifiés à l'entreprise par ordres de service pour règlement.

J'ai également pris part aux validations des décomptes mensuels des entreprises. Après ma première analyse et un premier échange avec l'entreprise si nécessaire, mon maître de stage (chef de projet) validait définitivement le décompte pour envoi à la maîtrise d'ouvrage. Ces décomptes étaient envoyés tous les mois par les entreprises mandataires de chaque lot sur la situation à la fin du mois précédent. Au fil des mois et de ma connaissance de ce projet, cet exercice est devenu de plus en plus facile.

Une autre de mes missions a été de participer à la rédaction de courriers à destination des entreprises et de la maîtrise d'ouvrage. C'était un exercice nouveau pour moi, qui demande une écriture synthétique et factuelle. Les courriers attestent par écrit des moyens mis en œuvre par la MOE dans ses missions de conseil auprès de la maîtrise d'ouvrage. Pour le projet de Béthune, les objets des courriers étaient par exemple des alertes sur les décalages de planning et l'engagement de la responsabilité de la MOE vis-à-vis de ce décalage.

II – Les contraintes supplémentaires générées par un environnement ferroviaire dense sur un ouvrage de franchissement et leur intégration dans le projet de la passerelle de Béthune en phases d'études et de réalisation

II.1) Contraintes

Tout projet urbain présente des contraintes. Par définition, une passerelle est un ouvrage de franchissement, que ce soit de voies ferrées, d'une route ou d'un cours d'eau. Les contraintes des sites et notamment d'accès aux passerelles entraînent des complexités techniques. Pour le projet d'aménagement du pôle gare de Béthune, la présence d'un site ferroviaire rajoute des contraintes temporelles et de sécurité.

Les contraintes techniques

Quel que soit le site, les travaux de passerelle et de la pose par exemple doivent répondre à des exigences techniques. Selon la nature du terrain en dessous, la complexité et les conséquences peuvent varier.

La passerelle au Sud de l'île Seguin par exemple, a été acheminée depuis la région Grand-Est par voie maritime et fluviale. Elle a été posée en une fois, par bateau. Sur une autoroute en revanche, la pose a des conséquences sur la circulation automobile, et le trafic doit être arrêté le temps de l'opération.

Dans le cas de la passerelle de Béthune, la passerelle franchit des voies ferrées utilisées comme voies commerciales (passage de trains voyageurs) et de service. Les travaux de la passerelle en emprise ferroviaire ont été marqués par 4 étapes :

- La mise en place de protections.



Figure 7 : Protection des piles (©Mathilde Soulé)



Figure 8 : Protections caténaires (rouge, ©Mathilde Soulé)

Il s'agit de la mise en place des écrans de protection le long de la voie 6 (au Nord) ainsi que de protections autour des piles existantes conservées. En effet, le projet a la particularité de conserver les piles d'origines. Avec la protection, les ouvriers peuvent travailler sans mesures particulières d'interruption de trafic des trains, à condition de pouvoir accéder aux piles sans se déplacer dans l'emprise ferroviaire.

- La dépose des travées existantes.
Les travées de la passerelle en béton existante ont été déposées à l'aide d'une grue mobile : une opération au Sud (dépose de 3 tronçons) puis une opération au Nord (dépose des 3 autres tronçons).
- La réparation des piles.
Les piles faites en béton sont traitées et protégées par une peinture, les armatures sont reconstituées. Les têtes de piles sont recouvertes d'une protection et sont préparées comme appareils d'appuis pour la future passerelle.
- La pose des tronçons de la nouvelle passerelle.
La nouvelle passerelle a été montée au sol de part et d'autre du réseau ferroviaire dans l'emprise chantier. Une fois les tronçons montés, et de manière identique à la dépose, la grue mobile les a levés et positionnés un à un sur les piles porteuses en emprise ferroviaire.

Dans le projet, tout ou partie du faisceau ferré doit être arrêté pour permettre les travaux dans une zone appelée « zone interdite ». Cette zone est délimitée à 3m autour des appareils électriques sous tension (cf annotations « ZI » sur la coupe² ci-contre). Les travaux y sont interdits sauf sous interruption temporaire de circulation (ITC) et/ou sous coupure caténaires (CC). On parle alors de travaux de 1^{ère} catégorie.

En vert sur la même coupe ci-contre, apparaît la « zone de protection ». A l'intérieur de cette zone ne peuvent pas pénétrer les déplacements de charge faits par les grues (mobiles ou à tour). La zone de protection est définie sur un plan vertical par rapport à l'axe des voies :

- 5m de l'axe des voies exploitées pour les grues mobiles
- 6m de l'axe des voies exploitées pour les grues à tour.

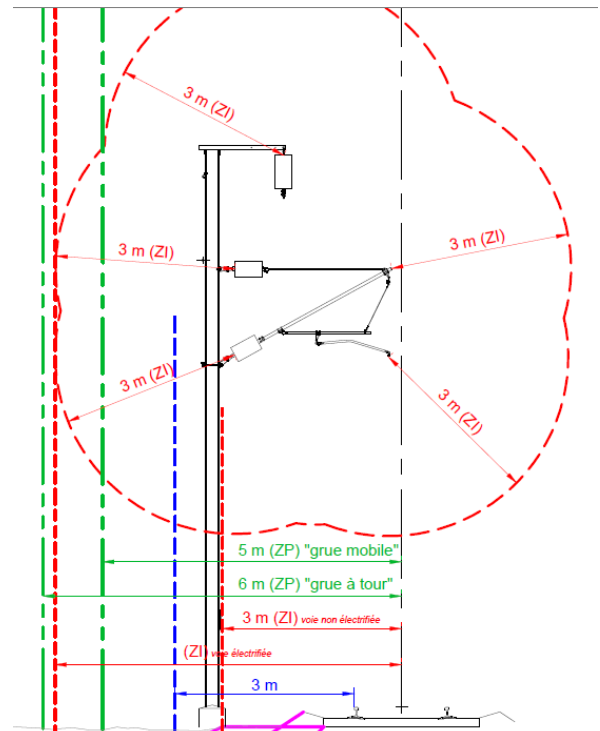


Figure 9 : Croquis des contraintes ferroviaires, SNCF Réseau

Pour les travaux de la passerelle de Béthune, le type de grue utilisée était une grue mobile (cf figure 10 page suivante). Les périmètres détaillés ci-dessus ont dû être respectés.

² Principe des contraintes ferroviaires (croquis), document établi par SNCF-RESEAU, Direction des projets franciliens, Département études Pôle Nord-Paris, Groupe ouvrages d'art
Laura Czapnik, 20.08.2015



Figure 10 : Grue mobile (©Mathilde Soulé) et implantation de la gue (MAP3)

Les contraintes temporelles

Le projet a été phasé dans le temps. Le marché a été notifié le 22 juin 2018 pour une durée de 540 jours.

Sur la totalité du projet, les contraintes du lot passerelle ont été les plus dimensionnantes pour établir le planning d'exécution du marché. Ce lot présente les interfaces les plus importantes avec la SNCF (cf partie « Contraintes techniques » ci-dessus). Cela nécessitait de la part de la SNCF : des interruptions temporaires de circulation (ITC) et des coupures caténaires (CC).

Pour les ITC, la circulation des trains en zone travaux était interrompue. Cela se prévoit environ 2 ans en avance car l'impact sur la logistique interne à la SNCF est important. Pour cela, en amont des travaux, des réunions avaient été organisées entre la MOE la MOA et la SNCF puis l'entreprise mandataire du lot afin d'estimer le temps des travaux des 4 étapes en interface avec la SNCF (mise en place de protections, dépose des tronçons, réparation des piles existantes et pose de la nouvelle passerelle). En fonction du détail et de la durée des tâches données par l'entreprise, la SNCF a proposé un planning des ITC correspondant. Les ITC finalement prévues ont surtout été de nuit et de week-end.

Au début de chaque ITC, des agents SNCF venaient couper les alimentations électriques des équipements ferroviaires (coupures caténaires – CC), puis les rétablissaient à la fin. Les agents venaient aussi poser des perches (ressemblent à des câbles électriques) reliant les équipements aux rails, pour créer une disjonction dans le cas où l'électricité est remise de manière imprévue ou par accident. Dans une nuit d'ITC (de 23h à 5h), la mise en place et l'enlèvement des perches se faisait de 23h à 23h30 puis de 4h30 à 5h dans le meilleur des cas. De fait, l'entreprise avait une plage de 5 heures pour effectuer les travaux prévus (souvent 4 effectives).

La cadence des travaux a été imposée par les interruptions temporaires de circulation et les coupures caténaires. Les retards de l'entreprise du lot 1 n'étaient pas ou très peu envisageables. L'entreprise a dû mettre en œuvre les moyens humains et matériels nécessaires pour respecter le planning avant et pendant les ITC.

Cela est différent d'une passerelle classique où les délais à tenir sont généralement fixés par la date de réception finale.

Les contraintes de sécurité

Les contraintes techniques imposées sur le chantier permettent en grande partie de pallier aux risques de sécurité. Pendant mon stage, j'ai assisté à une formation sur la sensibilisation aux risques ferroviaires. La formation était dispensée aux membres d'AREP car tous sont susceptibles de se rendre sur site ferroviaire au cours d'un projet. En l'adaptant au projet de passerelle et en retenant seulement les risques liés au chantier, j'ai remarqué que le risque électrique était le plus prépondérant.

En effet, la passerelle est située à proximité de caténaires. Il s'agit de câbles suspendus au-dessus des voies ferrées, qui servent d'alimentation électrique pour les trains. Ils sont alimentés par une tension de 25000V. Même sans contact direct avec la caténaire, un arc électrique peut se produire à cause de la proximité d'un individu.

En phase chantier, la mise à la terre de l'ouvrage et des échafaudages est obligatoire et assure la sécurité. Des normes s'appliquent également pour l'ouvrage définitif, en phase d'exploitation. Par exemple, la norme NF EN 50122-1 régit les mesures de protection contre les chocs électriques en monde ferroviaire. En réponse à cette norme, les concepteurs ont prévu des tôles perforées placées entre les deux planchers bois du tablier de la passerelle pour assurer une protection caténaire horizontale. Toutes les tôles ont été reliées à la terre à la demande de la SNCF.

A la verticale, des protections caténaires sont installées sur les 120m de long de la passerelle, en forme de V. Les auvents ont une hauteur de 1,8m (voir Figure 11) : sur 1m, les protections caténaires sont remplies en bois, et en maille métallique sur les 80 cm supérieurs. Ces auvents sont conformes à la norme citée ci-dessus et au cahier des charges SNCF des auvents de protection (IGTE 21476/215760).

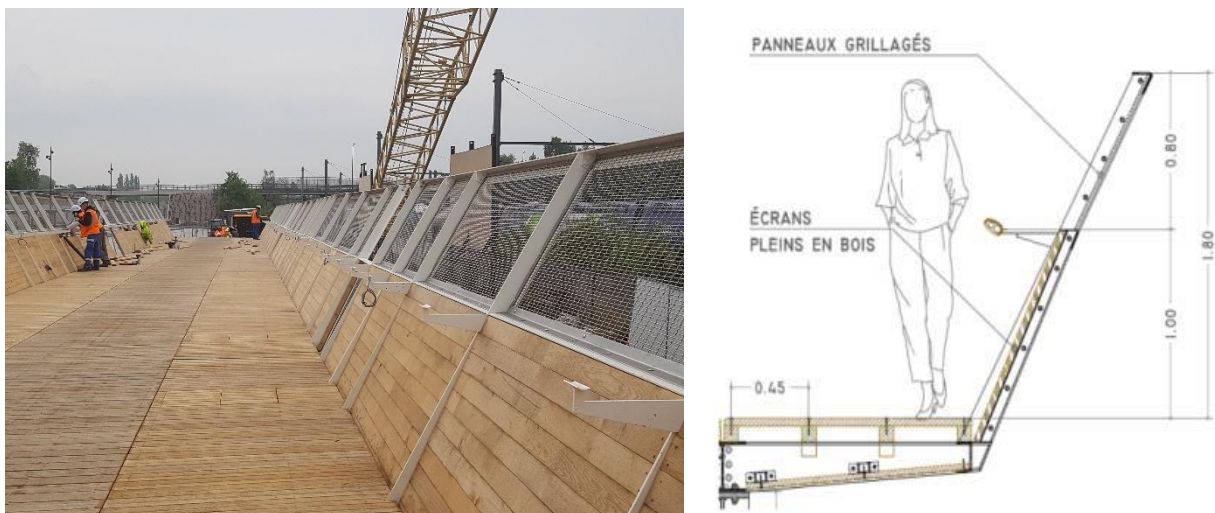


Figure 11 Protections caténaires verticales (photo ©Mathilde Soulé) et coupe (AREP)

En plus du risque d'électrocution, les travaux présentent des risques de chute pendant les opérations de grutage et des risques d'engagement du gabarit ferroviaire pendant les

rénovations des piles. Les mesures palliatives sont dans ces cas-là la mise en place de protections autour des piles (pour le risque d'engagement du gabarit ferroviaire) et la réalisation des travaux dans le cadre de l'IG90033 (cf parties II.2 et III) pour les opérations de grutage (risques de chute).

Procédure pendant les ITC, le rôle des intervenants

A chaque début d'ITC, le représentant sécurité opérationnelle (RSO), agent de la SNCF, autorise le début des travaux. Les déplacements dans les emprises ferroviaires doivent se faire accompagner du RSO.

Du côté de l'entreprise, le responsable chantier de l'entreprise (RCE) veille à ce que les règles de sécurité soient appliquées par ses agents et doit rester joignable pendant la durée des travaux.

En début et fin d'ITC, un agent SNCF doit procéder à la consignation caténaire (CC). Cette étape permet de priver les caténaires d'alimentation électrique et de donner le feu vert aux entreprises.

II.2) Réglementations et procédures

La maîtrise d'ouvrage intervenant au-dessus des installations ferroviaires est la Ville de Béthune. C'est une entité externe à la SNCF et la Ville est alors première responsable en termes de respect des règles de sécurité, de conception et réalisation.

Normes et réglementations

En tant que maître d'ouvrage, la Ville doit se référer à des textes qui encadrent les interventions. Pendant toute la durée du projet, le maître d'ouvrage est chargé de s'assurer du respect des documents techniques que sont les normes, les documents SNCF et autres guides techniques. Le maître d'œuvre rappelle lui aussi ces aspects réglementaires, dans le cahier des clauses techniques et particulières (CCTP).

Parmi ces textes réglementaires, les normes NF EN 1990 à NF EN 1998 s'appliquent aux structures situées au-dessus ou en-dessous de l'emprise ferroviaire. A ces normes s'ajoute la NF EN 50 122-1, déjà citée dans le présent rapport (cf « Les contraintes de sécurité, partie II.1) et qui porte sur la sécurité électrique et la mise à la terre. Des documents techniques propres à la SNCF peuvent prévaloir sur ces normes. Il s'agit entre autres de l'IG90033 qui décrit les « *Règles de conception, réalisation et contrôle concernant les ouvrages provisoires et les opérations de construction*, ». Lors de mon stage, nous avons fait une demande de dérogation à l'IG90033 à la SNCF (détaillé en partie III.2).

Il existe d'autres normes et réglementations qui s'appliquent à tous les ouvrages d'art, quel que soit le site. Elles ne sont pas mentionnées dans ce rapport.

Pièces administratives

Le maître d'ouvrage doit respecter les directives de sécurité ferroviaires (DSF), qui sont rassemblées dans un document et exigées par SNCF Réseau pour les MOA tiers. Ces directives techniques reprennent majoritairement les consignes de sécurité, dans le but de diminuer le nombre d'accidents d'exploitation ferroviaire et garantit le bon déroulement du projet depuis

sa conception. Ce document s'applique également au maître d'œuvre, entreprises de travaux et autres intervenants.

En phase avant-projet, le MOE peut aider le MOA à rédiger le dossier de conception spécifique (DCS) lors des phases avant-projet sommaire et détaillé (APS et APD) pour qu'un représentant de la SNCF donne son avis sur la conformité du projet vis-à-vis de l'interface ferroviaire. Il en est de même pour la production de la notice de sécurité ferroviaire (NSF) en fin de phase PRO juste avant le lancement de la consultation des entreprises. Le représentant SNCF pour le projet délivre un avis qu'il envoie à la maîtrise d'ouvrage ; seul l'avis favorable permet le démarrage des travaux. Cette pièce contractuelle est signée par l'entreprise, le MOE et le MOA. Elle développe les mesures décrites dans le DCS, en termes de sécurité ferroviaire et de la nature des ouvrages classés en catégorie 1.

L'instruction de sécurité ferroviaire (ISF) est rédigée par la SNCF avant chaque début d'ITC/CC. C'est un document de nature opérationnelle qui reprend les dates, périmètres, natures des travaux ainsi que les contacts de chaque intervenant (entreprise, MOE travaux, agents SNCF, etc). De tous les documents cités, c'est le seul qui est rédigé et diffusé pendant la phase travaux et avec lequel je suis la plus familière. Avant chaque ITC, nous nous assurons que la SNCF avait les éléments requis concernant le planning détaillé des tâches prévues pendant l'ITC par l'entreprise (cf Annexe 4).

Le rôle du MOE

Intégration des contraintes ferroviaires dans les études

En plus d'aider le MOA à la rédaction des pièces citées ci-dessus (DCS, NSF, etc), le MOE doit intégrer les contraintes ferroviaires tout au long de la conception du projet. Pour cela, AREP et le bureau d'études MAP3 ont participé à des réunions avec la SNCF dès les phases d'avant-projet détaillé (APD) pour confirmer ou infirmer l'entière faisabilité de l'opération.

Il a fallu faire preuve de rigueur et d'exhaustivité pour prendre en compte les contraintes imposées par la SNCF, que ce soit de la prise en compte des protections caténaïres (non courant dans un projet lambda) ou de la méthodologie de mise en œuvre.

Le moindre oubli de ce genre peut avoir des conséquences négatives sur les délais et les coûts. Dès les premières phases d'esquisse et conception, le chiffrage des lots impactés par les interfaces ferroviaires a été majoré pour prendre en compte la réalisation des travaux de nuit par exemple, où le coût de la main d'œuvre est plus élevé.

Pendant mon stage, des complexités techniques ayant pour origine un diagnostic erroné pour les opérations de dépose ont été découvertes sur le moment. L'entreprise mandataire a donc dû mettre en œuvre des moyens matériels et humains supplémentaires pendant les nuits d'ITC, non prévus initialement. Cela a occasionné la demande de prix nouveaux de la part de l'entreprise, que la maîtrise d'ouvrage a dû régler.

Je pense qu'en plus des impacts sur les coûts et les délais, la mauvaise (ou partielle) intégration des interfaces ferroviaires peut mettre le MOE dans une mauvaise posture vis-à-vis de son client

le maître d'ouvrage. En effet, la satisfaction du MOA peut chuter si le maître d'œuvre n'a pas été exhaustif ou s'il y a eu un manque d'alerte sur les conséquences de coûts par exemple.

Exécution

En phase d'exécution, le MOE et l'OPC sont les interlocuteurs avec la SNCF pendant et hors des réunions de chantier. Le MOE assure le bon déroulement des travaux et transmet les informations dont l'objet est en lien avec la SNCF.

Lors de certaines nuits d'ITC, nous avons eu des problèmes de respect des horaires et des moyens humains du côté de la SNCF. En tant que maîtrise d'œuvre, nous avons signalé ces manquements aux responsables SNCF. Sur un autre sujet, nous avons été en contact à plusieurs reprises pour des demandes particulières (voir partie III.2)

Dans le cas des ITC, la présence de surveillants de travaux MOE a permis entre autres de faire un bilan des tâches exécutées lors des opérations et leur avancement, un bilan du personnel présent et les éventuels problèmes rencontrés. A partir des rapports journaliers que je recevais de la part des surveillants travaux MOE présents pendant les ITC et des retours de l'entreprise sur ces mêmes ITC, je rédigeais et diffusais des compte-rendus des ITC à tous les acteurs du projet.

III – Les aléas de chantier et la gestion des contraintes ferroviaires

Si lors de mon stage j'ai été rapidement confrontée à des sujets concrets avant d'en comprendre les enjeux, j'adopte une approche différente dans ce rapport. Après avoir énoncé les contraintes de manière assez théorique dans les paragraphes précédents, je présente maintenant quelques cas concrets d'aléas de chantier liés au domaine ferroviaire, auxquels j'ai pris part ou auxquels j'ai assisté.

III.1) Aléas de chantier en domaine ferroviaire

Positionnement erroné des piles de la passerelle existante

Un levé géomètre de la passerelle existante au-dessus des voies ferrées avait été effectué avant le lancement du dossier de consultation des entreprises. Il recensait le positionnement de la passerelle et des piles (conservées pour la passerelle projet) et servait de base du projet dans sa totalité. En effet, l'implantation des escaliers, des rampes, et par conséquent de la mise en forme des remblais et autres aménagements paysagers dépendent de l'axe de la passerelle.

Pendant le chantier, l'entreprise a remarqué un décalage entre les côtes données dans les plans fournis au marché et la réalité. Le géomètre avait dû extrapoler des valeurs des côtes d'implantation des piles, car elles n'étaient en réalité pas aussi alignées.

Pour rétablir ce défaut d'implantation, l'entreprise a cherché à minimiser l'écart entre l'axe de la passerelle et les piles en décalant l'axe de 3cm vers l'Est. Pour le lot passerelle, il a fallu revoir les bossages d'appuis (partie proéminente d'une pile de pont ou de passerelle venant réceptionner l'appareil d'appui du tablier), qui était plus complexe que prévu initialement. Plus encore, étant donné que tout le projet est établi autour de cet axe, ce décalage de quelques centimètres a eu des conséquences sur les autres lots et leurs aménagements.

Le contrôle altimétrique de la voie de train n°6

Pour supporter les équipements et les hauteurs de remblais prévus dans le projet, les sols ont dû être renforcés pour les aménagements de part et d'autre des voies ferrées. Au Nord, des inclusions rigides verticales en béton ont été fondées avec sur un maillage de 1m x 1m.

Sur la figure 12, on voit que ces inclusions sont à proximité d'une voie SNCF (voie n°6). Comme précisé dans l'IG90033, les opérations de construction à proximité des voies ferrées doivent être suivies par un contrôle altimétrique de la géométrie de la voie 6. Il s'agit de l'opération de réalisation des inclusions rigides qui

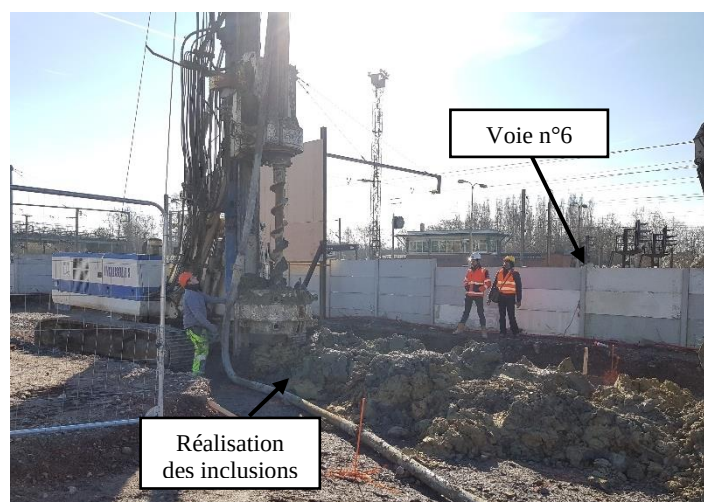


Figure 12 : Réalisation des inclusions rigides (©Mathilde Soulé)

se situent bien sous le plan P1 indiqué en figure 13³.

Ce suivi géomètre imposé par la SNCF a été effectué par l'entreprise qui a réalisé les inclusions rigides. Ce suivi devait se faire sur une voie qui nécessite une interruption temporaire de circulation.

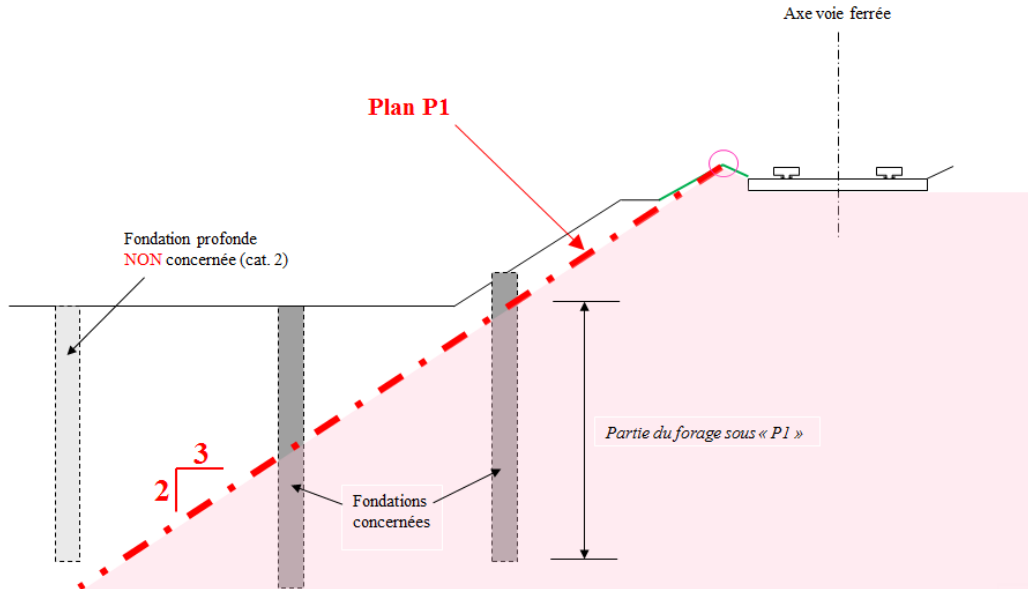


Figure 13 : Coupe de fondations profondes à proximité des voies, AREP/SNCF

Accident électrique suite à l'intrusion d'une personne sur le domaine SNCF

Malgré les obligations de mise à la terre des parties métalliques de l'ouvrage, un accident est survenu une nuit pendant mon stage. Il a été occasionné suite à l'intrusion d'un groupe de jeunes sur les voies SNCF. Une des personnes a tenté de monter sur la passerelle par l'échafaudage alors que les équipements d'accès (escaliers, rampes, ascenseur) n'étaient pas encore construits. Cependant, l'échafaudage n'était pas correctement relié à la terre et la personne a été électrocutée (accident non mortel, blessures aux mains). L'origine de cette mauvaise liaison n'a pas été identifiée à ce jour ; c'est sans doute un mauvais rétablissement de la mise à la terre suite à la dernière interruption temporaire de circulation.

Cet accident qui aurait pu être mortel rappelle que les contraintes imposées sont à intégrer très sérieusement et concernent la sécurité de tous.

³ SNCF, DGIF – Conception & Réalisation, Croquis

III.2) Les demandes auprès de la SNCF

Demandes d'ITC supplémentaires

Les dates des ITC ont été fixées deux ans avant le commencement des travaux. Ce laps de temps est nécessaire à la SNCF, qui doit organiser en interne les horaires de passage de train sur la ligne Arras-Dunkerque. La SNCF prévoit aussi les moyens humains nécessaires pour les ITC (agents caténaires, représentant sécurité, etc).

Cependant, le chantier a été retardé pour plusieurs raisons. Il y a eu du retard dans la diffusion des documents de la part des entreprises et de leurs sous-traitants dans deux lots différents (lot 2 « VRD & aménagements paysagers » et lot 3 « Ascenseur »). La maîtrise d'œuvre et le bureau de contrôle ont eu des délais très courts de validation de ces documents.

Comme il y a une forte indépendance entre les trois lots, les entreprises du lot 1 (lot passerelle) ont été impactées par ce retard dans la création de la culée Sud de la passerelle. Effectivement, pour créer la culée, l'entreprise qui s'occupe du génie civil de la passerelle avait besoin des valeurs des tassements des remblais posés par l'entreprise du lot 2. En effet, les remblais sont posés à proximité et autour de la culée, et influencent les valeurs de descentes de charges dans la culée. Ces valeurs étaient précisées dans une note de calculs diffusée en retard par le lot 2. Les délais étant incompressibles, le bureau de contrôle a émis un avis favorable avec du retard et les valeurs des tassements ont été transmises avec un peu moins d'1 mois de retard au bureau d'études du lot 1. Le même scénario s'est répété pour la diffusion de documents du lot ascenseur, indispensables à la création de la culée.

De fait, sans culée, le dernier tronçon de la passerelle n'a pas pu être posé dans les interruptions temporaires de circulation accordées initialement. Cela a donné lieu à une autre série d'échanges avec la SNCF, auxquels j'ai participé, pour demander des ITC supplémentaires moins de 3 mois avant la date désirée.

Nous avons entre autres dû justifier le fait que certaines ITC n'avaient pas été totalement travaillées par l'entreprise mais que notre demande était quand même nécessaire. Pour cela, j'ai réalisé une frise récapitulant les grandes étapes du lot passerelle pour appuyer nos propos auprès de la SNCF (cf extrait de la frise figure 14 ; en totalité en Annexe 5).

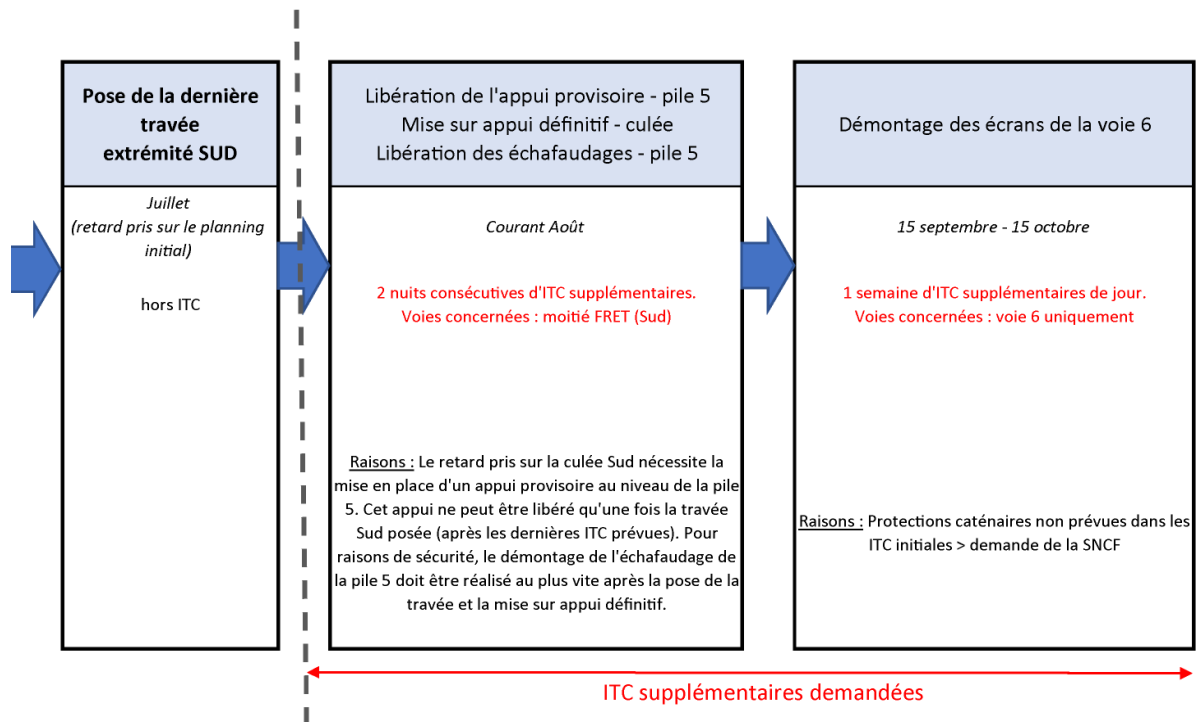


Figure 14 : Extrait de frise de demande d'ITC supplémentaires auprès de la SNCF

Demande de dérogation à l'IG90033

Dans le cadre de la démolition de la passerelle d'origine, l'entreprise a procédé au grutage :

- des travées Sud lors d'une première période d'ITC
- des travées Nord quelques semaines plus tard lors d'une nouvelle période d'ITC.

Lors du grutage des travées Sud, il a été identifié un poids existant supplémentaire lié à une surépaisseur de chape ciment sur le tablier de la passerelle. Cette surépaisseur n'avait pas été identifiée sur les documents fournis initialement et n'avait donc pas été prise en compte dans le plan de levage.

Suite au grutage des travées Sud, un relevé des poids réels soulevés par la grue a été communiqué par l'entreprise.

N° Travée ⁴	Longueur	Poids	Poids/ml – réel tel que relevé
7-8	20.20m	39t	2t/ml
6-7	22.5m	44t	2t/ml

⁴ Cf Annexe 6

5-6 – coté ouest*	19.5m	22t	1.15t/ml
5-6 – coté Est	19.5m	21t	1.1t/ml

* Les travées 4-5 et 5-6 sont les travées les plus éloignées par rapport au centre de la grue. Pour permettre leur levage tout en correspondant aux capacités de la grue, la méthodologie de dépose a été de les évacuer en deux morceaux chacune, sciées dans le sens de la longueur.

Par extrapolation des poids/ml, les poids des travées Nord sont les suivants :

N° Travée	Longueur	Poids/ml (extrapolation)	Poids	Poids prévu dans le plan de levage
2-3	21m	2t/ml	42t	47t
3-4	17.5m	2t/ml	35t	39t
4-5 – coté ouest	21.5m	1.15t/ml	24.75t	24t
4-5 – coté Est	21.5m	1,1t/ml	23.75t	24t

Ainsi, la travée 4-5 côté Ouest aurait un poids réel supérieur à celui prévu théoriquement. L'IG90033 impose une majoration de 10% sur la charge à lever. A cela s'ajoute les charges auxiliaires de levage de 5t (crochet de levage, élingues, outils divers) communes au levage de toutes les travées.

Ainsi, pour la travée 4-5 côté Ouest, la charge totale à lever est de : $24,75 \times 1,10 + 5 = 32,2 \text{ T}$

La capacité de la grue à 75% dépend du rayon de levage. Ici le rayon est le plus élevé et la capacité est donc de 31,5T. Le ratio charge/capacité est donc : $32,2/31,5 = 102\%$

Ce dépassement de 2% est à l'origine de la demande de dérogation à la SNCF, portée par la maîtrise d'œuvre. Etant donné les délais serrés, l'entreprise ne pouvait pas assurer la venue d'une plus grosse grue.

Cette dérogation résulte de l'analyse du maître d'œuvre structure sur la majoration de 10% imposée dans l'IG90033. D'après l'IG90033 cette majoration concerne plus particulièrement la pose de l'ouvrage sur le sol.

Extrait de l'IG90033 : « Des effets dynamiques se produisent lors des manutentions, par exemple à l'arrêt d'un mouvement de descente de la charge; ils peuvent ne pas être négligeables. Pour tenir compte de ces effets, un coefficient de majoration dynamique, pris égal à 1,1 en utilisation courante (2), est à appliquer au poids de la charge à lever. »

Or le point critique du levage de la travée 4-5 se fait lors de la prise en charge de la travée (rayon de 60m) et non lors du mouvement de descente de charges qui se fera à proximité de la grue, hors des emprises ferroviaires et dans un rayon inférieur à 60m. En proposant un levage

à très faible vitesse, les majorations dynamiques seraient éliminées. Le nouveau ratio de levage sera respecté par rapport à la capacité de la grue :

$$24,75 \times 1,0 + 5 = 29,75 \text{ T et } 29,75/31,5 = 94\%$$

Cette demande a été envoyée à la SNCF et a donné lieu à des discussions.

Finalement, la méthodologie de dépose a été modifiée par l'entreprise : les écrans de protection caténaires ont été enlevés en début d'ITC pour alléger la travée et l'entreprise a doté la grue de moyens supplémentaires permettant d'augmenter sa capacité.

IV – Les apports personnels et professionnels du stage

IV.1) Une première expérience longue dans le monde professionnel

Lors de mon stage précédent (Etudes et Recherches), j'avais rapidement utilisé les outils statistiques étudiés en deuxième année. Hormis pour cette utilisation bien spécifique, j'étais assez frustrée de ne pas avoir appliqué mes connaissances acquises à l'EIVP lors de mes stages. A l'inverse, avec ce stage TFE, j'ai pu me servir des méthodes de gestion des eaux pluviales que j'avais utilisées pour un projet en deuxième année, manipuler le logiciel Autocad, etc. Cependant, la quantité de vocabulaire, procédures et méthodes que j'ai dû acquérir dans mon stage TFE est importante.

La partie « terrain » est également quelque chose qui ne s'apprend pas mais requiert de l'expérience. C'était très intéressant de travailler en simultané sur des projets en phase de conception et en phase chantier. Par exemple, je me suis rendue compte qu'on ne rédige pas un cahier des clauses techniques particulières (CCTP) de la même manière selon si on a déjà fait une mission de suivi de travaux ou non. Les oublis ou les mauvaises formulations dans les CCTP peuvent avoir de grandes conséquences sur le budget ou le calendrier d'un projet lors des travaux, et j'en ai témoigné.

La durée du stage m'a permis d'acquérir de l'autonomie sur les projets cités dans ce rapport. J'ai échangé de plus en plus directement avec les autres intervenants des projets, et je suis allée à quelques réunions seule. J'ai aimé avoir des responsabilités et je suis contente d'avoir eu 6 mois de stage pour en acquérir de plus en plus. J'ai pu m'améliorer dans mes prises d'initiatives et dans ma manière de m'adresser à un professionnel autre que ceux que je côtoyais quotidiennement pendant mon stage.

IV.2) Les relations entre les différents acteurs et le rôle de la maîtrise d'œuvre

La pluridisciplinarité d'AREP

Les travaux sous forme de projets de groupe sont très courants à l'EIVP (environ 5 projets forts à minimum 4 personnes dans la scolarité). Je pense que c'est une force lorsque l'on arrive dans le monde du travail. En effet dans l'équipe VRD nous travaillons très souvent avec d'autres équipes d'AREP sur des projets communs : les ingénieurs CVC, le service structure, les architectes, les paysagistes, les économistes, etc. J'ai trouvé très enrichissant de travailler dans un grand groupe pour cette raison, où la proximité avec les autres équipes est forte, et c'est pour moi l'intelligence d'AREP. J'ai pu découvrir certaines équipes de l'entreprise comme AREP Environnement ou l'Hypercube (la cellule de recherche et appui scientifique) qui sont intervenues pendant nos réunions d'équipe VRD pour nous présenter leurs missions.

Des projets multi-acteurs

Les projets présentés dans la première partie du rapport sont le fruit d'une collaboration entre de nombreux acteurs. Les équipes internes à AREP (cf paragraphe précédent), mais aussi des partenaires extérieurs comme d'autres bureaux d'études (groupement de maîtrise d'œuvre avec le projet de Béthune ou sur le projet de la gare routière de Nice Saint-Augustin).

La maîtrise d'œuvre est également en relation très étroite avec la maîtrise d'ouvrage, qui était présente à toutes les réunions de chantier à Béthune par exemple. Avant ce stage, je n'avais pas réalisé l'importance de la relation entre la MOE et la MOA. J'ai remarqué qu'il s'agissait en fait de défendre les intérêts du client sur les sujets de respect des délais ou les sujets financiers. Nous avons dû à plusieurs reprises écouter les demandes du MOA et tâcher d'y apporter une réponse tout en bornant bien ce qui est prévu dans le contrat et ce qui ne l'est pas.

Mais les interlocuteurs sur les projets sont aussi des intervenants extérieurs. Cela est le cas de la SNCF sur le projet de la passerelle de Béthune par exemple, ou des concessionnaires.

Si le maître d'œuvre doit défendre les intérêts du client, il s'assure aussi de la bonne réalisation du projet par rapport au cahier des charges et de l'obtention de la qualité architecturale. Avec les entreprises, le maître d'œuvre a une mission de contrôle du travail effectué et des propositions de travaux supplémentaires. Il doit parfois travailler conjointement avec l'entreprise sur des solutions lorsque celle-ci rencontre un problème.

L'importance de la communication

Mais avoir des projets multi-acteurs requiert une bonne communication. En effet, il faut savoir transcrire un concept technique orienté VRD de manière accessible à tous, en adaptant son discours pour faire passer un message. Cela a été le cas sur le projet de Béthune, avec la frise de principe des phases de montage de la passerelle pour la SNCF (cf partie III.2). En phase d'études et pour le projet de la gare routière de Nice Saint Augustin, j'ai réalisé une coupe type de la dalle supérieure de la gare pour sensibiliser l'architecte sur les contraintes de réseaux et de structure, à prendre en compte dès le début de la phase d'étude.

Inversement, il faut faire preuve de curiosité et d'ouverture d'esprit pour comprendre des concepts qui ne nous sont pas familiers ou travailler dans un environnement différent (site avec contraintes spécifiques, projet innovant ou en langue étrangère, etc). J'ai expérimenté cela avec le projet de Béthune par exemple où un autre bureau d'études structure s'occupait des sujets techniques de la passerelle. En tant que maîtrise d'œuvre mandataire du groupement, nous étions les interlocuteurs premiers pour les aspects techniques et financiers y compris pour les sujets techniques de la passerelle qui demandent des connaissances fines en génie civil, que je ne possédais pas en arrivant.

Une répartition des tâches dans le cadre des projets à mieux définir

J'ai remarqué sur plusieurs projets que les répartitions des tâches manquaient souvent de clarté. Or celles-ci ont besoin d'être définies en amont le plus précisément possible. Par exemple sur le projet de Nice, le responsable des missions de gros œuvre et de soutènement devait être plus clairement identifié : partie gros œuvre ? Géotechnicien ? Si cela n'est pas fait, le chargé d'affaires ou maître d'œuvre général risque de s'en apercevoir au dernier moment et les délais de rendus de projets doivent être décalés. Pour éviter ce cas de figure, nous recevions des tableaux de limites de prestations afin de s'assurer de la bonne répartition des missions et la liste des livrables associés. Nous étions invités à alimenter ces tableaux voire à en établir, comme je l'ai fait pour le projet d'abaissement de voirie dans le technicentre sud-est européen. Cela servait de base d'échanges avec le client pour identifier les missions à effectuer.

Conclusion

Cette étude sur l'intégration des interfaces ferroviaires ne se veut pas exhaustive et est abordée du point de vue du projet d'aménagement du pôle gare de Béthune. Elle est le produit de mes constats de visu sur les contraintes imposées par le domaine ferroviaire et des mesures mises en place par les entreprises et l'ensemble des acteurs pour mener à bien ce projet, en phase travaux. J'ai ensuite mené un travail de recherche complémentaire sur l'intégration dans les phases avant-projet ainsi que sur la réglementation correspondante.

Pour appréhender l'intégration des interfaces ferroviaires dans des projets d'aménagement, la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre doivent être exhaustives dans la conception du projet et rigoureuses dans le suivi des travaux. Des pièces administratives montées par les deux maîtrises et validées au fur et à mesure par la SNCF les aident.

J'ai découvert les contraintes imposées par l'emprise ferroviaire pendant la phase de travaux, déjà commencée à mon arrivée en stage. Sur les trois lots (passerelle, VRD & aménagements paysagers, ascenseur), les sujets propres à la SNCF me paraissaient nombreux. Pourtant, j'ai peu à peu compris que la majorité de ces contraintes avait été anticipée pendant l'avant-projet. Cela est souhaitable car le moindre décalage par rapport à ce qui est prévu initialement peut entraîner des conséquences importantes en termes de délais, de moyens humains et de coûts. Travailler sur d'autres projets en phases d'études m'a permis de mieux intégrer la réflexion et la méthodologie adoptées pour gérer les contraintes d'un site.

Avec ce stage, j'ai compris que si l'ingénieur conçoit un projet et apporte des réponses techniques, il doit avoir des compétences de gestion de projet (financier, managérial,...) et une aisance dans les relations professionnelles. C'est quelque chose que j'avais observé de plus ou moins près dans mes précédents stages mais que j'ai pu réellement mettre en pratique pendant ce TFE au sein d'AREP.

Bibliographie

Documents internes

AREP / SNCF, Direction des gares d'Île de France, *Travaux en site ferroviaire - Les bases de la conception et de l'organisation*

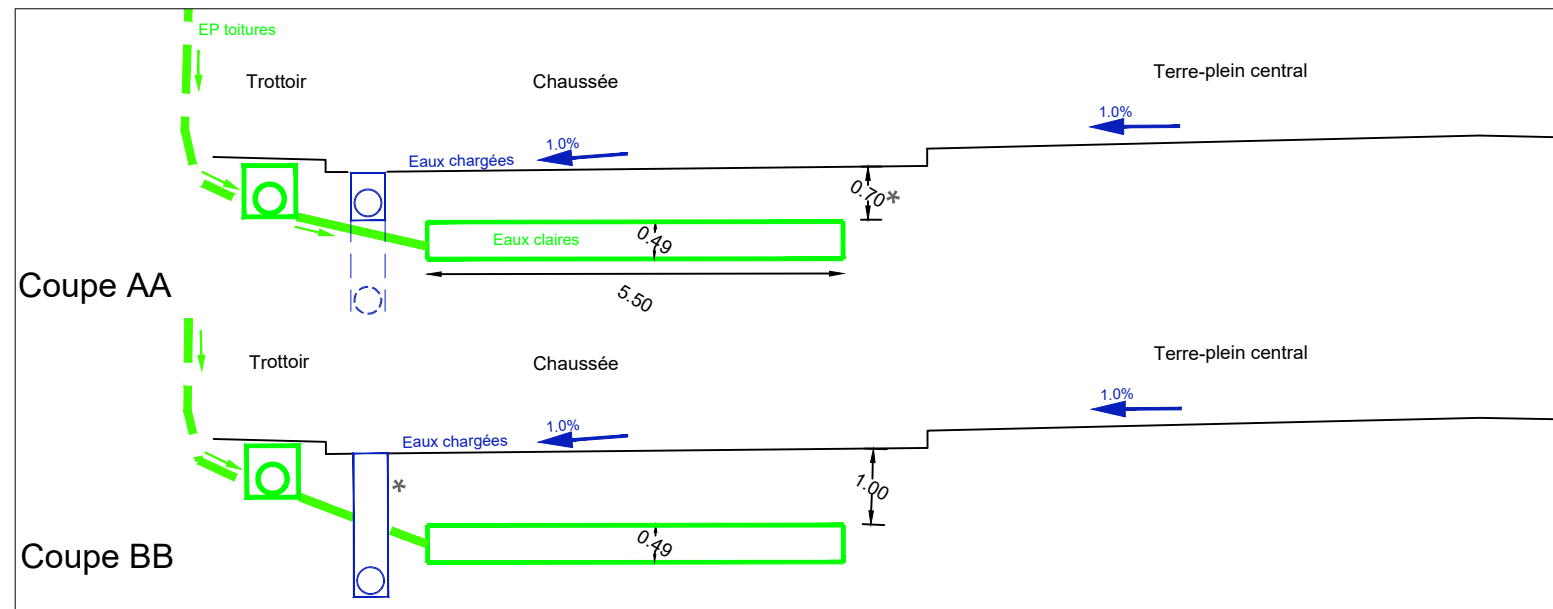
Pôle IDF pôle MOEG – expertise ferroviaire, *Sensibilisation aux risques ferroviaires lors du déplacement dans les emprises,*

AREP / SNCF Réseau, *Formation IG 90033*

Annexes

Annexe 1. Projet de Nice Saint-Augustin – Plan minute gestion des Eaux Pluviales

GARE ROUTIÈRE NSA - PRINCIPE DE GESTION DES EAUX PLUVIALES



Débit de rejet : 0,003 L/s/m² selon le règlement d'assainissement de la métropole

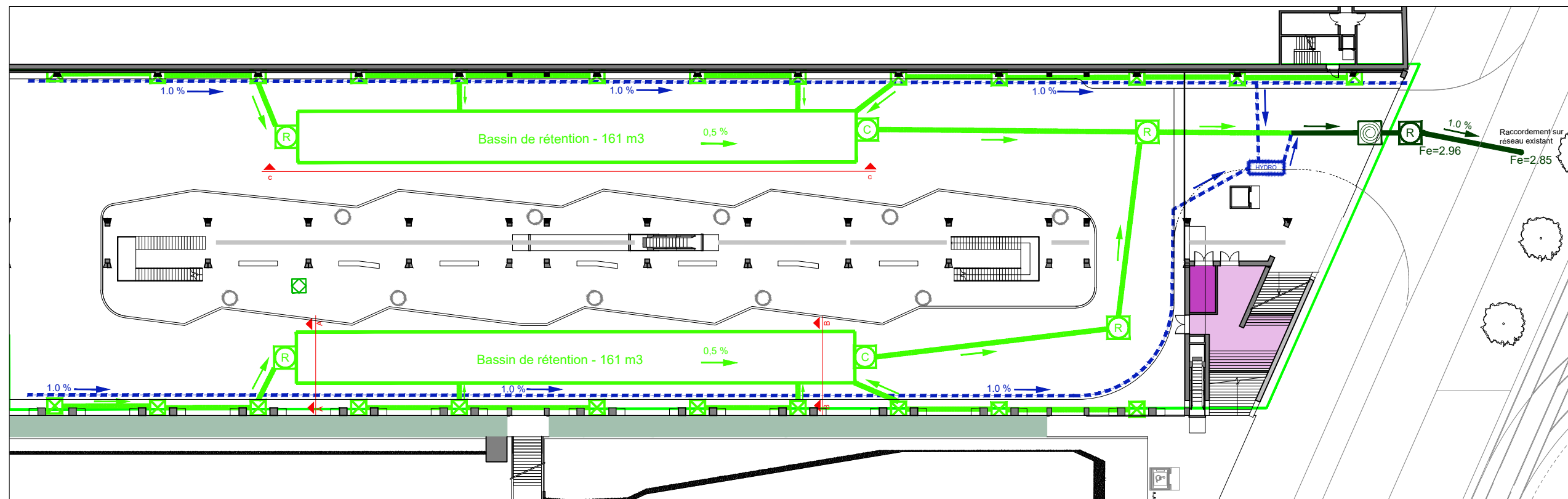
Hypothèse de dimensionnement : pluie 100 ans

Séparation des eaux claires (parvis) et chargées (chaussée) :

- Volume de pluie récoltée sur le parvis (5200 m²): 322 m³
- Volume de pluie à travers les ajouements (422 m²): 28 m³

Dimensions des bassins : 60m x 5,5m x 0,49m

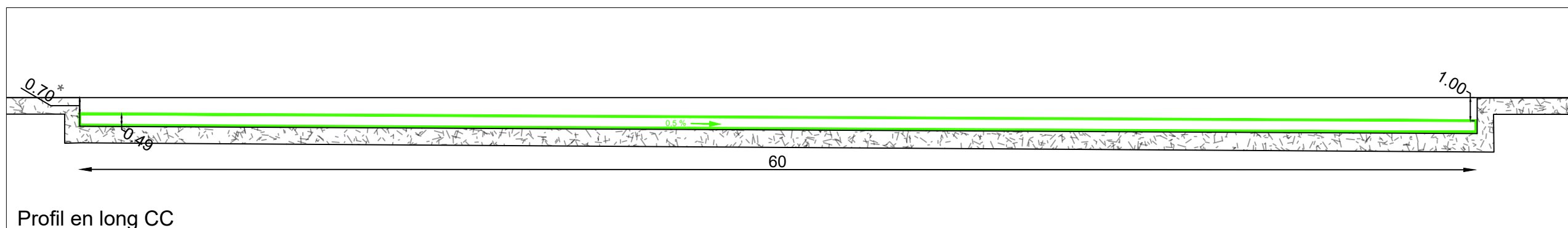
* Donné à titre indicatif, à dimensionner par le lot structure



Légende :

- | | |
|---|-------------------------------|
|  | Eaux chargées |
|  | Eaux claires |
|  | Eaux après rétention |
|  | Régulateur de débit |
|  | Regard
d'assainissement |
|  | Pompe de relevage |
|  | Séparateur à
hydrocarbures |

Echelle : 1/500



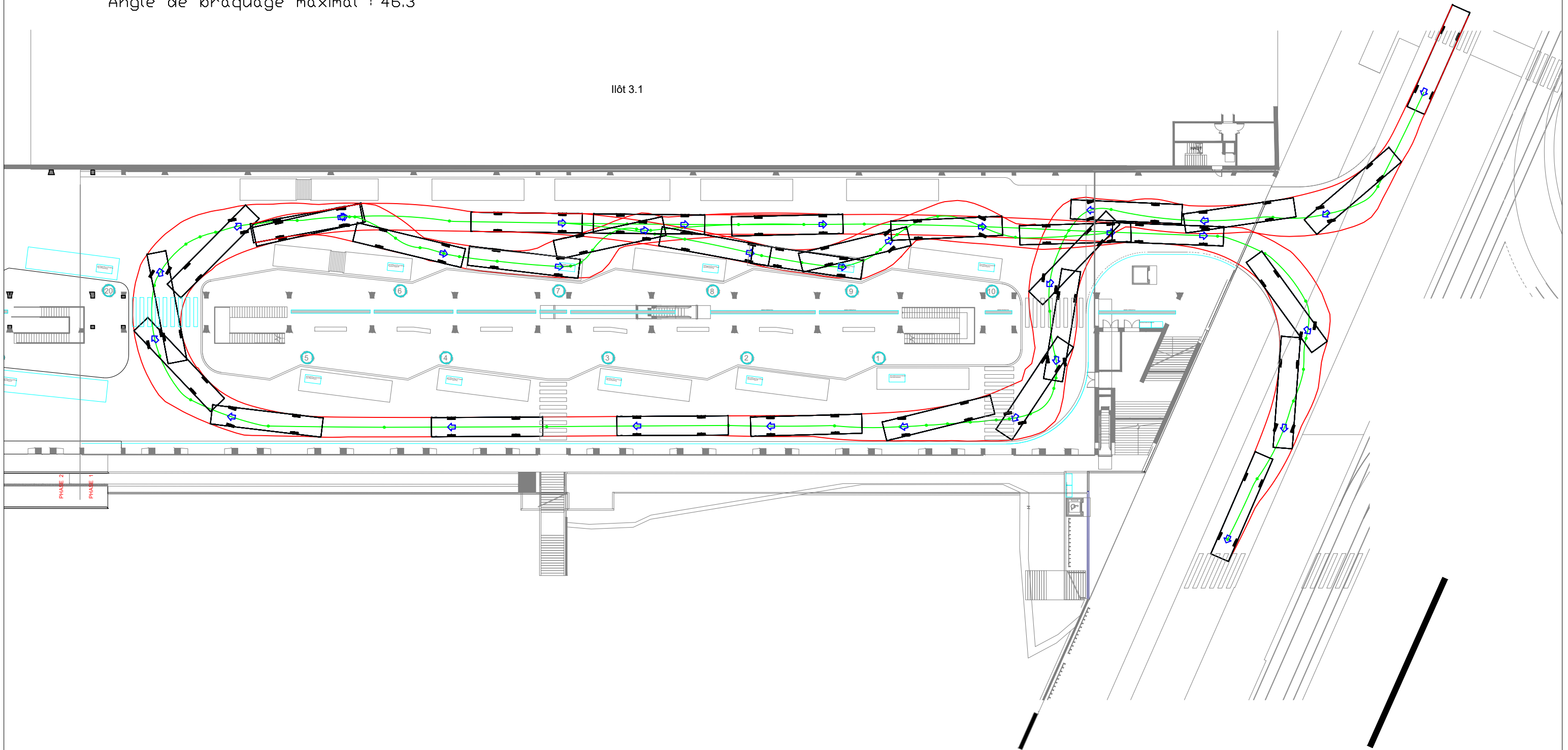
Echelle : 1/200

Date : 09/07/19

Annexe 2. Projet de Nice Saint-Augustin – Plan de girations

Véhicule :	Bus 14.50 m
Type :	Autobus
Empattement :	8.400 m
Angle de braquage maximal :	46.3 °

Ilôt 3.1



MAITRE D'OUVRAGE
SNCF Réseau



MAITRE D'OEUVRE
Gares & Connexions
AREP

PEM NICE SAINT-AUGUSTIN
APD

GIRATION BUS 14.5m - PH1
Mouvement à 5 km/h

1006061-00
Juillet 2019
Ech : 1/500

ARP
EMETTEUR

NIA
PROJET

APD
PHASE

PLN	TYPE
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

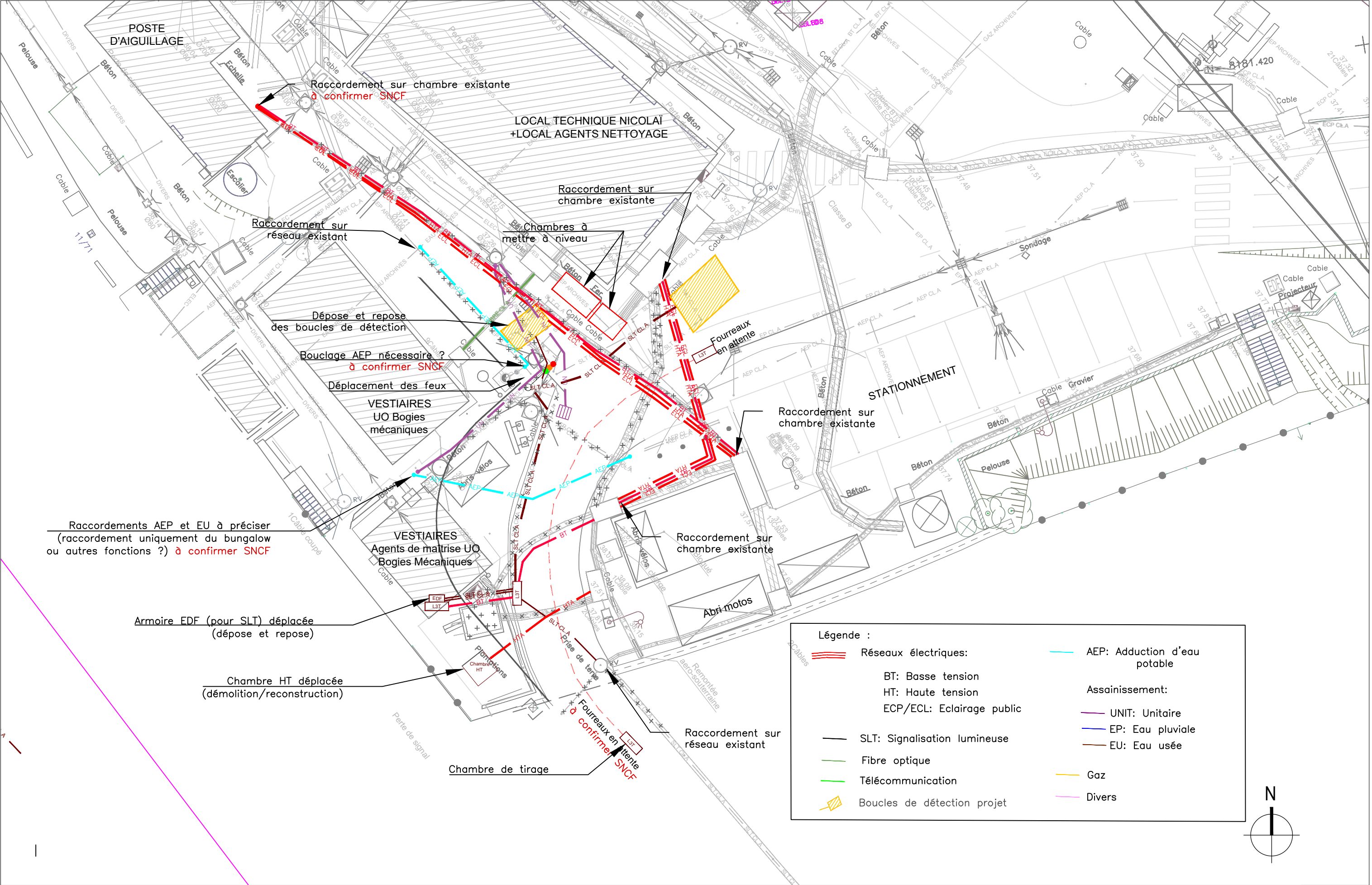
GIR
IDENTIFIANT

VRD	
LOT	

2502	
N°	II

A	
NDICE	

Annexe 3. Projet de technicentre TSEE Conflans – Plan des réseaux projetés



MAITRE D'OUVRAGE : 	MAITRE D'OEUVRE : 	Zone Conflans 320 rue de Charenton, 75012 Paris	Technicentre Sud Est Européen - Paris Conflans Abaissement de la voirie sous la petite ceinture et le bv Poniatowski Plan des réseaux et assainissement projetés	03/07/2019	ARV	AT2	APS	PLN	VRD	0205	A
				1/200	EMETTEUR	PROJET	PHASE	TYPE	LOT	N°	INDICE

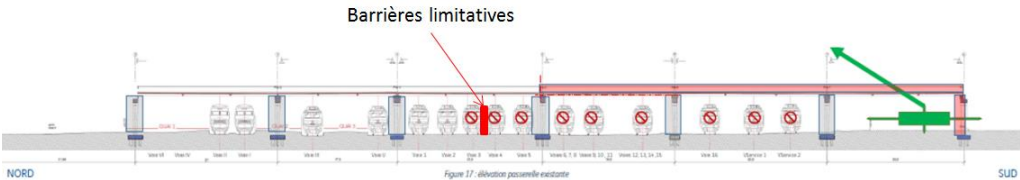
Annexe 4. Projet Béthune – Extrait d’Instruction de Sécurité Ferroviaire (ISF)

Crédits : SNCF Réseau

2.2. POSE DES TRONÇONS T4, T5 ET T6

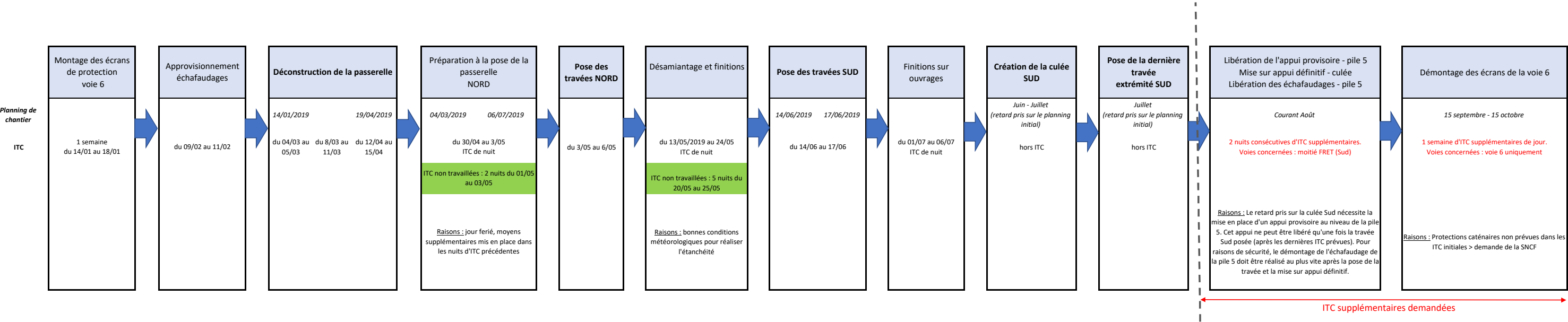
Entreprise : Berthold

En continu du Ve au Lu – du Ve 14/06 au Lu 17/06: 23h00 à 05h00

MESURES DE PROTECTION			Mesures							Suivi de remise ARF/AAN	
			ITC				Présence SNCF	Chaine	Vérifications à faire en début de phase		
PHASES D'ACTIVITÉ							Annonce				
Pose des tronçons T4, T5 et T6	Voie 3 à 16									Vérification ARF en cours/ Remise ARF	
	Impasse R										
	Impasse ME	X	X			X					
	Abri draine										
	Chantier Equipement										
Observation	Les déplacements dans les emprises ferroviaires ne peuvent se faire qu'accompagnés par RSO Travaux sous ITC et sous consignation caténaire. Une barrière à caractère limitative devra être mise en place entre les voies 3 et 4 afin de matérialiser la zone dangereuse. Au-delà de cette barrière aucun travail ne pourra être engagé. Barrières limitatives  NORD SUD Figure 17 : direction possible d'écoulement Les travaux ne pourront débuter qu'après remise de l'ARF au représentant de l'entreprise extérieure par le RSO. Les échafaudages devront être reliés à la terre En fin de chantier tous les matériaux devront être ramassés et le RSO vérifiera que le gabarit des dépôts provisoires ne soit pas engagé. Les travaux par points chauds ne pourront débuter qu'après la remise du permis de feu par le RSO.										

Annexe 5. Projet Béthune -Frise demande d'ITC supplémentaires

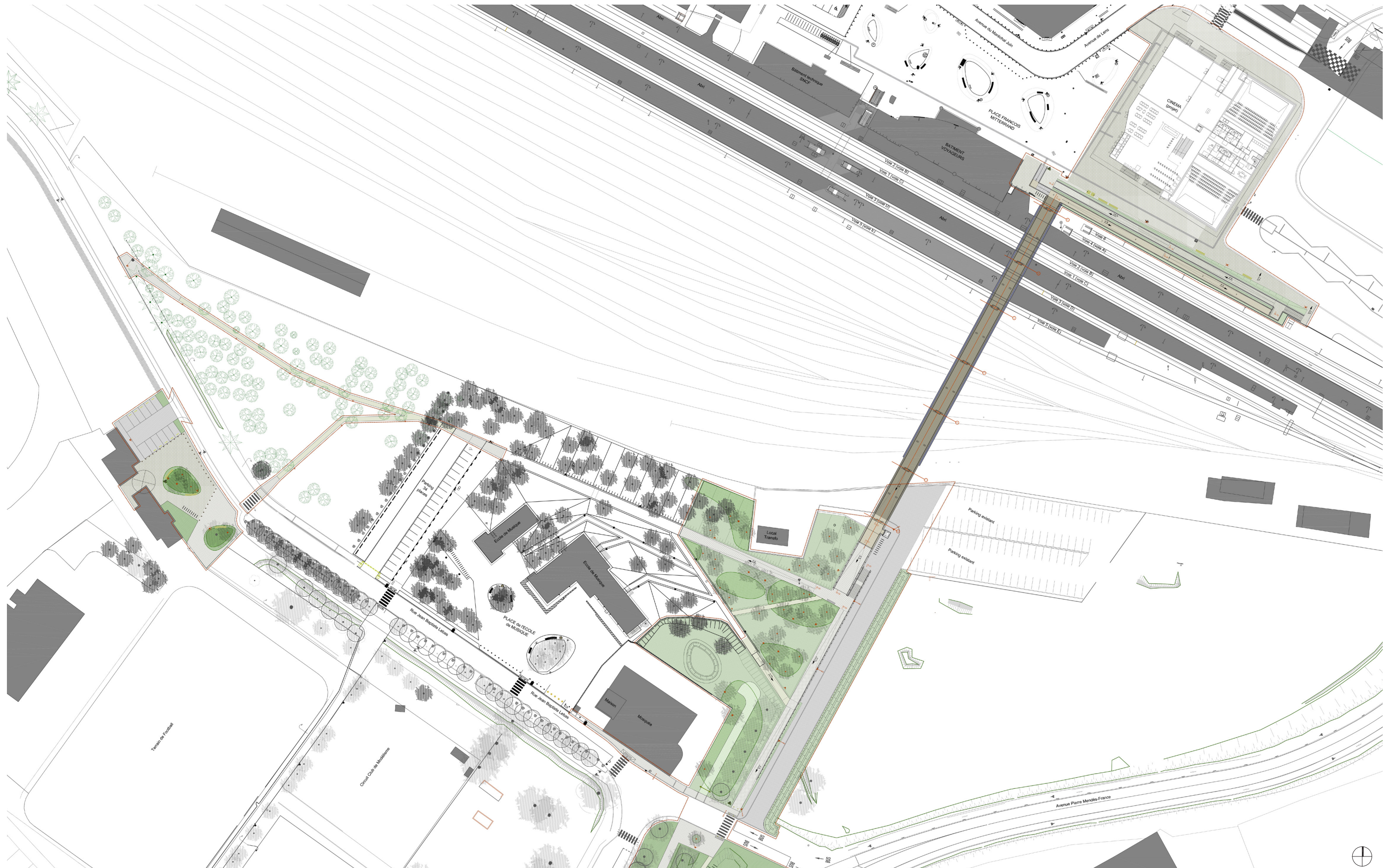
Frise récapitulative des grandes phases du chantier de la passerelle de Béthune et des ITC



Annexe 6. Projet Béthune – Plans et coupes du projet

Crédits : *AREP VILLE - ART & BUILD - TERRITOIRES - LATHERAL THINKING FACTORY*
- *MAP3*

PLAN MASSE GÉNÉRAL



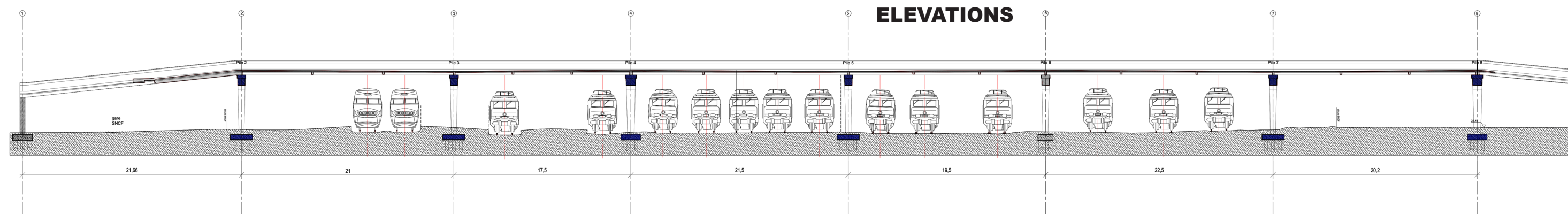
AMÉNAGEMENT DU LIEN NORD-SUD DU QUARTIER DE LA GARE DE BÉTHUNE - MISSION DE MAÎTRISE D'ŒUVRE

ARV-BET-PRO-NTE-DET-GEN-5401-B-CARNET ARCHITECTURAL

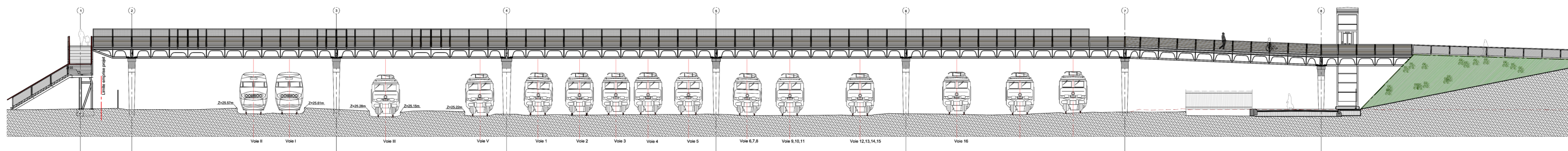
AREP VILLE - ART & BUILD - TERRITOIRES - LATHERAL THINKING FACTORY - MaP3

LA PASSERELLE - ÉTAT PROJETÉ

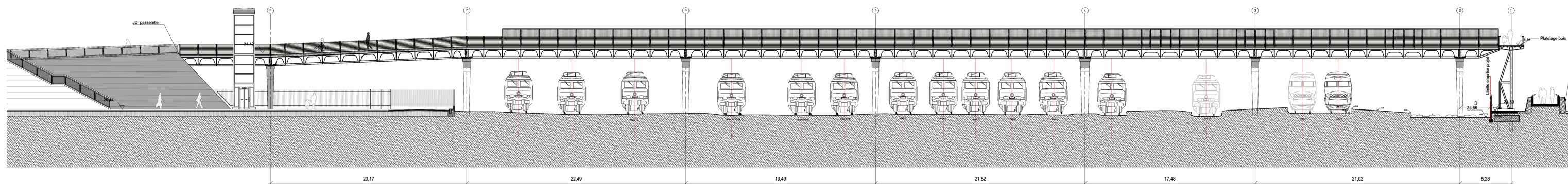




Etat existant - Coupe longitudinale AA sur l'axe de la passerelle existant - Ech: 1/200



Etat Projeté - Elévation Ouest BB - Ech: 1/200



Etat Projeté - Elévation Est CC - Ech: 1/200