République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسيس جانسون
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude en APD du système voie pour l'extension du Métro d'Alger Ain Naadja - Beraki du PK0+000 au PK6+174

Présenté par :

MIHOUBI Ibrahim Ramy
BENRABAH Aya

Encadré par :

M. KATEB Adel
M. RAMDANE Ismail

Promotion 2024/2025

© ENSTP-FJ - Garidi - Vieux Kouba

ملخص

هذا البحث يقدم دراسة تفصيلية للتصميم الأولي لمسار تمديد مترو الجزائر بين عين النعجة وبراقي من النقطة الكيلومترية 0+000 الى النقطة الكيلومترية 6+174

وقد تم تنفيذ هذه الدراسة وفقاً لمعايير الأيزو (المعايير الخاصة بسلامة المنتجات والخدمات)، ومعايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية، والمعايير الأوروبية (تطبيقات السكك الحديدية)، بالاعتماد على توصيات شركة مترو الجزائر واستخدام البرامج التالية: CIVIL 3D, AutoCad

RESUME

Ce mémoire présente une étude d'avant-projet détaillée sur la conception de la voie pour l'extension du métro d'Alger entre Ain Naadja et Beraki du PK 0+000 au PK6+174.

Cette étude a été réalisée conformément aux normes ISO (normes des produits et services surs), normes de l'Union internationale des chemins de fer (UIC) et aux normes européennes (applications ferroviaires), en s'appuyant sur les recommandations et les exigences de l'entreprise Métro d'Alger et en utilisant les logiciels suivants : CIVIL 3D, AutoCad,…

Abstract

This project presents a detailed preliminary design study of the track for the extension of the Algiers Subway between Ain Naadja and Beraki, from PK 0+000 to PK 6+174.

This study was conducted in accordance with ISO standards (product and service safety standards), the standards of the International Union of Railways (UIC), and European standards (railway applications), relying on the recommendations of the company “Métro d'Alger” and using the following software: CIVIL 3D, AutoCAD, …

REMERCIEMENTS

Avec une profonde gratitude envers Dieu, nous reconnaissons le courage
et la détermination qu'il nous a accordés pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons également nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont, d'une manière ou d'une autre, contribué à la concrétisation de ce projet de fin d'études.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à nos familles, dont le soutien indéfectible, l'amour inestimable et la patience ont constitué un pilier fondamental tout au long de ce projet. Leur présence réconfortante et leurs encouragements constants ont été essentiels à la concrétisation de cet accomplissement.

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à nos encadrants, **M. KATEB Adel** et **M. RAMADANE Ismail**, pour leur aide inestimable, leur disponibilité constante et leur suivi méticuleux.
Leur expertise et leurs précieux conseils ont été une source d'inspiration et de guidance tout au long de ce projet, contribuant grandement à sa réussite.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à toute l'équipe de **l'ENSTP,** responsables et professeurs pour leur dévouement, leurs observations constructives, leurs conseils avisés, leurs réponses éclairantes et leurs enseignements tout au long de notre parcours au sein de l'école.

Aussi, nous souhaitons reconnaître l'importante contribution de l'administration du département Infrastructures de Base dont l'accompagnement a été essentiel au succès de notre projet.

Enfin, nous adressons un remerciement tout particulier à **Mme Z. MEZAACHE**, chef de service recherche bibliographique, pour son aide précieuse dans la mise à disposition de documents. Son soutien a considérablement contribué à l'enrichissement de la qualité de notre projet.

Ibrahim & Aya

DEDICACE

Avec une immense reconnaissance, je dédie ce travail à mes chères parents et ma chère tante qui m'ont offert un amour inconditionnel, un soutien indéfectible et une source constante d'inspiration.

*À ma sœur, mes frères « **Abderrahim & Ishak** » et mes amis proches, merci d'être là quand j'en avais besoin. Je ne l'oublie pas.*

MIHOUBI Ibrahim Ramy

Aujourd'hui, je suis devenue cet endroit sûr que j'ai tant désiré, et c'est grâce à mes parents. Par leur amour, leur force et leurs sacrifices, ils m'ont offert bien plus qu'un avenir : ils ont façonné mon caractère et ma personnalité.

Papa, mon refuge et mon modèle de force, Dieu m'a bénie en me permettant de t'appeler Papa.

Maman, ton amour guérit, protège et enseigne en silence. Par ta douceur, tu m'as montré que la bienveillance est une puissance. Par ta force, tu m'as appris que l'élégance réside dans la patience et l'endurance. Tu es ma lumière, mon équilibre et mon plus grand exemple.

À mes sœurs, Douaa, Sarah et Israa, à mes amies Yasmine, Hind, Zahia, Randa et Sabrina, merci pour votre soutien indéfectible.

Enfin, à toutes celles qui cherchent leur force, elle vous trouvera toujours.

Merci à tous ceux qui ont enrichi mon chemin.

BENRABAH Aya

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE **1**

I. GENERALITES **2**

I.1 Transport ferroviaire urbain : 2

I.2 Types des infrastructures ferroviaires : 3

II. PRESENTATION DU PROJET **5**

Introduction : 5

Présentation géographique : 6

Conclusion : 6

III. GEOMETRIE DU TRACE **7**

Introduction 7

III.1 Tracé en plan : 7

III.1.1 Les conditions et les règles respectant le tracé en plan : 7

III.1.2 Les éléments de tracé en plan : 8

III.1.3 Paramètres de conception de tracé en plan : 9

III.2 Profil en long : 10

III.2.1 Les conditions et les règles respectant le profil en long : 10

III.2.2 Les éléments de profil en Long : 10

III.2.3 Paramètres de conception de profil en long : 11

III.3 Critères Tracé de Voie selon Fournisseur du Train « MRO » : 11

III.4 Vérification des paramètres de conception par rapport à notre tracé : 12

III.4.1 Listing Axe en plan et en long : 12

III.4.2 Application au projet : 14

Conclusion 15

IV. ETUDE DE GABARIT 16
Introduction : 16
IV.1 Types de gabarits : 16
IV.2 Etude de gabarit : 16
IV.2.1 Paramètres du matériel roulant : 17
IV.2.1 Entraxe et gabarit nominal d'implantation d'obstacles 20
IV.2.2 Gabarit cheminement d'évacuation et largeur de plate-forme 24

V. LES SECTIONS TYPES 26
Introduction 26
V.1 Section en tunnel NMA 26
V.2 Section de tunnel cadre 27
V.3 Section en viaduc 27
V.4 Section particulière : Plateforme d'évacuation en tunnel 27
Conclusion : 29

VI. INTERACTION RAIL-STRUCTURE 30
Introduction : 30
VI.1 Description du phénomène 30
VI.1.1 Rappel des principes de fonctionnement des longs rails soudés continus sur plate-forme courante 31
VI.1.2 Incidence de l'introduction d'un ouvrage d'art en plate-forme courante 32
VI.1.3 Paramètres qui exercent une influence sur le phénomène 33
VI.2 Comportement de la voie 34
VI.2.1 Pose de voie ballastée 34
VI.2.2 Pose de voie directe 35
VI.3 Comportement du pont 36
VI.4 Actions à considérer 37
VI.4.1 Variations uniformes de température. et rétraction dans tablier 37
VI.4.2 Freinage 38
VI.4.3 Déplacements totaux en joints. 38
VI.5 Appareil de dilatation 39
VI.5.1 Caractéristiques des types d'appareil de dilatation 39
VI.5.2 Dispositifs de dilatation choisis et gestion des mouvements : 40
VI.5.3 Pose de l'appareil de dilatation 41

VII. SYSTEME DE POSE DE LA VOIE 43
Introduction : 43
VII.1 Classification de pose de voie sans ballast : 43
VII.2 Objet de notre analyse : 43
VII.3 Présentation Comparée des Deux Types de Systèmes de Pose 44
VII.3.1 STEDEF : 44
VII.3.1 Système Bloc Indépendant Noyé en Béton (Sonneville) : 45
VII.4 Analyse multicritère : 45
VII.4.1 Critères et attribution des poids : 45
VII.4.2 Attribution des points et normalisation : 46
Conclusion : 46

VIII. SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE 47
Introduction : 47
VIII.1 Rail : 47
VIII.2 Systèmes de fixation de rail : 50
VIII.3 Traverses : 51

IX. ETUDE VIBRATIONS/BRUITS 52
Introduction : 52
IX.1 Comportement du système de pose de voie face aux vibrations et aux bruits : 54
IX.2 Mesures supplémentaires d'atténuation du bruit et des vibrations : 54
IX.2.1 Protection contre vibrations : 55
IX.2.2 Mesures de protection acoustique : 56
Conclusion : 57

X. COMPOSANTS DE LA VOIE 58
Introduction : 58
X.1 Appareils de Voie : 58
X.2 Contre Rails : 59
X.3 Appareils de dilatation : 59
X.4 Heurtoirs : 60
Conclusion : 61

XI. DRAINAGE DE LA VOIE 62
XI.1 Épuisement des eaux 62
XI.1.1 Généralités 62
XI.1.2 Calcul des apports 62
XI.1.3 Éléments de drainage longitudinal projetés 65
XI.1.4 Implantation de postes de pompage 68
XI.1.5 Dépôt et puits de pompage 69
XI.1.6 Dimensionnement et caractéristiques des équipements 69
XI.2 Assainissement des eaux 70
XI.2.1 Généralités 70
XI.2.2 Calcul des apports 70
XI.2.3 Implantation de postes de pompage 70
Conclusion : 71

XII. RAIL DE COURANT 72
XII.1 Définition 72
XII.2 Spécifications techniques 72
XII.3 Composants du système 72
XII.3.1 Eclissage 72
XII.3.2 Joint de dilatation 73
XII.3.3 Rampes 73
XII.3.4 Support isolé 74
XII.3.5 Couvercles 74
XII.3.6 Plaque de raccordement de puissance 75
XII.4 Réception des composants installés 75
XII.5 Pose d'un joint isolant colle 76

XIII. METHODOLOGIE DE MISE EN ŒUVRE 77
XIII.1 Pose de voie béton sur traverses 77
a. Approvisionnement des rails et des traverses 77
b. Préparation au montage 79
c. Montage et fixation de la voie 81
d. Préréglage de la voie et montage des équipements 82

XIII.2 Maintenance et remplacement d'éléments 84
XIII.2.1 Rails 85
XIII.2.2 Appareils de voie 85
XIII.2.3 Traverses 85
Conclusion : 86

XIV. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF 87
Devis Quantitatif : 87
Montant Total Estimé : 87
Montant Total TTC en lettres : 87

CONCLUSION 88

LISTES DES ABREVIATIONS

EMA : Entreprise Métro d'Alger

APS : Avant-projet Sommaire

APD :Avant-projet Détaillé

UIC: International Union of Railways

EN: Europeen Norms

MRO : Matériel roulant

NMA : Nouvelle Méthode Autrichienne

PK : Point Kilométrique

V : Vitesse

Vmax : Vitesse maximale

L : Longueur

L min : Longueur minimale

R : Rayon

Rmin : Rayon minimale

RP : Raccordement progressif

Lrp : longueur de raccordement progressif

LVT : Low Vibration Track

ADV : Appareil de Voie

ADD : Appareil de Dilatation de Voie

LISTES DES TABLEAUX

Tableau III-1: l'utilisation des Raccordements Progressifs 8
Tableau III-2: Calcul du paramètre **Δ**C 8
Tableau III-3: Eléments du tracé en plan (EN 13803-1) 9
Tableau III-4: Eléments de profil en long (EN 13803-1) 11
Tableau III-5: Critères Tracé de Voie selon Fournisseur du Train « MRO » 11
Tableau III-6: Listing Tracé - Axe en plan 12
Tableau III-7: Listing Tracé - profil en long 13
Tableau III-8: Obligation/Recommandation des RP 14
Tableau III-9: Longueurs des RP associées à chaque Rayon 14
Tableau III-10: Vérification de tracé en plan 15
Tableau III-11: Vérification de profil en long 15
Tableau IV-1: Tableau de gabarit dynamique du véhicule à l'intérieur de la courbe 19
Tableau IV-2: Tableau de gabarit dynamique du véhicule à l'extérieur de la courbe 20
Tableau IV-3: Entraxe et gabarit nominal d'implantation d'obstacles 23
Tableau IV-4: Gabarit cheminement d'évacuation et largeur de plate-forme 25
Tableau VI-1 : Valeurs de $\boldsymbol{u0}$ et de $\boldsymbol{kpl}$ pour une voie ballastée 35
Tableau VI-2 : Valeurs de $\boldsymbol{u0}$ et de $\boldsymbol{kpl}$ pour une voie non ballastée 35
Tableau VI-3: Déplacements des joints 37
Tableau VII-1: Avantages/Inconvénients du système de pose STEDEF 44
Tableau VII-2:Avantages/Inconvénients du système de pose LVT 45
Tableau VII-3: Critères et coefficients de pondérations pour l'analyse multicritère 45
Tableau VII-4: Ponctuation pour l'analyse multicritère 46
Tableau VII-5: Ponctuation normalisée selon poids attribués 46
Tableau VIII-1: Prévision de trafic 47
Tableau VIII-2: Caractéristiques des degrés des aciers utilisés pour les rails selon EN 13674-1 48
Tableau VIII-3: Caractéristiques du Rail UIC60 E1 49
Tableau VIII-4: Identification du système d'attache NABLA 50
Tableau IX-1: Classement de la pose de voie en considérant les atténuations requises 54
Tableau X-1: Caractéristiques des ADV 58
Tableau X-2:Table des caractéristiques des différents types de heurtoirs de friction 60
Tableau X-3: Emplacement des composants sur le linéaire 61
Tableau XI-1: Capacité maximale des conduites PVCØ75 65
Tableau XI-2: Capacité maximale des conduites PVCØ110 66
Tableau XI-3: Capacités maximales des conduites PVCØ315 67
Tableau XI-4: Profondeur postes d'assainissement 71
Tableau XII-1 : Propriétés mécaniques des éclisses 73
Tableau XII-2 : Propriétés mécaniques des Huckbolts 73
Tableau XII-3 : les éléments essentiels du système de connexion des câbles de puissance et des points d'ancrage du troisième rail. 75
Tableau XIII-1 : Tableau de combinaison des butées isolantes Nabla RNTC 81

LISTES DES FIGURES

Figure I.I-1: Travaux sondages pour le Métro à Alger en 1932 3
Figure II-1: Emplacement des extensions du métro d'Alger 5
Figure II-2: Géographie du site objet de la présente étude 6
Figure III-1:Eléments de tracé en plan 8
Figure III-2: Eléments de profil en long 10
Figure IV-1: Material roulant CAF S/8000 17
Figure IV-2: Coupe longitudinale du MRO 17
Figure IV-3: Modèle de Gabarit dynamique pour véhicule type en alignement droit 18
Figure IV-4: Points déterminants le GNO en alignement 21
Figure IV-5: différents types de gabarits 22
Figure V-1 : Schéma de situation d'un puits de ventilation 28
Figure VI-1 : Forme typique du flambement 30
Figure VI-2 : Principe de fonctionnement d'un long rail soudé (LRS) sous effets thermique 31
Figure VI-3 : Élément de rail de longueur dx 31
Figure VI-4 : Distribution de l'effort normal et du déplacement longitudinal dans le rail dans le cas d'un comportement plastique de la connexion 32
Figure VI-5: Exemple de courbe de contraintes dans le rail dues à la variation de température du tablier 32
Figure VI-6 : Longueur dilatable 33
Figure VI-7: Résistance longitudinale de voie en fonction du déplacement longitudinal 34
Figure VI-8 : Résistance k de la voie par unité de longueur en fonction du déplacement longitudinal u des rails 35
Figure VI-9 : Principaux schémas fonctionnels simples 36
Figure VI-10 : Les vérins qui contrôlent la dilation de viaduc 38
Figure VI-11 : Coupons provisoires de 13 m 41
Figure VI-12 : la dalle flottante et l'implantation des joints de dilatation 42
Figure VII-1: Classification des systèmes de voie 43
Figure VII-2: Système de pose STEDEF 44
Figure VII-3: Système de pose Sonneville (LVT) 45
Figure VIII-1: Système de pose STEDEF 47
Figure VIII-2: Indications sur l'utilisation des nuances des rails selon UIC 721 48
Figure VIII-3: Schéma transversale du Rail UIC60 E1 49
Figure VIII-4: Détails de l'attache NABLA 50
Figure VIII-5:Détails d'un bloc dela traverse bi-bloc du système "STEDEF" 51
Figure IX-1: Usure ondulatoire 53
Figure IX-2: Système de pose STEDEF 54
Figure IX-3: Zone sortie en surface - atténuations spécial - 55
Figure IX-4: écrans anti-bruit en méthacrylate 57
Figure X-1: Schéma Appareil de Voie 58

Figure X-2:Schéma du contre-rail type 33C1 59
Figure X-3: image heurtoir sur rail 60
Figure X-4: Schéma emplacement des composants de la voie sur le linéaire 61
Figure XI-1: Drainage longitudinale 65
Figure XI-2: Fossé latérale en viaduc 68
Figure XI-3 : Schéma Pompage des Eaux 69
Figure XII-1 : Localisation des JIC à réaliser dans le cœur de croisement 76
Figure XIII-1 : approvisionnement des rails 77
Figure XIII-2 : approvisionnement des traverses 78
Figure XIII-3 : : Positionnement du rail et stockage des blochets 79
Figure XIII-4 : Elévation et collocation du rail sur les blochets 79
Figure XIII-5 : Élévation de la voie jusqu'au niveau défini au moyen d'un portique 80
Figure XIII-6 : Ajustement du rail 80
Figure XIII-7 : Protection des éléments de la voie 81
Figure XIII-8 : Préréglage de la voie 82
Figure XIII-9 : Épaisseur minimal de béton en dessous les blochets 83
Figure XIII-10 : Travaux de déversement et vibration du béton 83
Figure XIII-11: Limite de coulage du béton 84
Figure XIII-12 : Remplacement du blochet de la voie 86

INTRODUCTION GENERALE

Le métro d'Alger constitue une infrastructure essentielle pour la capitale, répondant aux défis posés par l'urbanisation croissante et la densité du trafic routier. Son développement s'inscrit dans une stratégie globale visant à améliorer la mobilité urbaine et à offrir une alternative efficace aux modes de transport traditionnels. Depuis son inauguration, le réseau n'a cessé de s'étendre afin d'assurer une meilleure connectivité entre les différents quartiers et les pôles économiques de la ville.

L'expansion du métro vise à fluidifier les déplacements et à renforcer l'intégration du réseau avec les autres systèmes de transport, notamment les bus et les tramways. Parmi les projets structurants figure l'extension vers **Ain Naadja – Baraki**, un axe stratégique permettant de désenclaver certaines zones périphériques tout en optimisant la capacité de transport.

Ce Projet de Fin d'études présente un Avant-projet détaillé du sous-système voie pour l'extension Ain Naadja- Beraki sur 6,2Km.

Ce travail se compose de 14 chapitres :

Chapitre I : Présenter des généralités sur le ferroviaire urbain

Chapitre II : Présentation générale du projet, en montrant le Travail Génie civil et la géographie du site.

Chapitre III et IV et V : Etude géométrique détaillée du tracé selon les normes et le matériel roulant définissant les gabarits ainsi une présentation des coupes types employées comme des sections transversales.

Chapitre VI : Anticipe l'étude de l'interaction Rail-Structure et mis en place d'une solution pour le problème de la dilatation dans le viaduc.

Chapitre VII et VIII : Choix d'un système de pose pour la voie et définition de la superstructure.

Chapitre IX : Etude des vibrations/Bruits et résolution du problème de l'insertion urbaine.

Chapitre X : définition et choix des composants de la voie.1

Chapitre XI : Définition du drainage longitudinale et verticale pour le tracé.

Chapitre XII et XIII : Présentation du Rail de courant ainsi la méthodologie de la pose de la voie.

Chapitre XIV : Résume du quantitatif du projet et une estimation financière.

Ce mémoire s'appuie sur l'utilisation les logiciels spécialisés, Civil 3D et Autocad.

Nous concluons notre travail en soulignant les connaissances, les compétences et l'expérience acquises au cours de ce projet, qui seront précieuses au début de notre parcours professionnel.

I. GENERALITES

I.1 Transport ferroviaire urbain :

L'histoire du transport ferroviaire urbain remonte au XIXe siècle, avec l'émergence des premiers tramways tirés par des chevaux dans les grandes villes comme Paris et New York. L'arrivée de l'électricité à la fin du XIXe siècle a révolutionné ce mode de transport, permettant le développement des tramways électriques, plus rapides et efficaces. Au fil du temps, les villes ont adopté différents types de réseaux ferroviaires urbains pour répondre à la demande croissante : le métro (souterrain ou aérien), idéal pour les zones très densément peuplées; le tramway moderne, qui circule en surface et s'intègre mieux au paysage urbain; et le RER ou train de banlieue, reliant les centres-villes aux périphéries.

Histoire métro :

En 1981, le Comité des métropolitains de l'Union internationale des transports publics (UITP) définit « le chemin de fer métropolitain » comme « Un chemin de fer conçu pour constituer un réseau permettant le transport d'un grand nombre de voyageurs à l'intérieur d'une zone urbaine au moyen de véhicules sur rails avec contrôle externe, dans un espace totalement ou partiellement en tunnel et entièrement réservé à cet usage ». Une définition ultérieure indique que « les chemins de fer métropolitains sont des systèmes de transports urbains et électriques à haute capacité et haute fréquence de service. Les métros sont totalement indépendants des autres trafics, de la route ou des piétons. Ils sont par conséquent conçus pour des opérations en tunnel, viaducs ou sur niveau de surface, mais avec séparation physique »

Le mot métro est l'apocope de métropolitain, pour « chemin de fer métropolitain ». Dans différentes parties du monde, les systèmes de métro peuvent également porter différents noms, même si le terme « métro » est repris et adapté dans de nombreuses langues.

- **Métro dans le monde :**

Le premier réseau de métro au monde a été inauguré à Londres en 1863. Il fonctionnait à la vapeur et circulait dans des tranchées. Ce n'est qu'à partir des années 1890 que les premiers réseaux électriques ont vu le jour, marquant une révolution dans le transport urbain. Depuis, les métros se sont développés dans de nombreuses grandes villes, chaque réseau portant l'empreinte de son époque et de sa culture. Des villes comme Paris, New York, Tokyo et Moscou ont construit des systèmes de métro emblématiques, devenus essentiels pour la vie urbaine.

Symbole de modernité urbaine, le métro reste un pilier des transports en commun, évoluant vers des solutions plus rapides, écologiques et intelligentes.

❖ **Métro en Algérie :**

En Algérie, l'idée d'un métro à Alger remonte à l'époque coloniale, avec des projets étudiés dès 1929-1930. Cependant, ces projets ont été retardés par des crises économiques et politiques. Après l'indépendance, l'idée a été relancée dans les années 1960, mais ce n'est qu'en 1984 que l'Entreprise du Métro d'Alger (EMA) a été créée pour concrétiser le projet. Les travaux ont été ralentis par des défis financiers et sécuritaires dans les années 1990. Finalement, le métro d'Alger a été inauguré en 2011, avec une première ligne reliant Haï El Badr à Tafourah-Grande Poste. Depuis, des extensions ont été ajoutées pour répondre aux besoins croissants de transport collectif.



Figure I.I-1: Travaux sondages pour le Métro à Alger en 1932

I.2 Types des infrastructures ferroviaires :

Fondement de tout système ferroviaire, la voie ferrée constitue le support des trains. Elle est généralement composée de rails, de joints de rail , de traverses, de fixations, etc. On parle aussi de voies ferrées. On distingue généralement les voies ballastées et les voies non ballastées. Il existe de nombreuses différences entre les voies ballastées et non ballastées, notamment en termes de composition , de construction, d'entretien, de coût, etc.

Voie ballastée :

La voie ballastée est un type de voie ferrée traditionnelle. Elle est généralement composée de rails en acier, de traverses, d'attaches et d'un lit de ballast . Théoriquement, la voie ballastée est à l'origine du développement des voies ferrées. En 1865, la structure de base de la voie moderne a été achevée. Généralement, du ballast est posé sous les traverses pour réduire les contraintes au sol. Une couche de gravier est ensuite déposée entre le sol et les traverses pour former le lit de la voie. Ce lit de ballast améliore la flexibilité et le drainage de la voie ferrée. La voie ballastée facilite également la réparation. La voie traditionnelle dont le lit est constitué de ballast est également appelée voie ordinaire et souvent appelée voie ballastée.

❖ **Avantages** :

- Nécessite un faible coût d'investissement.
- Généralement facile à poser.
- Présente de bonnes performances de drainage.

❖ **Inconvénients :**

- Le train circule avec un bruit de cognement et une faible vitesse, de sorte que les passagers peuvent se sentir mal à l'aise.
- Faciles à déformer.
- Le lit ballasté nécessite un entretien fréquent et coûteux.
- La vitesse des trains est limitée sur la voie ballastée.
- Faible espérance de vie (environ 15 à 20 ans).
- Produisent davantage de pollution en libérant la poussière du ballast.
- Niveau sonore plus élevé que les voies non ballastées.

Il est donc nécessaire de prendre des mesures efficaces de réduction du bruit.

Voie non ballastée :

La voie ferrée non ballastée, également appelée voie sans ballast, est une voie ferrée dont le lit est composé de béton et de mélange bitumineux. Généralement, elle est composée de rails en acier, d'attaches et d'une dalle. La traverse est formée par coulage de béton. Au lieu du lit de ballast, des rails en acier et des traverses sont posés sur la voie en béton. La voie ferrée non ballastée est incontestablement la technologie ferroviaire la plus avancée au monde. La voie sur dalle est l'un des types de structure de voie ferrée non ballastée les plus importants.

❖ **Avantages**

- Nécessitent moins d'entretien et permettent de réduire les coûts.
- Peuvent réduire la poussière et embellir l'environnement.
- Offrent d'excellentes performances de conduite et une excellente stabilité.
- Longue durabilité et une longue durée de vie (environ **50 à 60 ans)** .
- Permettent aux trains de circuler à grande vitesse et permettent aux passagers de se sentir à l'aise.

❖ **Inconvénients**

- Nécessitent un coût d'investissement plus élevé que les voies ballastées.
- Ne peuvent pas être posées dans certaines zones telles que les coupes profondes d'argile, les chemins de terre meubles et les zones sismiques.
- L'inconvénient le plus grave des voies non ballastées est que les possibilités d'amélioration sont limitées.

II. PRESENTATION DU PROJET

Introduction :

L'agglomération Algéroise bénéficie déjà d'une première ligne de métro orientée du Nord-Ouest vers le Sud-Est sur une longueur d'environ 8,5 km entre les stations terminus Haï El Badr et Tafourah Grande Poste. Elle dessert 9 stations souterraines à quais latéraux et 1 station aérienne à 3 voies et 2 quais centraux. Soit 10 stations le long de la ligne qui a été étendue par trois autres extensions d'une longueur totale de 9,4 km :

 Extension A : Tafourah Grande-Poste - Place des Martyrs, d'une longueur de 1,7 km, comportera 2 stations.

 Extension B : Haï El Badr - El Harrach, d'une longueur de 3,9 km, comportera 4 stations.

 Extension C : Haï El Badr - Ain Naadja, d'une longueur de 3,7 km, comportera 2 stations.

La satisfaction de la demande de transport est l'une des principales préoccupations sociales et économiques de la ville d'Alger. En raison de la forte demande de transport existante, le ministère des Transports a décidé de lancer un appel d'offres pour la réalisation de l'Etude Préliminaire, Avant-Projet Sommaire (APS) et Avant-Projet Détaillé (APD) d'autres extensions . Actuellement 4 lots sont prévus pour renforcer le réseau , dont deux sont en phase de réalisation .

 Lot 1 : El Harrach Centre – Bab Ezzouar, d'une longueur de 9,5 km, avec 9 stations.

 Lot 2 : Ain Naadja – Baraki, d'une longueur de 6,2 km, avec 6 stations.

 Lot 3 : Place des Martyrs – Bab El Oued – Chevalley, d'une longueur de 9,5 km, avec 8 stations.

 Lot 4 : Chevalley – Dely Brahim – Ouled Fayet – Draria, d'une longueur de 16,5 km, avec 16 stations.

La figure suivante montre l'emplacement de ces extensions dont le Lot 2 est l'objet de cette étude.

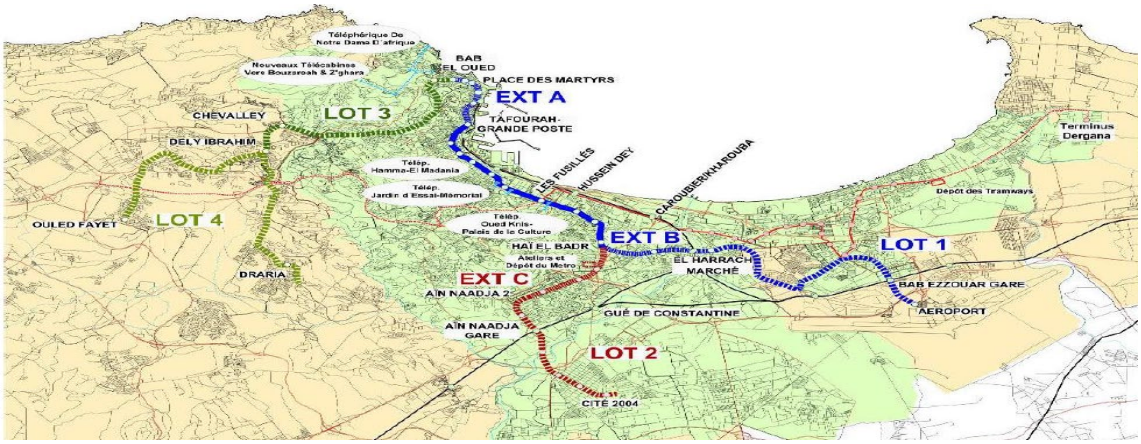


Figure II-1: Emplacement des extensions du métro d'Alger

Présentation géographique :

Le tracé étudié relie les pôles urbains d'Ain Naadja et de Baraki, traversant trois zones distinctes en termes de morphologie territoriale :

1. Secteur urbain d'Ain Naadja : La ligne est entièrement souterraine, réalisée au moyen d'un tunnel NMA (Nouvelle Méthode Autrichienne), une technique de creusement qui repose sur l'auto stabilisation du terrain et l'application de soutènements progressifs.

2. Zone interurbaine – plaine d'Oued El Harrach : La ligne est sur viaduc, une structure surélevée permettant de franchir des obstacles naturels ou urbains tout en minimisant l'impact sur le sol.

3. Secteur urbain de Baraki : Principalement souterrain, utilisant un tunnel cadre, une structure préfabriquée en béton armé. Toutefois, certaines sections nécessitent l'emploi de tunnels NMA en raison de la densité des constructions en surface.

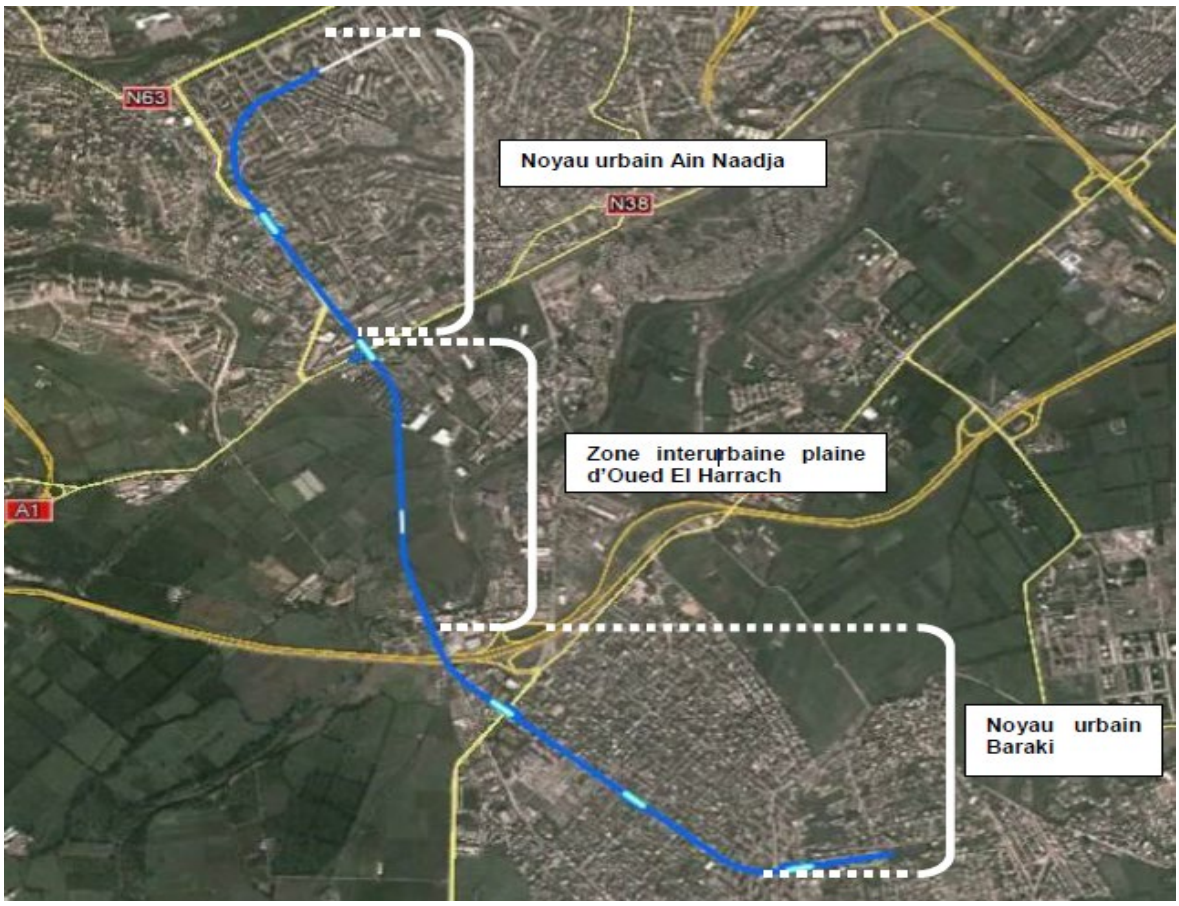
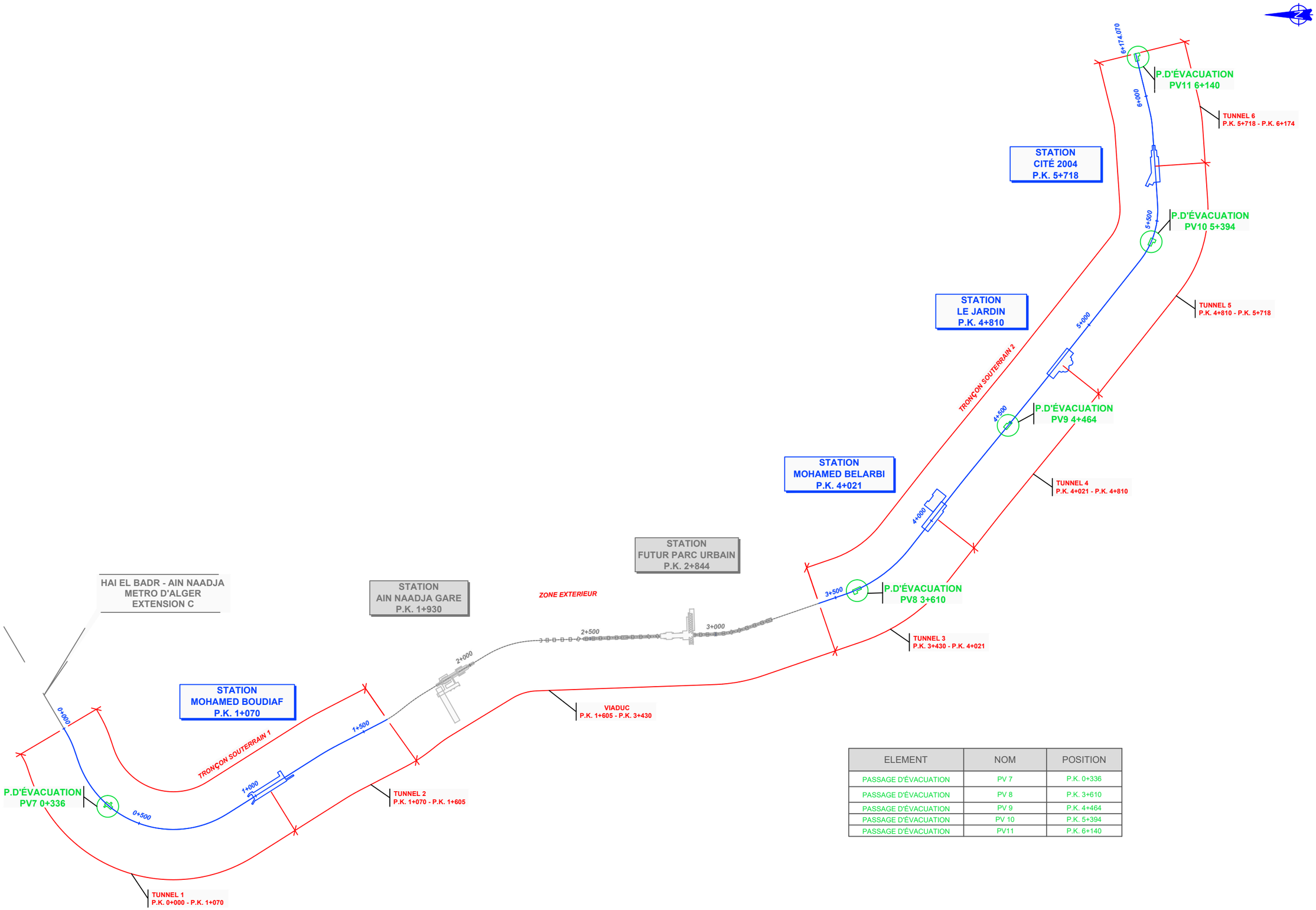


Figure II-2: Géographie du site objet de la présente étude .

Conclusion :

En résumé le projet de l'extension du métro d'Alger : Ain Naadja-Beraki étudié dans ce mémoire représente une avancée significative pour l'infrastructure urbaine et l'amélioration de la mobilité régionale.



ELEMENT	NOM	POSITION
PASSAGE D'ÉVACUATION	PV 7	P.K. 0+336
PASSAGE D'ÉVACUATION	PV 8	P.K. 3+610
PASSAGE D'ÉVACUATION	PV 9	P.K. 4+464
PASSAGE D'ÉVACUATION	PV 10	P.K. 5+394
PASSAGE D'ÉVACUATION	PV11	P.K. 6+140

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
École Nationale Superieur Des Travaux Publics
Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude en APD du système voie pour l'extension du Métro d'Alger: Ain naadja-Beraki	MIHOUBI BENRABAH	RAMDANE Ismail KATEB Adel	1/7500	1	2024 / 2025

III. GEOMETRIE DU TRACE

Introduction

Le but de l'étude géométrique du tracé de la voie est pour obtenir un roulement parfait et sécurisé des véhicules, il est donc indispensable de rechercher la meilleure forme géométrique à donner à la surface de roulement de la voie et du tracé adopté pour cette surface.

Ce tracé présente des caractéristiques géométriques qui se mesurent sur deux plans :

- sur un plan horizontal, la ligne est définie par son « **tracé en plan** ».
- sur un plan vertical, la ligne est définie par son « **profil en long** ».

Les paramètres géométriques sont déduits à partir des standards EN et des pratiques de l'EMA et seront conditionnés par une limitation de valeurs afin de respecter les exigences de sécurité.

III.1 Tracé en plan :

Le tracé en plan pour une voie ferrée correspond à la projection de l'axe de la voie sur un plan horizontal. Il est constitué d'une succession de lignes droites et de courbes raccordées, permettant de définir le cheminement de la voie.

Le principe est de choisir au maximum des alignements droits et de fixer des valeurs limites admissibles de confort et de sécurité pour les courbes de raccordements et les courbes circulaires (pour éviter le déraillement des trains ou le dérapage de la voie c-à-dire son déplacement latéral).

III.1.1 Les conditions et les règles respectant le tracé en plan :

La géométrie du trace en plan d'une voie ferrée est bordée par certaines contraintes physiques et technologiques :

- Le confort des voyageurs et la stabilité des véhicules.
- La capacite de réaliser certain nombre de formes géométrique en génie civil et a les maintenir dans le temps.
- La complexité de l'entretien.

Et par des règles de conception :

- Eviter Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes.
- Utiliser des raccords progressifs entre les alignements droits et les courbes pour une meilleure transition.
- Respecter les Normes (EN) et les exigences de l'EMA.
- Essayer d'utiliser le maximum d'alignement.

III.1.2 Les éléments de tracé en plan :

L'axe de tracé en plan dessine la trajectoire de la ligne vue du dessus. Il se composera de la succession des **alignements droits** et des **courbes circulaires**, qu'il faut raccorder entre eux par des **courbes de raccordement progressif**.

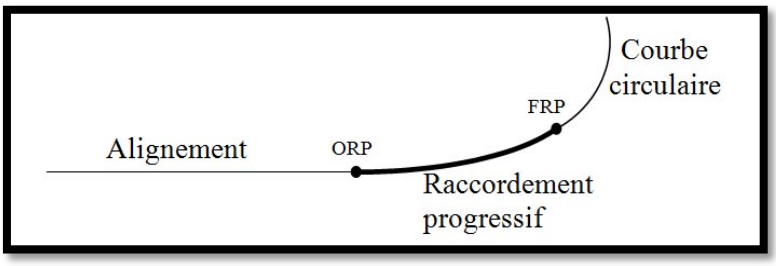


Figure III-1:Eléments de tracé en plan

- **Alignements** :

Ce sont les segments droits. Ils permettent une circulation stable des trains et sont conçus pour minimiser les coûts de construction. Leur longueur doit être aussi importante que possible.

- **Courbes circulaires :**

Ce sont des arcs de cercle utilisés pour relier deux alignements droits. Pour cela Le **rayon de courbure** est un élément clé dans le tracé ferroviaire, particulièrement dans les virages.

- **Raccordements progressifs :**

Ce sont des courbes de transition (les clothoïdes sont les plus utilisés), qui permettent une variation progressive de la courbure entre un alignement droit et une courbe circulaire. Elles réduisent les forces dynamiques sur les rails et les trains, améliorant ainsi le confort et la sécurité.

L'utilisation des RP est conditionné par l'inégalité suivante:

Tableau III-1: l'utilisation des Raccordements Progressifs

L'inégalité	L'installation des PR
$\Delta C > \frac{2000}{Vmax^2}$	**Recommandée**
$\Delta C > \frac{9000}{Vmax^2}$	**Obligatoire** lorsque V≤ 100 Km/h

Tableau III-2: Calcul du paramètre ΔC

Géométrie	ΔC
Alignement-Courbe	1000/R
Deux courbes de même sens avec R1≠R2	1000/R1 - 1000/R2
Une courbe et contre courbe	1000/R1 + 1000/R2

Si un **RP** est obligatoire/recommandé, sa longueur « **Lrp** » doit être calculée en utilisant cette formule :

$$Lrp = \frac{V^3}{C\ x\ R}$$

Avec :

- **V** : Vitesse (m/s)
- **C** : Constante qui dépend de la géométrie choisie (pour les voies ferrées, elle est souvent d'environ 0,6)
- **R** : Rayon en (m)

III.1.3 Paramètres de conception de tracé en plan :

Ces paramètres sont essentiels pour concevoir un système de voie garantissant la sécurité et le confort des voyageurs. Ils sont déterminés conformément à la norme EN 13803-1, qui établit des critères géométriques précis pour le tracé des voies ferrées.

Avec une vitesse maximale de circulation de **70 Km/h :**

Tableau III-3: Eléments du tracé en plan (EN 13803-1)

		Dmax (mm)	Imax (mm)	Emax (mm)	(dD/ds) max (mm/m)	(Dd/dt) max (mm/s)	(dI/dt) max (mm/s)	Rmin (m)	Lmin (m)
Formule	Normal	/	/	/	/	/	/	$\frac{11{,}8\ x\ Vmax^2}{Dmax + Imax}$	$Vmax/_2$
	Exceptionnelle	/	/	/	/	/	/	$\frac{11{,}8\ x\ Vmax^2}{Dmax + Imax}$	$Vmax/_3$
Valeur	Normal	160	130	110	2,25	75	100	200	35
	Exceptionnelle	180	183	/	2,5	95	/	160	25

Avec :

- **D max :** Le dévers pratique maximal.
- **I max** : L'insuffisance de dévers admissibles.
- **E max** : L'excès de devers admissible.
- **R min** : Le rayon minimum.
- **L min** : La longueur minimale des éléments de tracé (alignement droit et courbes).
- **$(dd/ds)max$:** La limite de la variation de dévers par rapport à la longueur.
- **$(dd/dt)max$:** La limite de la variation de dévers par rapport au temps.
- **$(dI/dt)max$:** La limite de la variation d'insuffisance de divers par rapport au temps.

III.2 Profil en long :

Le profil en long c'est la représentation graphique qui illustre la coupe verticale suivant l'axe d'une infrastructure. Il montre la variation des altitudes en fonction des distances, permettant d'analyser les pentes, les déclivités et les raccordements nécessaires pour assurer la sécurité, le confort et la fonctionnalité de l'infrastructure.

III.2.1 Les conditions et les règles respectant le profil en long :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements.
- Respecter les valeurs des rayons préconisés par les règlements.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.

III.2.2 Les éléments de profil en Long :

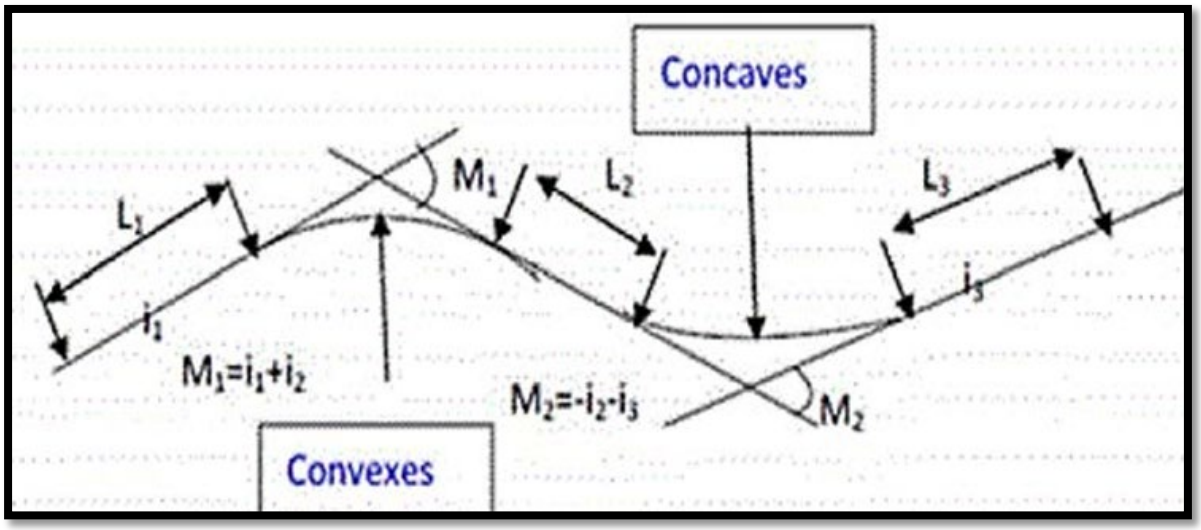


Figure III-2: Eléments de profil en long

- **Les alignements droits :**

Pente :

Tronçon de voie ou l'altitude est décroissante dans le sens de circulation (descente).

Rampe :

Tronçon de voie ou l'altitude est croissante dans le sens de circulation (montée).

- **Les raccordements vertical :**

Les raccordements de profil en long sont définis par des courbes circulaires, sans courbes de transition entre les pentes et le raccordement.

Cela entraine une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement, qui provoque une oscillation de la suspension du véhicule et perturbe le confort des voyageurs.

Pour restreindre la variation brutale d'accélération verticale pour les circulations à vitesse maximale, on doit limiter le rayon minimum de ces courbes.

III.2.3 Paramètres de conception de profil en long :

Tableau III-4: Eléments de profil en long (EN 13803-1)

		Pente max (‰)	Pente min (‰)	Lmin Alignements et raccordements (m)	Rv, min (m)	
Formule	Normal	/	/	Vmax/3 ; Lmin ≥20m	0,35 x $Vmax^2$	
	Exceptionnelle	/	/	Vmax/5 ; Lmin ≥20m	0,13 x $Vmax^2$ En creux	0,16 x $Vmax^2$ En bosse
Valeur	Normal	35	0	25	1715	
	Exceptionnelle	/	/	20	637	784

III.3 Critères Tracé de Voie selon Fournisseur du Train « MRO » :

Tableau III-5: Critères Tracé de Voie selon Fournisseur du Train « MRO »

Paramètres		Valeurs
En Plan	Rmin (m)	300
	Rmin en station (m)	750
	Dmax (mm)	150
	Lmin alignement (m)	20
	Lmin courbe (m)	
	Lmin Raccordement (m)	
En long	Pente maximale (‰)	55
	Pente minimale (‰)	0
	Pente max en ADV	40
	Raccordement minimale (m)	1250
	Lmin Raccordement (m)	20
	Lmin Déclivité (m)	
Paramètres du confort pour l'usager	Imax (mm)	100
	Emax (mm)	100
	aq max (m/s^2)	0,65
	(dD/dt) max (mm/s)	40
	(dϴ/dt) max (rad/s)	0,027
	(dI/dt) max (mm/s)	60
	(daq/dt) max (m/s^3)	0,40
	(dD/dL) max (mm/m)	2
	av max (m/s^2)	0,22

III.4 Vérification des paramètres de conception par rapport à notre tracé :

III.4.1 Listing Axe en plan et en long :

Tableau III-6: Listing Tracé - Axe en plan

Eléments	Rayon (m)	Long. Clothoïde (m)	Longueur (m)
DROITE	-	-	232,183
COURBE	350	40	40 / 34,018 / 40
COURBE	400	50	50 / 674,205 / 50
DROITE	-	-	384,031
COURBE	1.000	40	40 / 47,300 / 40
DROITE	-	-	163,669
COURBE	400	40	40 / 37,571 / 40
COURBE	665	40	40 / 41,803 / 40
DROITE	-	-	250,710
COURBE	400	40	40 / 164,865 / 40
DROITE	-	-	671,47
COURBE	450	40	40 / 92,694 / 40
DROITE	-	-	372,441
COURBE	550	50	50 / 265,626 / 50
DROITE	-	-	273,520
COURBE	3.000	30	30 / 30,025 / 30
DROITE	-	-	405,411
COURBE	3.850	30	30 / 30,222 / 30
DROITE	-	-	565,086
COURBE	325	40	40 / 200,183 / 40
DROITE	-	-	262,720
COURBE	400	40	40 / 29,157 / 40
DROITE	-	-	215,159

Dévers et Variation progressif du dévers :

Nous allons associer des dévers de 50mm, 80mm et 100mm pour les différents rayons avec une variation progressif de 2mm/m (selon le cahier des charges) et ce sont des valeurs qui sont justifiés en matière de paramètres du MRO (détails dans la planche numéro 2).

Tableau III-7: Listing Tracé - profil en long

Pente (‰)	Longueur (m)	Paramètre Kv
2,000000	104,000	2000,000
-50,000000	179,257	3000,000
9,752236	60,000	6152,435
0,000000	80,000	2000,000
-40,000000	200,000	2500,000
40,000000	80,000	2000,000
0,000000	40,000	20000,000
-2,000000	40,000	2373,843
-18,850314	40.000	2121.981
0.000000	340.000	8500.000
-40.000000	104.535	3500.000
-10.132757	40.000	3947.593
0.000000	40.000	5118.062
7.815458	40.000	5118.062
0.000000	40.000	7994.583
-5.003388	40.000	7994.583
0.000000	40.000	20000.000
-2.000000		

III.4.2 Application au projet :

Pour vérifier la géométrie du tracé, on doit comparer les valeurs de listing de l'axe en plan et du profil en long avec les valeurs limites du MRO mentionnés en dessus ;

❖ **Nécessité d'un raccordement progressif « PR »?**

Tableau III-8: Obligation/Recommandation des RP

Géométrie	Rayons utilisés	ΔC	$\frac{9000}{Vmax^2}$	$\frac{2000}{Vmax^2}$	L'installation des PR
Alignement-Courbe	325	3,1	1,84	0,84	Obligatoire
	400	2,5			
	450	2,22			
	550	1,82			Recommandée
	1000	1			
	3000	0,33			Facultatif
	3850	0,26			
Courbes contre sens	350 & 400	5,35			Obligatoire
Courbes de même sens	400 & 665	1			Recommandée

Résultats : l'utilisation des RP est obligatoire/recommandée pour notre tracé :

❖ **Longueur des RP :**

On calcule « Lrp » pour les différents rayons, selon la norme :

$$Lrp = \frac{V^3}{C \; x \; R}$$

Tableau III-9: Longueurs des RP associées à chaque Rayon

Rayons (m)	Lrp (m)
325	37,7
350	35
400	30,6
450	27,2
550	22,3
665	18,4
1000	12,3
3000	4,1
3850	3,2

Note :
Si un RP est appliqué, il doit respecter la valeur limite minimale de RP donnée par le MRO ;
Lrp ≥ **20m**

❖ **Vérification du tracé :**
En plan :

Tableau III-10: Vérification de tracé en plan

Paramètres			Valeurs (m)	Validité
Rayon minimale		Utilisé	325	OK
		Limite	300	
Longueurs minimales	Alignement	Utilisé	136	OK
		Limite	20	
	Pleine courbe	Utilisé	30	OK
		Limite	20	
	Raccordement	Utilisé	30	OK
		Limite	20	

❖ **Commentaires :**
- ✓ Toutes les valeurs limites pour la conception de tracé sont respectés pour l'axe en plan.
- ✓ Pour les « Lrp », on a utilisé un RP de **40m** pour tous les rayons, mais pour le R=3000m et R=3850m, on a utilisé un RP de **30m**.

En long :

Tableau III-11: Vérification de profil en long

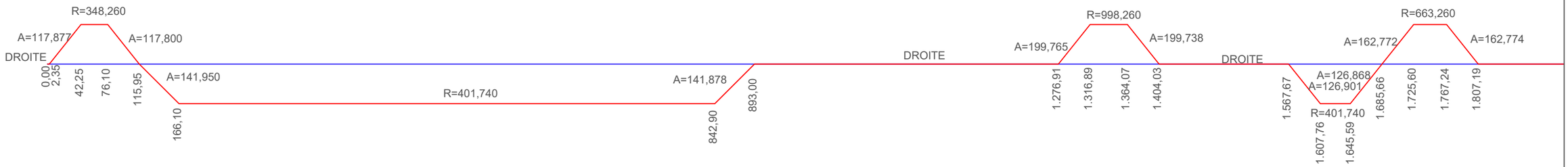
Paramètres			Valeurs	Validité
Pente maximale		Utilisé	50 ‰	OK
		Limite	55 ‰	
Raccordement minimale		Utilisé	2000	OK
		Limite	1250	
Longueurs minimales	Alignement	Utilisé	40	OK
		Limite	20	
	Raccordement	Utilisé	40	OK
		Limite	20	

❖ **Commentaires :**
- ✓ les stations seront envisagées avec une pente de 00 ‰, de façon qu'il n'y ait pas de danger de mouvement de la part des trains stationnés et que toutes les installations se trouvent en position horizontale.

Conclusion :

Notre tracé de voie est validé pour cette extension. Pour les systèmes de transport urbains comme le métro, ce n'est pas au niveau de l'étude de la voie qu'on fasse le choix du tracé (il est fait dans la partie du génie civil), par contre à ce niveau on le vérifie et le valide par rapport aux normes en vigueur et aux paramètres du matériels roulant.

TRACÉ EN PLAN



DÉVERS

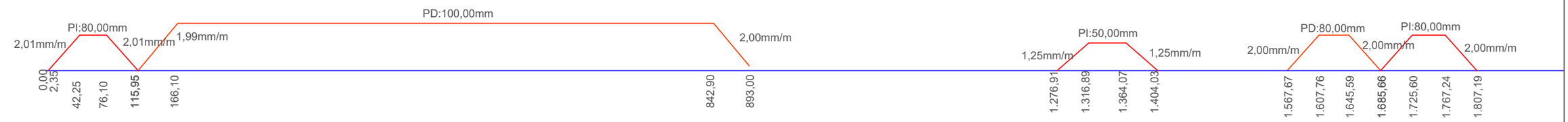
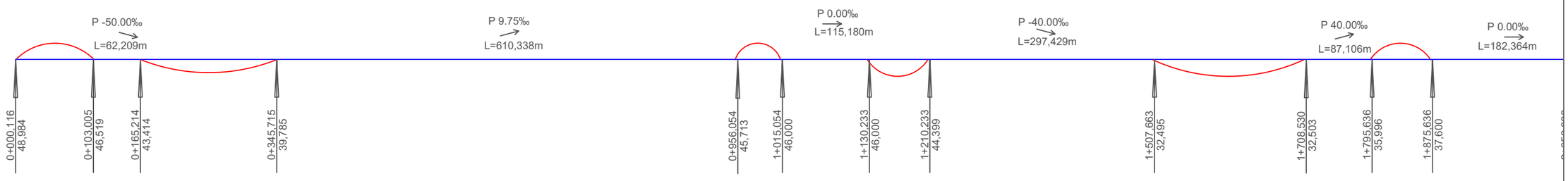


DIAGRAMME DE PENTES



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
École Nationale Superieur Des Travaux Publics

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude en APD du système voie pour l'extension du Métro d'Alger: Ain naadja-Beraki	MIHOUBI BENRABAH	RAMDANE Ismail KATEB Adel		2	2024/2025

IV. ETUDE DE GABARIT

Introduction :

Le gabarit d'un train correspond aux dimensions maximales qu'un train ou ses éléments (locomotives, wagons, etc.) peut occuper pour circuler sur une voie ferrée en toute sécurité, sans risque de collision avec des infrastructures fixes comme des tunnels, des quais, des ponts ou d'autres obstacles. Il inclut à la fois la largeur, la hauteur, et parfois des marges liées aux mouvements du train en circulation.

IV.1 Types de gabarits :

Selon la norme 15273, on a 3 types de gabarits :

1) limite de vérification de l'ouvrage :

Gabarit de l'espace à ne pas empiéter à tout moment qui fixe la limite pour le fonctionnement normal.

- Il est essentiel qu'aucun ouvrage n'y pénètre à tout moment.

2) limite d'installation de l'ouvrage :

Gabarit de l'espace à ne pas empiéter en tenant compte d'une provision pour entretien.

- Il est essentiel qu'aucune structure ne soit installée si le libre passage est souhaité à la suite d'opérations d'entretien normales.

3) Gabarit nominal d'installation de l'ouvrage « GNO »:

L'espace à dégager de tout ouvrage pour permettre la circulation des trains et l'entretien de la voie en incorporant des réserves pour la sécurité, l'entretien ainsi que des réserves définies par la personne responsable de l'infrastructure.

- Cet espace prend en compte par exemple les mouvements dynamiques exceptionnels, les augmentations possibles de vitesse, les vents latéraux, les effets aérodynamiques, etc...

IV.2 Etude de gabarit :

Le gabarit limite obstacle est la limite maximale d'occupation d'un train en dimensions horizontales et verticales sur une voie ferrée, définie par les normes de sécurité pour éviter tout contact avec les infrastructures fixes (ponts, tunnels, quais). Il garantit que le train peut circuler sans endommager ni être endommagé par les éléments de l'infrastructure ferroviaire.

IV.2.1 Paramètres du matériel roulant :

Le matériel roulant est issu de la gamme CAF, sous la référence CAF S/8000.



Figure IV-1: Material roulant CAF S/8000

En ce qui concerne la ligne, il s'agit d'une plateforme pour voie double qui ne présente pas d'alimentation électrique par caténaire, mais à travers le troisième rail. Par conséquent, il n'y aura pas de postes de suspension ni de caténaire pour l'étude des gabarits nécessaires pour le véhicule.

Les principales caractéristiques de la rame sont :

- Nombre de voitures : 6
- Composition : RC – M – M – M – M – RC
- Longueur de la rame : 107,980 m
- Largeur de la rame :

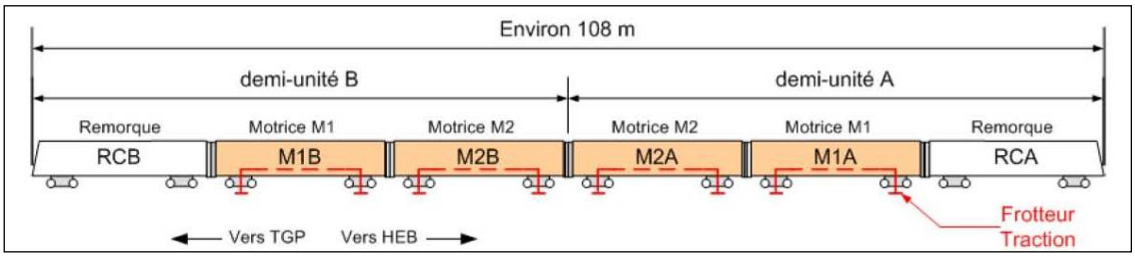


Figure IV-2: Coupe longitudinale du MRO

Les gabarits qu'on doit analyser pour la correcte implantation du véhicule, sont :

- **Le Gabarit Dynamique « GD »** : défini par le matériel en mouvement. Le GD évolue en fonction de la vitesse du Matériel Roulant, le rayon, et le devers des courbes.

- **Le Gabarit Nominal d'Implantation d'Obstacles « GNO »** :défini en rajoutant **100 mm** en largeur au GD (la lame d'air + une marge de sécurité). En cas de postes ou obstacles de structures, la distance additionnelle est de **150 mm.**

Le schéma défini ci-après représente le gabarit dynamique type en alignement droit du MRO selon le fournisseur, les distances existantes entre l'axe central du matériel roulant el des points du contour identifiés par des lettres : A, B, C…

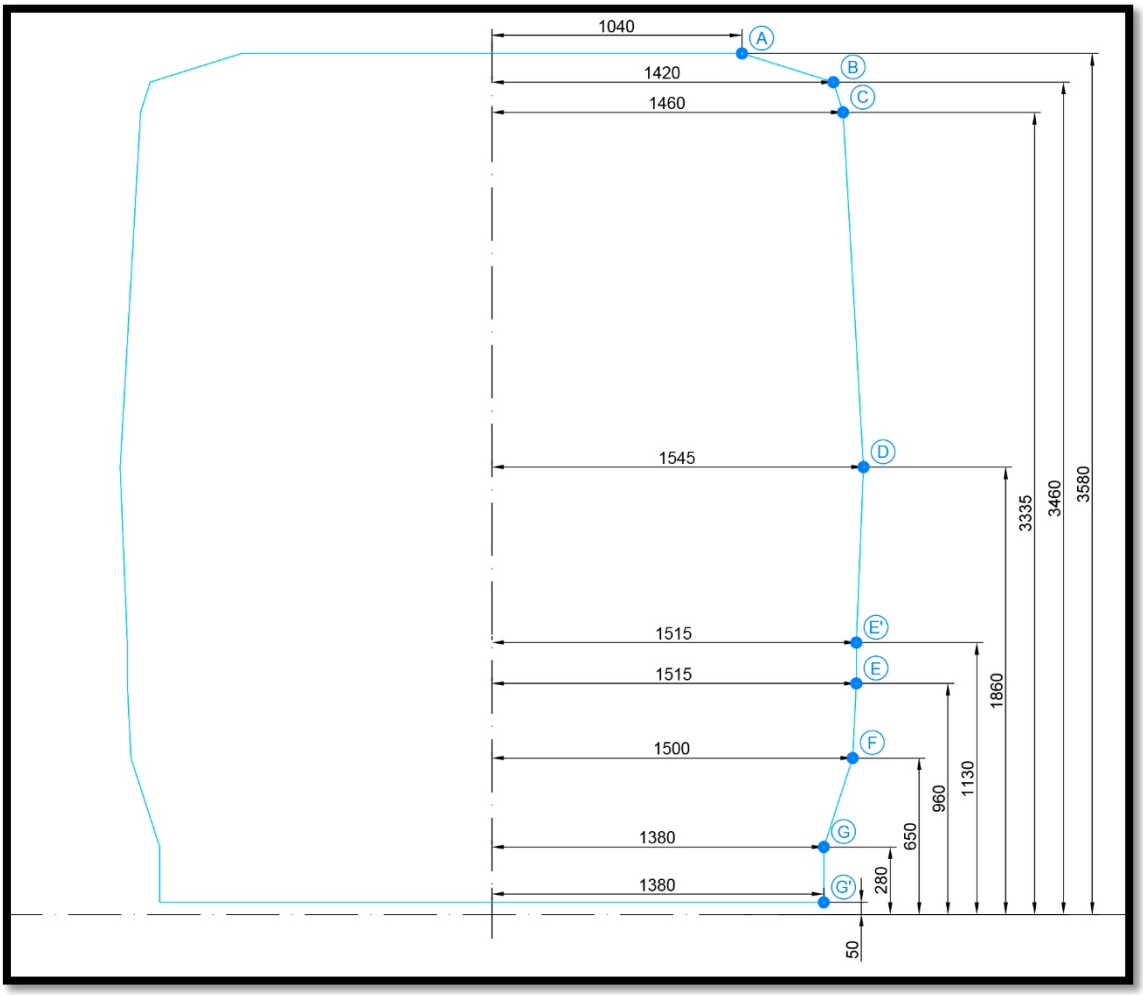


Figure IV-3: Modèle de Gabarit dynamique pour véhicule type en alignement droit

On doit maintenant montrer les gabarits dynamiques (ceux qui considèrent les oscillations du véhicule dans son parcours sur la voie) pour le MRO projeté dans la ligne de Métro d'Alger. Ces gabarits changent selon le rayon et devers projeté tout le long le tracé.

Une fois défini le gabarit nominal d'implantation d'obstacles, nous serions en mesure d'identifier les coupes transversales pour notre extension, en montrant :

- Le calcul entre axes nécessaire.
- La largeur de plateforme nécessaire.
- Positionnement et mise en place du trottoir d'évacuation.

Le contour du gabarit dynamique fourni est constitué du profil constructif du véhicule plus toutes les marges, tolérances et déviations additionnelles, issues de ses mouvements latéraux et verticaux durant l'opération (inscription en courbe, mouvements des suspensions par excès ou défaut de dévers, effets quasi statiques, jeux, etc.). En particulier, la marge de sécurité suite à l'effet de l'inscription en courbe du véhicule, devra être ajoutée au gabarit dynamique calculé pour le cas de l'alignement droit. Cette marge de sécurité devra être calculée par le fournisseur du matériel roulant, aussi bien pour le côté intérieur qu'extérieur de la courbe, selon la formule suivante :

$$CE_i = \frac{(a_r\ n_{ir}\ -\ {n_{ir}}^2) + \frac{{p_r}^2}{4}}{2R} \qquad CE_a = \frac{(a_r\ n_{ar}\ +\ {n_{ar}}^2) - \frac{{p_r}^2}{4}}{2R}$$

Avec :

$\boldsymbol{CE_i}$ **:** Effet de l'inscription en courbe du côté intérieur ;
$\boldsymbol{CE_a}$: Effet de l'inscription en courbe du côté extérieur ;
$\boldsymbol{a_r}$: Distance entre pivots de bogies ;
$\boldsymbol{n_{ar}}$: Distance depuis le point extérieur en porte-à-faux, le plus éloigné du pivot du bogie ;
$\boldsymbol{n_{ir}}$: Distance jusqu'à la section située au milieu du train, mesurée depuis le pivot du bogie ;
$\boldsymbol{p_r}$ **:** Distance entre axes d'un même bogie ;
$\boldsymbol{R}$: Rayon de la courbe horizontale.

Tableau IV-1: Tableau de gabarit dynamique du véhicule à l'intérieur de la courbe

	Interieur Courbe								
	A	B	C	D	E	E'	F	G	G'
Hauteur (mm)	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50
Rayon (m)									
60	1270	1650	1700	1780	1755	1755	1735	1610	1610
70	1235	1615	1665	1745	1720	1720	1700	1575	1575
80	1206	1586	1636	1716	1691	1691	1671	1546	1546
90	1184	1564	1614	1694	1669	1669	1649	1524	1524
100	1166	1546	1596	1676	1651	1651	1631	1506	1506
120	1139	1519	1569	1649	1624	1624	1604	1479	1479
150	1118	1498	1548	1628	1603	1603	1583	1458	1458
160	1111	1491	1541	1621	1596	1596	1576	1451	1451
200	1091	1471	1521	1601	1576	1576	1556	1431	1431
230	1081	1461	1511	1591	1566	1566	1546	1421	1421
250	1075	1455	1505	1585	1560	1560	1540	1415	1415
300	1064	1444	1494	1574	1549	1549	1529	1404	1404
400	1051	1431	1481	1561	1536	1536	1516	1391	1391
500	1040	1420	1460	1545	1515	1515	1500	1380	1380
700	1040	1420	1460	1545	1515	1515	1500	1380	1380
750	1040	1420	1460	1545	1515	1515	1500	1380	1380
800	1040	1420	1460	1545	1515	1515	1500	1380	1380
1000	1040	1420	1460	1545	1515	1515	1500	1380	1380
1500	1040	1420	1460	1545	1515	1515	1500	1380	1380
2000	1040	1420	1460	1545	1515	1515	1500	1380	1380
0	1040	1420	1460	1545	1515	1515	1500	1380	1380

Tableau IV-2: Tableau de gabarit dynamique du véhicule à l'extérieur de la courbe

	Exterieur Courbe								
	A	B	C	D	E		F	G	G'
Hauteur (mm)	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50
Rayon (m)									
60	1370	1750	1790	1875	1845	1845	1830	1710	1710
70	1325	1705	1745	1830	1800	1800	1785	1665	1665
80	1289	1669	1709	1794	1764	1764	1749	1629	1629
90	1262	1642	1682	1767	1737	1737	1722	1602	1602
100	1239	1619	1659	1744	1714	1714	1699	1579	1579
120	1206	1586	1626	1711	1681	1681	1666	1546	1546
150	1172	1552	1592	1677	1647	1647	1632	1512	1512
160	1164	1544	1584	1669	1639	1639	1624	1504	1504
200	1139	1519	1559	1644	1614	1614	1599	1479	1479
230	1125	1505	1545	1630	1600	1600	1585	1465	1465
250	1118	1498	1538	1623	1593	1593	1578	1458	1458
300	1101	1481	1521	1606	1576	1576	1561	1441	1441
400	1091	1471	1511	1596	1566	1566	1551	1431	1431
500	1081	1461	1501	1586	1556	1556	1541	1421	1421
700	1070	1450	1490	1575	1545	1545	1530	1410	1410
750	1068	1448	1488	1573	1543	1543	1528	1408	1408
800	1065	1445	1485	1570	1540	1540	1525	1405	1405
1000	1060	1440	1480	1565	1535	1535	1520	1400	1400
1500	1053	1433	1473	1558	1528	1528	1513	1393	1393
2000	1050	1430	1470	1555	1525	1525	1510	1390	1390
0	1040	1420	1460	1545	1515	1515	1500	1380	1380

Ces valeurs sont tabulées pour le côté intérieur et extérieur des courbes, et indiquent pour les points les plus représentatifs situés à différentes hauteurs (A, B, C, etc.), la largeur du profil dynamique. Les tableaux sont inclus ci-dessus (ne prennent pas le dévers en considération) :

IV.2.1 Entraxe et gabarit nominal d'implantation d'obstacles

Une fois définie la lame d'air (100 mm) pour le calcul du GNO, nous devons considérer l'effet dévers dans chacune des différentes sections du tracé afin d'identifier l'entraxe de la voie.

Pour cela, on considère les points suivants de la section du matériel roulant :

- C : Il s'agit du point qui souffre le plus l'effet du dévers. Avec des valeurs de dévers élevées, ce point est le plus déterminant.
- D : Il s'agit du point le plus éloigné de l'axe vertical du véhicule. Avec des valeurs de dévers faibles, ce point est le plus déterminant.

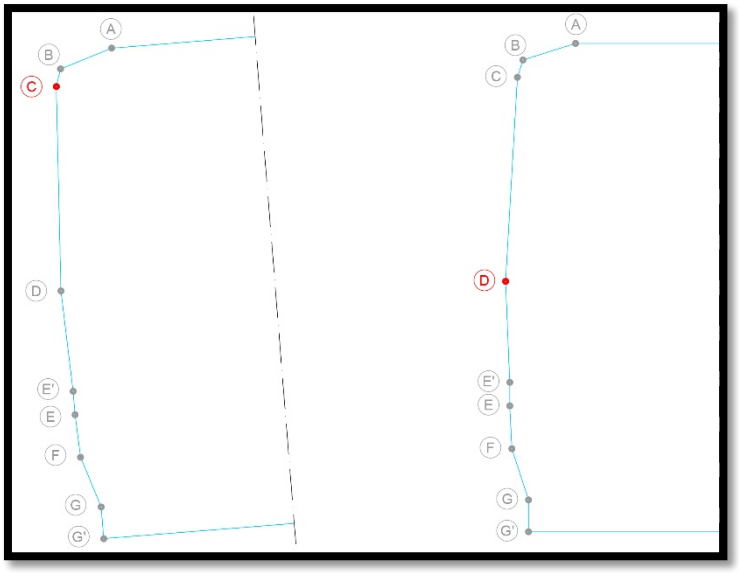


Figure IV-4: Points déterminants le GNO en alignement

Pour chaque alignement et chaque point C et D, on indique la valeur du gabarit dynamique fournie par le fabricant du matériel roulant (selon le rayon de courbature). Ensuite, en tenant compte du dévers et de la lame d'air, on calcule la position du gabarit nominal d'implantation d'obstacles (GNO) en ces points.

À partir de la somme du GNO à l'intérieur et à l'extérieur de la courbe, on obtient l'entraxe minimum nécessaire afin d'éviter la collision entre les véhicules (entraxe calculé). Pour des raisons de sécurité, on projette un entraxe plus grand et homogène sur tout le tracé (entraxe projeté).

On considère que la lame d'air entre le véhicule et le bord de la plateforme représente la lame d'air entre les véhicules, étant donné que l'électrification est assurée au moyen du troisième rail et qu'il n'est donc pas nécessaire d'installer des appuis de caténaire latéraux.

Enfin, on obtient dans la colonne L la largeur d'occupation du matériel roulant dans l'infrastructure :

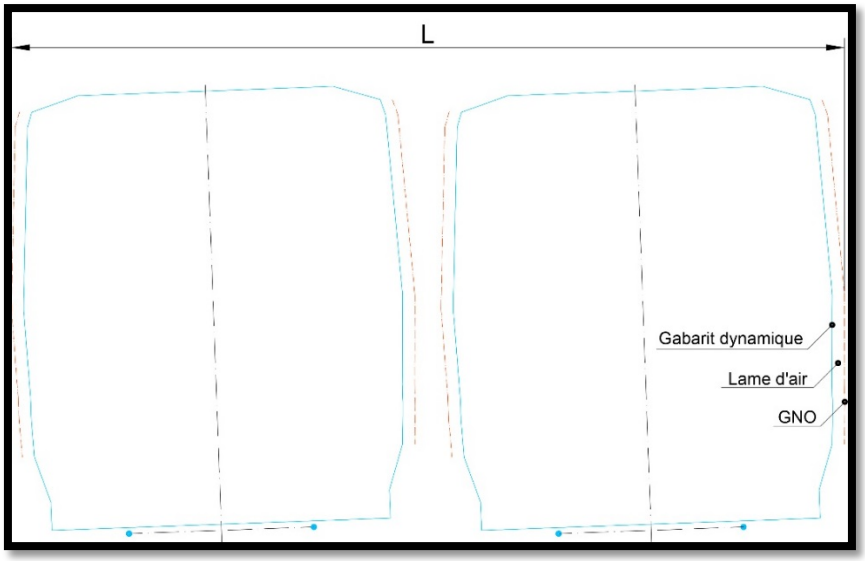


Figure IV-5: différents types de gabarits

Le tableau suivant représente l'entraxe et le gabarit nominal d'implantation d'obstacles nécessaire défini et projeté pour chaque alignement du tracé de projet.

Comme représenté dans le tableau, et selon les caractéristiques du projet (rayon minimum 325 m ; entraxe 3387 mm), l'entraxe projeté de 3,48 m pour toutes les sections type est adéquat pour tous les alignements du tracé avec une marge de sécurité au niveau de la section critique (rayon 325 m).

Les valeurs calculées du GNO ont servi de base pour déterminer la largeur de la plateforme en incluant le gabarit du cheminement d'évacuation.

Tableau IV-3: Entraxe et gabarit nominal d'implantation d'obstacles

Étirer		Longueur	Rayon	Typologie	Gabarit Dynamique				Dévers	Lame d'air véhicule	Hauteur		Gabarit nominal d'implantation d'obstacles avec dévers				Entraxe calcule	Entraxe projetee	Lame d'air véhicule - bord	L
					Point D		Point C						Point D		Point C					
					Interieur	Exterieur	Interieur	Exterieur			Point D	Point C	Interieur	Exterieur	Interieur	Exterieur				
P.K. Debut	P.K. Fin	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0+000,00	0+002,18	2,18	Droite	Via double	1,545	1,545	1,460	1,460	0	0,100	1,860	3,335	1,645	1,645	1,560	1,560	3,290	3,480	0,100	6,970
0+042,18	0+076,20	34,02	350,00	Via double	1,568	1,601	1,488	1,516	80	0,100	1,860	3,335	1,772	1,597	1,774	1,430	3,371	3,480	0,100	7,051
0+166,20	0+840,41	674,21	400,00	Via double	1,561	1,596	1,481	1,511	100	0,100	1,860	3,335	1,791	1,566	1,813	1,379	3,380	3,480	0,100	7,060
0+890,41	1+274,44	384,03	Droite	Via double	1,545	1,545	1,460	1,460	0	0,100	1,860	3,335	1,645	1,645	1,560	1,560	3,290	3,480	0,100	6,970
1+314,44	1+361,44	47,00	1.000,00	Via double	1,545	1,565	1,460	1,480	50	0,100	1,860	3,335	1,710	1,600	1,676	1,464	3,310	3,480	0,100	6,990
1+401,74	1+565,41	163,67	Droite	Via double	1,545	1,545	1,460	1,460	0	0,100	1,860	3,335	1,645	1,645	1,560	1,560	3,290	3,480	0,100	6,970
1+605,41	1+642,98	37,57	400,00	Via double	1,561	1,596	1,481	1,511	80	0,100	1,860	3,335	1,765	1,592	1,767	1,425	3,359	3,480	0,100	7,039
1+722,98	1+764,78	41,80	665,00	Via double	1,545	1,577	1,460	1,492	80	0,100	1,860	3,335	1,749	1,573	1,746	1,406	3,322	3,480	0,100	7,002
1+804,78	2+055,49	250,71	Droite	Via double	1,545	1,545	1,460	1,460	0	0,100	1,860	3,335	1,645	1,645	1,560	1,560	3,290	3,480	0,100	6,970
2+095,49	2+260,36	164,87	400,00	Via double	1,561	1,596	1,481	1,511	80	0,100	1,860	3,335	1,765	1,592	1,767	1,425	3,359	3,480	0,100	7,039
2+329,54	2+971,83	642,29	Droite	Via double	1,545	1,545	1,460	1,460	0	0,100	1,860	3,335	1,645	1,645	1,560	1,560	3,290	3,480	0,100	6,970
3+011,83	3+104,52	92,69	450,00	Via double	1,553	1,591	1,471	1,506	80	0,100	1,860	3,335	1,757	1,587	1,757	1,420	3,344	3,480	0,100	7,024
3+144,52	3+516,96	372,44	Droite	Via double	1,545	1,545	1,460	1,460	0	0,100	1,860	3,335	1,645	1,645	1,560	1,560	3,290	3,480	0,100	6,970
3+566,96	3+832,59	265,63	550,00	Via double	1,545	1,584	1,460	1,499	100	0,100	1,860	3,335	1,775	1,554	1,792	1,367	3,347	3,480	0,100	7,027
3+882,59	4+156,11	273,52	Droite	Via double	1,545	1,545	1,460	1,460	0	0,100	1,860	3,335	1,645	1,645	1,560	1,560	3,290	3,480	0,100	6,970
4+186,11	4+216,13	30,02	3.000,00	Via double	1,545	1,545	1,460	1,460	0	0,100	1,860	3,335	1,645	1,645	1,560	1,560	3,290	3,480	0,100	6,970
4+246,13	4+651,54	405,41	Droite	Via double	1,545	1,545	1,460	1,460	0	0,100	1,860	3,335	1,645	1,645	1,560	1,560	3,290	3,480	0,100	6,970
4+681,54	4+771,77	90,23	3.850,00	Via double	1,545	1,545	1,460	1,460	0	0,100	1,860	3,335	1,645	1,645	1,560	1,560	3,290	3,480	0,100	6,970
4+741,77	5+306,85	565,08	Droite	Via double	1,545	1,545	1,460	1,460	0	0,100	1,860	3,335	1,645	1,645	1,560	1,560	3,290	3,480	0,100	6,970
5+346,85	5+547,03	200,18	325,00	Via double	1,571	1,604	1,491	1,519	80	0,100	1,860	3,335	1,775	1,600	1,777	1,433	3,377	3,480	0,100	7,057
5+587,03	5+849,75	262,72	Droite	Via double	1,545	1,545	1,460	1,460	0	0,100	1,860	3,335	1,645	1,645	1,560	1,560	3,290	3,480	0,100	6,970
5+889,75	5+918,91	29,16	400,00	Via double	1,561	1,596	1,481	1,511	80	0,100	1,860	3,335	1,765	1,592	1,767	1,425	3,359	3,480	0,100	7,039
5+958,91	6+174,07	215,16	Droite	Via double	1,545	1,545	1,460	1,460	0	0,100	1,860	3,335	1,645	1,645	1,560	1,560	3,290	3,480	0,100	6,970

IV.2.2 Gabarit cheminement d'évacuation et largeur de plate-forme

À partir des gabarits nominaux d'implantation d'obstacles développés, on étudie le gabarit pour l'emplacement des cheminements d'évacuation par rapport à l'axe de voie gauche et droite ainsi que par rapport à la largeur de plateforme nécessaire.

Le tableau suivant représente la localisation du cheminement d'évacuation à gauche et droite par rapport à l'axe de la voie gauche et droite respectivement. Cette localisation est le résultat de l'addition de la lame d'air de sécurité de **100 mm** avec le gabarit dynamique dans le point « **E** » du train (ouverture de ports). On obtient donc, la position du cheminement d'évacuation à une distance sûre qui évitera la collision avec le véhicule et en même temps, évitera une distance excessive entre le véhicule stationné et le cheminement.

Les deux dernières colonnes représentent la largeur de plateforme nécessaire et celle projetée. La largeur de plateforme nécessaire est le résultat de la somme des distances suivantes : entraxe, gabarits dynamiques, lames d'air de sécurité de 100 mm et largeur du cheminement d'évacuation projeté.

Tableau IV-4: Gabarit cheminement d'évacuation et largeur de plate-forme

Étirer		Longueur	Rayon	Typologie	Entraxe projetee	Gabarit Dynamique Point E		Lame d'air véhicule-bord	Dévers	Hauteur	Gabarit nominal d'implantation d'obstacles avec dévers Point E		Distance cheminement d'evacuation Voie		Largueur cheminement d'evacuation	Largueur plateforme calcule	Largueur plateforme projetee
						Interieur	Exterieur			Point E	Interieur	Exterieur	Gauche	Droite			
P.K. Debut	P.K. Fin	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0+000,00	0+002,18	2,18	Droite	Via double	3,48	1,515	1,515	0,100	0	1,130	1,615	1,615	1,615	1,615	0,850	8,410	8,681
0+042,18	0+076,20	34,02	350,00	Via double	3,48	1,543	1,571	0,100	80	1,130	1,706	1,608	1,706	1,608	0,850	8,494	8,681
0+166,20	0+840,41	674,21	400,00	Via double	3,48	1,536	1,566	0,100	100	1,130	1,715	1,587	1,715	1,587	0,850	8,482	8,681
0+890,41	1+274,44	384,03	Droite	Via double	3,48	1,515	1,515	0,100	0	1,130	1,615	1,615	1,615	1,615	0,850	8,410	8,681
1+314,44	1+361,44	47,00	1.000,00	Via double	3,48	1,515	1,536	0,100	50	1,130	1,654	1,597	1,654	1,597	0,850	8,431	8,681
1+401,74	1+565,41	163,67	Droite	Via double	3,48	1,515	1,515	0,100	0	1,130	1,615	1,615	1,615	1,615	0,850	8,410	8,681 / 9,000
1+605,41	1+642,98	37,57	400,00	Via double	3,48	1,536	1,566	0,100	80	1,130	1,699	1,603	1,699	1,603	0,850	8,482	9,000
1+722,98	1+764,78	41,80	665,00	Via double	3,48	1,515	1,547	0,100	80	1,130	1,678	1,584	1,678	1,584	1,100	8,942	9,400
1+804,78	2+055,49	250,71	Droite	Via double	3,48	1,515	1,515	0,100	0	1,130	1,615	1,615	1,615	1,615	1,100	8,910	9,400
2+095,49	2+260,36	164,87	400,00	Via double	3,48	1,536	1,566	0,100	80	1,130	1,699	1,603	1,699	1,603	1,100	8,982	9,400
2+329,54	2+971,83	642,29	Droite	Via double	3,48	1,515	1,515	0,100	0	1,130	1,615	1,615	1,615	1,615	1,100	8,910	9,400
3+011,83	3+104,52	92,69	450,00	Via double	3,48	1,526	1,561	0,100	80	1,130	1,689	1,598	1,689	1,598	1,100	8,967	9,400
3+144,52	3+516,96	372,44	Droite	Via double	3,48	1,515	1,515	0,100	0	1,130	1,615	1,615	1,615	1,615	0,850	8,410	9,000
3+566,96	3+832,59	265,63	550,00	Via double	3,48	1,515	1,554	0,100	100	1,130	1,694	1,575	1,694	1,575	0,850	8,449	8,681 / 9,000
3+882,59	4+156,11	273,52	Droite	Via double	3,48	1,515	1,515	0,100	0	1,130	1,615	1,615	1,615	1,615	0,850	8,410	9,000
4+186,11	4+216,13	30,02	3.000,00	Via double	3,48	1,515	1,515	0,100	0	1,130	1,615	1,615	1,615	1,615	0,850	8,410	9,000
4+246,13	4+651,54	405,41	Droite	Via double	3,48	1,515	1,515	0,100	0	1,130	1,615	1,615	1,615	1,615	0,850	8,410	9,000
4+681,54	4+771,77	90,23	3.850,00	Via double	3,48	1,515	1,515	0,100	0	1,130	1,615	1,615	1,615	1,615	0,850	8,410	9,000
4+741,77	5+306,85	565,08	Droite	Via double	3,48	1,515	1,515	0,100	0	1,130	1,615	1,615	1,615	1,615	0,850	8,410	8,681 / 9,000
5+346,85	5+547,03	200,18	325,00	Via double	3,48	1,546	1,574	0,100	80	1,130	1,709	1,611	1,709	1,611	0,850	8,500	8,681
5+587,03	5+849,75	262,72	Droite	Via double	3,48	1,515	1,515	0,100	0	1,130	1,615	1,615	1,615	1,615	0,850	8,410	8,681
5+889,75	5+918,91	29,16	400,00	Via double	3,48	1,536	1,566	0,100	80	1,130	1,699	1,603	1,699	1,603	0,850	8,482	8,681
5+958,91	6+174,07	215,16	Droite	Via double	3,48	1,515	1,515	0,100	0	1,130	1,615	1,615	1,615	1,615	0,850	8,410	8,681 / 9,000

V. LES SECTIONS TYPES

Introduction :

Les sections types principales de l'extension de la ligne de métro d'Alger, Lot 2 : Ain Naadja – Baraki, sont définies ci-après. Les caractéristiques communes à toutes les sections sont les suivantes :

- Entraxe des voies : 3,48 m
- Écartement des rails : 1,435 m
- Hauteur de quai (sortie usager) : 1,100 m (référence : côte de voie)
- Largeur de trottoir d'évacuation :
- En tunnel ou zone entre cadres : 0,85 m
- En viaduc : 1,10 m

Les sections utilisées pour le développement de cette extension comprennent :

1. Section NMA
2. Section de tunnel cadre
3. Section en viaduc
4. Section stations
5. Section spécifique : plateforme d'évacuation en tunnel

V.1Section en tunnel NMA

La section tunnel NMA est définie par une voûte à trois rayons :

- Rayon supérieur (R1) : diamètre intérieur 4,46 m

- Rayons latéraux (R2) : diamètre intérieur 2,00 m

- Contre-voûte (R3) : diamètre intérieur 9,00 m

Épaisseur du revêtement :

- R1 (arc supérieur) : 0,40 m

- R3 (contre-voûte) : 0,60 m

- Transition linéaire : variation progressive de 0,40 m à 0,60 m via les rayons latéraux reliant l'arc supérieur à la contre-voûte.

Dispositif d'évacuation :

La section intègre des trottoirs latéraux d'évacuation, applicables aux tracés en ligne droite et courbe, facilitant les sorties de secours :

- Plateforme d'évacuation : hauteur 1,10 m par rapport à la côte de voie

    - Largeur des trottoirs : 0,85 m
    - Zone d'évacuation utile :
    - Largeur effective : 0,75 m
    - Hauteur libre : 2,15 m

L'étude de cette section inclut son application aux segments en ligne droite et en courbe, garantissant une adaptation aux contraintes géométriques du tracé.

V.2Section de tunnel cadre

La section en tunnel cadre possède une largeur intérieure utile entre cadres de 9,00 m. La hauteur utile supérieure est de 4,50 m, une mesure depuis le fil de contact. L'épaisseur projetée pour les cadres et la dalle inférieure est de 1,00 m.

La section le type possède des trottoirs latéraux d'évacuation, aussi bien en ligne droite qu'en ligne courbe, pour la sortie de secours, créant une plateforme d'évacuation de 1,10 m de hauteur par rapport à la cote de voie et une largeur de 0,85 m, sachant que la zone d'évacuation utile est de 0,75 m de largeur et de 2,15 m de hauteur.

V.3Section en viaduc

Cette section s'applique dans la zone interurbaine entre Ain Naadja et Baraki.

La section type en viaduc est composée d'un tablier de 9,4 mètres de large en incluant les murs masques. Le viaduc possède une arête de 2,7 mètres à partir de la zone inférieure du pylône jusqu'à la face supérieure du tablier, arête qui augmente de 0,5 mètres par la superstructure de voie jusqu'au fil de contact.

La section type en viaduc possède des trottoirs d'évacuations de 1,10 m de large, qui permettent une hauteur libre supérieure à 2,15 m pour l'évacuation des usagers du système métro.

V.4 Section particulière : Plateforme d'évacuation en tunnel

Dans le document APD Lutte contre l'incendie, l´évacuation des voyageurs en tunnel est résolue en disposant des sorties qui conduisent aux points de sécurité de façon à ce la longueur maximale d´évacuation ne dépasse à aucun moment de 762 m, en raison de l'application de la NFPA-130. Dans l'objectif d'accomplir avec la norme citée, autre les stations définies, on envisage un total de cinq puits de ventilation qui servent aussi de puits d'évacuation.

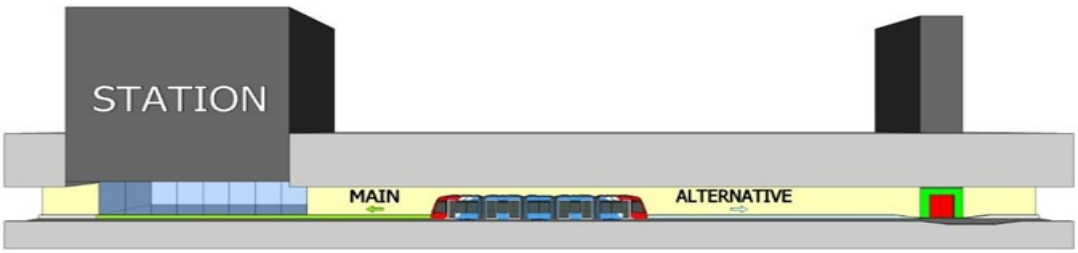


Figure V-1 : Schéma de situation d'un puits de ventilation

Étant donné que l'issue de secours (puits de ventilation) sera située dans un coté de la voie uniquement, il est prévu une plateforme, au niveau côte de voies, qui permet le pas des voyageurs d'une passerelle piéton à l'autre aux proximités d'une sortie d'émergence. La plateforme devra permettre la circulation des voyageurs sans obstacles étant donné son utilisation pour des cas des émergences. Il convient noter aussi que la plateforme a été définie de façon à permettre le passage de piétons et aussi des Personnes à Mobilité Réduite (PMR).

La norme NFPA n'indique aucune recommandation concernant la largeur de la plateforme de passage à niveau. Dans notre cas, nous avons proposé une largeur de 2 m avec un espace libre de 0,5 m de chaque côté pour la coupure du troisième rail. La largeur de la passerelle adoptée garantie une marge suffisante pour les tournants de la passerelle d'évacuation (largeur 0,85 m).

L'emplacement de la plateforme de passage à niveau peut être visualisé sur l'image suivante:

La plateforme de passage à niveau est décalée par rapport à l'issue de secours. En effet, le fait d'abaisser la cote de la passerelle d'évacuation jusqu'à la cote de la voie complique énormément la pose des câbles en raison du manque d'espace. En outre, cette situation est d'autant plus compliquée au niveau de l'accès au puits de ventilation étant donné qu'il faut réaliser un raccordement en T du tuyau d'incendie et d'autres installations auxiliaires ainsi que le raccord de drainage si le puits de ventilation est un puits de relevage.

Les plans inclus ci-après précisent l'emplacement de la plateforme de passage à niveau avec les rampes d'une inclinaison de 5% pour combler la différence de niveau entre la passerelle du tunnel et le passage. Au niveau du train, où la plateforme de la voie sert d'allée de secours, celle-ci doit être nominalement plane et libre d'obstacles.

Cette proposition est conforme avec la norme NFPA, qui exige ce qui suit :

- Continuité des chaussées.
- Pentes avec rampe < 5%.
- Ne pas laisser de rebonds.

De plus, l´évacuation dans le tunnel demande l´application d´un protocole d´action, qui doit être guidé, et sera effectué uniquement après coupure d´électricité de la voie par agent

d’exploitation et de maintenance (agent qualifié), u même temps que cette circonstance sera communiquée aux conducteurs du matériel roulant.

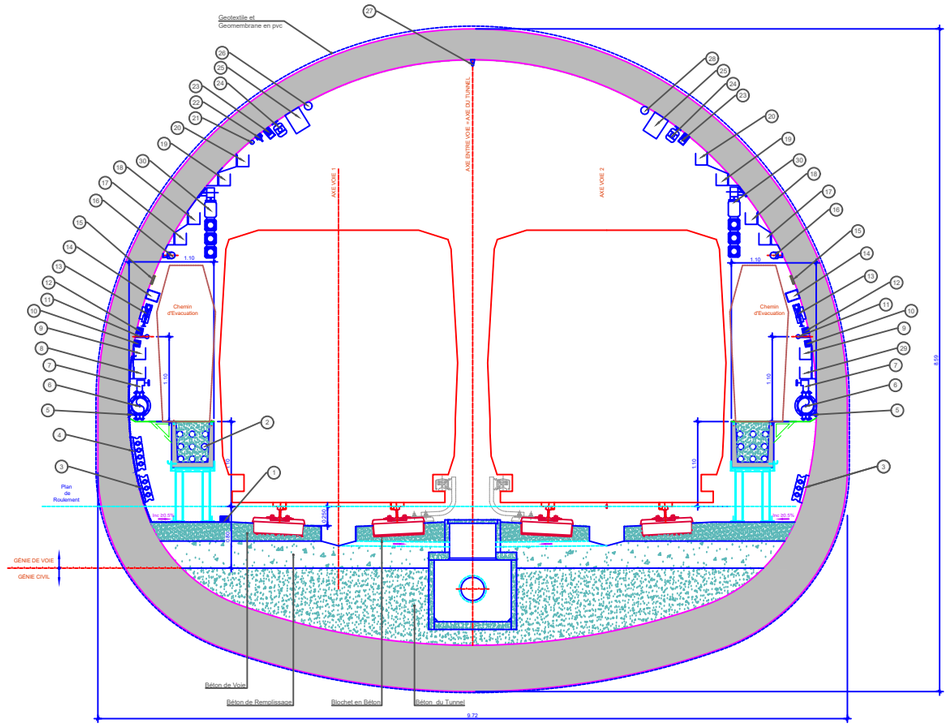
Les passerelles d'évacuation ainsi que la rampe seront fabriquées avec un matériel similaire afin d’atteindre une continuité avec le tronçon en opération à ce moment. Par contre, la plateforme d’évacuation sur la voie est fabriquée en caoutchouc solide et possède une couche spéciale résistante au feu spécialement indiquée pour son installation en tunnels. Sa fabrication et son installation s’adapte parfaitement aussi bien à la largeur de la voie qu’au travelage. Ce système a été installé dans plusieurs lignes de métro partout dans le monde.

Une fois les rails installés, le système est fixé, au moyen de traverses en acier, au béton de la plateforme, et est assuré grâce à des butées posées aux extrémités. Ces pièces d’ancrage sont constituées d’un matériau métallique. Tout le système doit disposer de la protection d’isolation nécessaire afin d’éviter la transmission de courants vagabonds.

Il faut souligner que l’installation de ce système n’implique aucune difficulté aux travaux de maintenance. En cas de besoin de maintenance ou bien de substitution de certain élément de la voie, la passerelle sera démontée facilement et les travaux seront développés normalement. Une fois finalisés, la passerelle sera installée de nouveau.

Conclusion :

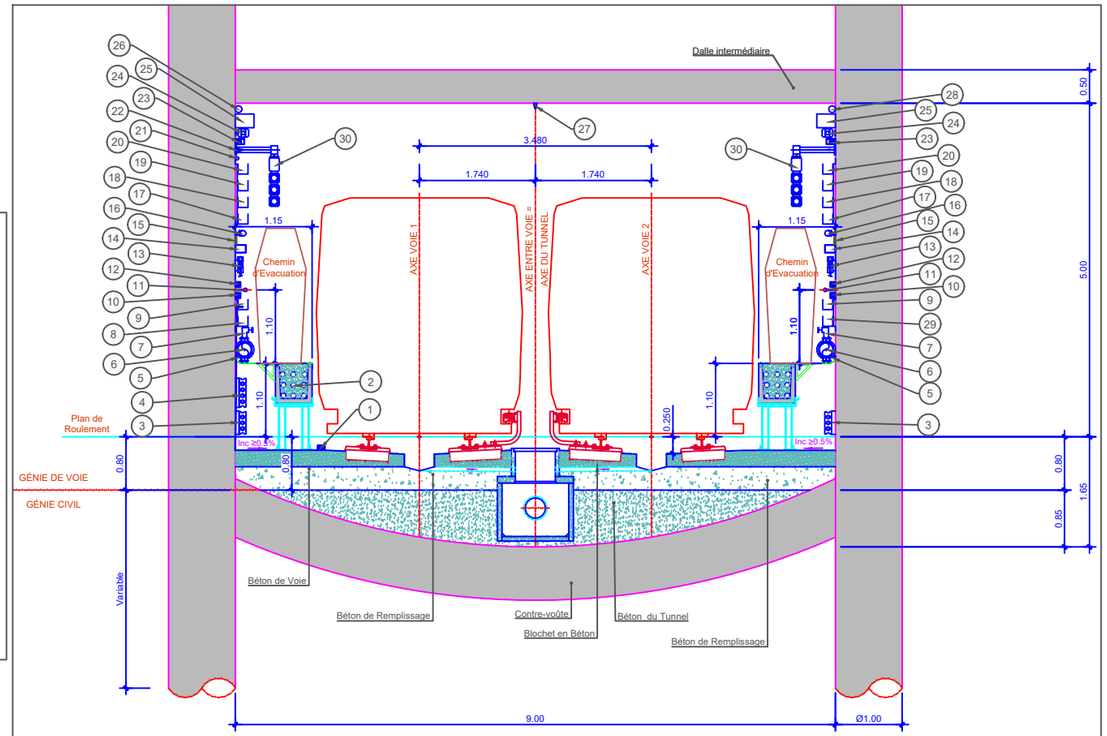
En conclusion, l’extension de la ligne de métro d’Alger entre Ain Naadja et Baraki intègre des sections aux caractéristiques optimisées pour répondre aux exigences de sécurité, d’accessibilité et de performance. Les structures proposées, qu’il s’agisse de tunnels, viaducs ou plateformes d’évacuation, garantissent une continuité fonctionnelle et une adaptation aux normes strictes en matière de transport urbain souterrain. Grâce aux dispositifs mis en place, notamment pour l’évacuation et la sécurité incendie, cette extension représente une avancée majeure dans l’amélioration de la mobilité métropolitaine.



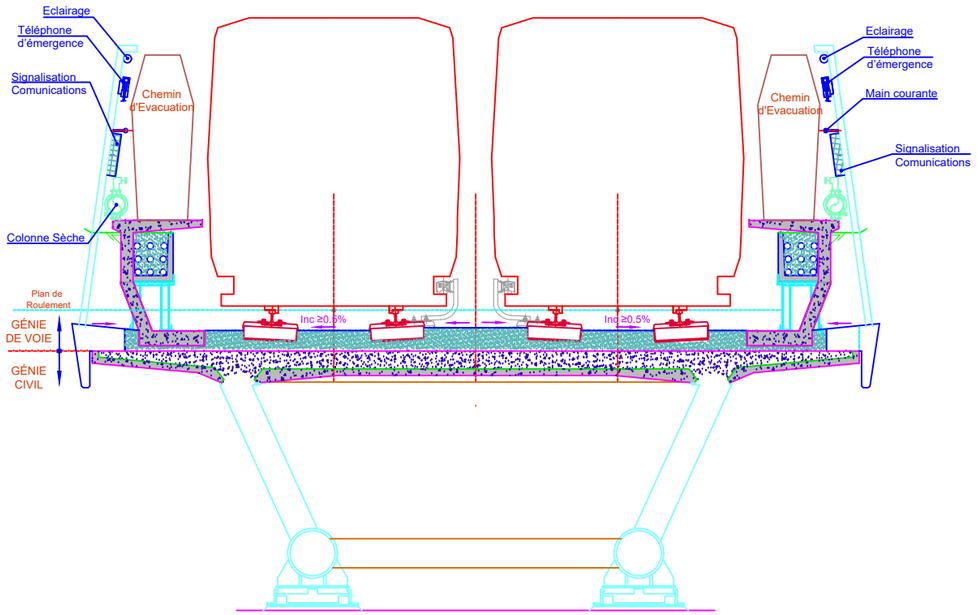
COUPE TUNNEL NMA

CLE

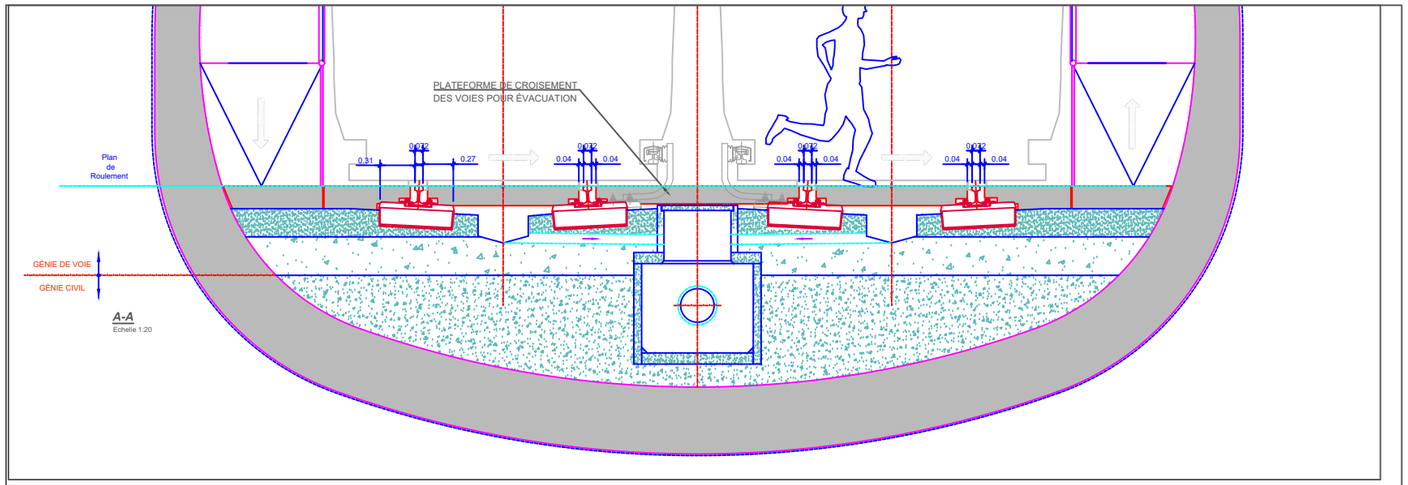
- 1 UNITÉ D'HARMONIE CIRCUIT DE VOIE.
- 2 ENERGIE (MT) 6TUBES D=110MM (4'').
- 3 SUPPORT À CÂBLES COMMUNICATIONS.
- 4 OPÉRATEURS 4 MONOTUBES 40 X 3,5 MM.
- 5 SUPPORT DU TUYAU PRINCIPAL COLONNE SÈCHE.
- 6 TUYAU PRINCIPAL COLONNE SÈCHE DN-8'' (200 MM) ACIER GALVANISÉ ÉN INCLUANT LIAISON PAR JOINT VICTAULIC.
- 7 RACCORDS DE CONNEXION COLONNE SÈCHE (1 X DN-65 MM) (2 X DN-40 MM).
- 8 SUPPORT À CÂBLES 150X150 (TRACTION).
- 9 SUPPORT À CÂBLES 150X150 (COURANTS FAIBLES).
- 10 BOITE DE TERMINAUX.
- 11 MAIN COURANTE.
- 12 COMMANDE D'ÉCLAIRAGE.
- 13 TÉLÉPHONE D'EMERGENCE.
- 14 OPACIMÈTRE.
- 15 SIGNALÉTIQUE DIRECTIONNEL D'ÉVACUATION
- 16 ECLAIRAGE.
- 17 SUPPORT À CÂBLES 150X150 (FO+VIDÉO).
- 18 SUPPORT À CÂBLES150X150 (ECLAIRAGE+PFM)
- 19 SUPPORT À CÂBLES 150X150 (BT)
- 20 SUPPORT À CÂBLES 150X150 (HT)
- 21 TUBE EN ACIER GALVANISÉ ÉN CHAUD JUSQU'À LA SORTIE D'ÉMERGENCE OU STATION.
- 22 SONDE DE TEMPÉRATURE ET HUMIDITÉ RELATIVE.
- 23 ANÉMOMÈTRE.
- 24 CAMÉRA DE SÉCURITÉ.
- 25 HAUTE PARLEUR D'ÉMERGENCE.
- 26 CÂBLE RAYONNANT OPÉRATEURS.
- 27 CÂBLE DÉTECTION INCENDIES.
- 28 CÂBLE RAYONNANT (SYSTÈME RADIOCOMMUNICATIONS).
- 29 SUPPORT À CÂBLES 150X150 (VIDE - PAS DE CÂBLE TRACTION)
- 30 SIGNAL LUMINEUX

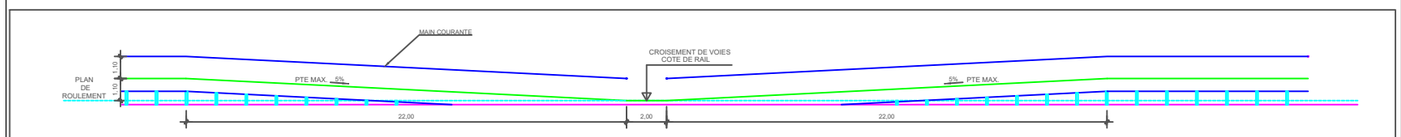


COUPE TUNNEL CADRE



COUPE Viaduc





COUPE SECTION: PLATEFORME D'EVACUATION

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
École Nationale Superieur Des Travaux Publics
© a-anec.com

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web** : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail** : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude en APD du système voie pour l'extension du Métro d'Alger: Ain naadja-Beraki	MIHOUBI BENRABAH	RAMDANE Ismail KATEB Adel	1/40	3	2024 / 2025

VI. INTERACTION RAIL-STRUCTURE

Introduction :

L'interaction entre la voie et le pont, c'est-à-dire les conséquences que le comportement de l'un a sur le comportement de l'autre, se manifeste à cause des liaisons qui existent entre les deux, qu'il s'agisse d'une pose de voie directe ou d'une pose de voie ballastée.

Cette interaction se traduit par des efforts dans les rails, et dans le tablier et ses appuis et par des déplacements des uns et des autres.

Maîtriser l'interaction c'est s'assurer que le pont sera toujours apte à remplir son usage, c'est-à-dire supporter la voie sans que celle-ci ne puisse être sujette à des désordres.

Ces désordres peuvent être de 2 ordres : soit une rupture du rail, soit une désorganisation de la liaison entre la voie et le pont telle que cette liaison ne puisse plus assurer la stabilité de la voie c'est le cas, en particulier, de la déconsolidation du ballast en cas de déplacement important du tablier qui ferait qu'aux extrémités de celui-ci, la résistance vis-à-vis du flambement latéral ne serait plus assurée.

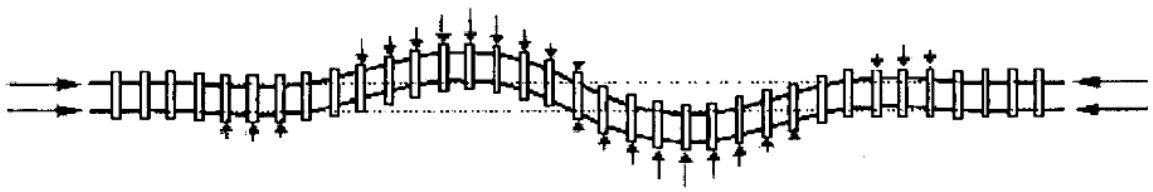


Figure VI-1 : Forme typique du flambement

La prise en compte de l'interaction est donc au sens strict, à considérer comme un état limite de service (ELS) vis-à-vis du pont, tout en étant un état limite ultime (ELU) vis-à-vis du rail.

Les états limites acceptables pour la voie dépendent de la constitution de cette dernière comme de son entretien. Les valeurs limites admissibles qui sont données dans la fiche, qu'il s'agisse de déplacements ou de contrainte supplémentaire dans le rail due aux phénomènes d'interaction, sont les valeurs couramment admises en cas de constituants de voie standards et de bon entretien (principalement 72 N/mm2 de surcontrainte de compression admissible dans le rail et 5 mm de déplacement de tablier sous freinage).

VI.1 Description du phénomène

La présence d'un tablier dilatable, pouvant se déplacer sous une voie équipée de longs rails soudés continus, introduit une discontinuité des caractéristiques de l'assise de cette dernière. Cette discontinuité entraîne des déplacements relatifs entre l'assise et la voie, lorsque le tablier se dilate, et par conséquent des efforts appliqués aux rails et à la structure, ainsi que des variations de contraintes supplémentaires dues aux forces produites par les charges ferroviaires.

Il apparaît intéressant de commencer par un rappel sur les longs rails soudés. Le phénomène dans le cas de la présence d'un ouvrage d'art sera, ensuite, décrit dans le détail.

VI.1.1 Rappel des principes de fonctionnement des longs rails soudés continus sur plate-forme courante

La fixation des rails sur les traverses est en général constituée par des attaches élastiques qui assurent un serrage bien déterminé du rail sur les traverses. Ce serrage est tel que les mouvements longitudinaux des rails sont intégralement communiqués aux traverses, la résistance au glissement des rails sur les traverses étant toujours plus importante que la résistance offerte par le ballast au déplacement longitudinal de la voie. Le libre déplacement des rails sous les effets thermiques et sous des forces exercées par les véhicules se trouvant contrarié par la résistance du ballast, les rails sont le siège déplacement longitudinal de la voie.

Dans les longs rails soudés continus, il existe une "zone centrale" où la dilatation est, en pratique, totalement empêchée et deux zones extrêmes de "respiration" longues de 150 m environ chacune ; les appareils de dilatation disposés en extrémité de LRS ont une variation d'ouverture d'environ 50 mm et permettent le libre mouvement des extrémités des longs rails soudés.

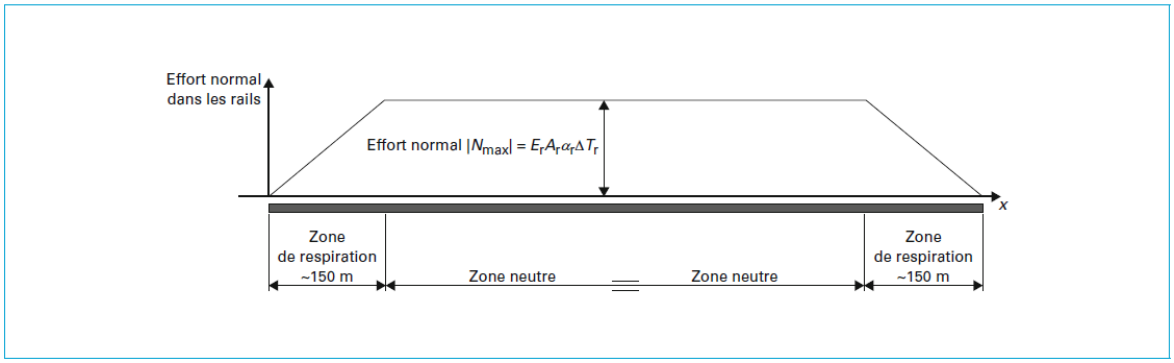


Figure VI-2 : Principe de fonctionnement d'un long rail soudé (LRS) sous effets thermique

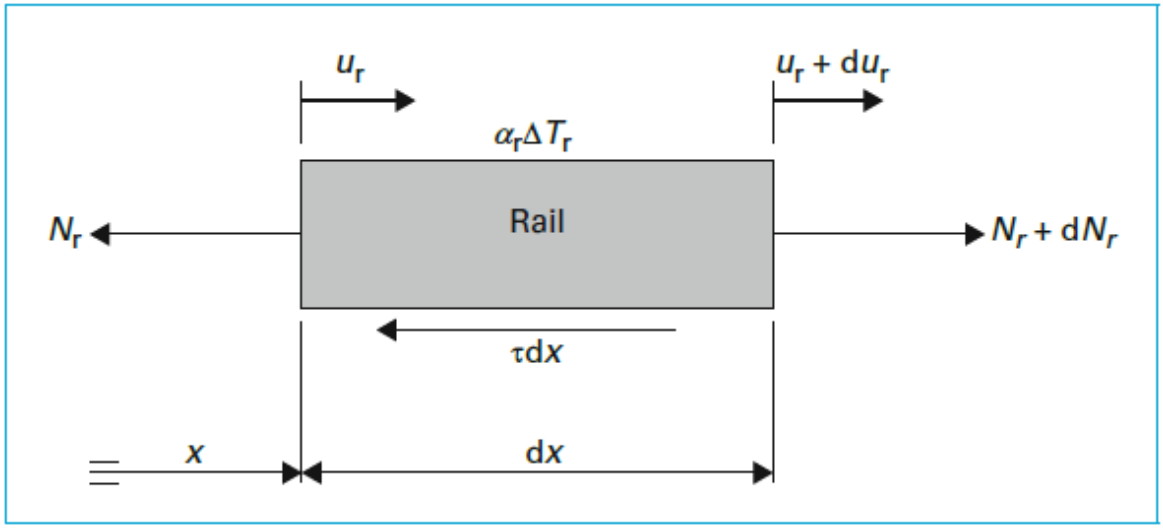


Figure VI-3 : Élément de rail de longueur dx

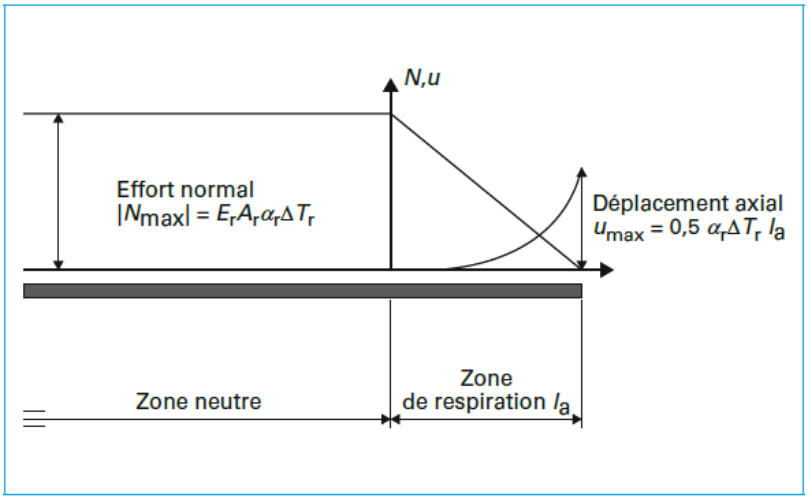


Figure VI-4 : Distribution de l'effort normal et du déplacement longitudinal dans le rail dans le cas d'un comportement plastique de la connexion

VI.1.2 Incidence de l'introduction d'un ouvrage d'art en plate-forme courante

L'introduction d'un ouvrage sous une voie équipée de longs rails soudés continus est équivalente à la présence sous les voies en LRS d'une assise ou support qui se déforme et génère des déplacements de la voie.

Du fait que la voie, d'une part, et le pont, d'autre part, peuvent se déplacer, les forces ou déplacements imposés agissant sur l'un de ces éléments induisent des efforts particuliers dans l'autre élément. Pour cette raison on dit qu'il y a interaction voie et ouvrage d'art :

- des forces appliquées à une voie équipée de longs rails soudés induisent des efforts supplémentaires dans la voie et/ou dans les appareils d'appui du tablier et des déplacements de la voie et du tablier

- un déplacement du tablier dans les mêmes conditions de pose de voie produit un déplacement de la voie et une force supplémentaire dans la voie et, indirectement, dans les appareils d'appui du pont.

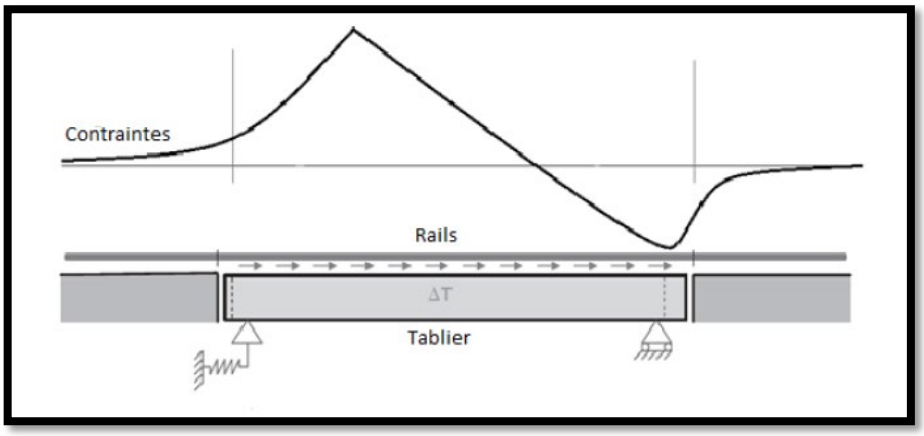


Figure VI-5: Exemple de courbe de contraintes dans le rail dues à la variation de température du tablier

VI.1.3 Paramètres qui exercent une influence sur le phénomène

On peut distinguer les paramètres propres à l'ouvrage et les paramètres propres à la voie.

a) Paramètres ouvrage d'art :

- Longueur dilatable

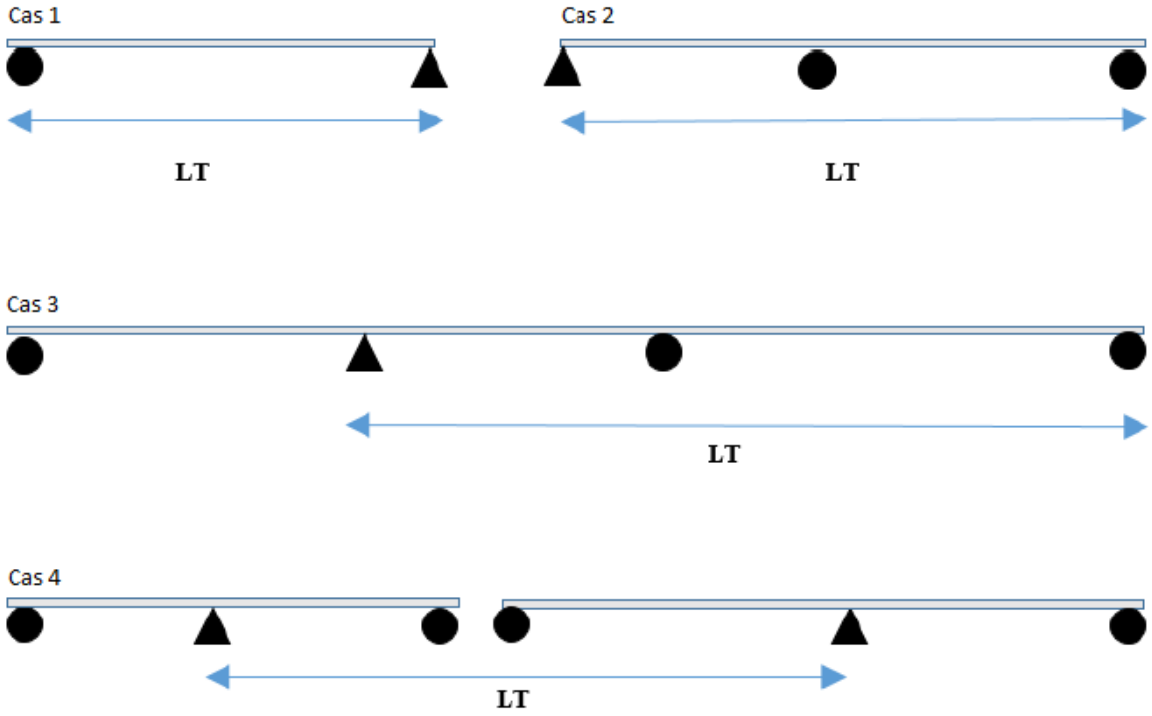


Figure VI-6 : Longueur dilatable

Dans le cas d'un pont à tablier unique isostatique ou continu avec un appui fixe élastique à une extrémité, la longueur dilatable est la longueur de la travée ou la longueur totale du tablier. Dans le cas où l'appui fixe élastique se situe en appui intermédiaire, il y a lieu de considérer deux longueurs dilatables pour le tablier, de part et d'autre de l'appui fixe élastique.

D'une manière plus générale, la longueur dilatable (L) est la distance (en mètres) entre le centre thermique et l'extrémité opposée du tablier. La position du centre thermique dépend de la position et de la nature des appuis.

- **Portée**

Du fait que les charges verticales génèrent un déplacement longitudinal de l'about du tablier, l'interaction voie/pont est influencée par la portée.

- **Raideur des appuis**

La résistance au déplacement horizontal du tablier est un paramètre fondamental, du fait qu'elle concerne tous les phénomènes d'interaction. Ce facteur est déterminé d'abord par la raideur totale des appuis du tablier. La raideur totale d'appui du tablier est constituée de la raideur de chaque appui. Cette dernière dépend elle-même de la raideur de l'appareil d'appui, de la raideur des différentes parties de l'appui (fût - semelle - fondations dans son environnement du sol d'assise).

- **Raideur du tablier à la flexion**

La raideur de flexion du tablier est un paramètre dans la mesure où la déformation verticale du tablier entraîne un déplacement de l'arête supérieure d'about dans la direction horizontale. Des forces d'interaction sont ainsi également générées par ce déplacement.

- **Hauteur du tablier**

La distance entre la surface supérieure de la dalle du tablier et l'axe neutre de ce dernier, ainsi que la distance de l'axe neutre par rapport au centre de rotation de l'appareil d'appui interviennent dans les phénomènes d'interaction dus à la flexion verticale du tablier.

b) Les paramètres de la voie :

- **Résistance de la voie**

La résistance k de la voie par unité de longueur au déplacement longitudinal u est un paramètre important.

Celle-ci dépend en outre d'un grand nombre d'autres facteurs (voie chargée ou non, voie ballastée ou non, type de pose de voie, état de la pose de voie, etc.). Il est indispensable de bien connaître la loi qui régit la liaison entre le rail et le tablier et/ou la plate-forme.

- **Section transversale du rail**

La section A de rail est un autre paramètre de la voie.

VI.2 Comportement de la voie

VI.2.1 Pose de voie ballastée

La résistance au déplacement longitudinal de la voie dépend des facteurs suivants :

- résistance au déplacement du rail par rapport aux traverses. Celle-ci est obtenue par l'intermédiaire de la fixation du rail et sa grandeur dépend de l'efficacité du serrage,

- résistance de l'ensemble traverses/rails au déplacement par rapport au tablier. Celle-ci est obtenue par le fait que le ballast résiste au déplacement de la traverse et par le frottement entre ballast et tablier.

Dans le cas d'une voie ballastée non chargée, le second facteur est très inférieur au premier.

a) Loi générale du comportement de la voie

La résistance au déplacement longitudinal de la voie est une fonction du déplacement du rail par rapport à son assise. Sa valeur croît très rapidement pour de petits déplacements, mais ne change pratiquement plus après que le déplacement a atteint une certaine valeur.

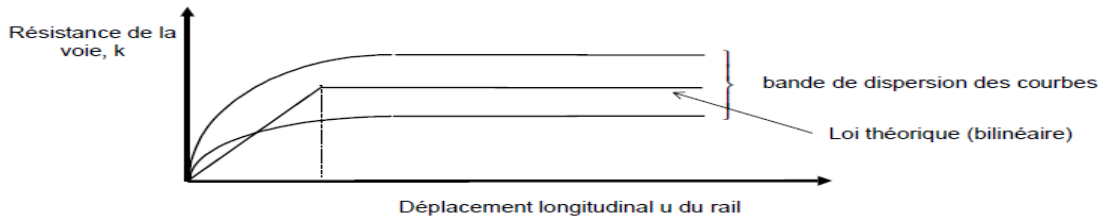


Figure VI-7: Résistance longitudinale de voie en fonction du déplacement longitudinal

La résistance au déplacement longitudinal d'une voie chargée est supérieure à celle d'une voie non chargée. La résistance des rails au déplacement longitudinal par rapport aux traverses est le facteur déterminant lorsque le ballast est gelé et dans le cas d'une voie non ballastée

b) Comportement bilinéaire de la voie

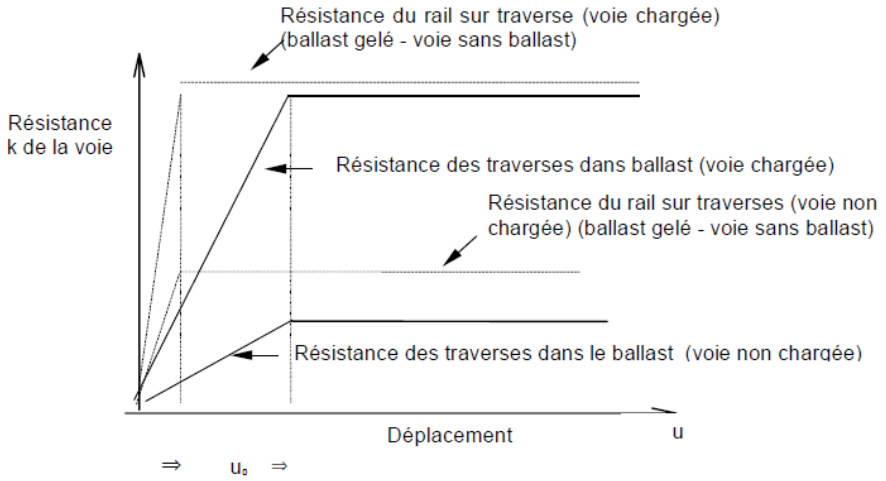


Figure VI-8 : Résistance k de la voie par unité de longueur en fonction du déplacement longitudinal u des rails

La loi entre résistance et déplacement est sujette à des variations suivant les différents types de pose de voie et les règles de maintenance en vigueur.

Tableau VI-1 : Valeurs de $u0$ et de kpl pour une voie ballastée

Paramètre	Valeur	Unité
La résistance de la traverse dans le ballast (voie non chargée), entretien moyen	12	KN/m
La résistance de la voie chargée	60	KN/m
$u0$pour la résistance du rail au glissement relatif par rapport aux traverses	0.5	mm
$u_0$pour la résistance des traverses dans le ballast	2	mm

VI.2.2 Pose de voie directe

Dans le cas de pose de voie directe avec attaches, la loi bilinéaire s'applique également.

Tableau VI-2 : Valeurs de $u0$ et de kpl pour une voie non ballastée

Paramètres	Valeur	Unité
La résistance de la voie non chargée	40	KN/m
La résistance de la voie chargée	60	KN/m
Le déplacement $u0$	0.5	mm

Dans le cas particulier du rail fixé dans la résine, il peut être considéré une relation linéaire sans zone plastique, avec les valeurs suivantes de résistance k :

- voie non chargée : k = 13 kN/mm par mètre linéaire de voie pour un déplacement uo max de 7 mm
- voie chargée : k = 19 kN/mm par mètre linéaire de voie pour un déplacement uo max de 7 mm

VI.3 Comportement du pont

les éléments suivants concernant le pont doivent être pris en considération lors de l'étude de l'interaction.

- La raideur totale d'appui.
- Schéma fonctionnel de l'ouvrage.
- Le comportement du tablier à la flexion.

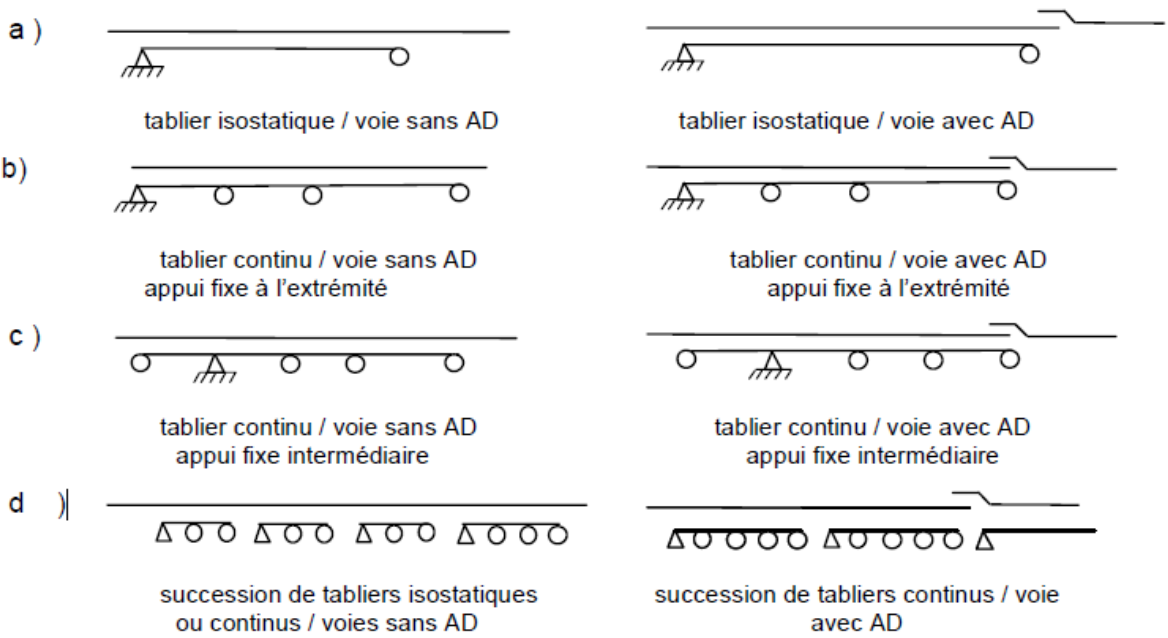


Figure VI-9 : Principaux schémas fonctionnels simples

Dans le cas d'un pont à double courbure, la configuration géométrique de l'ouvrage impose une poussée simultanée des deux extrémités vers le centre. Cette méthode de construction est particulièrement adaptée aux ponts présentant un tracé en forme de S dans le plan horizontal, où la continuité structurelle est essentielle pour la gestion des charges et des contraintes dynamiques.

La conception repose sur un point fixe central, qui joue un rôle clé dans la transmission des efforts longitudinaux et verticaux. Ce point permet d'assurer la stabilité de la structure en réduisant les sollicitations excessives sur les appuis. Aux deux extrémités du pont, les appuis restent mobiles, facilitant les mouvements liés aux phénomènes de dilatation thermique, fluage et retrait du béton. Ces déplacements doivent être soigneusement absorbés pour éviter l'accumulation de contraintes dans le tablier, ce qui impose une stratégie optimisée d'appareils de dilatation.

Schéma statique et répartition de dilatation :

Dans cette configuration, l'ouvrage ne comporte pas de joints intermédiaires, ce qui signifie que les déplacements doivent être absorbés exclusivement aux deux culées. Pour cela, des appareils de dilatation sont installés aux extrémités, permettant de :

- Absorber les variations dimensionnelles du tablier sous l'effet des charges roulantes et des variations climatiques.

- Garantir la continuité structurelle tout en évitant la formation de fissures ou d'efforts excessifs au niveau des appuis.

- Assurer le confort des usagers, en réduisant les effets de vibration et les irrégularités au passage des véhicules.

L'installation des appareils de dilatation est dimensionnée en fonction des mouvements prévus du tablier. Que on va calculer au point suivant .

VI.4 Actions à considérer

Les cas pouvant conduire à des effets d'interaction sont ceux qui conduisent à des déplacements relatifs entre la voie et le tablier. Ils concernent :

1. la dilatation thermique du tablier seul, dans le cas de longs rails soudés continus, ou la dilatation thermique du tablier et du rail, lorsqu'il existe un appareil de dilatation de la voie

2. les forces horizontales de freinage et démarrage ;

3. la déformation de la structure en béton due au fluage et au retrait ;

4. la rotation de la structure sur ses appuis du fait de la flexion du tablier sous charges verticales d'exploitation ;

5. le déplacement longitudinal des appuis de pont sous gradient thermique ;

6. la déformation de la structure due au gradient vertical de température.

Dans la majeure partie des cas, les 3 premiers effets sont importants pour les projets de ponts.

VI.4.1 Variations uniformes de température. et rétraction dans tablier

L'entreprise de réalisation de viaduc nous a communiqué les résultats de dilatation, qui sont les suivants :

Tableau VI-3: Déplacements des joints

	ELS			Sismique		
	MAX (mm)	MIN (mm)	TOTAL	MAX (mm)	MIN (mm)	TOTAL
Culée 1	-68	391	459	-135	403	538
Culée 2	-51	424	475	-125	442	567



Figure VI-10 : Les vérins qui contrôlent la dilation de viaduc

VI.4.2 Freinage

Les déformations longitudinales générées par le démarrage et le freinage de véhicules ferroviaires dans la situation la plus défavorable ont été considérées. Les conditions les plus défavorables se produisent lorsqu'un véhicule freine sur la voie d'un côté du joint et lorsqu'un autre véhicule freine en sens contraire, sur l'autre voie du tablier contigu par rapport au joint.

On a considéré les freinages indiqués dans l'Eurocode correspondants à un type de train UIC-71 affecté par un coefficient de classement de 0,70, afin de tenir compte la réduction des charges des véhicules du train. Des déformations de 0,10mm/m ont été estimées.

À partir de ceci, les déformations des joints du tablier dues au freinage seront de :

Joint A :

• Dilatation maximale du joint = 0,1mm/m·891m=89mm

• Contraction maximale du joint = 0,1mm/m·891m=89mm

Joint B :

• Dilatation maximale du joint 0,1mm/m·581m=58mm

• Contraction maximale du joint 0,1mm/m·581m=58mm

VI.4.3 Déplacements totaux en joints.

La pire situation de dilatation du joint du tablier a lieu à la fin de sa durée de vie ($t = \infty$ et rétraction maximale de la structure) et lors des conditions de température minimales et de freinage. Cependant, la pire situation de contraction du joint du tablier a lieu durant sa phase initiale ($t = 0$ avant le processus de rétraction de la structure) et lors des conditions de température minimales et de freinage.

Compte tenu de ce qui précède, les déplacements totaux des joints du tablier sont les suivants :

Joint A :

o Contraction de joint (t = 0 et température max.) : 68+89=157 mm

o Dilatation de joint (t = ∞ et température min.) : 391+89=480 mm

La course maximale totale du joint du tablier sera de : 480+157= 637mm637 mm

Joint B :

o Contraction de joint (t = 0 et température max.) : 51+58=109 mm

o Dilatation de joint (t = ∞ et température min.) : 424+58=482mm

La course maximale totale du joint du tablier sera de : 109+482= 591 mm

VI.5 Appareil de dilatation

VI.5.1 Caractéristiques des types d'appareil de dilatation

Les appareils de dilatation modernes disposent d'une contre-aiguille et d'une aiguille pouvant être déplacées entre elles. Il existe 3 types courants d'appareils dans les systèmes ferroviaires avec des déplacements maximaux de 300, 600 et 1200 mm

Ces appareils de dilatation ont besoin d'une certaine dimension de joint du tablier lors de sa contraction maximale afin d'accueillir les dispositifs de l'appareil de dilatation et disposer également d'une marge de sécurité.

Les dimensions du joint du tablier sont, dans chaque cas, les suivantes :

• Appareil de dilatation 300 mm Contraction maximale ≥ 70 mm Par conséquent, la dilatation maximale du joint du tablier serait 300 + 70 = 370 mm

• Appareil de dilatation 600 mm Contraction maximale ≥ 94 mm Par conséquent, la dilatation maximale du joint du tablier serait 600 + 94 = 694 mm

• Appareil de dilatation 1200 mm Contraction maximale ≥ 190 mm Par conséquent, la dilatation maximale du joint du tablier serait 1200 + 94 = 1294 mm

Les images suivantes représentent chacun des 3 types d'appareil de dilatation :





De : 300 mm 600mm 1200 mm

Dans le cas des appareils de dilatation de 600 et 1200 mm, il est nécessaire d'introduire des traverses métalliques (1 traverse pour l'appareil de dilatation de 600 mm et 2 traverses pour celui de 1200 mm) dans le creux du joint entre tabliers étant donné que la distance entre la dernière traverse des tabliers présente une longueur excessive et par conséquent, une déformation verticale du rail inadmissible au passage de la circulation.

Ces traverses métalliques reposent sur chacun des tabliers au moyen de bielles métalliques reliées à une poutre métallique parallèle à la face extérieure du rail.

VI.5.2 Dispositifs de dilatation choisis et gestion des mouvements :

À partir de la course maximale du joint du tablier, on détermine le type d'appareil de dilatation (3 types avec ouvertures de 300 mm, 600 mm et 1200 mm, respectivement). Par conséquent :

Joint A Ap. de dilatation 1200 mm ;

Joint B Ap. de dilatation 600 mm ;

Les facteurs à prendre en compte sous deux aspects fondamentaux sont les suivants :

a) Configuration du joint du tablier

b) Réglage de l'appareil de dilatation avant son installation.

a) Configuration du joint du tablier

À la fin du processus constructif, le joint de séparation des tabliers doit correspondre à la dimension qu'il devrait avoir en fonction de la température au moment de sa réalisation finale.

Joint A :

Comme il a été déjà dit, ce joint de tablier d'une course maximale de 637 mm nécessitera l'installation d'un appareil de dilatation d'une longueur de 1200 mm (ouverture maximale entre la contre-aiguille et l'aiguille de l'appareil). Ce type d'appareil a besoin que l'ouverture minimale du joint du tablier soit de 190 mm pour accueillir les dispositifs de l'appareil de dilatation. Par conséquent, la contraction maximale du joint du tablier (température maximale 48 degrés et t = 0) devrait être ≥ à : 190 + 89 = 279 mm (89 mm correspondants à l'effort de freinage).

Joint B :

Dans ce cas, la course totale du joint est de 591 mm, par conséquent, il sera nécessaire d'installer un appareil de dilatation dont la course est de 600 mm (course maximale entre la contre-aiguille et l'aiguille de l'appareil). Ce type d'appareil a besoin que l'ouverture minimale du joint du tablier soit de 94 mm pour accueillir les dispositifs de l'appareil de dilatation. Par conséquent, la contraction maximale du joint du tablier (température maximale 48 degrés et t = 0) devrait être ≥ à : 94 + 58 = 152 mm (58 mm correspondants à l'effort de freinage).

VI.5.3 Pose de l'appareil de dilatation

a) Réglage de l'ouverture du joint et incorporation de l'appareil de dilatation

L'incorporation de l'appareil de dilatation est réalisée voie par voie afin de conserver un accès possible au tunnel.
Le troisième rail et ses équipements présents sur la zone d'intervention sont déposés si nécessaire.
Les éclisses provisoires sont également déposées, les rails mannequins et les traverses évacués ainsi que le ballast.
Lorsque la zone est prête, les pièces composant l'appareil de dilatation sont acheminées à pied d'œuvre à l'aide d'une pelle rail/route et d'un plateau lorry lourd.

- **Distribution et montage** : Placement des 22 traverses monoblocs selon le plan de pose, en utilisant une pelle rail/route. Les traverses sont installées sur cales pour ajuster l'ouverture en desserrant les fixations.

- **Pose de la partie fer** : Les traverses pré-équipées en usine reçoivent directement la partie fer du rail, avec une ouverture initiale d'environ 150 mm (cote "a" de 5 mm). Un pré-serrage des fixations est effectué.

- **Réglage de l'ouverture du joint** : En prenant en compte la période froide lors de la pose de l'AD et la latitude du souffle du joint de dilatation de l'ouvrage de +/- 80mm soit une variation de 160mm, nous préconisons un réglage de l'ouverture du joint de l'AD entre 150mm et 200mm (cote ''a'' de 5 à 30mm), après accord du Maitre d'œuvre.

- **Mesure et ajustement** : Après réglage, la partie fer est mesurée et les antennes sont tronçonnées, en veillant à brûler les joints.

- **Montage final** : Installation des contre-rails et autres dispositifs selon le plan de pose. Une fois l'ouverture validée, le réglage final est effectué avec les points de référence de la polygonale.

b) Bétonnage de l'appareil de dilatation

Les 6m3 nécessaires au calage définitif de l'AD sont acheminés à l'aide du VMS équipé de son malaxeur. Dans le cas où le VMS ne serait plus disponible, cette opération serait exécutée à la pelle rail / route équipée d'une benne preneuse.

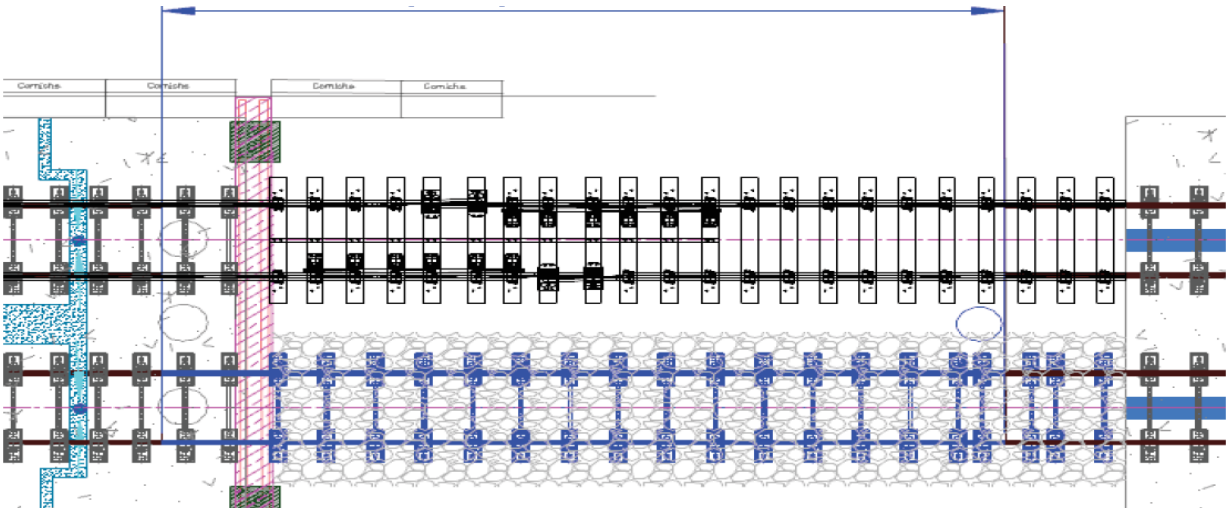
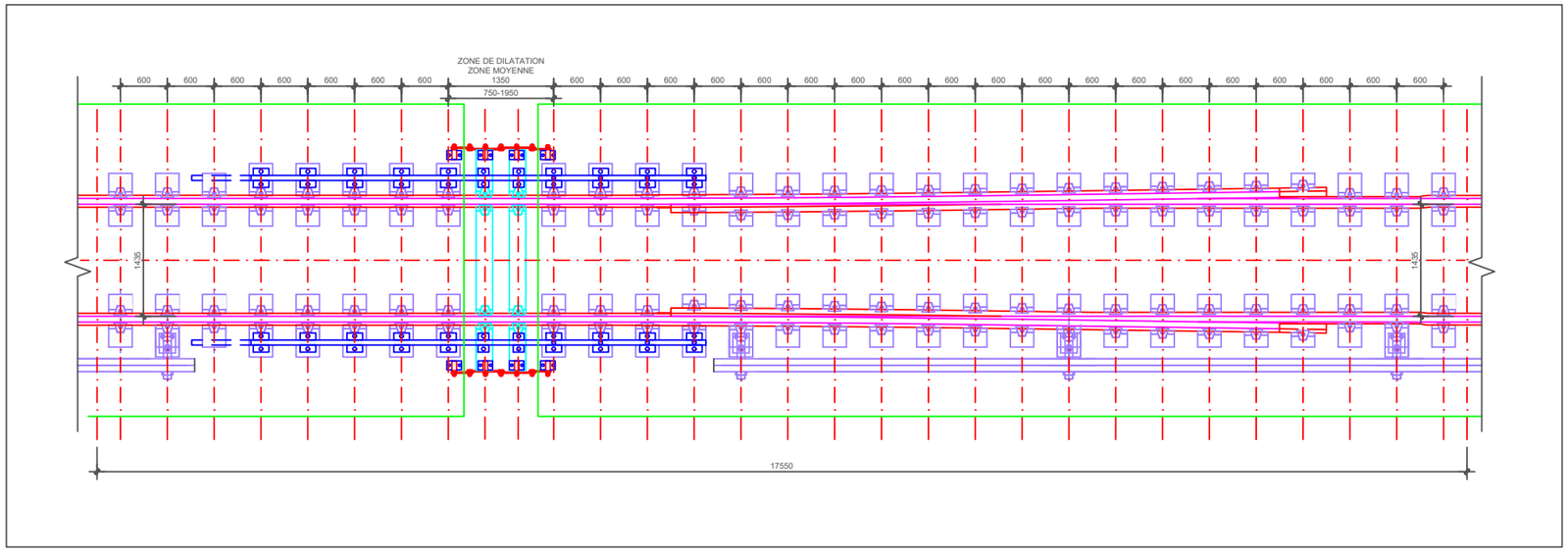


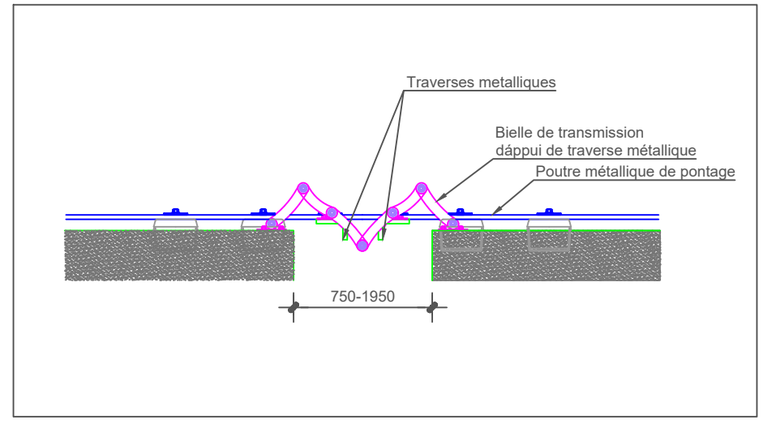
Figure VI-11 : Coupons provisoires de 13 m

Dans le détail de bétonnage de toute la voie on opte pour le principe de la dalle flottante qui vise à découpler la structure de la voie en béton des dilatations excessives du viaduc. Pour garantir cette indépendance, on l'isole via une couche spécifique isolante , généralement composée de matériaux absorbants et afin de maîtriser la dilatation de la voie en béton elle-même et éviter des contraintes mécaniques non souhaitées, des joints de dilatation sont implantés stratégiquement selon les besoins du tracé et les sollicitations thermiques ou mécaniques de la structure.

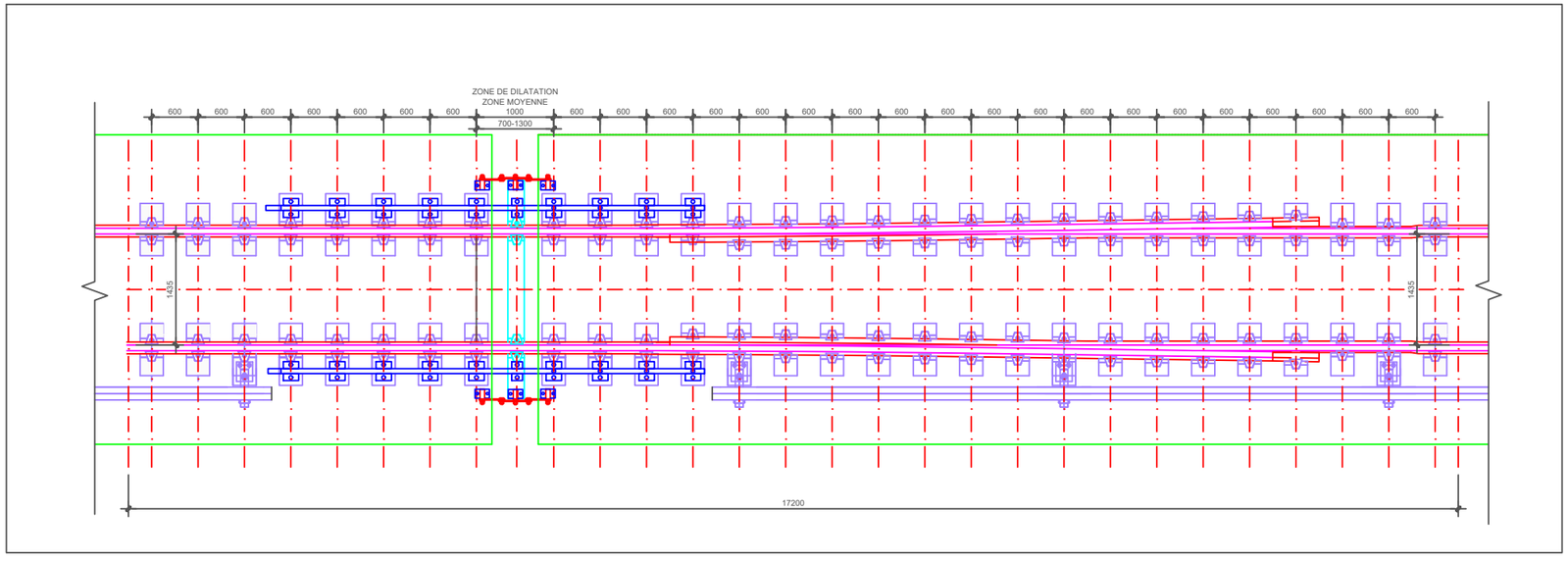


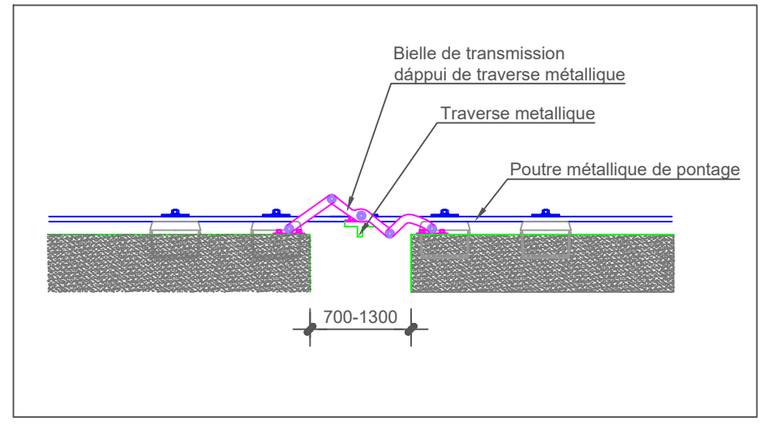
Figure VI-12 : la dalle flottante et l'implantation des joints de dilatation





APPAREIL DE DILATATION 600 mm





APPAREIL DE DILATATION 1200 mm

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
École Nationale Superieur Des Travaux Publics
Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude en APD du système voie pour l'extension du Métro d'Alger: Ain naadja-Beraki	MIHOUBI BENRABAH	RAMDANE Ismail KATEB Adel	1/25	4	2024/2025

VII. SYSTEME DE POSE DE LA VOIE

Introduction :

Après avoir abordé les généralités de la pose de voie sans ballast dans le premier chapitre, ce nouveau volet se concentre sur l'étude comparative des différentes méthodes de pose afin de déterminer la solution la plus adaptée aux exigences du projet.

En s'appuyant sur une analyse multicritères, on vise à éclairer le choix stratégique du système de pose, garantissant à la fois performance, durabilité et optimisation des coûts.

VII.1 Classification de pose de voie sans ballast :

Ce tableau illustre les différents systèmes de pose de voie utilisés dans les métros, en mettant en avant les technologies de dalle béton monolithique et leurs variantes spécifiques.

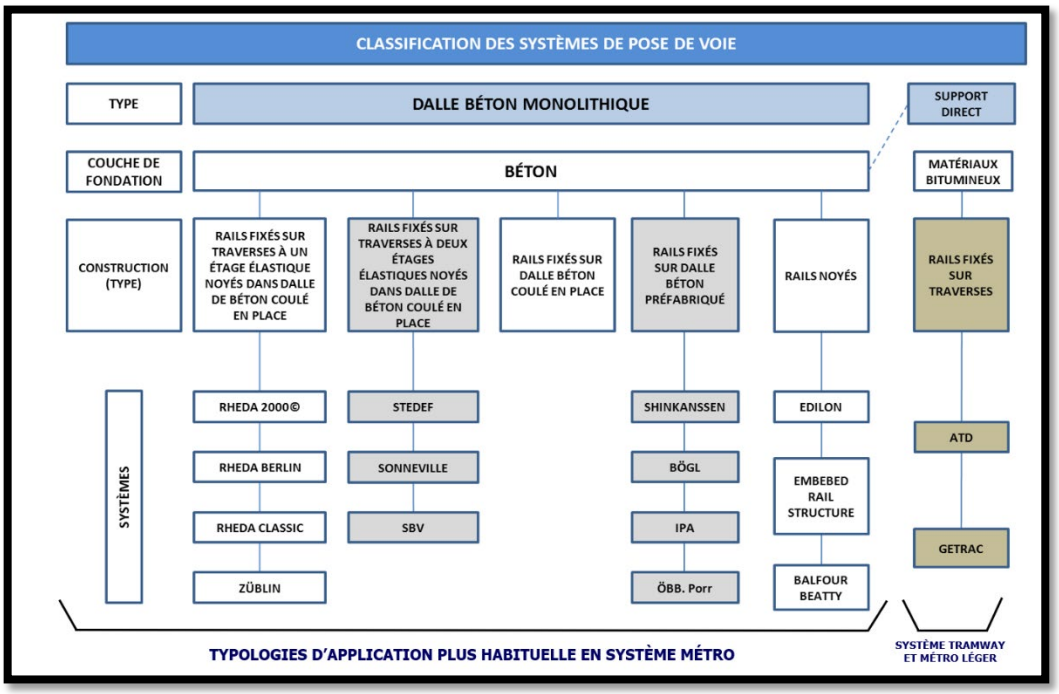


Figure VII-1: Classification des systèmes de voie

VII.2 Objet de notre analyse :

Dans le cadre de notre projet, nous allons nous intéresser en particulier celles impliquant des rails fixés sur traverses à deux étages élastiques, noyés dans une dalle de béton coulée en place, c'est le type de construction adopté sur les premières lignes de métro.

C'est un systèmes de pose de voie avec deux étages élastiques:

- 1ère Placé dans la zone de contact entre le rail/fixation et la traverse.
- 2ème Placé entre la traverse et la dalle en béton.

VII.3 Présentation Comparée des Deux Types de Systèmes de Pose

Les systèmes que nous allons analyser sont :

- **STEDEF** : système utilisé sur l'ancienne ligne.
- **Sonneville** : système proposé dans l'Avant-Projet Définitif (APD).

VII.3.1 STEDEF :

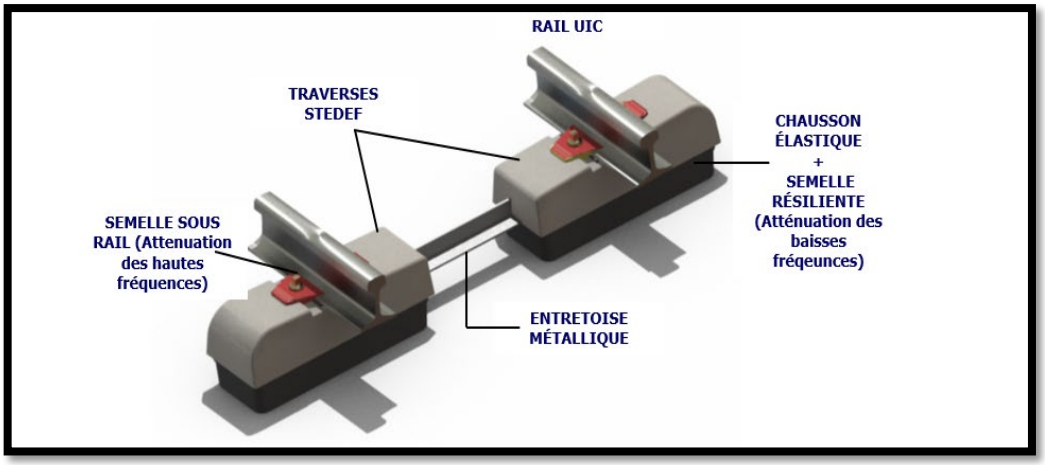


Figure VII-2: Système de pose STEDEF

Tableau VII-1: Avantages/Inconvénients du système de pose STEDEF

Avantages	Inconvénients
▪ Rendements d'exécution élevés. ▪ Entretoise transversale + traverses préfabriquées → Précision de l'écartement de la voie. ▪ Coûts de réalisation et d'entretien. ▪ Système utilisé sur la Ligne 1 → Expérience + Stock matériel	▪ Entretoise transversale→ Ne favorise pas les conditions d'évacuation des usagers ou la circulation des véhicules routières d'émergence

VII.3.1 Système Bloc Indépendant Noyé en Béton (Sonneville) :

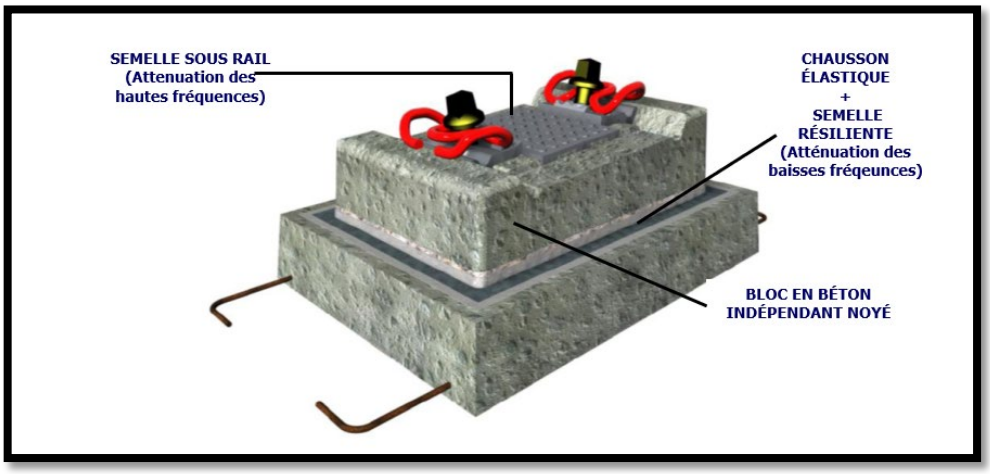


Figure VII-3: Système de pose Sonneville (LVT)

Tableau VII-2:Avantages/Inconvénients du système de pose LVT

Avantages	Inconvénients
• Rendements d'exécution élevés. • Traverses préfabriquées + méthode d'exécution → Précision de la géométrie de voie. • Isolement électrique très haut. • Coûts de réalisation et d'entretien. • Conditions d'évacuation des usagers plus favorable.	• Le niveau de précision atteint pendant l'installation par le système STEDEF (entretoise métallique) est plus haut que ce du système de bloc indépendant noyé en béton.

VII.4 Analyse multicritère :

VII.4.1 Critères et attribution des poids :

Tableau VII-3: Critères et coefficients de pondérations pour l'analyse multicritère

Critères	Coefficient de pondération
Investissement d'exécution	0.2
Rendements d'exécution et résultat	0.1
Maintenance / Durabilité	0.2
Capacité d'isolement électrique	0.1
Atténuation de bruits et vibrations	0.2
Expérience de l'EMA avec la technologie	0.1
Conditions pour la transibilité par la voie	0.1

VII.4.2 Attribution des points et normalisation :

Tableau VII-4: Ponctuation pour l'analyse multicritère

Technologie de pose / Critères	STEDEF	Sonneville
Investissement d'exécution	4	4
Rendements d'exécution et résultat	4	3
Maintenance / Durabilité	3	3
Capacité d'isolement électrique	3	4
Atténuation de bruits et vibrations	3	3
Expérience de l'EMA avec la technologie	4	2
Conditions pour la transibilité par la voie	2	3
PONCTUATION	**23**	**22**

Tableau VII-5: Ponctuation normalisée selon poids attribués

Technologie de pose / Critères	STEDEF	Sonneville
Investissement d'exécution	0.8	0.8
Rendements d'exécution et résultat	0.4	0.3
Maintenance / Durabilité	0.6	0.6
Capacité d'isolement électrique	0.3	0.4
Atténuation de bruits et vibrations	0.6	0.6
Expérience de l'EMA avec la technologie	0.4	0.2
Conditions pour la transibilité par la voie	0.2	0.3
PONCTUATION	**0.66**	**0.64**

Conclusion :

Selon la ponctuation, le système de pose « **STEDEF** » sera privilégié. Cette technologie, déjà employée sur l'ancienne ligne, garantira la continuité tout en facilitant la mise en œuvre, grâce à l'expérience accumulée

VIII. SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

Introduction :

Après avoir choisi le système de pose que nous allons considérer pour notre projet, nous allons maintenant identifier la superstructure de la voie ainsi que les composantes du tracé.

Le système de pose STEDEF, comme mentionné en dessus considère une structuration comme suit :

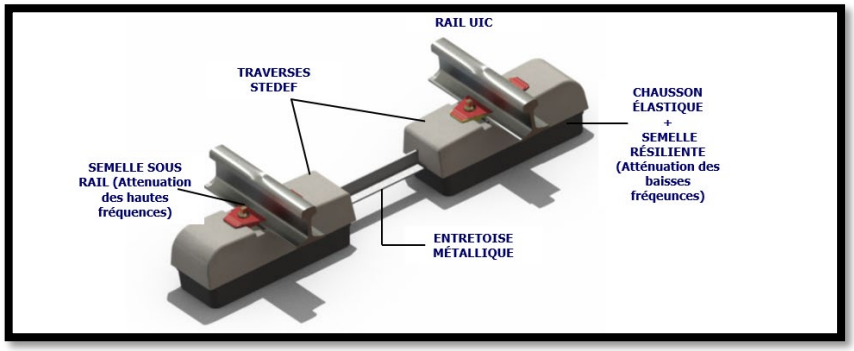


Figure VIII-1: Système de pose STEDEF

VIII.1 Rail :

Pour la première ligne de métro d'Alger, actuellement en service, le rail employé est de type UIC 60 E1. Dans le cadre de son extension, nous préconisons de conserver le même profil de rail (UIC 60 E1) afin d'assurer une parfaite continuité technique et fonctionnelle avec le réseau existant.

❖ Choix de la nuance du Rail :

Le choix de la nuance du rail influe directement sur le confort de roulement et la maintenance. Il doit équilibrer investissement initial et durabilité face à l'usure, particulièrement en courbe, où le contact roue/rail est plus intense. La recommandation UIC 721 propose un critère basé sur le rayon de courbure et la charge transportée, en lien avec la norme EN 13674-1.

Selon l'étude de trafic d'après l'APS :

Tableau VIII-1: Prévision de trafic

Jour	N° Jours/an	N° Trains par jour	Poids moyen par train	Poids transporté par an
Jours ouvrables	250	125	280.000	8.750.000.000
Vendredi	52	62	260.000	838.240.000
Samedi	52	87	260.000	1.176.240.000
Jours fériés	11	62	260.000	177.320.000
TOTAL	365	336		**10.941.800.000**

Le diagramme proposé ci-après, extrait de la norme UIC 721, indique les circonstances dans lesquelles utiliser un rail de nuance normale ou bien un rail dur.

Selon le listing du tracé, on a le Rayon minimale vaut **325m ;**

Selon l'étude du trafic, le poids transporté par an est de **10 MT (millions de tonnes)** ;

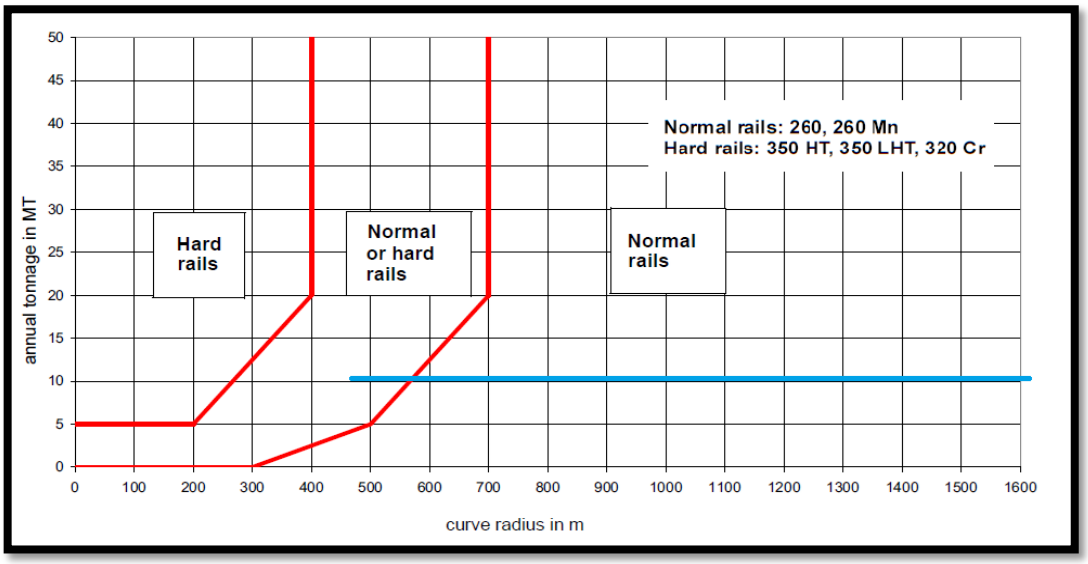


Figure VIII-2: Indications sur l'utilisation des nuances des rails selon UIC 721

Le cadre ci-après définit les caractéristiques des différents degrés des aciers utilisés pour l'exécution des rails, conformément à la norme EN 13674-1.

Tableau VIII-2: Caractéristiques des degrés des aciers utilisés pour les rails selon EN 13674-1

Degré de l'acier		Rang de dureté (HBW)	Résistance à la traction Rm min (MPa)
Désignation de l'acier	Numéro de l'acier		
R200	1 0521	200 à 400	680
R220	1 0524	220 à 260	770
R260	1 0623	260 à 300	880
R260Mn	1 0624	260 à 300	880
R320Cr	1 0915	320 à 360	1080
R350HT	1 0631	350 à 390b	1175
R350LHT	1 0632	350 à 390b	1175
R370CrHT	1 0992	370 à 410	1280
R400HT	1 11254	400 à 440	1280

Conformément aux recommandations de la norme UIC 721 et pour les volumes de trafic prévus, il est possible d'utiliser un rail de dureté normale jusqu'à des courbes d'un rayon 550 et au-delà de cette valeur, on peut considérer une dureté normale ou supérieure.

Conformément à ce qui précède, on propose l'utilisation des types de rail UIC 60 E1 quant à leur résistance à la traction et dureté :

a. Tronçons droits et Rayon > 550 m →**Rail R260** avec résistance à la traction de 880 MPa et dureté de 260 à 300 HBW.
b. Tronçons Rayon ≤ 550 m →**Rail R350HT** avec résistance à la traction de 1175 MPa et dureté de 350 à 390 HBW.

Note : Le soudage entre les deux types de rail (R260 et R350HT) sera réalisé au moyen du soudage correspondant au type d'acier du rail R350HT.

Schéma transversale du Rail UIC60 E1 :

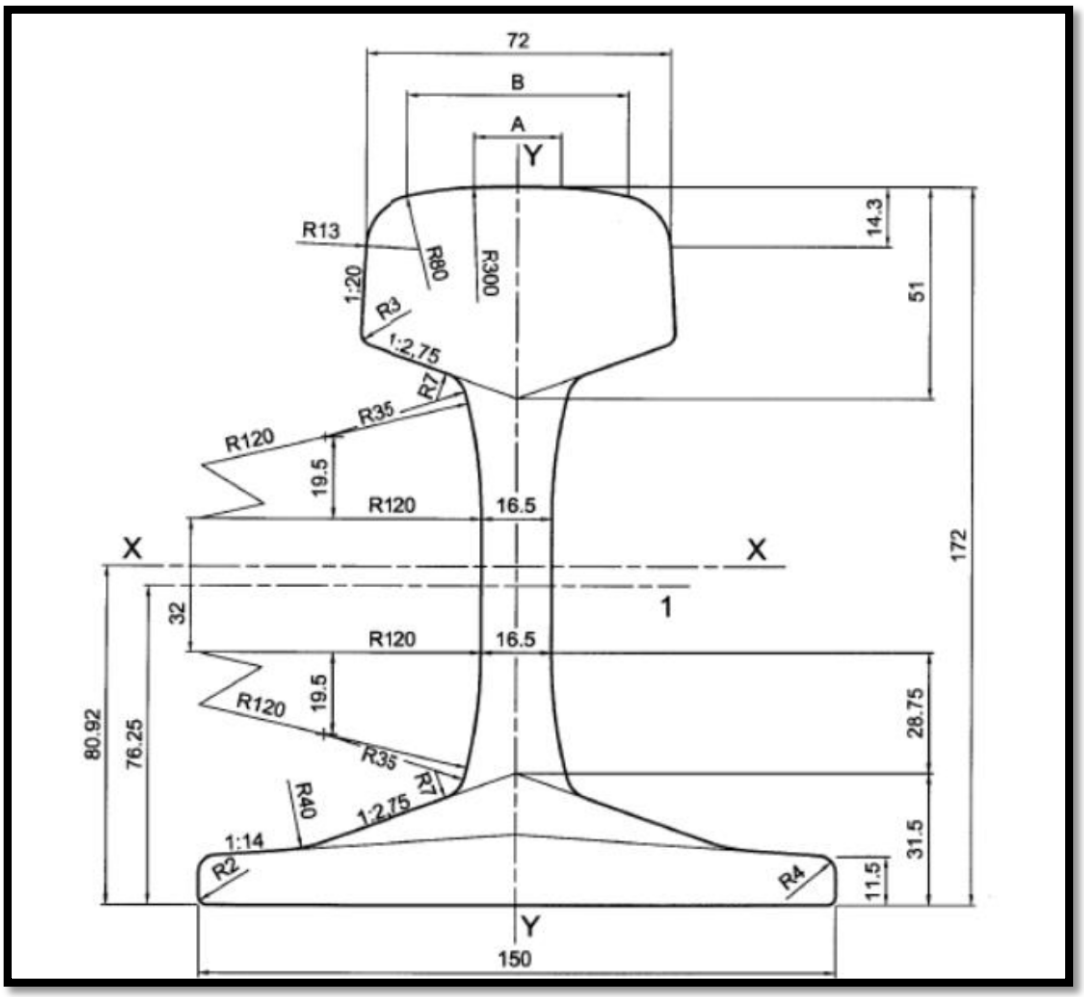


Figure VIII-3: Schéma transversale du Rail UIC60 E1

Tableau VIII-3: Caractéristiques du Rail UIC60 E1

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES RAIL UIC 60 E1							
Poids rail **(kg/m)**	Hauteur rail **(mm)**	Largeur tête rail **(mm)**	Épaisseur âme rail **(mm)**	Largeur patin du rail **(mm)**	Moment d´inertie vertical **(cm4)**	Moment d´inertie horizontal **(cm4)**	Résistivité électrique **(microohm.cm)**
60.21	172	72	16.5	150	3038.3	512.3	24.3

VIII.2 Systèmes de fixation de rail :

Le système de fixation est nécessaire, entre autres, pour atténuer les vibrations et le bruit transmis à travers du rail par le passage du train et à réduire aussi bien la rigidité de la voie que l'impact sur la structure de la voie

Pour cela on utilise la fixation de type « Nabla » maintenue par des boulons tirefonds pour attacher les rails aux blochets telle que sur l'ancienne ligne.

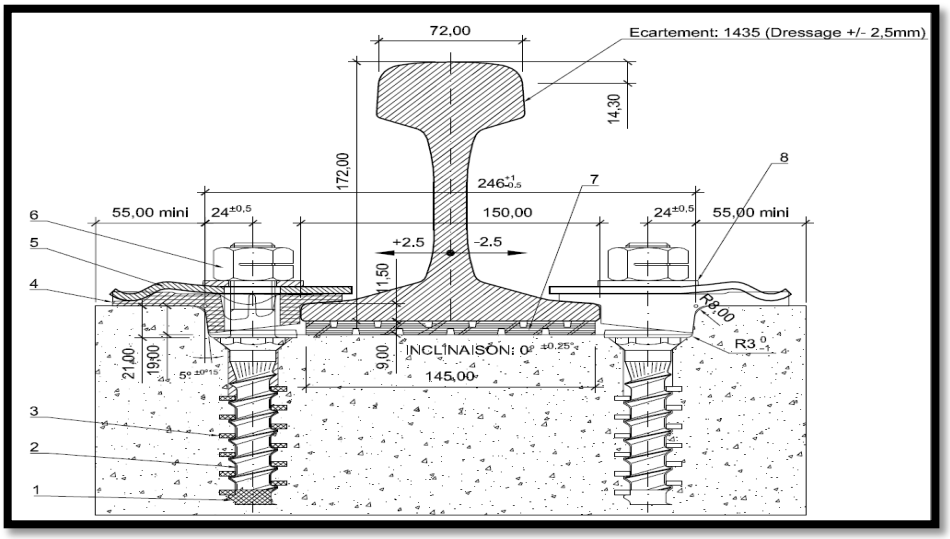


Figure VIII-4: Détails de l'attache NABLA

Tableau VIII-4: Identification du système d'attache NABLA

N°	Elément
1	Résine type époxy pour application sur la boulonnerie métallique
2	Goujon tirefond
3	Garniture hélicoïdale
4	Butée isolante Nabla
5	Attache Nabla
6	Ecrou fende
7	Semelle cannelée caoutchouc
8	Rondelle plate

VIII.3 Traverses :

Le système de pose STEDEF admet des traverses en béton, précisément une traverse bibloc formées de deux blocs de béton « les blochets », reliés par une entretoise métallique, qui absorbe les efforts en milieu de traverse.

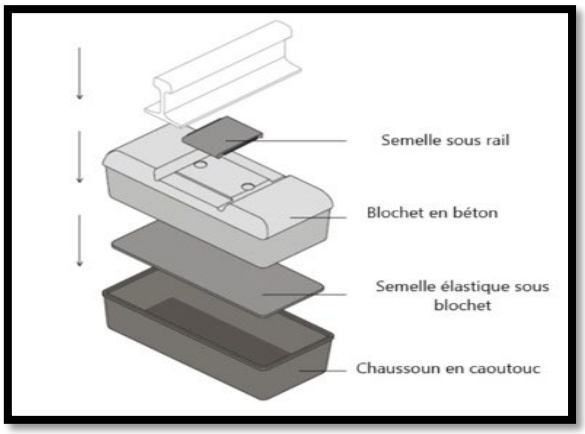


Figure VIII-5:Détails d'un bloc de la traverse bi-bloc du système "STEDEF"

a) Semelle sous Rail :

- Protège le système des influences des hautes fréquences.
- Réduira la fatigue sur le blochet en béton provoqué par les impacts et les vibrations dus aux passages de trains.
- Empêche l'abrasion et l'usure du blochet sous le patin de rail.

b) Semelle sous Blochet :

- Protège le système des influences des basses fréquences et par conséquent, remplacent la fonctionnalité du ballast de la voie conventionnelle.
- facilite également la répartition des charges verticales vers le béton.

c) Blochets en béton :

- Il s'agit de blochets en béton renforcé avec entretoise métallique entre eux. Sa fonction principale dans le système est celle de supporter toutes les fonctions nécessaires à la voie.
- L'installation du rail de courant se fera directement sur la traverse, afin d'atteindre la plus haute précision géométrique par rapport au système de voie

d) Chausson élastique :

- L'insertion d'un chausson en caoutchouc fournit une élasticité horizontale supplémentaire.
- En plus, la morphologie spéciale des murs latéraux du chausson en caoutchouc permet une déflection libre du bloc en direction verticale.

IX. ETUDE VIBRATIONS/BRUITS

Introduction :

Les réseaux de transport urbain, en particulier les métros, sont essentiels à la mobilité moderne, mais ils présentent des défis techniques liés aux nuisances sonores et aux vibrations. Ces phénomènes, bien que souvent invisibles, ont des impacts significatifs sur le confort des usagers, la durabilité des infrastructures et la qualité de vie des riverains.

Ce chapitre mérite une analyse profonde par l'incidence que le choix d'un système de pose de voie introduit sur ces composants et par le fort impact qu'ils ont sur l'environnement.

Le système ferroviaire est basé sur le principe de guidage réalisé par l´ensemble rail - roue. L'exploitation du métro génère des vibrations et du bruit, dus fondamentalement aux facteurs suivants :

- Traction et aérodynamique du matériel roulant
- Contact entre la roue et le rail
- Caractéristiques spécifiques de chaque projet/tracé

Les bruits produits par :

a) Traction et aérodynamique du matériel roulant :

Elle est intrinsèque au type de MRO en opération. Il s'agit concrètement, du CAF modèle C-8000. Toutes les marques commerciales ont pris conscience de l'importance de réduire le bruit de fonctionnement et la tendance est celle de réduire le niveau de pression acoustique produit par les engins.

Au niveau de la présente étude, les efforts seront dirigés à réduire les effets produits dans les édifications avoisinantes.

b) Contact entre la roue et le rail :

C'est la génératrice initiale des tensions qui sont la source d'une partie des bruits et des vibrations transmises par le système à l'environnement. La perception des oscillations supérieures à 25 Hz peut être perçues avec le corps comme des vibrations ou bien comme des bruits. Les oscillations inférieures à 25 Hz sont toujours perçues comme des vibrations. On devra différencier entre le bruit produit par le contact fer-fer présent dans des conditions normales d'opération, et celui qui est conséquence d'anomalies présentes dans le rail telles que l'usure ondulatoire, la présence de joints de soudure ou la perte de propriétés des éléments élastiques de la voie.

- **Usure ondulatoire** : c'est un phénomène qui apparaît sur la tête du rail et qui provoque une usure progressive sur certaines zones de la surface de roulement. Cette anomalie augmentera le niveau de bruit produit au passage du train. L'origine de cette anomalie est difficile à déterminer, il peut être provoqué par une géométrie imprécise, un défaut du matériel en combinaison avec le roulement du train, un défaut dans le laminage ou bien par la combinaison de tous. Un contrôle exhaustif de la géométrie pendant la mise en œuvre de la voie ainsi que la mise en place d'un plan de maintenance correctif adéquat (si le phénomène apparait), auront une forte incidence positive sur ce facteur.



Figure IX-1: Usure ondulatoire

La présence de joints de soudure pourrait provoquer des bruits par l'impact entre la roue et le rail au passage du train. La continuité entre rails et l'absence de joints de soudure seront garantis par une correcte soudure des rails en suivant le procédé décrit dans le chapitre précédant et suivant la norme.

Remarque : Afin d'éviter l'apparition de défauts ondulatoires, le meulage du nouveau rail devra être réalisé avant la mise en exploitation. De cette façon, on supprime les éventuels dommages issus de la mise en œuvre, ainsi que les petits défauts de montage, inclinaison du rail, oxydation superficielle, homogénéisation du roulement dans les soudures du rail, etc.

Toute anomalie produira aussi des vibrations qui, à la fois, génèrent des bruits amplifiés par la présence des éléments métalliques. Donc, toute mesure visant à atténuer les vibrations aura une incidence positive sur le niveau de bruit.

c) Caractéristiques spécifiques de chaque projet/tracé :

Le troisième facteur qui devra être considéré dans ce chapitre est le tracé de la ligne. Des facteurs tels que le rayon minimum de courbure, la vitesse d'exploitation, les tronçons souterrains et à la surface, l'emplacement des stations, ainsi que l'environnement du déroulement de la ligne auront de l´influence sur le niveau de bruit produit pendant l'exploitation.

IX.1 Comportement du système de pose de voie face aux vibrations et aux bruits :

Le système de pose STEDEF apporte un **double niveau d'élasticité** à deux étages séparés par une masse intermédiaire en obtenant des très hauts niveaux d'atténuation des vibrations. L'introduction d'une **semelle élastique entre le blochet indépendant et la dalle en béton** permet de répartir les charges, et d'un autre coté, de réduire les influences des basses fréquences. En revanche, la semelle se trouvant sous le rail protégera le système des influences des hautes fréquences.

Tant l'épaisseur de cette dernière semelle sous rail, que le matériel composant la semelle entre le bloc et le chausson élastique, varieront en fonction du niveau d'amortissement et d'atténuation de bruits et de vibrations requis.

L'insertion d'un chausson en caoutchouc fournit une élasticité horizontale supplémentaire. En plus, la morphologie spéciale des murs latéraux du chausson en caoutchouc permet une déflection libre du blochet en direction verticale.

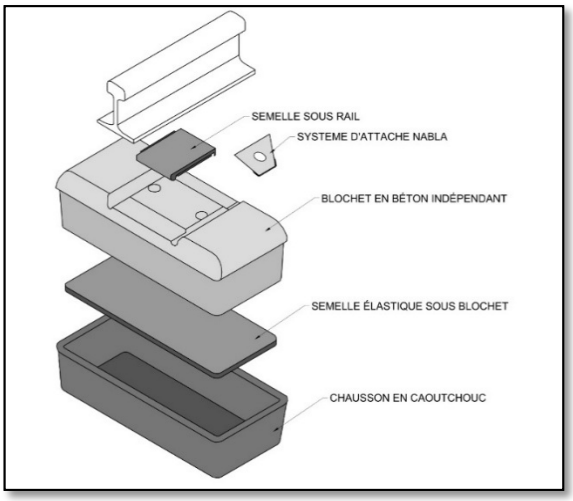


Figure IX-2: Système de pose STEDEF

IX.2 Mesures supplémentaires d'atténuation du bruit et des vibrations :

Le besoin d'adopter des mesures exceptionnelles d'atténuation de bruits et/ou des vibrations dans le présent projet viendra défini en considérant la distance des façades. Le tracé a été classifié, par rapport au niveau d'atténuation requis, comme il suit :

Tableau IX-1: Classement de la pose de voie en considérant les atténuations requises

Niveau	Besoin d'atténuation	Distance à façades
0	< 10 dB	>12 m
1 (Transition)	Progressive 10-20 dB	7-12 m
2	> 20 dB	<7 m

Sur notre tracé on ne demande une adoption de mesures spécial d'atténuations de bruit ou de vibrations que sur la zone comprise entre les PK 1+605 (sortie du tracé en surface) et le PK 1+873 (début de la Station Ain Naadja Gare),

Par la présence, dans cette zone, d'une **zone industrielle très proche**. Notamment la distance par rapport aux façades est **inférieure à 7 mètres.**

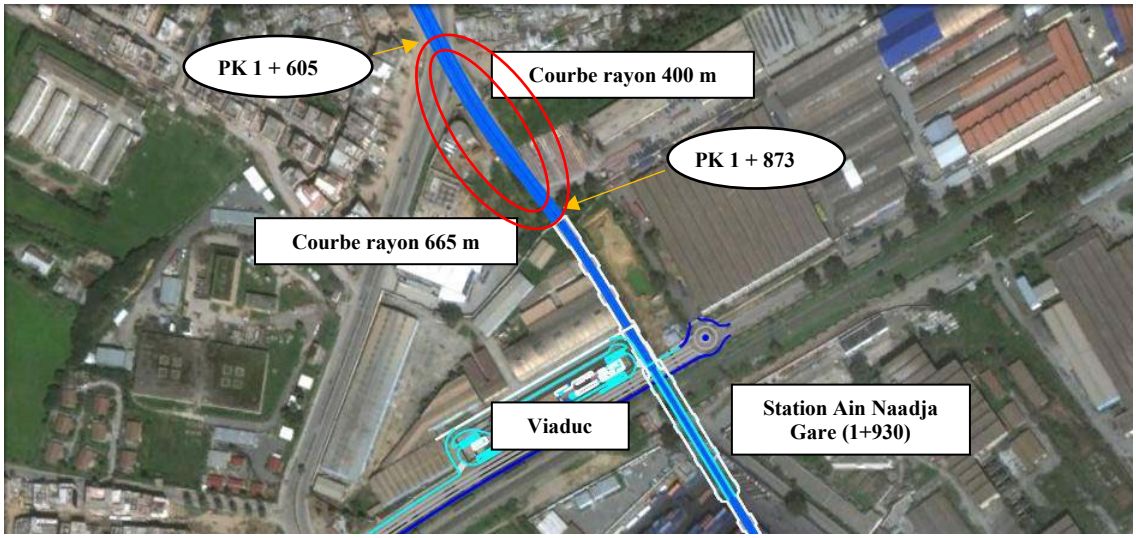


Figure IX-3: Zone sortie en surface - atténuations spécial -

Par conséquent, il est fortement conseillé de considérer des mesures d'atténuation exceptionnelles des bruits et des vibrations dans cette zone, aussi bien sur la source d'émission que sur les effets produits.

IX.2.1 Protection contre vibrations :

On propose un type de pose de voie à plusieurs niveaux d'atténuation :

1. **Pose de voie Niveau 0 (STEDEF Standard)** : De façon générale, on utilisera le système STEDEF Standard avec une semelle élastique sous blochet de 12 mm d'épaisseur.
2. **Pose de voie Niveau 1** : Pose anti-vibratile d'atténuation 10dB. Cette atténuation est obtenue par la disposition d'une semelle anti-vibratile d'une épaisseur que variera de manière progressive entre les 12 mm, propres des semelles installées dans les blochets STEDEF standard, et les 18 mm des semelles dans les blochets STEDEF HA.

3. **Pose de voie Niveau 2 (STEDEF HA)** : L'utilisation de ce type de voie pour des exigences d'atténuation plus élevées. Dans ce cas, la semelle élastique sous blochet en caoutchouc sera plus épaisse (18 mm) d'un matériel plus tendre et le blochet aura des plus grandes dimensions et sera plus massif. Ce type de pose de voie aura une fréquence naturelle de moins de 30 Hz.

   Note : cette valeur de 30Hz est comparable aux systèmes de dalles flottantes.

Le passage du système de voie STEDEF standard au système STEDEF HA et vice-versa, demandera un tronçon de transition. On propose la pose de voie "**niveau 1**", qui permettra de réaliser une transition des coefficients d'élasticité.

Les caractéristiques des semelles sous blochet seront établies de façon à obtenir une transition progressive entre les deux systèmes. Par conséquent, l´épaisseur de celles-ci variera progressivement dans toute cette longueur jusqu´à atteindre la valeur des 18 mm propres semelles sous blochet STEDEF HA à partir de l'épaisseur de la semelle sous blochet du STEDEF Standard.

La longueur de transition proposée sera de 20 mètres, considéré comme un tronçon suffisant pour garantir une bonne transition.

IX.2.2 Mesures de protection acoustique :

En plus de l'atténuation des vibrations décrites dans la section précédente, il est nécessaire d'installer des mesures de protection acoustique de cette zone du fait de la proximité des façades des immeubles. Dans ce cas concret, il convient de souligner également deux facteurs à considérer :

- Une voie construite sur un viaduc produira un bruit ambiant très important, aussi bien pour les bâtiments environnants que pour les constructions situées à une plus grande distance. Les facteurs d'atténuation sonore habituels, tels que l'absorption assurée par le sol, jouent alors un rôle inférieur.

- La présence de la station Ain Naadja Gare provoquera que le métro effectue un arrêt et sa vitesse, donc, se voie réduite au moment de l´approximation, et expérimentera une accélération à la sortie. Les deux cas provoqueront une augmentation du niveau de bruit.

Donc, comme deuxième mesure supplémentaire pour diminuer les effets du bruit sur les édifications avoisinantes, il est fortement conseillé d´installer des **écrans anti-bruit** entre les PK 1+605 (sortie du tracé en surface) et le PK 1+873 (Début Station Ain Naadja Gare).

Les dimensions de l´écran seront le résultat de l´étude d´évaluation acoustique détaillée. Les paramètres principaux à tenir en compte sont les suivants :

- Type et intensité du bruit à diminuer.
- Distance de l´émetteur du bruit jusqu´à l´écran.
- Différence de cote entre l´émetteur et l´élément à protéger (les bâtiments)
- Matériau de l´écran acoustique.

Un aspect fondamental dans le choix du type d'écran est sa compatibilité esthétique dans l'entourage du tracé et essentiellement avec l'architecture extérieure de la future station Ain

Naadja Gare. Il faut tenir compte du fait que ce dernier élément est la référence emblématique de ce tronçon de métro, qui est à son tour intégré dans l'échangeur ferroviaire et routier (bus, taxis, véhicules privés…).

Compte tenu des conditions précédentes, la solution qui nous semble la plus raisonnable est l'**utilisation d'écrans acoustiques en méthacrylate** permettant la transmission visuelle et la suppression du conflit entre la surface opaque de l'écran et la voûte de la station.

Ce type d'écran possède également une caractéristique d'isolation acoustique très importante quand le récepteur de la source des sons est très proche, comme c'est le cas qui nous occupe.

Ce type d'écrans permet d'atteindre des indices d'isolation acoustique de DL_R=25-27 dB et des indices d'absorption de DL_α=12 dB.



Figure IX-4: écrans anti-bruit en méthacrylate

Conclusion :

En conclusion, la gestion du bruit et des vibrations dans les réseaux de métro est un enjeu crucial pour garantir la durabilité des infrastructures et le confort des usagers. L'application du système de pose STEDEF et des mesures complémentaires d'atténuation, telles que les semelles anti vibratiles et les écrans acoustiques, permet une réduction significative des nuisances.

X. COMPOSANTS DE LA VOIE

Introduction :

Un tracé ferroviaire contient plusieurs éléments essentiels (ADV, ADD, heurtoirs, Contre-Rails…) garantissant la connectivité et la sécurité du réseau, ainsi un fonctionnement fluide et optimisé de l'infrastructure ferroviaire.

X.1 Appareils de Voie :

Les appareils de voie sont des équipements installés sur la voie dont le profil n'est pas le même que celui de la voie générale : branchement, traverses, bretelles, appareils de dilatation, etc. Ils permettent soit un changement d'itinéraire ou le croisement de deux voies (branchements, traversées et communications).

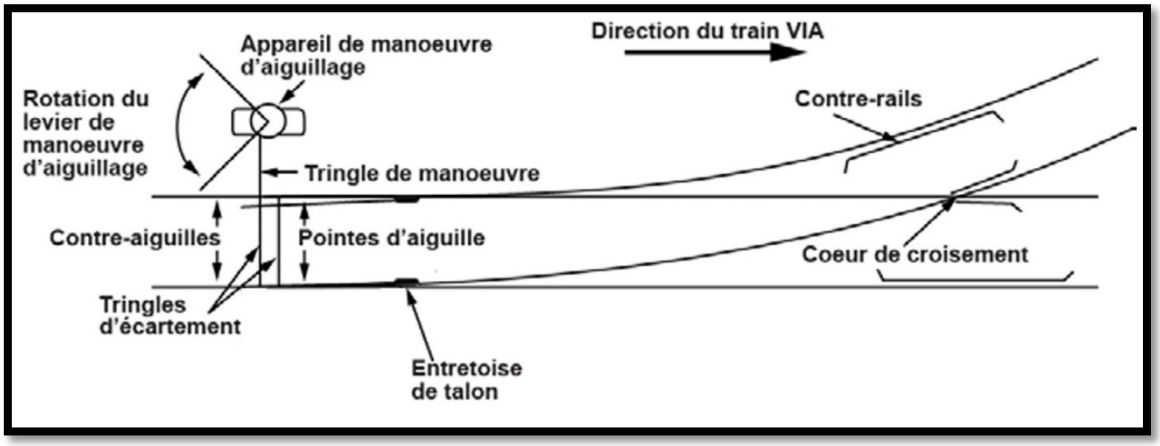


Figure X-1: Schéma Appareil de Voie

Pour notre tracé, on propose deux ADV type communications et un ADV type bretelle ;

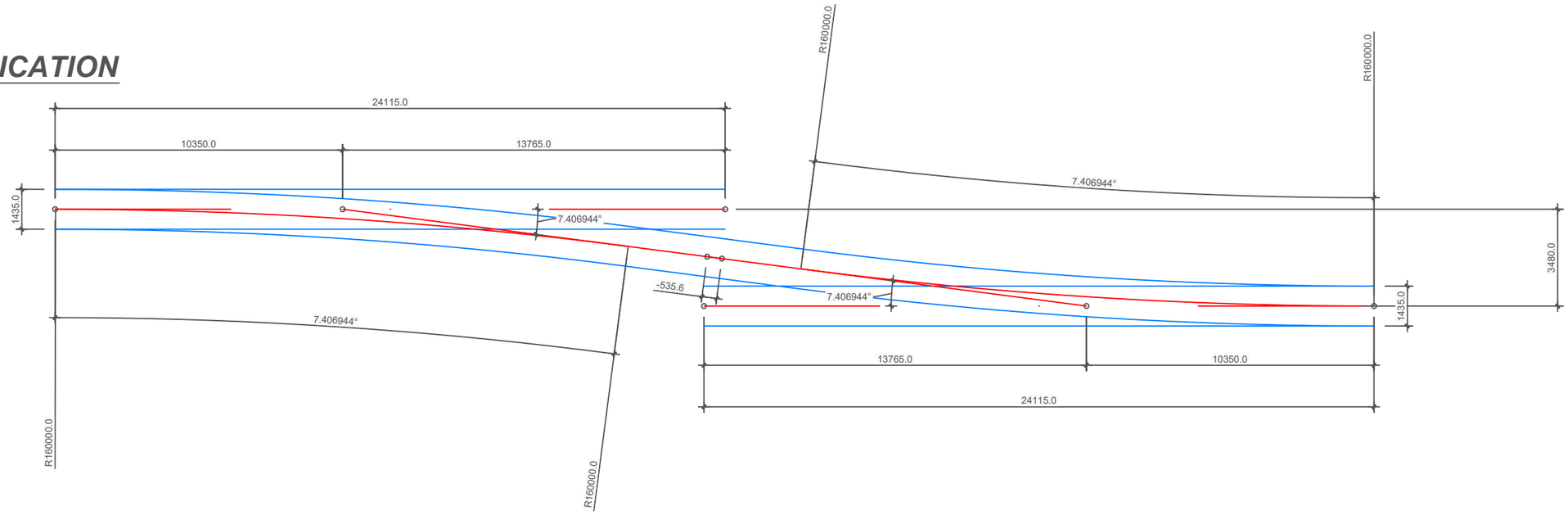
- Une communication à la sortie de la station Ain Naadja Gare
- Une communication à la sortie de la station Mohamed Belarbi
- Un bretelle à la sortie de la station Cité 2004

Tableau X-1: Caractéristiques des ADV

Type	Communication tg 0.13	Bretelle tg0.26
Entre axe (m)	3.48	3.48
Longueur totale (m)	47.7	47.7
Distance JCA-CM (m)	10.35	10.35
Distance CM-fin appareil (m)	13.765	/
Distance CM-Jonction (m)	/	13.384
Angle déviation	0.13	0.13
Rayon de branchement (m)	160	160

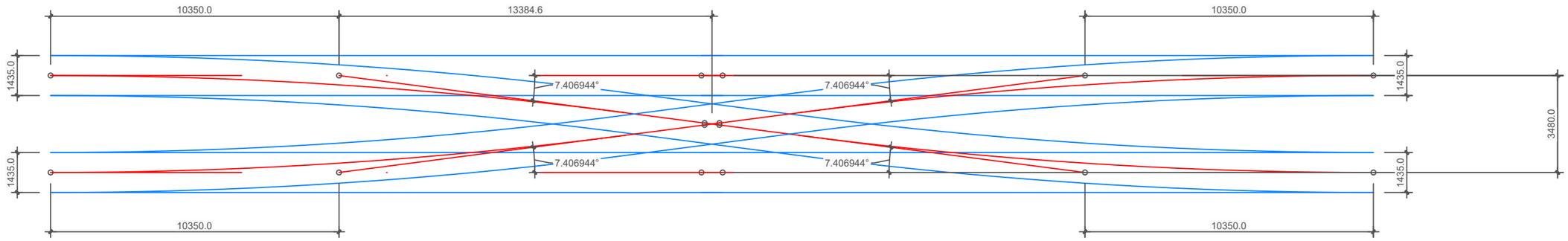
COMMUNICATION

Tg 0,13 R=160



BRETELLE

Tg 0,26 R=160



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
École Nationale Superieur Des Travaux Publics

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude en APD du système voie pour l'extension du Métro d'Alger: Ain naadja-Beraki	MIHOUBI BENRABAH	RAMDANE Ismail KATEB Adel		5	2024/2025

X.2 Contre Rails :

L´utilisation du contre rail est indiquée pour des situations de risque de déraillement causées par l´augmentation des efforts transversaux dus à la présence de points singuliers sur la voie, ou bien que le déraillement puisse provoquer des accidents ayant une forte probabilité de causer des dégâts.

Il est utilisé généralement dans :

- Ponts métalliques
- Courbes à rayon réduit
- Croisement des appareils de voie

Dans le cadre de notre extension, l'installation se fera exclusivement sur les appareils de voie.
La norme **EN 13674-3 :2006+A1 :2010** prévoit deux types de profils de contre-rail : la section en U et la section à aiguille. Le profil en **U**, largement adopté dans les systèmes ferroviaires, offre des conditions de sécurité optimales. Nous opterons donc pour cette solution.

Selon la norme, le contre-rail qui convient au type de rail UIC60 E1 c'est 33C1 ;

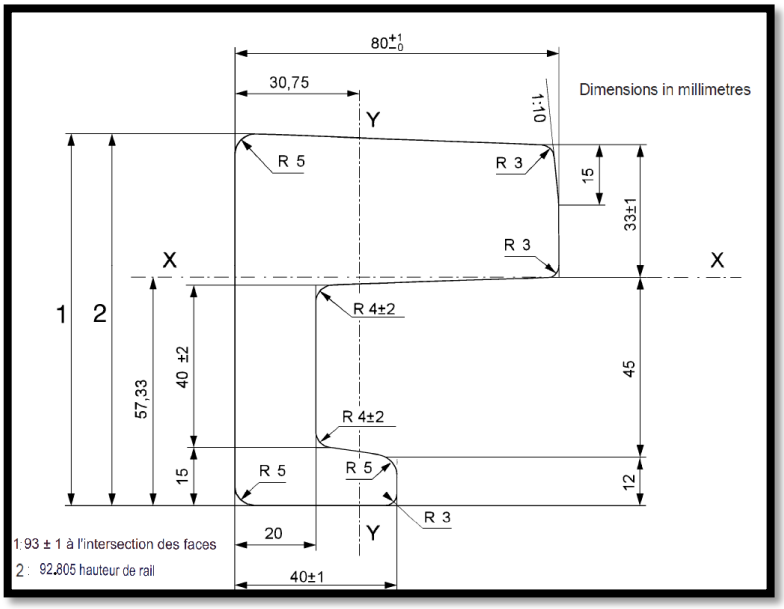


Figure X-2:Schéma du contre-rail type 33C1

X.3 Appareils de dilatation :

Détaillé dans le chapitre VI « Interaction Rail-Structure »

X.4 Heurtoirs :

Les heurtoirs sont des mécanismes capables d'arrêter le matériel roulant qui n'est pas capable de s'arrêter tout seul, mais se déplaçant à une très faible vitesse. Son installation est prévue sur les terminus de lignes et aux extrémités de fosses des ateliers.



Figure X-3: image heurtoir sur rail

L'installation est prévue sur les terminus de lignes et aux extrémités de fosses des ateliers.

En cas d'impact, le heurtoir aura deux objectifs principaux :

- Garantir le plus haut niveau de sécurité des voyageurs
- Provoquer le moins de dommage possible sur le matériel roulant et sur la voie.

Le choix du heurtoir plus approprié sera conditionné par trois facteurs principalement :

- Poids du matériel roulant
- Vitesse estimée d'impact
- Longueur de voie disponible pour l'installation

Tableau X-2: Table des caractéristiques des différents types de heurtoirs de friction

Masse totale (t)	**Heurtoir recommandé**	**Vitesse (km/h)**	**Vitesse (km/h)**			**Vitesse (km/h)**		**Vitesse (km/h)**
		5 km/h	**10 km/h**			**15 km/h**		**20 km/h**
MAX 500 t	Type	A	B	C	D	E	F	G
	Prestation [kJ/m]:	160	240	320	400	400	720	720
	Max. 100t Prestation en 5 m de parcours de freinage [kJ]:	800	1200	1600	2000	2000	3600	3600
	Parcours de freinage[m]:	3,1	8,5	6,2	4,9	12,1	6,8	12,5
	Longueur de voie nécessaire [m] [1]):	5,1	10,5	8,4	7,1	14,3	10	15,7
	Force maximale d'impact dans le véhicule [kN]:	240	360	480	600	600	1080	1080

Afin de garantir au maximum la sécurité, et en considérant la disponibilité de l'espace pour son installation, un heurtoir de friction sur rails du type E ou F sera proposé, capable d'arrêter le métro avec une vitesse maximale de 15 km/h, avec une distance de freinage de 15 mètres. Il est conseillable que la force d'impact sur le matériel roulant soit la moindre possible, donc l'option d'un heurtoir **type E** est la plus recommandable.

Conclusion :

Tableau X-3: Emplacement des composants sur le linéaire

	TYPE DE COMPOSANT	UNITÉS	SITUATION	CARACTERISTIQUES
1	Communication	1	À la sortie de la station Ain Naadja Gare	1 communication simple, tg 0,13, R=160 m, à droite
2	Appareils de dilatation de voie	2	Joint A	2 appareils de dilatation de voie
3	Appareils de dilatation de voie	2	Joint B	2 appareils de dilatation de voie
4	Communication	1	À la sortie de la station Mohamed Belarbi	1 communication simple, tg 0,13, R=160 m, à droite
5	Bretelle	1	À la sortie de la station Cité 2004	1 bretelle tg 0,26
6	Heurtoir	2	Fin de la ligne	2 heurtoirs de friction sur rails

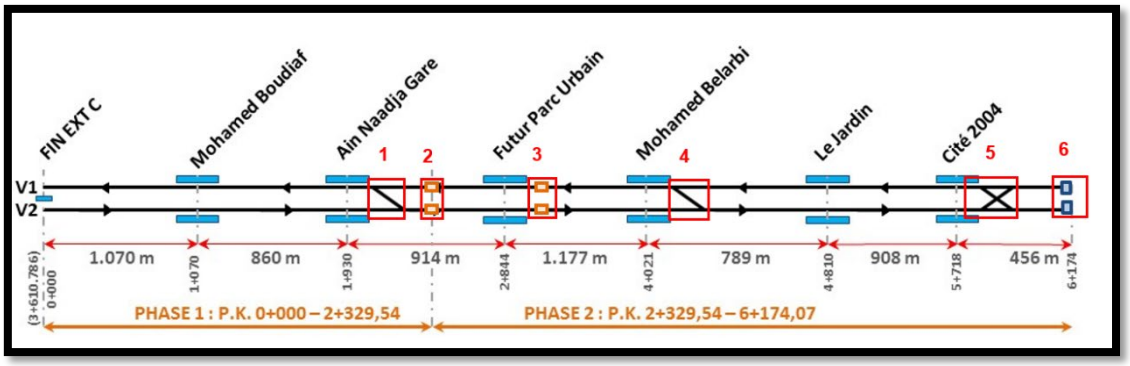


Figure X-4: Schéma emplacement des composants de la voie sur le linéaire

XI. DRAINAGE DE LA VOIE

XI.1 Épuisement des eaux

XI.1.1 Généralités

L´épuisement des eaux a pour objet d´assurer les évacuations de toutes les eaux :

a) Système anti-incendie.

b) Ruissellement superficiel.

c) Maintenance.

d) Infiltrations.

XI.1.2 Calcul des apports

Comme indiqué antérieurement, en fonction de leur origine, nous pouvons distinguer les débits d'apport suivants :

a) Système anti-incendie.

b) Ruissellement superficiel.

c) Maintenance.

d) Infiltrations.

D'autre part, en tenant compte des caractéristiques du tracé de la ligne de métro, on considérera deux sous-tronçons de référence :

• Sous-tronçon en tunnel : il recueillera les apports du système anti-incendie, de la maintenance et des infiltrations. Pour cette analyse, on considère un tronçon type de 50 m de longueur (distance maximale entre collecteurs) et d'une pente minimale de 5 ‰ (la pente la plus défavorable du point de vue du drainage).

• Sous-tronçon extérieur viaduc : il recueillera les apports du système anti-incendie, du ruissellement superficiel, de la maintenance et des infiltrations. Pour cette analyse, on considère un tronçon type de 32 m de longueur (distance maximale entre piles du viaduc) et d'une pente minimale de 2,5 ‰ (la pente la plus défavorable du point de vue du drainage). Pour l'analyse du Pompage des eaux, ce sous-tronçon extérieur du viaduc n'est pas concerné, étant donné que la conception des postes de pompage n’est pas envisagée.

a) Système anti-incendie

Afin de répondre aux nouvelles exigences de Protection Civile, on doit tenir compte des quantités d’eau supplémentaires liées à l’intervention des pompiers lors de l’extinction d’un incendie (60m3/ heure durant 2 heures).

Par conséquent, le système anti-incendie aura un apport de 60 m3/h, équivalent à un apport de 16,67 l/s.

Cet apport est ponctuel, mais sera considéré pour l´étude de la capacité des fosses. Puisqu´il s´agit de deux lignes de fosses, le débit total apporté par le système anti-incendie, à niveau de calcul, est distribué à parts égales dans chaque fosse.

Que ce soit dans le sous-tronçon du tunnel ou dans le sous-tronçon du viaduc, le drainage sera réalisé au moyen de 2 fosses (fosses dans l'axe de chaque voie dans la section en tunnel et fosses latérales dans la section en viaduc). Ainsi, le débit à évacuer pour drainer l'eau du système anti incendie sera de 8,3x10-3 m3/s dans chaque fosse.

b) Ruissellement superficiel

Tel qu'il a été déjà été indiqué, l'apport du ruissellement superficiel sera appliqué uniquement aux tronçons extérieurs du tracé. Afin de détailler les calculs employés, on tiendra compte de cet apport au moyen de la méthode de calcul la plus connue à l'échelle internationale : la méthode rationnelle.

Le calcul des débits d´apport se fera en suivant une méthode rationnelle, en différenciant les procédés des zones avoisinantes (marges) de ceux de la même plateforme.

La formule à utiliser sera la suivante :

Où :

Q : débit (m3/s)

S : surface (m^2)

I : intensité des pluies (mm/h)

C : coefficient de ruissellement

K : coefficient d'uniformité.

Pour le calcul du coefficient d'uniformité, on considère un temps de concentration de 10 minutes, une valeur courante dans ce type de calculs.

Le coefficient de ruissellement sera obtenu en tenant compte de la typologie des terrains traversés. Ainsi, les valeurs employées ont été les suivantes :

- Seuil de ruissellement voie en béton : 0,98

- Seuil de ruissellement zone de culture : 16,0

Le calcul de l'intensité des pluies a été basé en les données fournies par la station météorologique Alger (D.E.B.), située sur la Latitude : 36º41, Longueur : 03º13E, Altitude : 25 m, en utilisant la formule statistique de Gumbel ; ainsi, on considère une valeur de I1/Id= 12,0.

En résumé, les valeurs de calculs considérés ont été :

- Temps de concentration : 10 minutes.

- Période de retour : 10 ans.

- Pmax pour 10 ans : 66,0 mm

- Seuil de ruissellement voie en béton : 0,98

- Seuil de ruissellement zone de culture : 16,0

- Coefficient correcteur : 1,875

- I1/Id= 12,0

Si nous remplaçons ces variables dans la formule de la méthode rationnelle, donc, les débits apportés en fonction de la zone, mesurée en m2, pour la plateforme et la marge, seront les suivantes :

Qplateforme= 8,75706 *10-5 *S

Qmarge= 1,6263* 10-5* S

En appliquant les formules mentionnées à un tronçon théorique de 32 m de tracé en viaduc et 5,4m est la largeur de voie , on obtient le débit total à évacuer par les fosses centrales, qui sera de 0,018 m3/s, dans les tronçons à ciel ouvert pour chaque fossé longitudinal.

c) Maintenance

Les débits utilisés pour le nettoyage et la maintenance seront très inférieurs au débit considéré pour le système anti-incendie. D'un autre côté, ce débit d'apport n'aura jamais lieu en même temps que celui du système anti-incendie ; ainsi, si la capacité du poste de pompage est valable pour ce système, elle le sera également pour l'apport issu de la maintenance.

d) Infiltrations

Le procédé de construction pour les tronçons en tunnel garantit un système étanche, et par conséquent, les apports par infiltration seront nuls. Cependant, aucun système de collecte des possibles apports par infiltration n´a été prévu, même si ces apports n´ont pas été considérés préalablement dans le dimensionnement étant donné qu´elles sont pratiquement nulles.

En résumé, les débits totaux à évacuer par les fosses dans un tronçon théorique de 50 m en tunnel (distance maximale entre regards) seront :

1. Issus du système anti-incendie = 0,008 m3/s

2. Issus du ruissellement superficiel = 0 m3/s pour les tronçons en souterrain.

3. Issus de la maintenance = 0,0 m3/s

4. Issus d'infiltrations = 0,0 m3/s

Le débit total à évacuer dans les tronçons à ciel ouvert sera de 0,026 m3/s et de 0,008 m3/s dans les tronçons en souterrain.

Dans l'Annexe numéro 3 du présent Rapport, on présente les tableaux de calculs justificatifs des différents éléments de drainage longitudinal, avec les plans de superficie d'apport au drainage longitudinal.

XI.1.3 Éléments de drainage longitudinal projetés

XI.1.3.1 Définition du drainage longitudinale dans le tunnel

On a projeté un système de drainage unitaire à l'intérieur du tunnel avec la solution proposée dans l'Extension C. Cette solution considère l'installation de 2 fosses de voie (dans chaque axe de voie), avec une section rectangulaire/trapézoïdale conformément au schéma indiqué ci-dessous.

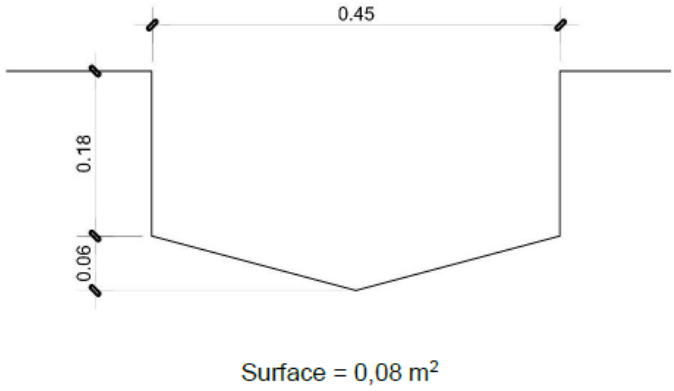


Figure XI-1: Drainage longitudinale

Cette fosse est réalisée dans le béton de voie. Pour son exécution, seuls les coffrages latéraux et de fond de fosse seront nécessaires.

Tronçons en ligne droite :

Les fosses de voie se déversent dans le collecteur central tous les 50 m au moyen d'une connexion transversale de diamètre 75 en tube de PVC qui sera noyée dans le béton de remplissage. Cette connexion est réalisée dans les regards du collecteur central tous les 50 m.

La capacité maximale de ces conduites PVCØ75, à 70 % de leur capacité, est reflétée dans les tableaux ci-joints :

Tableau XI-1: Capacité maximale des conduites PVCØ75

Pente (%)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)
0.25	10.0	0.41
0.50	10.0	0.58
1.00	10.0	0.82
1.50	10.0	1.00
2.00	20.0	1.15
2.50	20.0	1.29
3.00	20.0	1.41
3.50	20.0	1.53
4.00	20.0	1.63
4.50	30.0	1.73
5.00	30.0	1.83

Étant donné que les pentes du projet varient entre 0.25% et 5.00%, il est possible de vérifier que les débits maximaux qu'ils peuvent véhiculer sont très supérieurs à ceux qui sont réellement nécessaires. Cependant, les calculs détaillés sont inclus dans l'Annexe 3.

La configuration précédente (2 fosses de voie et connexions transversales de diamètre 75 PVC) correspond aux tronçons en ligne droite.

Tronçons en courbe :

Pour les tronçons en courbe, la conception en ligne droite est complétée au moyen d'une fosse longitudinale située sur le côté intérieur de la courbe du tunnel. Ce fossé longitudinal mesure 10 x 15 cm (largeur x hauteur) et se déverse tous les 50 m dans le collecteur central au moyen d'une connexion transversale en PVC de 110 mm de diamètre. De même que les connexions transversales des fosses de voie, cette connexion transversale de 110 mm sera noyée dans le béton de remplissage.

La capacité maximale de ces conduites PVCØ110, à 70 % de leur capacité, est reflétée dans les tableaux ci-joints :

Tableau XI-2: Capacité maximale des conduites PVCØ110

Pente (%)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)
0.25	70.0	0.75
0.50	90.0	1.06
1.00	130.0	1.49
1.50	160.0	1.83
2.00	190.0	2.11
2.50	210.0	2.36
3.00	230.0	2.58
3.50	250.0	2.79
4.00	270.0	2.98
4.50	280.0	3.17
5.00	300.0	3.34

Étant donné que les pentes du projet varient entre 0.25% et 5.00%, il est possible de vérifier que les débits maximaux qu'ils peuvent véhiculer sont très supérieurs à ceux qui sont réellement nécessaires. Cependant, les calculs détaillés sont inclus dans l'Annexe 3

Cette configuration de drainage est complétée par le collecteur central qui sera noyé dans le béton du tunnel et par conséquent, n'est pas inclus dans cette étude : Équipement de voie (ce chapitre fait partie de la Mission Génie Civil). Ce collecteur central est constitué d'un tube en PVC de 315 mm de diamètre avec des regards tous les 50 m (les regards seront

noyés dans le béton du tunnel et leur extrémité sera noyé dans les bétons de remplissage et voie).

La capacité maximale de ces conduites PVCØ315, à 70 % de leur capacité, est reflétée dans les tableaux ci-joints :

Tableau XI-3: Capacités maximales des conduites PVCØ315

Pente (%)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)
0.25	60.0	1.11
0.50	80.0	1.56
1.00	120.0	2.21
1.50	140.0	2.71
2.00	170.0	3.13
2.50	180.0	3.50
3.00	200.0	3.83
3.50	220.0	4.14
4.00	230.0	4.43
4.50	250.0	4.69
5.00	260.0	4.95

Les regards sont les éléments qui permettent l'inspection et la conservation des éléments de drainage enterrés. Ces regards auront une section circulaire avec un accès pour le personnel chargé de la conservation et le nettoyage.

La capacité de chaque fosse de voie dans les conditions les plus défavorables de profil longitudinal du tracé est de Q = 0,08 m3/s tandis que la demande maximale de débit calculée est de 0,008 m3/s. Par conséquent, il existe une capacité de réserve permettant de prendre en charge d'éventuelles infiltrations.

XI.1.3.2 Définition du drainage dans le viaduc

Le critère de drainage en viaduc est basé sur une évacuation du ruissellement superficiel à partir de l'axe de voie en ligne droite, ce qui oblige à recueillir toute l'eau dans des fosses longitudinales situées sur les côtés du viaduc.

Ces fosses latérales sont constituées d'une section rectangulaire de 27 (32 cm extérieur) x 25 cm (largeur x hauteur) et se déversent à l'extérieur dans chaque pile au moyen de descentes verticales qui traverseront la section du viaduc dans chaque pile.

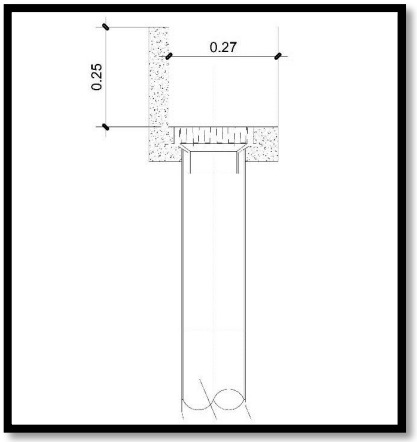


Figure XI-2: Fossé latérale en viaduc

D'autre part, le drainage en courbe est réalisé selon le critère habituel des systèmes ferroviaires, c'est-à-dire, les voies se situent sur des plans parallèles et au même niveau. Avec cette configuration, les fosses longitudinales doivent être placées au point dont la cote est la plus basse sur chaque voie, et par conséquent, seront situées dans l'axe du viaduc et sur le côté correspondant au côté intérieur de la courbe.

De même que pour le tronçon en ligne droite, ces fosses longitudinales en courbe se déverseront directement à l'extérieur, dans chaque pile, au moyen de descentes verticales qui traverseront le viaduc et qui, dans ce cas, se situeront dans l'axe et à l'extrémité du viaduc du centre de la courbe.

Ces fosses longitudinales, qu'elles soient situées en ligne droite ou en courbe, seront réalisées dans le béton de voie. Pour cela, il faudra considérer les coffrages nécessaires (latéraux et de fond de fosse), le cas échéant.

XI.1.4 Implantation de postes de pompage

En résumé, chaque station et puits de ventilation a 1 puits de pompage :

Station / PV	Profondeur de puits de pompage
PV 7 (P.K 0+363.88)	33.00 m
MOHAMED BOUDIAF	26.50 m
MOHAMED BELARBI	23.30 m
LE JARDIN	20.50 m
CITE 2004	23.60 m
PV 11 (P.K 6+160)	22.80 m

Les dimensions intérieures du puits sont 4 m x 4 m, d'une profondeur de 3 m. À l'intérieur sont placées les 3 pompes submersibles séparées de 0,8 m. Les tuyaux d'impulsion ont un diamètre DN-80 et traversent tous les niveaux du puits de ventilation jusqu'à l'extérieur. Au niveau de surface, on réalise la connexion au réseau d'assainissement existant.

Le poste de pompage à l'intérieur du PV est situé au niveau de quai, à proximité des issues de secours.

Le poste d'épuisement à l'intérieur de la Station est situé au niveau de sous-quai.

XI.1.5 Dépôt et puits de pompage

Le système de drainage dans le tunnel est unitaire, on a projeté plusieurs puits de pompage, ainsi, des postes de relevage ont été projetés dans toutes les stations souterraines, outre les puits de ventilation PV 7 et PV 11.

Le PV-7 recueille tous les apports réalisés dans le point bas du PK0+320 et qui sont conduits jusqu'à ce puits de ventilation au moyen d'un collecteur à contre-pente de la plateforme.

On a considéré un autre puits de pompage au PV-11 car c'est le point où s'achève le projet et pour éviter l'accumulation des eaux à ce niveau-là.

Les eaux d'infiltration, de ruissellement et d'eau supplémentaires liées à l'intervention des pompiers lors de l'extinction d'un incendie, dès qu'elles sont pompées, sont reçues dans un brise-pression d'où part un collecteur par gravité qui est relié au système d'assainissement municipal.

XI.1.6 Dimensionnement et caractéristiques des équipements

Pour le pompage d'épuisement des eaux liées à l'intervention des pompiers lors de l'extinction d'un incendie, on a considéré un groupe de pompes 3 submersibles, qui fonctionneront de manière rotative. On a tenu compte d'un total de 3 pompes de débit 20 m3/h, afin de pouvoir pomper le débit du système anti-incendie de 60 m3/s. Il est préférable d'utiliser plusieurs pompes de débit inférieur afin de bénéficier d'une sécurité accrue en cas d'éventuelles pannes.

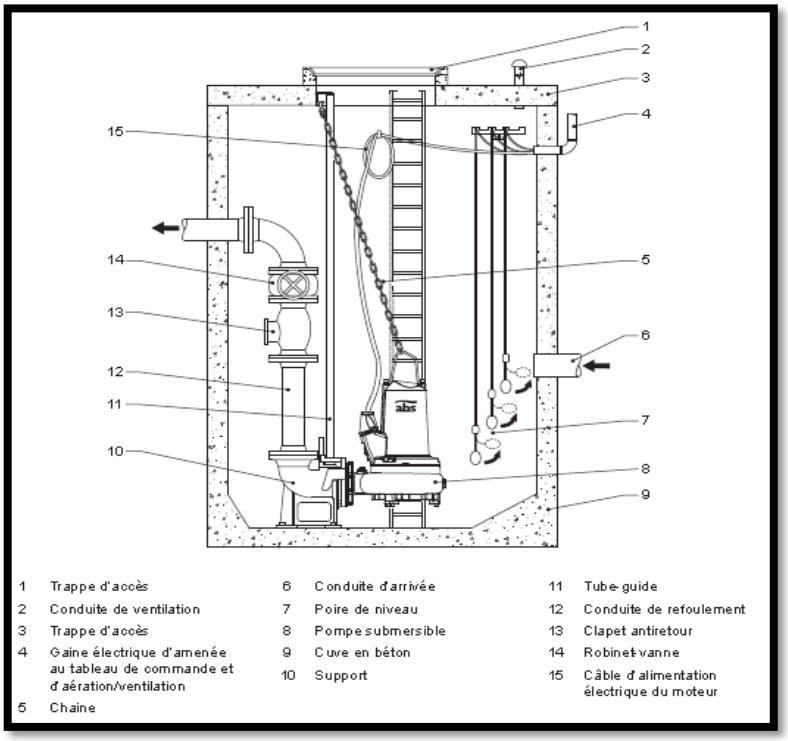


Figure XI-3 : Schéma Pompage des Eaux

À cause des possibles coupures de l'alimentation électrique, en plus de l'alimentation du réseau électrique, on a également disposé un générateur électrogène comme une deuxième source d'énergie et mise en marche des pompes, qui évite d'approfondir le puits de pompage pour pouvoir stocker les eaux d'infiltration qui arriveraient pendant la coupure de l'alimentation électrique.

XI.2 Assainissement des eaux

XI.2.1 Généralités

Dans ce chapitre, on analysera l'évacuation des eaux regroupées dans les deux catégories suivantes :

• Eaux résiduelles : leur origine correspond à l'ensemble des appareils sanitaires existants (éviers, lavabos, etc.) à l'exception des toilettes et des urinaires. Il s'agit d'eaux relativement sales qui contiennent des éléments en dissolution (graisses, savons détergents, etc.)

• Eaux fécales : elles contiennent des matériaux fécaux et proviennent des toilettes et des urinaires. Leur contenu en bactéries, en matériaux solides et en éléments organiques est élevé.

Les eaux résiduelles et fécales dont l'origine provient des toilettes et des vestiaires de la station seront évacuées vers le réseau d'assainissement par un branchement indépendant.

Le tuyau de collecte des eaux usées passera dans le plafond du niveau inférieur où se trouve l'appareil sanitaire et sera raccordé aux chutes verticales jusqu'aux puits de pompage situés dans le niveau inférieur de la station.

Ces puits disposeront de deux pompes identiques, l'une de réserve, de façon à ce que la pression de l'eau soit suffisante pour être évacuée de la station.

Le tuyau d'impulsion des eaux résiduelles sera en acier galvanisé de façon à résister aux pressions et garantir la longévité du matériau.

À l'extérieur de la station, on installera un brise-pression permettant d'effectuer le raccordement au réseau municipal sous pression piézométrique.

XI.2.2 Calcul des apports

(Voir annexe 4) .

XI.2.3 Implantation de postes de pompage

Chaque station dispose de 2 pompes situées dans les salles d'eaux usées ; sauf dans la station Mohamed Belarbi, où 4 pompes ont été projetées, car il est prévu de collecter les eaux d'assainissement du parking souterrain .

En résumé, les postes d'assainissement sont situés dans les stations suivantes :

Tableau XI-4: Profondeur postes d'assainissement

Station	Profondeur du poste (m)
MOHAMED BOUDIAF	14
FUTUR PARC URBAIN	4.2
MOHAMED BELARBI	13
LE JARDIN	10
CITÉ 2004	13

Pour la description détaillée concernant l'emplacement des postes, et la puissance des pompes choisit voir l'annexe 4 .

Conclusion :

Ce chapitre a couvert les diamètres des conduites, l'adaptation des formes de fosses aux contraintes du projet, ainsi que la vérification des débits afin d'assurer une régulation hydraulique optimale.

Un aspect critique et spécifique à ce type de projet est l'intégration d'un système de pompage, indispensable pour compenser l'absence de drainage gravitaire ,notamment lorsque l'on est raccordé au réseau d'assainissement public en dessus de cote de projet .Le dimensionnement des puits de pompage, la sélection de la capacité des pompes, sa hauteur manométrique totale (HMT) leur type et leur emplacement et configuration ont été étudiés pour garantir une évacuation efficace et prévenir tout risque d'accumulation d'eau.

L'optimisation de ces paramètres permet d'assurer la pérennité de l'infrastructure, la sécurité du réseau et le bon fonctionnement du drainage.

XII. RAIL DE COURANT

XII.1 Définition

Le troisième rail, fabriqué en alliage d'aluminium à haute conductivité avec une face de contact en inox ferrique, optimise le transfert de courant et réduit les pertes énergétiques. Il est monté sur des isolateurs moulés, garantissant sa stabilité face aux charges dynamiques. Son assemblage s'effectue avec des éclisses et des boulons HUCKBOLTS, assurant une connexion mécanique et électrique fiable.

Pour compenser la dilatation due aux variations de température et au courant électrique, des joints de dilatation sont intégrés, maintenant un contact efficace avec le patin frotteur du train. Chaque segment de rail possède un point d'ancrage qui peut signaler d'éventuelles anomalies via un léger cintrage.

Certaines sections peuvent être isolées grâce à des coupons équipés de rampes, interrompant la continuité électrique. En cas d'évitement, des câbles flexibles permettent la circulation du courant sans contrainte excessive. Un revêtement plastique protège l'ensemble du rail contre les courts-circuits et l'électrocution. En souterrain, des matériaux conformes aux normes de feux fumées, comme la fibre de verre renforcée, sont utilisés, tandis qu'en surface, des couvercles en PVC extrudé sont privilégiés.

XII.2 Spécifications techniques

Les rails sont livrés sur site avec une longueur standard de 11,88 mètres et sont, de manière générale, installés dans cette longueur. Dans le cas de besoin spécifique, les rails peuvent être coupés sur site jusqu'à des longueurs de 2 mètres.

Les rails assemblés reçoivent une série de tests pour prouver leur efficience en fonction du besoin émis. Les principaux tests en application sont :

 Résistance à l'arrachement : ce test démontre la résistance à l'arrachement entre la surface inox et le corps en aluminium. Le test consiste à séparer les deux matériaux en appliquant une force de traction puis à relever la force de séparation.

 Elévation de température : le rail subit le courant maximum du réseau et l'augmentation de température est relevée. Celle-ci doit correspondre aux normes en vigueur.

 Déformation : la déformation du rail produite par son propre poids et les charges susceptibles d'être reçues sont mesurées entre deux supports. Cette déformation ne doit pas être supérieure aux paramètres définis lors des spécifications.

 Pliage : les rails pliés au rayon défini lors des spécifications sont testés électriquement pour s'assurer que les paramètres électriques n'ont pas été modifiés.

XII.3 Composants du système

XII.3.1 Eclissage

L'éclissage des rails repose sur des éclisses en alliage d'aluminium fixées avec des boulons Huckbolt, assurant un alignement précis et une bonne conduction électrique. Avant

assemblage, les surfaces doivent être nettoyées et enduites de graisse Biccon X1 pour optimiser le contact. L'écart maximal autorisé entre les surfaces est de 0,2 mm, avec un meulage limité à 0,5 mm si nécessaire. Chaque assemblage est soumis à des tests électriques, garantissant un écartement entre rails ne dépassant pas 2 mm Enfin, les joints de raccordement doivent répondre aux exigences de réception après contrôle.

Tableau XII-1 : Propriétés mécaniques des éclisses

Propriété	Unité	Caractéristique
Aluminium	6063T6	Al :97.95%+magnésium/silicone
Résistance à la tension	N/mm2	210 minimum

Tableau XII-2 : Propriétés mécaniques des Huckbolts

Propriété	Unité	Caractéristique
Revêtement de protection	N/mm2	Delta tone 9000 & Delta seal GZ
Résistance à la traction	kN	75.8

XII.3.2 Joint de dilatation

La dilatation du 3e rail est essentielle. Le joint de dilatation, conçu pour un rail de 4 mètres avec une section coupée à 15°, permet un déplacement de 150 mm Les éclisses intègrent une dérivation garantissant la continuité du courant, avec une résistance électrique proche de celle du rail (écart maximal de 25%). Les connexions électriques sont prétraitées avec une pâte décapante ou une graisse conductrice (Biccon X1). La dérivation flexible, en lamelles de cuivre électrozinguées, assure une bonne flexibilité et réduit l'électroérosion.

Le joint est conçu pour un montage et un démontage facile afin de faciliter son entretien. La boulonnerie utilisée est en acier inoxydable. Son positionnement sur le réseau dépend des calculs de dilatation maximaux basés sur les températures d'exploitation enregistrées sur 25 ans, avec une tolérance supplémentaire due à l'échauffement du patin frotteur. La plage de température extérieure est de -1 °C à +44 °C, tandis qu'à l'intérieur elle varie entre +20 °C et +40 °C. Le rayon minimal de pose d'un joint droit est de 300 mètres, avec possibilité d'installation en entrée ou sortie de courbe.

XII.3.3 Rampes

Les extrémités du 3e rail sont équipées de rampes facilitant l'engagement et le dégagement des patins frotteurs sans risque de dommage. Il existe deux types de rampes, dont la version basse vitesse adaptée à des vitesses d'environ 25 km/h. Ces rampes sont fabriquées à partir de rails dont les extrémités sont réduites en hauteur tout en maintenant la même section, garantissant une transition fluide.

Le projet privilégie une rampe bi-métal en acier doux et inox. Son profil en T assure une compatibilité avec les blocs isolants du rail composite. La surface de contact en inox, d'une bande de 90 mm de large et 10 mm d'épaisseur, est entièrement soudée pour obtenir une continuité avec le rail. La rampe repose sur un support similaire à celui du rail, avec une

plaque de base ajustée et une cale de 25 mm pour compenser le débattement latéral du frotteur. Elle est alignée avec le rail et sa sortie est légèrement relevée, respectant les contraintes structurelles du système.

XII.3.4 Support isolé

Les isolateurs, fabriqués en résine de fibre de verre renforcée, assurent une isolation homogène, sans fissures ni défauts. Les inserts de fixation du rail et du support sont moulés directement dans la structure, garantissant une résistance optimale aux charges mécaniques, chocs vibratoires et courts-circuits.

Caractéristiques des supports :

- Fixation aux traverses : Installés aux extrémités, espacés de 5,25 mètres, et 5,4 mètres pour les courbes de rayon supérieur à 300 mètres.
- Matériaux : Construits en acier mi-doux, intégrant un bloc isolant composite avec un système d'attache en acier inox.
- Cale d'appui en nylon de 3 mm : Utilisée pour les traverses en béton.
- Bloc de réglage : Ajustement vertical de ±10 mm, et ajustement horizontal possible par ajout de cales d'épaisseur.
- Traitement de surface : Toutes les pièces métalliques sont galvanisées à chaud ou en acier inox pour une durabilité accrue.
- Cale de 10 mm sous les supports : Permet une adaptation future en fonction des évolutions du réseau et du matériel.

XII.3.5 Couvercles

L'intégralité du rail conducteur incluant les rampes, les joints de dilatation et les plaques de connexion est recouverte par un couvercle de protection isolant en PVC (plastique polyvinylchloride) en aérien ou en GRP (fibre de verre renforcée) en tunnel. Les couvercles sont installés de préférence de manière continue à chaque joint de dilatation ou plaque de raccordement ; un couvercle spécial en fibre de verre est utilisé. Ils sont fixés par des rivets plastiques.

Les blocs supports de couvercles sont montés sur le rail environ tous les 400 mm et sont maintenus en position sur le couvercle par un rivet plastique fixé dans le couvercle de protection tous les mètres environ.

Tous les couvercles seront jaunes. Tous les couvercles sont repérés par leur année et leur mois de fabrication ainsi que par leur numéro de lot. Les couvercles sont mis à longueur lors de l'installation.

Ils devront porter des étiquettes de sécurité sur lesquelles seront inscrites « 750 Vcc - danger de mort » en arabe et seront faites dans un plastique adhésif. Elles seront fixées sur les points d'ancrage, les joints de dilatation, sur les rampes et tous les 30 mètres.

XII.3.6 Plaque de raccordement de puissance

Tableau XII-3 : les éléments essentiels du système de connexion des câbles de puissance et des points d'ancrage du troisième rail.

Élément	Description
Connexion des câbles de puissance	Connectés le long du 3e rail, notamment aux rampes et aux points d'alimentation des sous-stations. Leur position est ajustée selon l'infrastructure.
Plaque de raccordement	Permet la fixation des câbles à tout endroit du rail. Supporte le courant maximal sans élévation de température. Fixation uniquement avec des HUCKBOLTS, sans soudure.
Composition de la plaque	Deux éclisses de fixation et deux plages de connexion bi-métal, accueillant quatre cosses de câbles. Les faces en aluminium sont nettoyées et graissées avant assemblage.
Câbles de puissance	De type flexible pour permettre le déplacement du rail sur ses supports. Recouverts de couvercles de protection démontables pour inspection.
Points d'ancrage	Blocs en acier inox boulonnés sur le rail, empêchant le glissement entre deux joints de dilatation.
Butées d'arrêt	Conçues pour résister aux charges de dilatation et autres forces. Un rail courbé peut indiquer un dysfonctionnement.
Résistance des points d'ancrage	Supportent des efforts longitudinaux allant jusqu'à 2000 newtons sans risque de rupture.

XII.4 Réception des composants installés.

A la fin de la réalisation de l'installation d'un 3ème rail, trois vérifications majeures doivent être entreprises sur le système pour vérifier la bonne application des spécifications et la compatibilité du système avec le besoin.

1) **Gabarit structurel :**

La position verticale et la position horizontale du 3ème rail sont vérifiées en utilisant un calibre adapté. Cette vérification a pour objectif de s'assurer que le positionnement vertical et horizontal de l'équipement soit bien inclus dans les tolérances du gabarit structural défini pour l'application.

2) **Continuité électrique :**Cette vérification est obtenue en passant un courant à travers des sections définies et en mesurant la chute de voltage. Les résultats relevés sont comparés aux spécifications techniques de résistance de ce type de ligne.
3) **Isolation électrique :**

Le rail reçoit un potentiel de 3000 volts durant 15 minutes. Toute fuite de courant du début jusqu'à la fin du test est relevée et en cas d'anomalie, l'erreur d'isolation est rectifiée.

XII.5 Pose d'un joint isolant colle

Les Joints Isolants Collés (JIC) assurent l'isolation des longs rails soudés tout en remplissant une fonction mécanique similaire aux rails de roulement. Leur principe repose sur un éclissage mécanique où les éclisses sont isolées du rail par des pièces spécifiques. La surface encollée garantit la résistance mécanique face aux variations de dilatation et de contraction. Cependant, lors de la mise en œuvre aux cœurs de croisement dans les chantiers, il est impossible d'isoler le JIC de la voie encadrante, ce qui empêche le contrôle normé effectué habituellement en atelier.

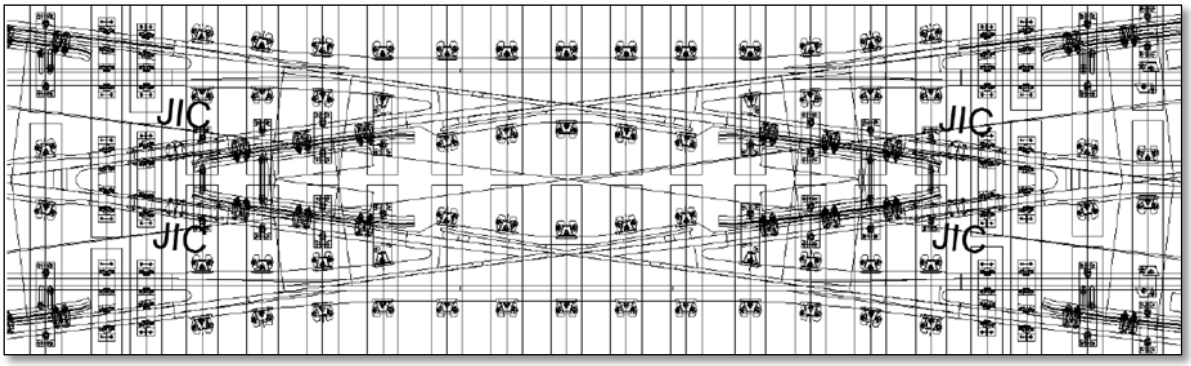
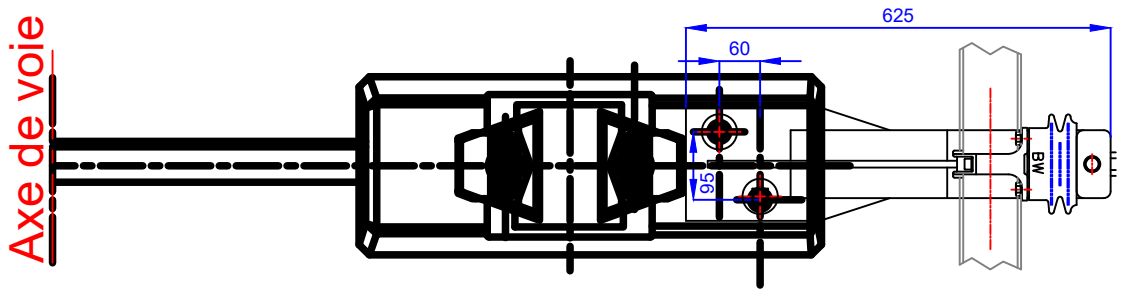


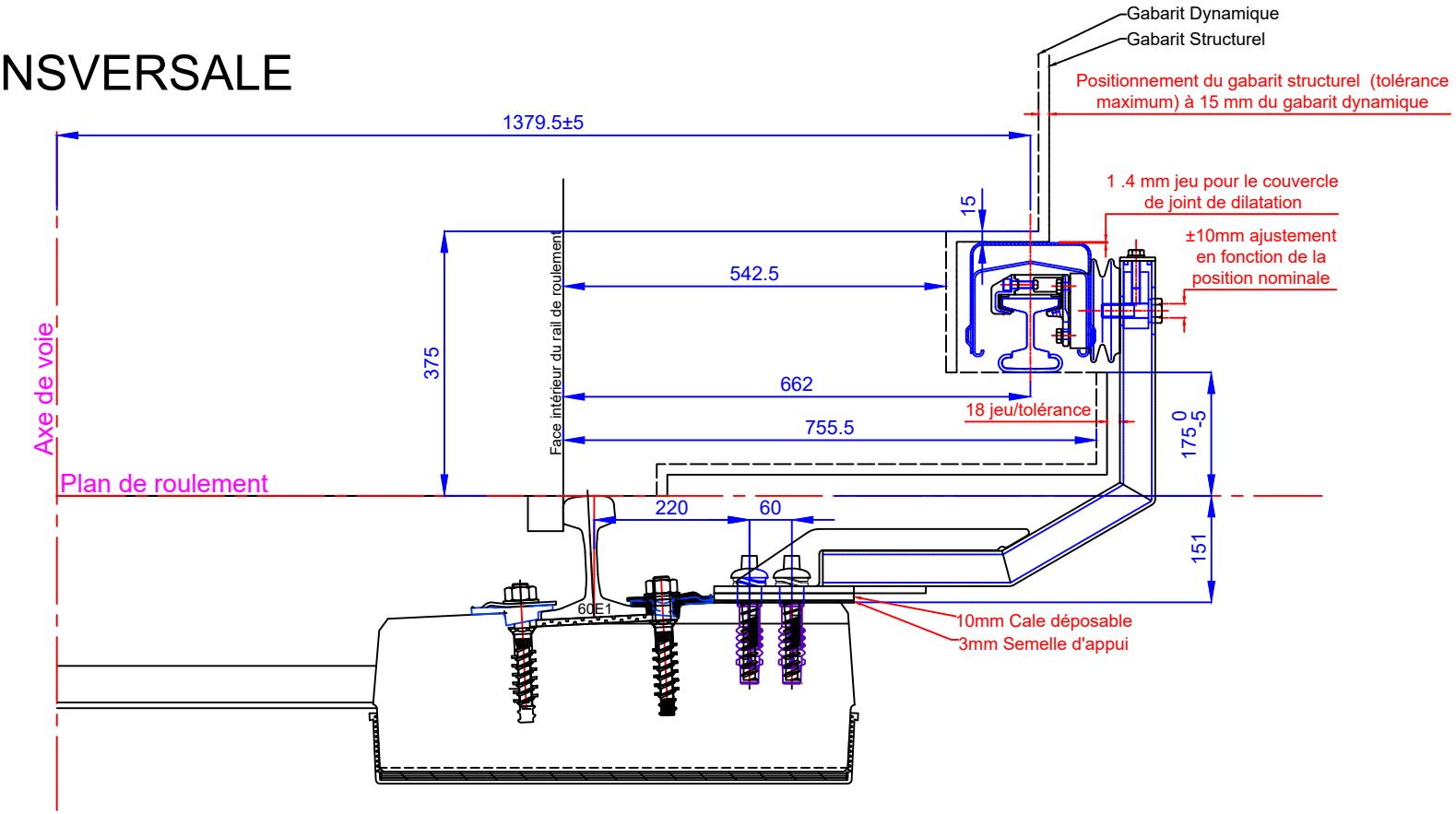
Figure XII-1 : Localisation des JIC à réaliser dans le cœur de croisement

Lorsque la température est inférieure à 10°C, un préchauffage des composants à 35°C maximum est requis, suivi du collage simultané des deux éclisses. L'installation commence par l'application d'une couche de colle de 0,5 mm sur les extrémités des rails, avant le positionnement du profil isolant (End Post) et le serrage des rails. Les canons isolants sont ensuite installés, accompagnés d'une application de colle sur les éclisses et d'une couverture en fibre de verre. Cette fibre est ensuite revêtue de colle et couverte par un intercalaire isolant également enduit. Après placement de la fibre de verre, les boulons sont insérés à la main, avec les écrous du côté guidage. Leur serrage se fait en deux étapes : d'abord à la main, puis avec une clé dynamométrique à 20 daN.m, suivi d'un second serrage à 40 daN.m. Une fois la colle durcie après 20 minutes de séchage, un dernier serrage à 40 daN.m est effectué, avant le polissage du plan de roulement et de guidage. Enfin, les JIC sont installés aux heurtoirs en fin de voies 1 et 2, avec des joints isolants constitués de coupons de 9 m soudés par la méthode des soudures aluminothermiques.

VUE EN PLAN



VUE TRANSVERSALE



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
École Nationale Superieur Des Travaux Publics

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude en APD du système voie pour l'extension du Métro d'Alger: Ain naadja-Beraki	MIHOUBI BENRABAH	RAMDANE Ismail KATEB Adel	1/6	6	2024 / 2025

XIII. METHODOLOGIE DE MISE EN ŒUVRE

XIII.1 Pose de voie béton sur traverses

Les travaux de pose de voie consistent à poser des traverses, des rails, des équipements, installer le matériel de réglage et régler l'ensemble. La pose de voie ferrée intervient après la mise en œuvre et le contrôle du béton de remplissage et la distribution des passerelles.

Cette procédure qualité traite de la méthodologie de la distribution, de l'assemblage et de

l'équipement des rails et des traverses avant la mise en œuvre du béton de calage.

a. Approvisionnement des rails et des traverses

Les rails Vignoles 60 E1 acheminés par camions semi-remorques sont livrés en barre de 18m sur une zone de stockage tampon. Ils sont ensuite rechargés sur le V.M.S. afin d'être approvisionnés et distribués dans le tunnel.

Une fois les rails à pied d'œuvre, ils sont déchargés à l'aide d'une pelle hydraulique et le VMS repart en vue d'une nouvelle rotation.

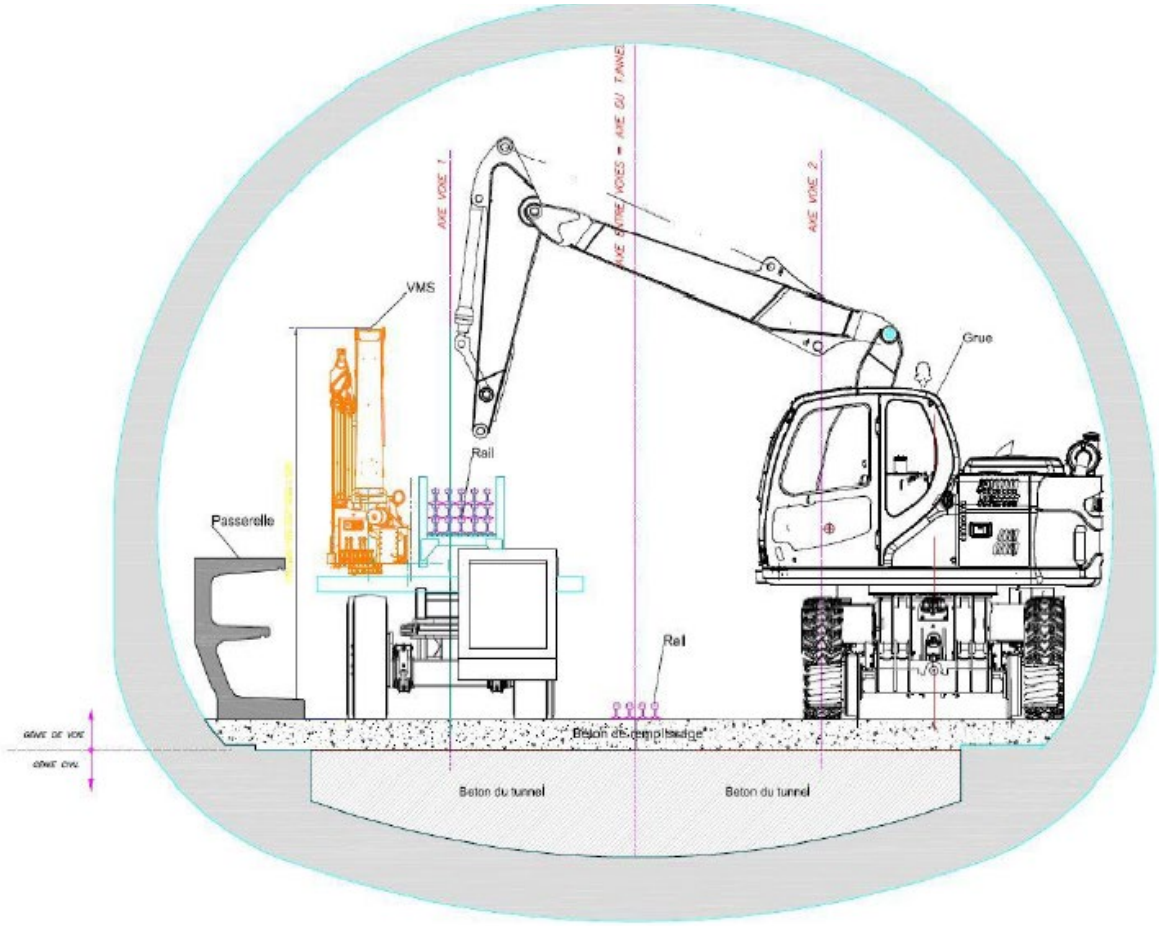


Figure XIII-1 : approvisionnement des rails

Avant la livraison des traverses en béton armé, le géomètre effectue le levé de la dalle de

remplissage et implante tous les 10ml en alignement droit et 5ml en courbe l'axe des voies. Ces points d'axes permettent aux équipes de poseurs de matérialiser les têtes de traverses et permettent également d'effectuer le préréglage de la voie suivant la fiche correspondante associée à cette tâche.

Les traverses sont alors acheminées à l'aide du V.M.S. en juste à temps et sont déchargées au moyen d'une pelle rail-route ou d'un chariot télescopique.

Elles sont mises en place au plus près possible de leur emplacement définitif suivant le traçage effectué en amont et suivant le travelage préconisé de 0.75ml (+/-2cm). Ce travelage peut être adapté en fonction de la position des équipements de la voie (caniveaux, regards et évacuations des assainissements, joints de construction de dalle flottante, etc…)

Une attention particulière sera prise dans les zones d'appareils de voie, où les blochets support du rail de courant devront se trouver à l'extérieur de la voie.

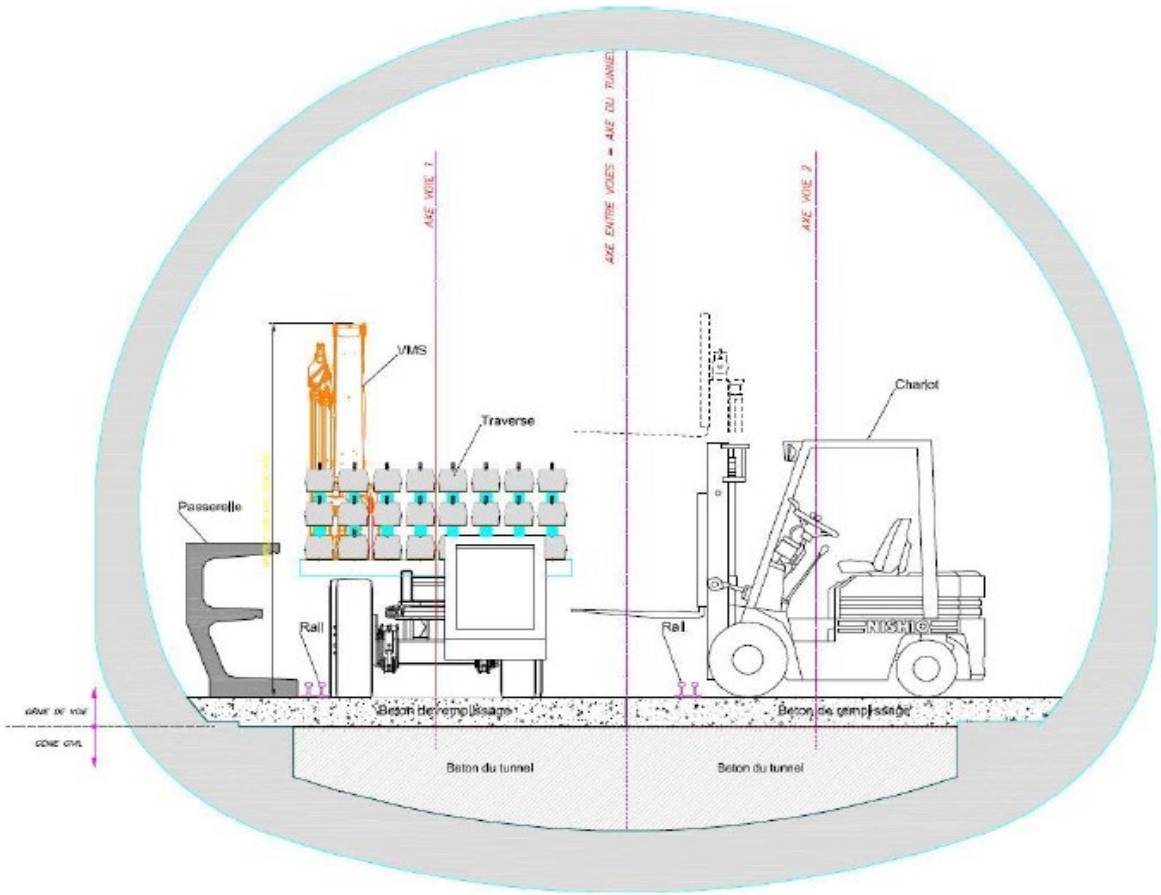


Figure XIII-2 : approvisionnement des traverses



Figure XIII-3 : : Positionnement du rail et stockage des blochets

b. Préparation au montage

Une équipe de monteurs, sous la supervision d'un chef de chantier ou d'un chef d'équipe, affine le travelage des traverses pour respecter, sauf cas particuliers décrits ci-dessus, la tolérance de ± 2 cm. Une attention particulière devra être portée à l'équerrage.
Les mesures de l'entraxe des attaches et de l'équerrage des traverses sont effectuées par le chef d'équipe afin de s'assurer que les tolérances soient respectées.
Les cas échéants, les reprises sont immédiatement effectuées. Les traverses sont livrées sur site, munies des semelles en élastomère micro cellulaire et des chaussons élastiques. Les semelles cannelées en caoutchouc de 9 mm d'épaisseur sont mises en œuvre sur les tables d'appuis des traverses avant la pose des rails.
Le rail sera élevé par des portiques et posé sur les blochets. Puis, le rail et le blochet seront attachés entre eux.



Figure XIII-4 : Elévation et collocation du rail sur les blochets



Figure XIII-5 : Élévation de la voie jusqu'au niveau défini au moyen d'un portique

À ce moment, un premier ajustement sera réalisé (niveau d'ajustement de la voie +/- 20 mm). Cet ajustement sera affiné en phases ultérieures.



Figure XIII-6 : Ajustement du rail

La surface de la couche de béton de remplissage sera nettoyée afin d'éliminer tout élément qui aurait pu pénétrer pendant les phases précédentes.

L'ajustement précis et définitif de la voie servant à atteindre les tolérances admissibles, ainsi que l'inclinaison précise du rail sera réalisée à ce moment, avant le versement du béton de voie.

Les contrôles topographiques pendant les travaux de positionnement géométrique ainsi que pendant le bétonnage seront très précis.

Tous les éléments métalliques (éléments des blochets et du rail) seront protégés afin d'éviter l'introduction de béton entre eux.



Figure XIII-7 : Protection des éléments de la voie

La surface de la couche de béton de remplissage sera nettoyée afin d'éliminer tout

élément ayant pu pénétrer pendant les phases précédentes.

c. Montage et fixation de la voie

Une fois les rails positionnés, les poseurs de voie distribuent et mettent en place les butées Nabla suivant la combinaison retenue après essai de montage et relevé des écartements en début de projet. La combinaison retenue pour l'extension B est la suivante :

Tableau XIII-1 : Tableau de combinaison des butées isolantes Nabla RNTC

Écartement nominal (mm)	N° butée Ext. Voie	N° butée Int. Voie	N° butée Int. Voie	N° butée Ext. Voie
1435	8 (rouge)	6(vert)	6(vert)	8 (rouge)

La fixation des rails sur les traverses se fait avec des attaches de type Nabla, comprenant une butée isolante en nylon et une lame élastique. La butée maintient l'écartement entre les rails, tandis que la lame élastique exerce une pression constante sur le patin du rail grâce à un écrou auto-freiné, garantissant la sécurité du serrage.

Le serrage suit une méthode précise : il est basé sur la déformation de la lame élastique et réalisé avec une tirefonneuse à serrage mesuré, ajustée progressivement. Lors des campagnes de serrage, les premières traverses sont vérifiées avec un calibre de contrôle Nabla avant de poursuivre sur l'ensemble de la zone.

Le serrage s'effectue en deux étapes :

1. Serrage des attaches intérieures, puis extérieures, sur la première file de rail.
2. Même procédure sur la seconde file après vérification de l'écartement.

Après le serrage complet des rails, un contrôle de l'écartement et de la cambrure est effectué tous les 10 mètres. La cambrure doit être comprise entre 1 et 2,5 mm, selon les normes du fabricant. Enfin, le serrage est validé par des jauges 3 points, garantissant une élasticité optimale des attaches.

b) Soudure des rails :

Les rails sont soudés par longueur de 18 mètres, exceptés dans les zones d'appareils de voie par des soudeurs qualifiés ,Soudure aluminothermique.

a. Préréglage de la voie et montage des équipements

Les voies sont préréglées au centimètre en planimétrie et en altimétrie. Le préréglage étant réalisé, les équipes de monteurs et de maçons procèdent à l'installation des équipements dits annexes. Il s'agit :

 Des fourreaux et des réservations d'alimentation diverses.
 Des caniveaux centraux et raccordement aux regards d'assainissement.



Figure XIII-8 : Préréglage de la voie

c) Contrôles avant bétonnage :

Les contrôles portent sur les points suivants (liste non exhaustives) :

 Alignement des voies

 Montage des voies

 Position des équipements

 Montage des appareils de voie

 Coffrages

 Propreté et position des passerelles

d) Coulage du béton de calage

Le versement du béton de voie sera réalisé de manière continuée et dans une seule direction. L'épaisseur minimale de béton entre la couche de béton de remplissage et la zone inférieure du chausson du blochet est de 50 mm

Le niveau de béton atteindra la limite inférieure de la lèvre du chausson élastique du blochet (tolérances : +/- 5mm) comme représenté dans l'image suivante :

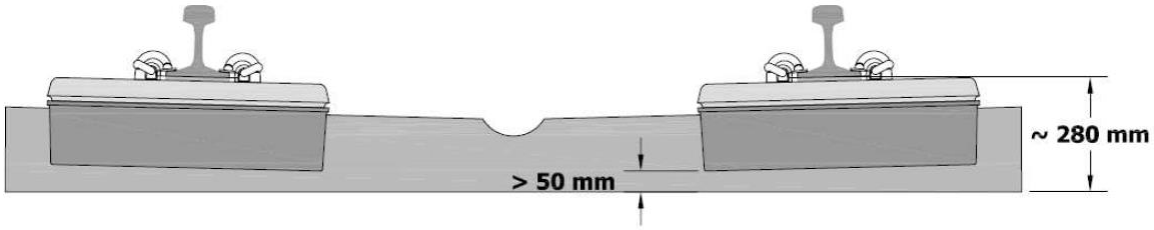


Figure XIII-9 : Épaisseur minimal de béton en dessous les blochets

L'utilisation des vibrateurs électriques sera nécessaire afin de répartir le béton et pour éliminer l'air présent entre le béton de remplissage et le blochet. Il est important de ne pas introduire le vibrateur en dessous le blochet, il restera simplement situé à côté d'eux. Le procès sera répété dans tous les espaces entre blochets. On procédera à réaliser les travaux de finition de la surface du béton en prêtant attention à ne pas dépasser la partie inférieure de la lèvre du chausson élastique. Ce procès sera répété en tronçons (blocs) tous les 20 mètres.

Il faudra faire attention à l'appui des tuyaux de bétonnage ou à tout autre élément sur les portiques afin de ne pas altérer la précision de géométrie de la voie.



Figure XIII-10 : Travaux de déversement et vibration du béton

On procédera à réaliser les travaux de finition de la surface du béton en faisant attention à ne pas dépasser la partie inférieure de la lèvre du chausson élastique.

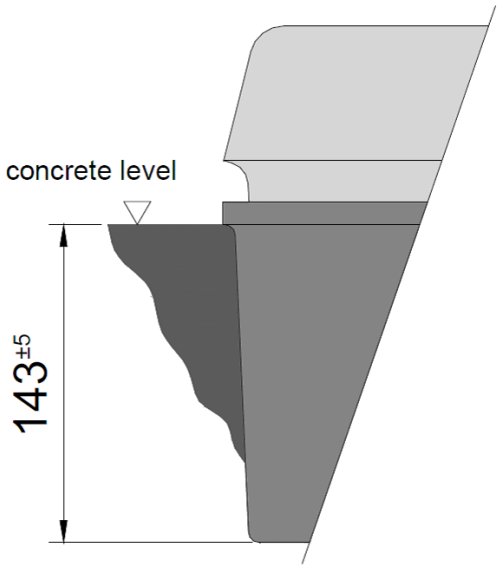


Figure XIII-11: Limite de coulage du béton

Après 24 heures, les portiques et tout autre élément utilisé pourront se déplacer vers la zone de travail suivante.

Une fois l'installation de la voie sera terminée, les travaux d'installation du troisième rail débuteront. Il sera installé sur les blochets

e) Finitions et contrôles après bétonnage

Le lendemain du coulage, une équipe dépose les éléments de réglage et de coffrage et les

reconditionnent en vue de leur prochaine utilisation.

Lorsque la zone bétonnée est dégagée, une équipe procède à son nettoyage. Les éventuels dépôts de béton sur les rails et les divers équipements sont éliminés au cours de cette intervention.

Afin de s'assurer de la bonne exécution de la pose de voie, le géomètre effectue un relevé de la position effective de la voie, des équipements et des ouvrages annexes.

XIII.2 Maintenance et remplacement d'éléments

En général, les infrastructures de métro modernes sont développées dans des plates-formes très stables (ponts et tunnels) qui favorisent les conditions pour l'installation de voie en béton en l'absence de sièges sur la plate-forme. Actuellement, la tendance dans les nouvelles lignes de métro est l'installation du système de voie en béton, tant en voie générale que pour les appareils de voie, à condition que la stabilité de la plateforme sur la qu'on installera la voie en béton est garantie. En outre, les intervalles pour les travaux d'entretien de la voie en système métro se produisent toujours pendant la nuit et avec une période de travail effectif très réduite. Dans ces conditions, le maintien de la voie sur ballast, avec des machines lourdes (des bourreuse-dresseuse-auto niveleuses, etc)

n’atteignent pas des niveaux adéquats d'efficacité. En outre, l'utilisation de ballast dans les tunnels souterrains crée des difficultés additionnelles à cause de la poussière en suspension par la décharge du ballast nécessaire pour le battement de voie.

En résumé, en raison de la double condition de plateformes de métro stables et les intervalles pour les travaux d'entretien réduit, la tendance mondiale dans les systèmes métropolitains est l'installation de la voie en béton, y compris pour les appareils de voie. Cette stratégie est la proposition réalisée pour l’Extension du Metro d’Alger Lot 2. Ain Naadja - Baraki.

Avec ce type d’équipement, les besoins de maintenance de voie se centrent sur :

XIII.2.1 Rails

Réparer les défauts produits par l'opération ferroviaire, en particulier par le freinage du matériel.

Remplacement ponctuel de rail par défauts internes (rupture, fissuration superficielle, etc.)

Profilage de rail en cas d'apparition de l'usure ondulatoire.

XIII.2.2 Appareils de voie

Dans le cas des appareils de voie, les tronçons de voie entre les aiguilles et le croisement auront une considération égale que celle de la voie générale (rail et traverses). En ce qui concerne les éléments singuliers des appareils de voie (aiguilles et croisement) la réparation ou le remplacement de ces matériaux serait réalisée à la suite de l'apparition de défauts ou d'usure qui sera identifiée à partir des campagnes systématiques d'inspection des appareils de voie.

XIII.2.3 Traverses

Le système de voie en béton ne requise pas d'entretien à court, à moyen terme. Lorsqu'un défaut ponctuel se produit dans les traverses, le système proposé permet la substitution de matériel sans opérations complexes.

À ce moment-là, les blochets à remplacer restent donc attachés au rail. Les autres restent attachés au béton de la voie.

Une fois les blochets à remplacer atteindront une hauteur maximale de 200 mm, le rail sera fixé et assuré.

Si l’élément à remplacer est un blochet, on installera une plaque rigide sur la cavité du béton de voie, le blochet sera libéré sur la plaque et déplacé latéralement. Le nouveau blochet sera attaché à la voie, le chausson en caoutchouc accouplé au blochet et le rail rabaissé jusqu’à sa position initiale.

Remarque : Le chausson en caoutchouc bénéficie d’une rigidité lui permettant de résister à la pression latérale du bétonnage. Ainsi, les dimensions du chausson sont conservées et il est possible *de réinstaller un nouveau blochet aux caractéristiques standard (le système Stedef exige des traverses spéciales aux dimensions inférieures à la suite de la déformation du chausson).*

Si l'ajustement vertical devenait nécessaire, on installerait des coins entre le blochet en béton et la semelle élastique sous blochet. Ces coins auront une épaisseur appropriée pour atteindre les besoins d'ajustement jusqu'à un maximum de 25 mm Finalement le rail sera rabaissé jusqu'à sa position originale, attaché et ajusté au rail.



Figure XIII-12 : Remplacement du blochet de la voie

Conclusion :

Grâce à une approche structurée, chaque phase est analysée et adaptée aux exigences techniques, permettant une exécution maîtrisée et cohérente. Cette démarche assure ainsi la qualité, la sécurité et la pérennité de l'infrastructure mis en place.

XIV. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Devis Quantitatif :

N°	DESIGNATIONS	Unité	Quantité
1	**RAIL UIC 60 E1**		
1.1	RAIL UIC 60 E1 R260	m	16.5
1.2	RAIL UIC 60 E1 R350HT	m	8.5
2	**TRAVERSES STEDEF**		
2.1		u	17750
3	**RAIL DE COURANT**		
3.1		m	12.5
4	**APPAREIL DE VOIE**		
4.1	BRETELLE TG 0,26	u	1
4.2	COMMUNICATION TG 0,13	u	2
5	**APPAREIL DE DILATATION DE VOIE**		
5.1	ADD de 600mm	u	2
5.2	ADD de 1200mm	u	2
6	**HEURTOIR DE FRICTION SUR RAILS**		
6.1	Heurtoir de Type E	u	2

Montant Total Estimé :

Note : Montant basé sur l'actualisation des montants des derniers projets aujourd'hui

Montant total HT	2 524 000 000.00
Montant TVA	479 560 000.00
Montant total en TTC	3 003 560 000.00

Montant Total TTC en lettres :

« Trois milliards trois millions cinq cent soixante mille dinars »

CONCLUSION

Le présent mémoire de fin d'études porte sur l'étude et la conception d'un tronçon de l'**extension du métro d'Alger**, couvrant la section **Ain Naadja – Baraki**. Cette extension s'inscrit dans une dynamique globale visant à améliorer la fluidité des déplacements et renforcer la connectivité entre les pôles stratégiques de la capitale.

Notre étude s'est concentrée sur plusieurs aspects fondamentaux afin de garantir la faisabilité et la performance de cette extension. Nous avons mené des analyses géométriques approfondies pour valider avec précision le tracé du nouveau tronçon, en prenant en compte les contraintes liées aux gabarits, à la dilatation des viaducs ainsi qu'aux nuisances sonores et aux vibrations dans une zone à forte urbanisation. Une étude détaillée du drainage a été réalisée, ainsi que la détermination du système de pose le plus adapté, suivies d'une méthodologie rigoureuse pour la mise en œuvre du projet.

Les logiciels utilisés sont e AutoCAD, Civil 3D pour illustrer les différentes configurations du projet. Ces outils ont permis de produire des plans détaillés.

L'application des normes internationales, notamment celles de l'UIC (Union Internationale des Chemins de fer), ainsi que des standards nationaux définis par l'Entreprise Métro d'Alger (EMA), a constitué une étape essentielle pour garantir la conformité et la sécurité du projet. Toutes les phases de conception et de dimensionnement ont été guidées par ces référentiels afin d'assurer une exploitation optimale et une maintenance efficace.

En conclusion, ce projet contribue directement à l'amélioration du réseau de transport urbain d'Alger, offrant une solution moderne et performante à la problématique de la congestion routière. L'extension du métro facilitera la mobilité des habitants, optimisera les temps de déplacement et renforcera l'intégration des différentes zones urbaines. Ce mémoire nous a permis de développer des compétences pratiques et théoriques, indispensables pour aborder avec rigueur et créativité les futurs projets d'ingénierie ferroviaire.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Track Design Handbook LRT.

[2] THE URBAN RAIL DEVELOPPEMENT.

[3] Railway slab vs ballasted track A comparison of track geometry degradation

[4] Cours Systèmes Ferroviaires et urbains « Mr. RAMDANE Ismail »

[5] Compréhension des mécanismes perceptifs associés à la gêne due aux bruit et vibrations du trafic ferroviaire en zone urbaine-Phileas MAIGROT.

[6] Conception Des Infrastructures Pour La Circulation Des Matériels De Type Tram-Train Ou Train Leger.

[7] APD Extension Métro d'Alger : Ain Naadja - Beraki

[8] Les APD et les Dossiers d'exécution pour les anciennes lignes du métro d'Alger

[9] Mémoires de voie ferrées de l'ENSTP

[10] Appareils de dilatation pour ouvrages d'Art

Sites WEB :

- https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tro
- https://www.facs-patrimoine-ferroviaire.fr/content/metros-du-monde
- https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tro_d%27Alger#Historique
- https://www.cockpitdz.com/post/l-histoire-du-transport-en-commun-en-alg%C3%A9rie-le-m%C3%A9tro
- https://www.vossloh.com/fr/produits-et-solutions/field-of-application/fahrbahneigenschaften/#:~:text=La%20voie%20sans%20ballast%20permet,UV)%20et%20son%20entretien%20minime.
- http://www.railway-fasteners.com/news/ballasted-track-non-ballasted-track-comparison.html
- https://fr.scribd.com/document/120201073/GUIDE-PRATIQUE

Normes:

- NF EN 13848
- EN 16432
- EN 15237
- EN 13803
- EN 13674
- BS EN 13715
- UIC 505
- UIC 774

Annexes

ANNEXE 1 :

Planches A3 détaillant le projet

Numéro Planche	Titre
1	Plan localisation du tracé, stations et puits de ventilation
2	Variations paramètres du tracé du PK0+000 au PK1+800
3	Coupes transversales
4	Schéma appareil de dilatation
5	Schéma Appareil de Voie
6	Schéma Rail de courant

ANNEXE 2 :

GABARIT NOMINAL D'IMPLANTATION D'OBSTACLES PAR RAYONS ET DEVERS

Calculs de gabarits nominal d'mplantation d'obstacles (GNO) considérant le devers

Rayon [m]	325	Entreaxe [mm]	3480

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles sans devers

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	-1161	-1541	-1591	-1671	-1646	-1646	-1626	-1501	-1501	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	-1671	$X_{máx}$	0	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	1199	1579	1619	1704	1674	1674	1659	1539	1539	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	0	$X_{máx}$	1704	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	2319	1939	1889	1809	1834	1834	1854	1979	1979	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	1809	$X_{máx}$	3480	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	4679	5059	5099	5184	5154	5154	5139	5019	5019	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	3480	$X_{máx}$	5184	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles avec devers

Ecartement de voie	1435
Largeur de rail	72
Largeur de calcul	1507

Devers	80

Eléments de tour	Angle	3,5454
	X_0	-753,5
	Y_0	0,0

Eléments de tour	Angle	3,5454
	X_0	2726,5
	Y_0	0,0

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-200	-1359	-1732	-1775	-1773	-1707	-1698	-1661	-1512	-1502	-4
Y_i	3616	3552	3411	3283	1806	1079	909	600	188	8	92

X_{min}	-1775	$X_{máx}$	-4	Y_{min}	8	$Y_{máx}$	3616

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-200	996	1382	1429	1596	1607	1616	1619	1522	1532	-4
Y_i	3616	3683	3584	3462	1994	1263	1094	783	357	178	92

X_{min}	-200	$X_{máx}$	1619	Y_{min}	92	$Y_{máx}$	3683

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

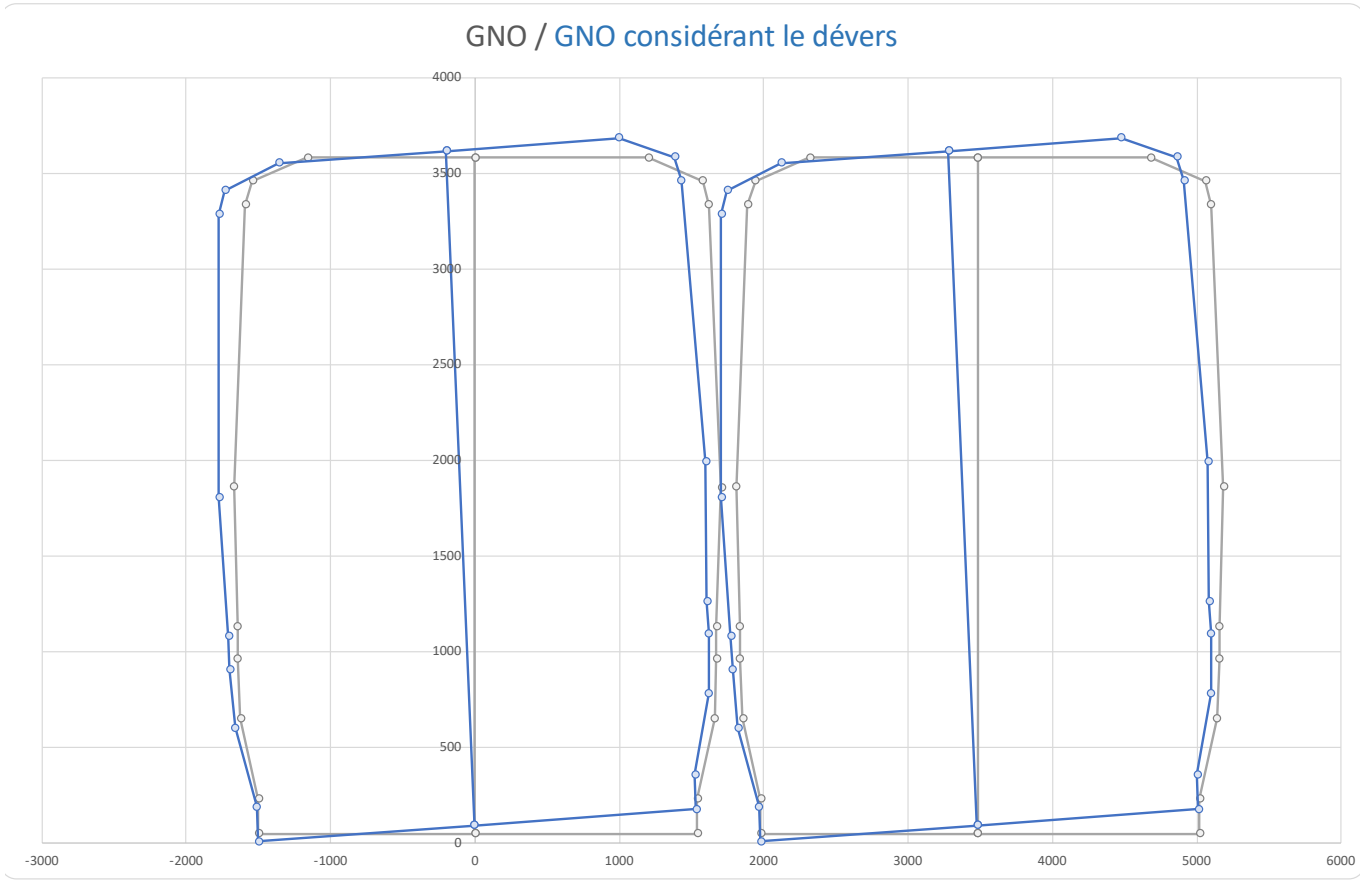
		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3280	2121	1748	1705	1707	1773	1782	1819	1968	1978	3476
Y_i	3616	3552	3411	3283	1806	1079	909	600	188	8	92

X_{min}	1705	$X_{máx}$	3476	Y_{min}	8	$Y_{máx}$	3616

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3280	4476	4862	4909	5076	5087	5096	5099	5002	5012	3476
Y_i	3616	3683	3584	3462	1994	1263	1094	783	357	178	92

X_{min}	3280	$X_{máx}$	5099	Y_{min}	92	$Y_{máx}$	3683



Rayon [m]	325	Devers [mm]	80

Calculs de gabarits nominal d'mplantation d'obstacles (GNO) considérant le devers

Rayon [m]	350	Entreaxe [mm]	3480

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles sans devers

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	-1158	-1538	-1588	-1668	-1643	-1643	-1623	-1498	-1498	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	-1668	$X_{máx}$	0	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	1196	1576	1616	1701	1671	1671	1656	1536	1536	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	0	$X_{máx}$	1701	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	2323	1943	1893	1813	1838	1838	1858	1983	1983	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	1813	$X_{máx}$	3480	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	4676	5056	5096	5181	5151	5151	5136	5016	5016	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	3480	$X_{máx}$	5181	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles avec devers

Ecartement de voie	1435
Largeur de rail	72
Largeur de calcul	1507

Devers	80

Eléments de tour	Angle	3,5454
	X_0	-753,5
	Y_0	0,0

Eléments de tour	Angle	3,5454
	X_0	2726,5
	Y_0	0,0

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-200	-1356	-1729	-1772	-1770	-1704	-1695	-1657	-1509	-1499	-4
Y_i	3616	3552	3411	3283	1806	1079	909	601	188	9	92

X_{min}	-1772	$X_{máx}$	-4	Y_{min}	9	$Y_{máx}$	3616

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-200	994	1380	1427	1594	1604	1614	1616	1520	1530	-4
Y_i	3616	3683	3584	3462	1994	1263	1093	783	357	177	92

X_{min}	-200	$X_{máx}$	1616	Y_{min}	92	$Y_{máx}$	3683

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

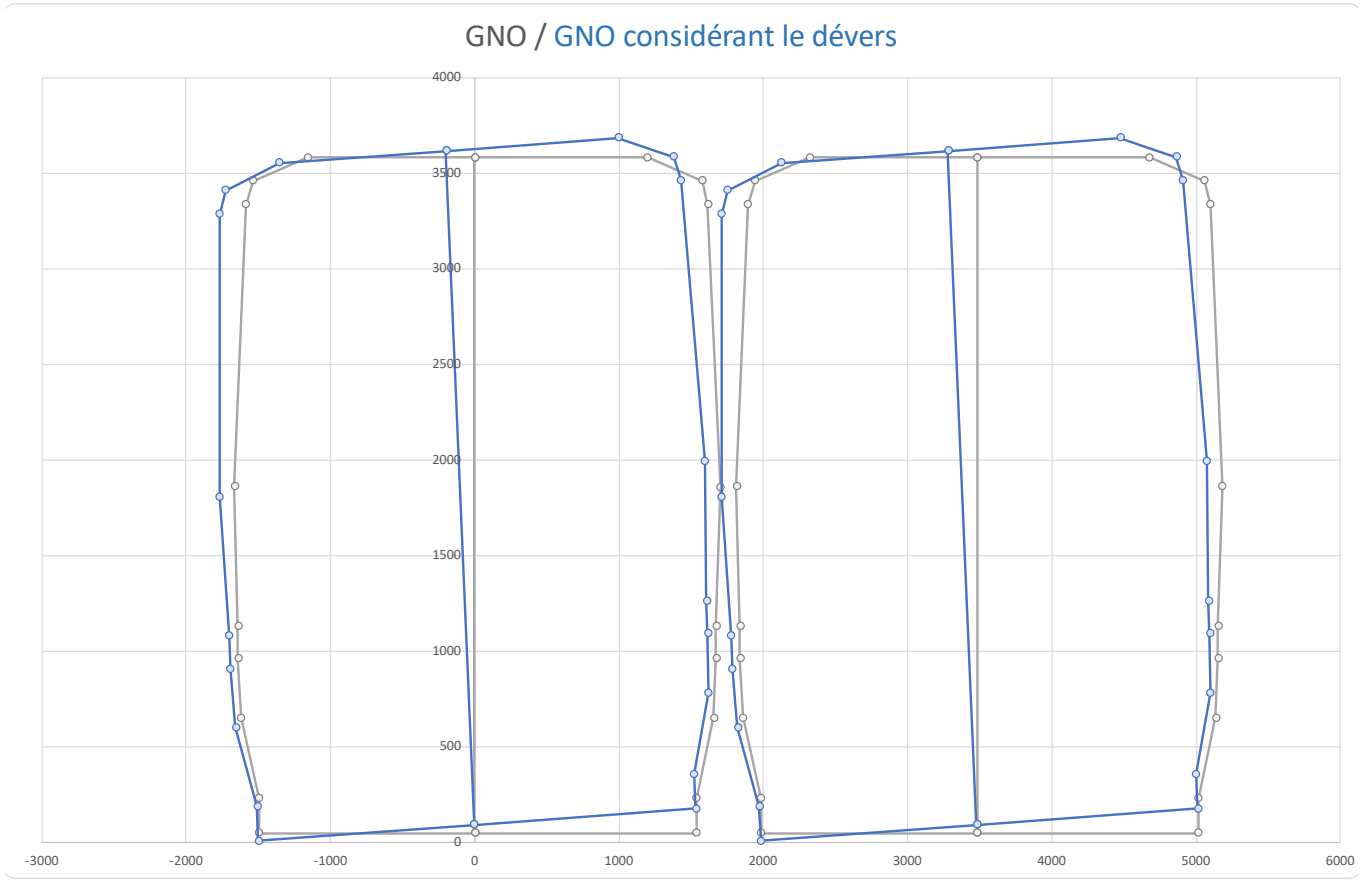
		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3280	2124	1751	1708	1710	1776	1785	1823	1971	1981	3476
Y_i	3616	3552	3411	3283	1806	1079	909	601	188	9	92

X_{min}	1708	$X_{máx}$	3476	Y_{min}	9	$Y_{máx}$	3616

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3280	4474	4860	4907	5074	5084	5094	5096	5000	5010	3476
Y_i	3616	3683	3584	3462	1994	1263	1093	783	357	177	92

X_{min}	3280	$X_{máx}$	5096	Y_{min}	92	$Y_{máx}$	3683



Rayon [m]	350	Devers [mm]	80

Calculs de gabarits nominal d'mplantation d'obstacles (GNO) considérant le devers

Rayon [m]	400	Entreaxe [mm]	3480

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles sans devers

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	-1151	-1531	-1581	-1661	-1636	-1636	-1616	-1491	-1491	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	-1661	$X_{máx}$	0	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	1191	1571	1611	1696	1666	1666	1651	1531	1531	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	0	$X_{máx}$	1696	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	2329	1949	1899	1819	1844	1844	1864	1989	1989	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	1819	$X_{máx}$	3480	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	4671	5051	5091	5176	5146	5146	5131	5011	5011	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	3480	$X_{máx}$	5176	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles avec devers

Ecartement de voie	1435
Largeur de rail	72
Largeur de calcul	1507

Devers	80

Eléments de tour	Angle	3,5454
	X_0	-753,5
	Y_0	0,0

Eléments de tour	Angle	3,5454
	X_0	2726,5
	Y_0	0,0

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-200	-1350	-1722	-1765	-1763	-1698	-1688	-1651	-1503	-1493	-4
Y_i	3616	3552	3411	3284	1807	1079	909	601	189	9	92

X_{min}	-1765	$X_{máx}$	-4	Y_{min}	9	$Y_{máx}$	3616

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-200	989	1375	1422	1589	1599	1609	1611	1515	1525	-4
Y_i	3616	3683	3584	3461	1993	1263	1093	783	357	177	92

X_{min}	-200	$X_{máx}$	1611	Y_{min}	92	$Y_{máx}$	3683

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

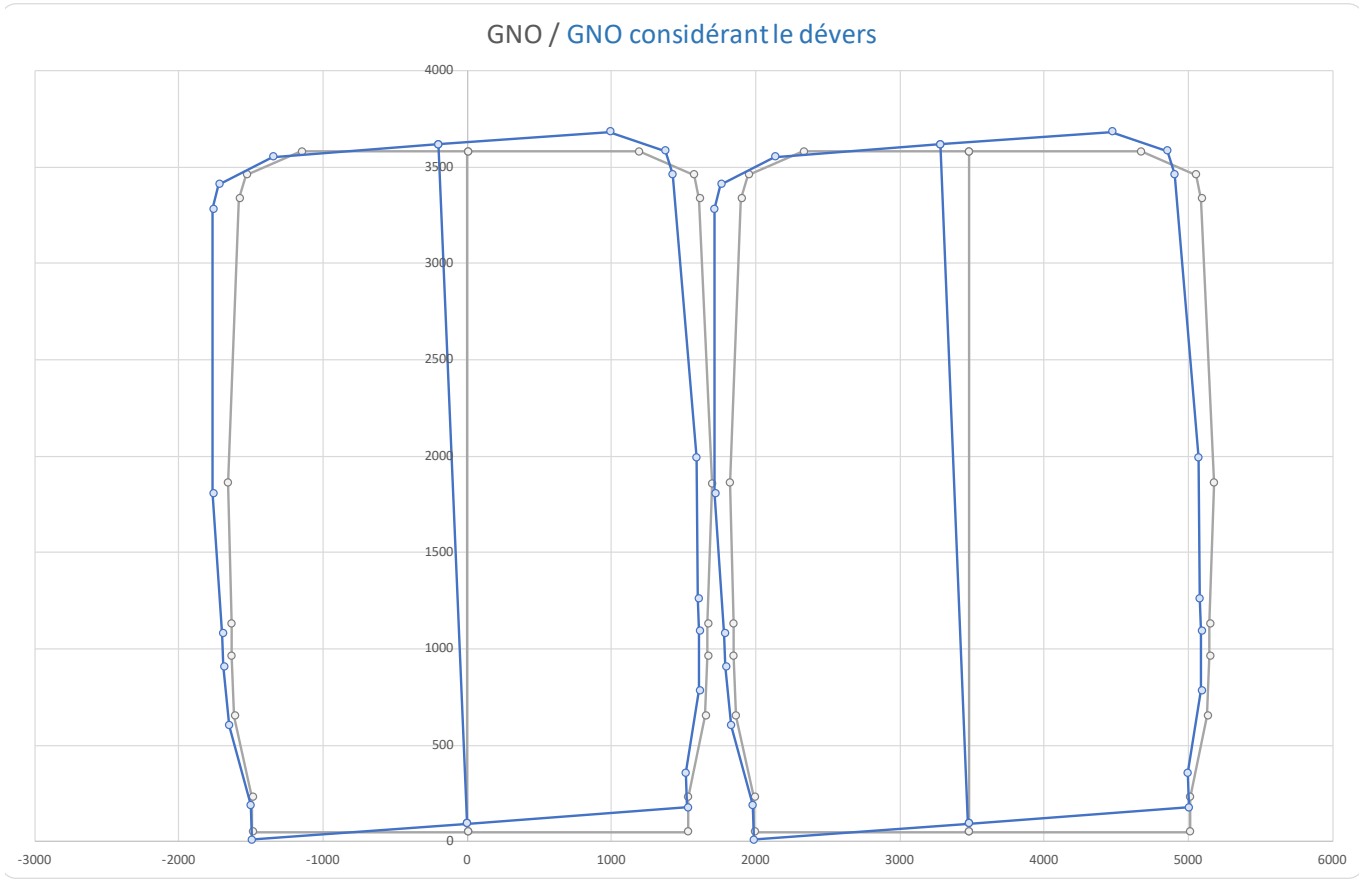
		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3280	2130	1758	1715	1717	1782	1792	1829	1977	1987	3476
Y_i	3616	3552	3411	3284	1807	1079	909	601	189	9	92

X_{min}	1715	$X_{máx}$	3476	Y_{min}	9	$Y_{máx}$	3616

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3280	4469	4855	4902	5069	5079	5089	5091	4995	5005	3476
Y_i	3616	3683	3584	3461	1993	1263	1093	783	357	177	92

X_{min}	3280	$X_{máx}$	5091	Y_{min}	92	$Y_{máx}$	3683



Rayon [m]	400	Devers [mm]	80

Calculs de gabarits nominal d'mplantation d'obstacles (GNO) considérant le devers

Rayon [m]	400	Entreaxe [mm]	3480

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles sans devers

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	-1151	-1531	-1581	-1661	-1636	-1636	-1616	-1491	-1491	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	-1661	$X_{máx}$	0	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	1191	1571	1611	1696	1666	1666	1651	1531	1531	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	0	$X_{máx}$	1696	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	2329	1949	1899	1819	1844	1844	1864	1989	1989	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	1819	$X_{máx}$	3480	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	4671	5051	5091	5176	5146	5146	5131	5011	5011	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	3480	$X_{máx}$	5176	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles avec devers

Ecartement de voie	1435
Largeur de rail	72
Largeur de calcul	1507

Devers	100

Eléments de tour	Angle	4,4292
	X_0	-753,5
	Y_0	0,0

Eléments de tour	Angle	4,4292
	X_0	2726,5
	Y_0	0,0

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-251	-1399	-1770	-1811	-1788	-1712	-1701	-1659	-1505	-1493	-5
Y_i	3624	3544	3398	3269	1792	1066	896	588	178	-1	102

X_{min}	-1811	$X_{máx}$	-5	Y_{min}	-1	$Y_{máx}$	3624

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-251	937	1325	1373	1561	1582	1593	1600	1509	1522	-5
Y_i	3624	3707	3613	3491	2026	1295	1126	816	388	209	102

X_{min}	-251	$X_{máx}$	1600	Y_{min}	102	$Y_{máx}$	3707

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

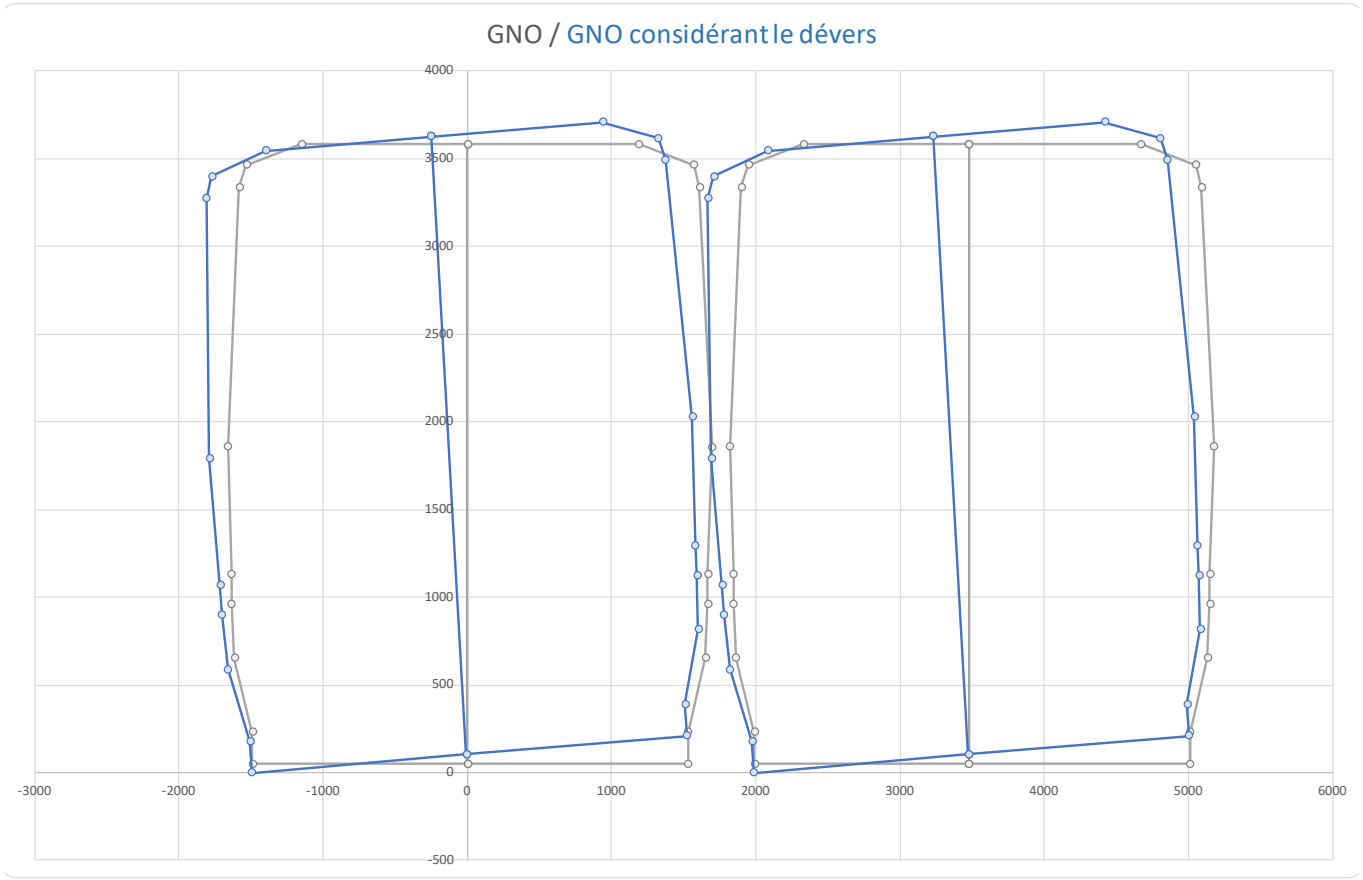
		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3229	2081	1710	1669	1692	1768	1779	1821	1975	1987	3475
Y_i	3624	3544	3398	3269	1792	1066	896	588	178	-1	102

X_{min}	1669	$X_{máx}$	3475	Y_{min}	-1	$Y_{máx}$	3624

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3229	4417	4805	4853	5041	5062	5073	5080	4989	5002	3475
Y_i	3624	3707	3613	3491	2026	1295	1126	816	388	209	102

X_{min}	3229	$X_{máx}$	5080	Y_{min}	102	$Y_{máx}$	3707



Rayon [m]	400	Devers [mm]	100

Calculs de gabarits nominal d'mplantation d'obstacles (GNO) considérant le devers

Rayon [m]	450	Entreaxe [mm]	3480

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles sans devers

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	-1146	-1526	-1571	-1653	-1626	-1626	-1608	-1486	-1486	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	-1653	$X_{máx}$	0	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	1186	1566	1606	1691	1661	1661	1646	1526	1526	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	0	$X_{máx}$	1691	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	2335	1955	1910	1827	1855	1855	1872	1995	1995	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	1827	$X_{máx}$	3480	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	4666	5046	5086	5171	5141	5141	5126	5006	5006	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	3480	$X_{máx}$	5171	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles avec devers

Ecartement de voie	1435
Largeur de rail	72
Largeur de calcul	1507

Devers	80

Eléments de tour	Angle	3,5454
	X_0	-753,5
	Y_0	0,0

Eléments de tour	Angle	3,5454
	X_0	2726,5
	Y_0	0,0

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-200	-1344	-1717	-1755	-1755	-1687	-1678	-1643	-1497	-1487	-4
Y_i	3616	3553	3412	3284	1807	1080	910	601	189	9	92

X_{min}	-1755	$X_{máx}$	-4	Y_{min}	9	$Y_{máx}$	3616

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-200	984	1370	1417	1584	1594	1604	1606	1510	1520	-4
Y_i	3616	3682	3584	3461	1993	1263	1093	783	357	177	92

X_{min}	-200	$X_{máx}$	1606	Y_{min}	92	$Y_{máx}$	3682

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

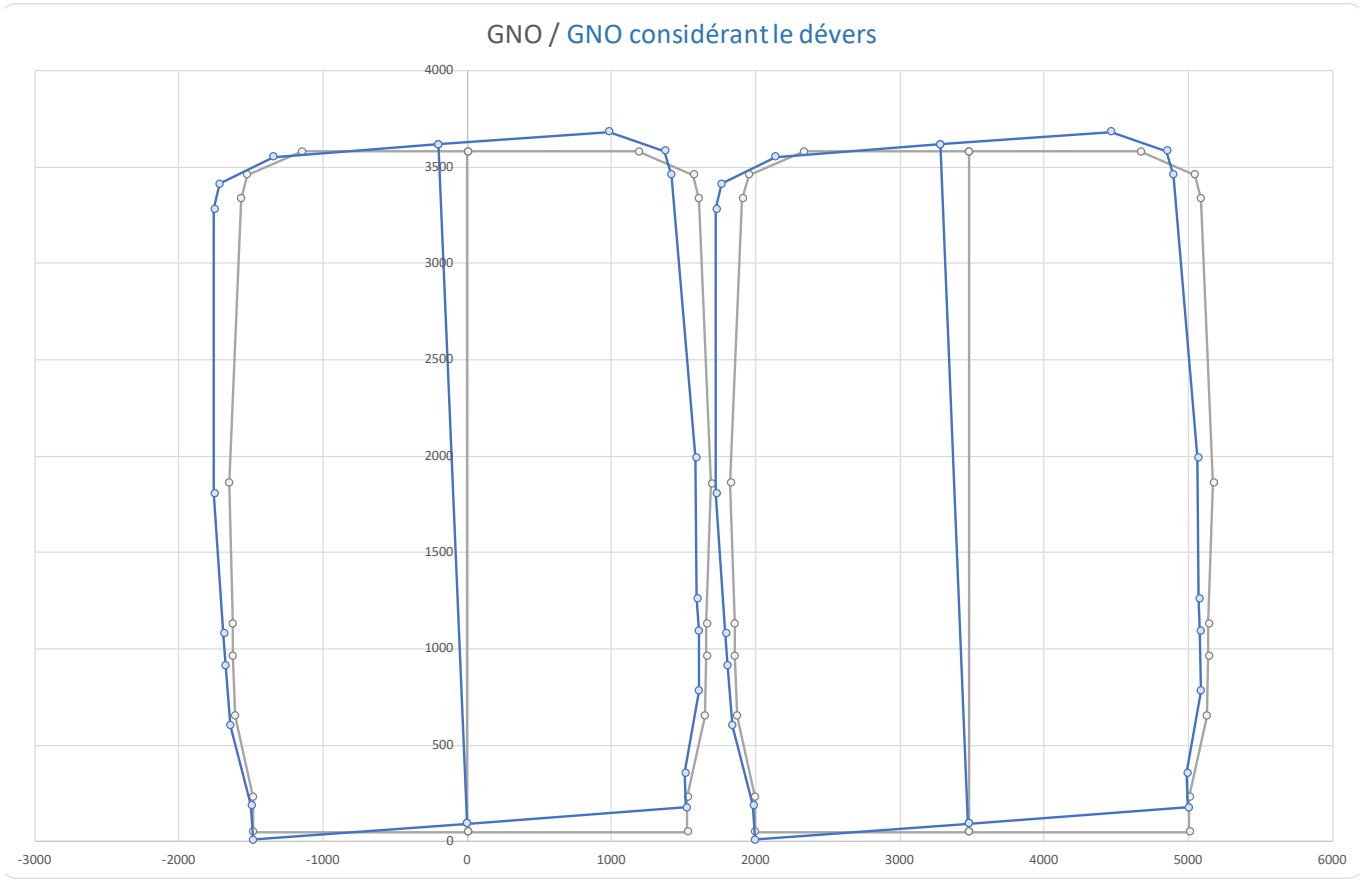
		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3280	2136	1763	1725	1725	1793	1802	1837	1983	1993	3476
Y_i	3616	3553	3412	3284	1807	1080	910	601	189	9	92

X_{min}	1725	$X_{máx}$	3476	Y_{min}	9	$Y_{máx}$	3616

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3280	4464	4850	4897	5064	5074	5084	5086	4990	5000	3476
Y_i	3616	3682	3584	3461	1993	1263	1093	783	357	177	92

X_{min}	3280	$X_{máx}$	5086	Y_{min}	92	$Y_{máx}$	3682



Rayon [m]	450	Devers [mm]	80

Calculs de gabarits nominal d'mplantation d'obstacles (GNO) considérant le devers

Rayon [m]	550	Entreaxe [mm]	3480

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles sans devers

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	-1140	-1520	-1560	-1645	-1615	-1615	-1600	-1480	-1480	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	-1645	$X_{máx}$	0	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	1178	1558	1598	1683	1653	1653	1638	1518	1518	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	0	$X_{máx}$	1683	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	2340	1960	1920	1835	1865	1865	1880	2000	2000	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	1835	$X_{máx}$	3480	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	4658	5038	5078	5163	5133	5133	5118	4998	4998	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	3480	$X_{máx}$	5163	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles avec devers

Ecartement de voie	1435
Largueur de rail	72
Largueur de calcul	1507

Devers	100

Eléments de tour	Angle	4,4292
	X_0	-753,5
	Y_0	0,0

Eléments de tour	Angle	4,4292
	X_0	2726,5
	Y_0	0,0

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-251	-1388	-1759	-1790	-1772	-1691	-1680	-1643	-1494	-1482	-5
Y_i	3624	3544	3398	3271	1794	1067	898	590	179	-1	102

X_{min}	-1790	$X_{máx}$	-5	Y_{min}	-1	$Y_{máx}$	3624

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-251	925	1312	1361	1548	1569	1581	1587	1497	1509	-5
Y_i	3624	3706	3612	3490	2025	1295	1125	815	387	208	102

X_{min}	-251	$X_{máx}$	1587	Y_{min}	102	$Y_{máx}$	3706

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

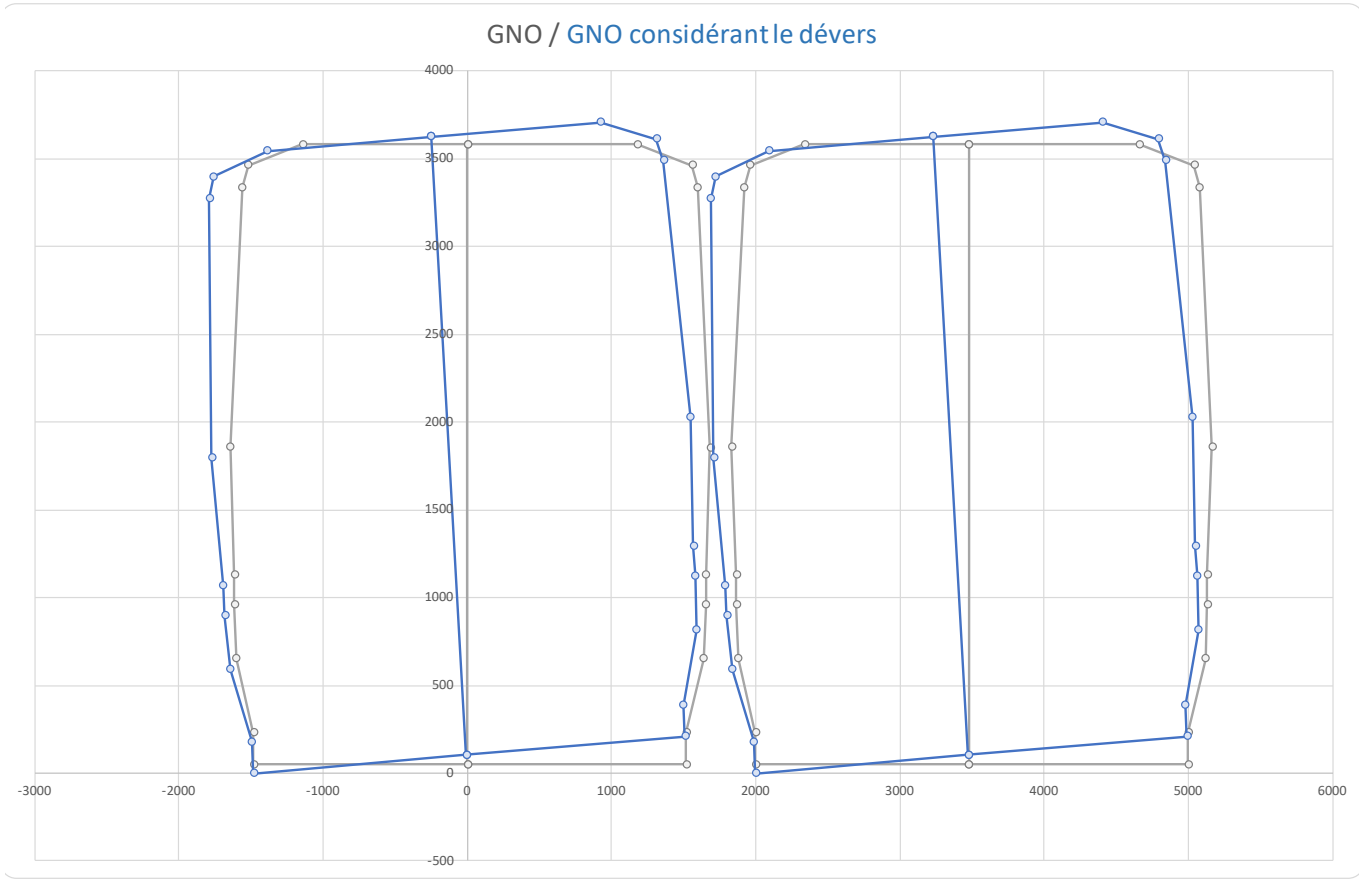
		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3229	2092	1721	1690	1708	1789	1800	1837	1986	1998	3475
Y_i	3624	3544	3398	3271	1794	1067	898	590	179	-1	102

X_{min}	1690	$X_{máx}$	3475	Y_{min}	-1	$Y_{máx}$	3624

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3229	4405	4792	4841	5028	5049	5061	5067	4977	4989	3475
Y_i	3624	3706	3612	3490	2025	1295	1125	815	387	208	102

X_{min}	3229	$X_{máx}$	5067	Y_{min}	102	$Y_{máx}$	3706



Rayon [m]	550	Devers [mm]	100

Calculs de gabarits nominal d'mplantation d'obstacles (GNO) considérant le devers

Rayon [m]	665	Entreaxe [mm]	3480

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles sans devers

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	-1140	-1520	-1560	-1645	-1615	-1615	-1600	-1480	-1480	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	-1645	$X_{máx}$	0	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	1172	1552	1592	1677	1647	1647	1632	1512	1512	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	0	$X_{máx}$	1677	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	2340	1960	1920	1835	1865	1865	1880	2000	2000	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	1835	$X_{máx}$	3480	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	4652	5032	5072	5157	5127	5127	5112	4992	4992	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	3480	$X_{máx}$	5157	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles avec devers

Ecartement de voie	1435
Largueur de rail	72
Largueur de calcul	1507

Devers	80

Eléments de tour	Angle	3,5454
	X_0	-753,5
	Y_0	0,0

Eléments de tour	Angle	3,5454
	X_0	2726,5
	Y_0	0,0

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-200	-1339	-1711	-1744	-1747	-1677	-1667	-1635	-1492	-1482	-4
Y_i	3616	3553	3412	3285	1807	1080	911	602	189	9	92

X_{min}	-1747	$X_{máx}$	-4	Y_{min}	9	$Y_{máx}$	3616

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-200	970	1356	1403	1570	1580	1590	1592	1496	1506	-4
Y_i	3616	3682	3583	3460	1992	1262	1092	782	356	176	92

X_{min}	-200	$X_{máx}$	1592	Y_{min}	92	$Y_{máx}$	3682

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

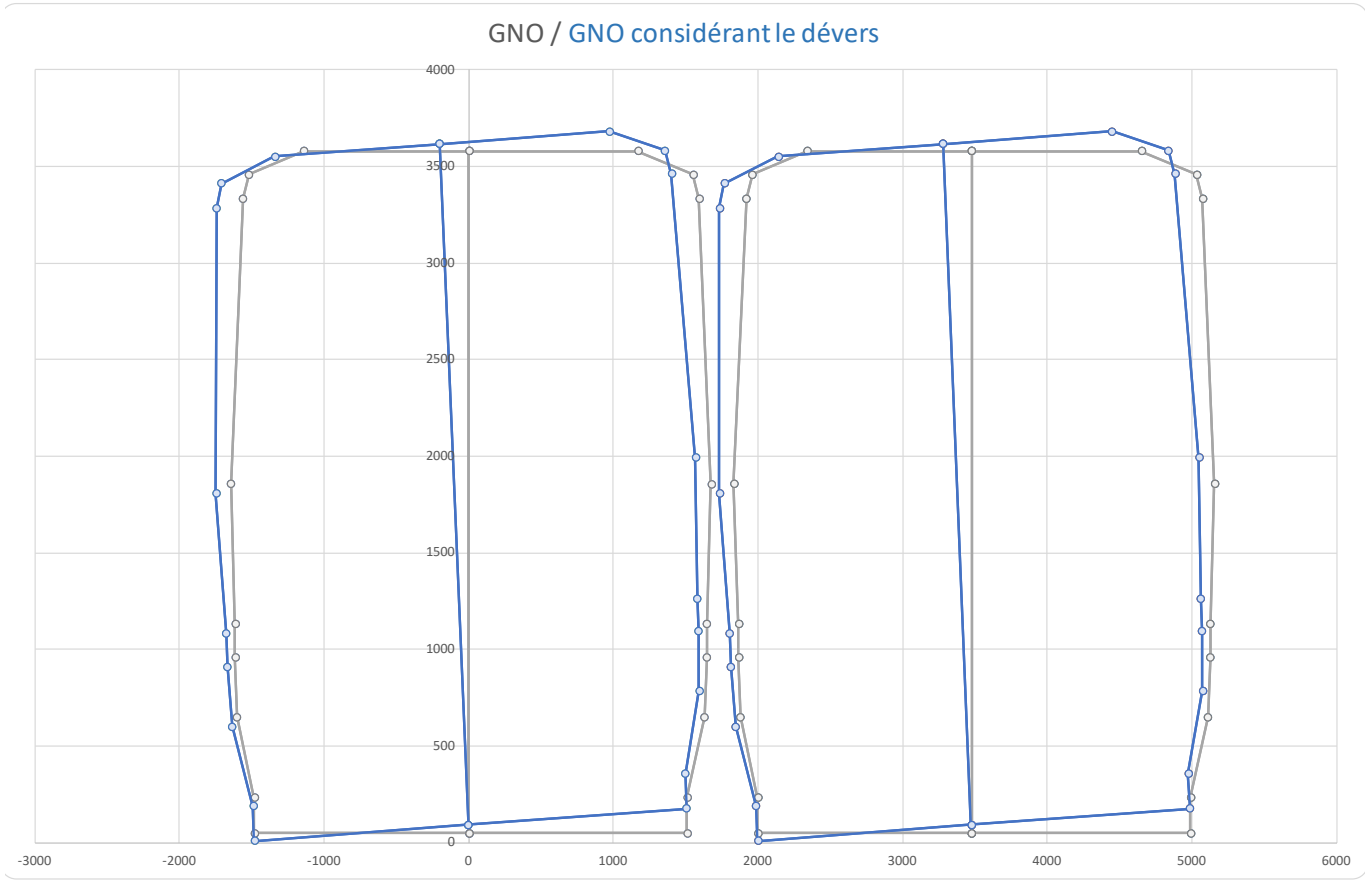
		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3280	2141	1769	1736	1733	1803	1813	1845	1988	1998	3476
Y_i	3616	3553	3412	3285	1807	1080	911	602	189	9	92

X_{min}	1733	$X_{máx}$	3476	Y_{min}	9	$Y_{máx}$	3616

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3280	4450	4836	4883	5050	5060	5070	5072	4976	4986	3476
Y_i	3616	3682	3583	3460	1992	1262	1092	782	356	176	92

X_{min}	3280	$X_{máx}$	5072	Y_{min}	92	$Y_{máx}$	3682



Rayon [m]	665	Devers [mm]	80

Calculs de gabarits nominal d'mplantation d'obstacles (GNO) considérant le devers

Rayon [m]	1000	Entreaxe [mm]	3480

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles sans devers

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	-1140	-1520	-1560	-1645	-1615	-1615	-1600	-1480	-1480	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	-1645	$X_{máx}$	0	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	0	1160	1540	1580	1665	1635	1635	1620	1500	1500	0
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	0	$X_{máx}$	1665	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	2340	1960	1920	1835	1865	1865	1880	2000	2000	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	1835	$X_{máx}$	3480	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3480	4640	5020	5060	5145	5115	5115	5100	4980	4980	3480
Y_i	3580	3580	3460	3335	1860	1130	960	650	230	50	50

X_{min}	3480	$X_{máx}$	5145	Y_{min}	50	$Y_{máx}$	3580

Gabarit nominal d'implantation d'obstacles avec devers

Ecartement de voie	1435
Largueur de rail	72
Largueur de calcul	1507

Devers	50

Eléments de tour	Angle	2,2173
	X_0	-753,5
	Y_0	0,0

Eléments de tour	Angle	2,2173
	X_0	2726,5
	Y_0	0,0

VOIE GAUCHE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-125	-1264	-1640	-1676	-1709	-1654	-1648	-1622	-1488	-1481	-2
Y_i	3604	3564	3431	3305	1828	1099	929	620	205	25	76

X_{min}	-1709	$X_{máx}$	-2	Y_{min}	25	$Y_{máx}$	3604

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	-125	1034	1418	1462	1599	1594	1600	1596	1491	1497	-2
Y_i	3604	3644	3538	3414	1943	1212	1043	732	308	128	76

X_{min}	-125	$X_{máx}$	1600	Y_{min}	76	$Y_{máx}$	3644

VOIE DROITE

Gabarits coté INTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3355	2216	1840	1804	1771	1826	1832	1858	1992	1999	3478
Y_i	3604	3564	3431	3305	1828	1099	929	620	205	25	76

X_{min}	1771	$X_{máx}$	3478	Y_{min}	25	$Y_{máx}$	3604

Gabarits coté EXTÉRIEUR de la courbe [mm]

		A	B	C	D	E		F	G	G'	
X_i	3355	4514	4898	4942	5079	5074	5080	5076	4971	4977	3478
Y_i	3604	3644	3538	3414	1943	1212	1043	732	308	128	76

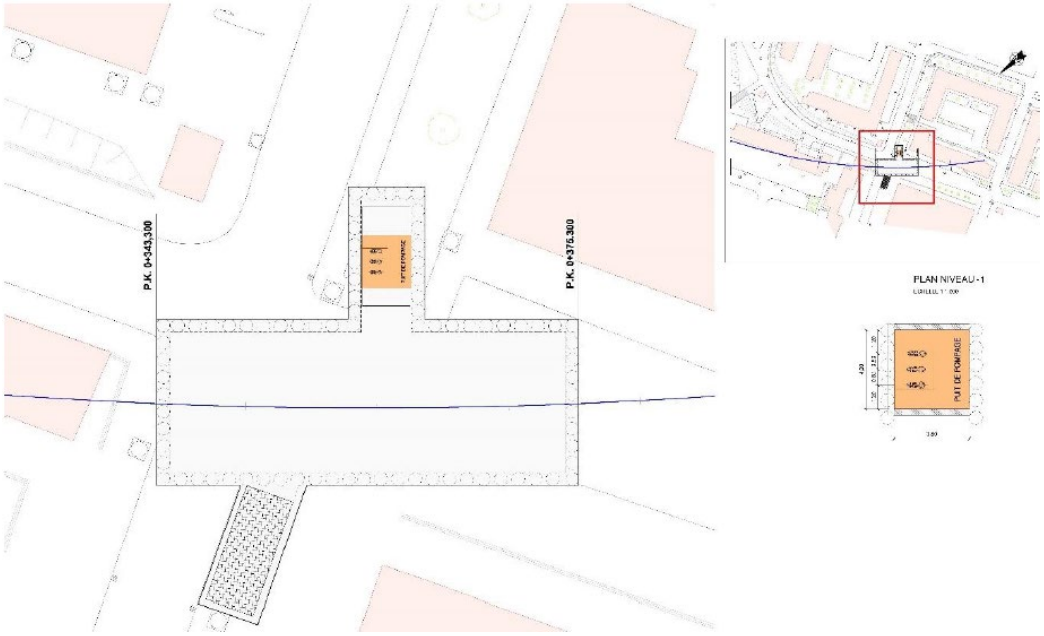
X_{min}	3355	$X_{máx}$	5080	Y_{min}	76	$Y_{máx}$	3644

ANNEXE 3 :

NOTE DE CALCUL POSTE D'EPUISEMENT

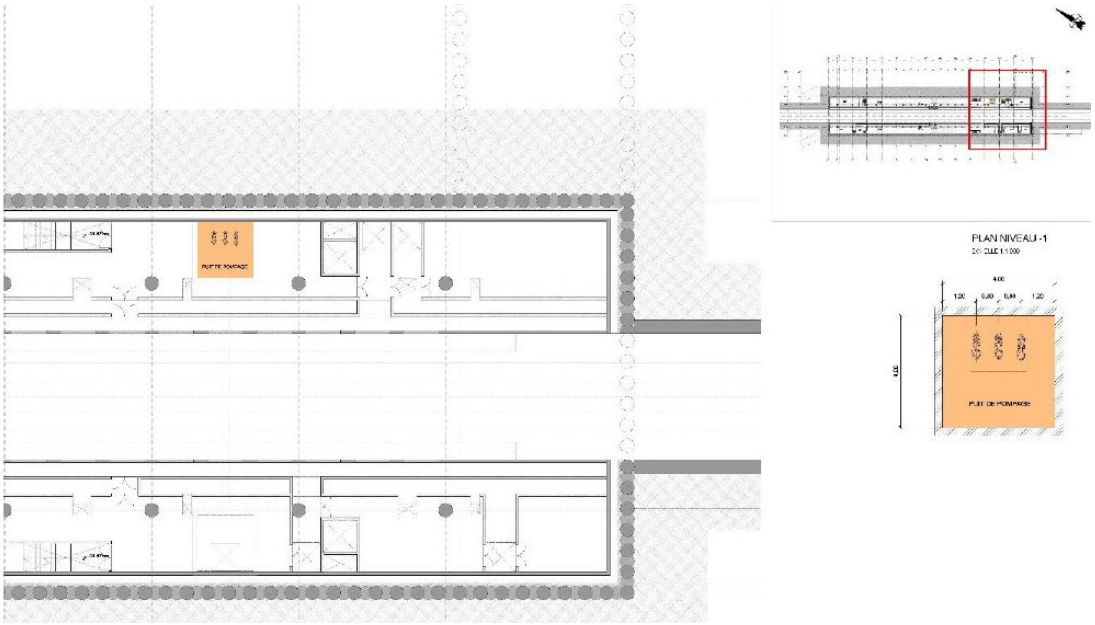
1. Emplacement des postes de pompage

• PV-7



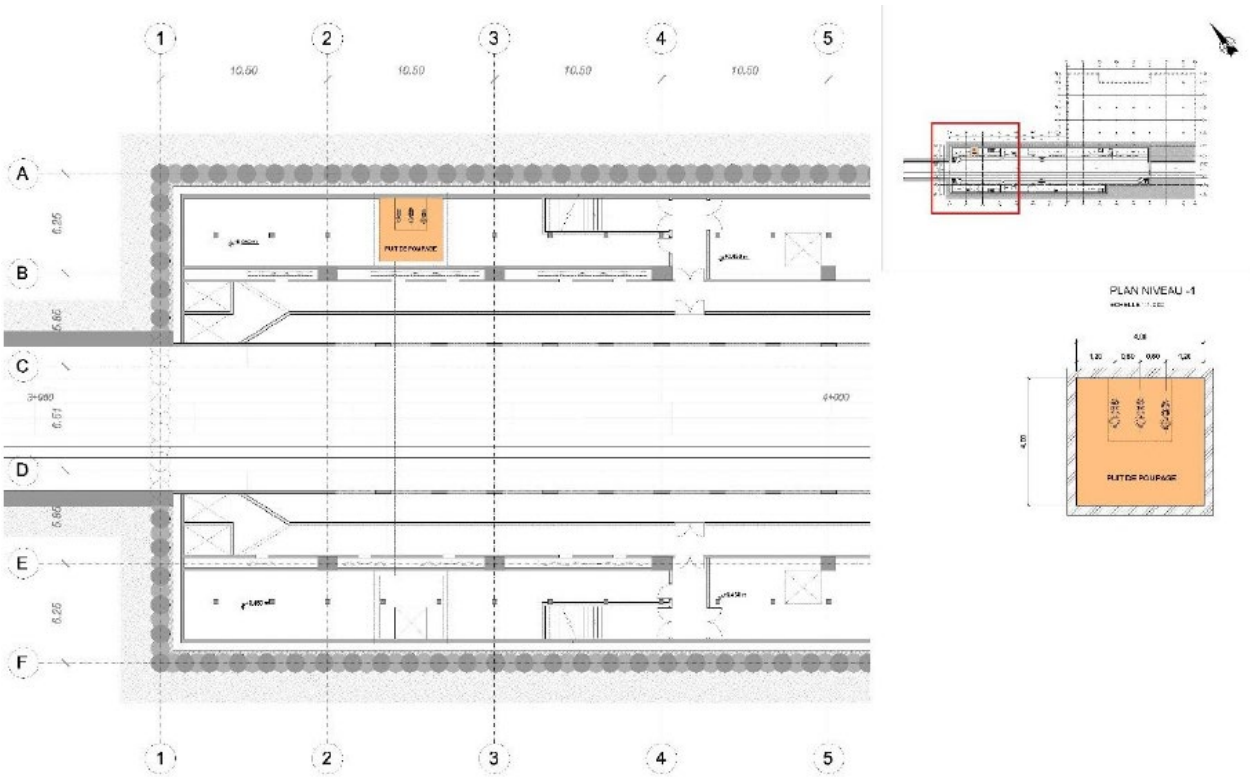
Implantation poste d'épuisement PV-7

• Station Mohamed Boudiaf



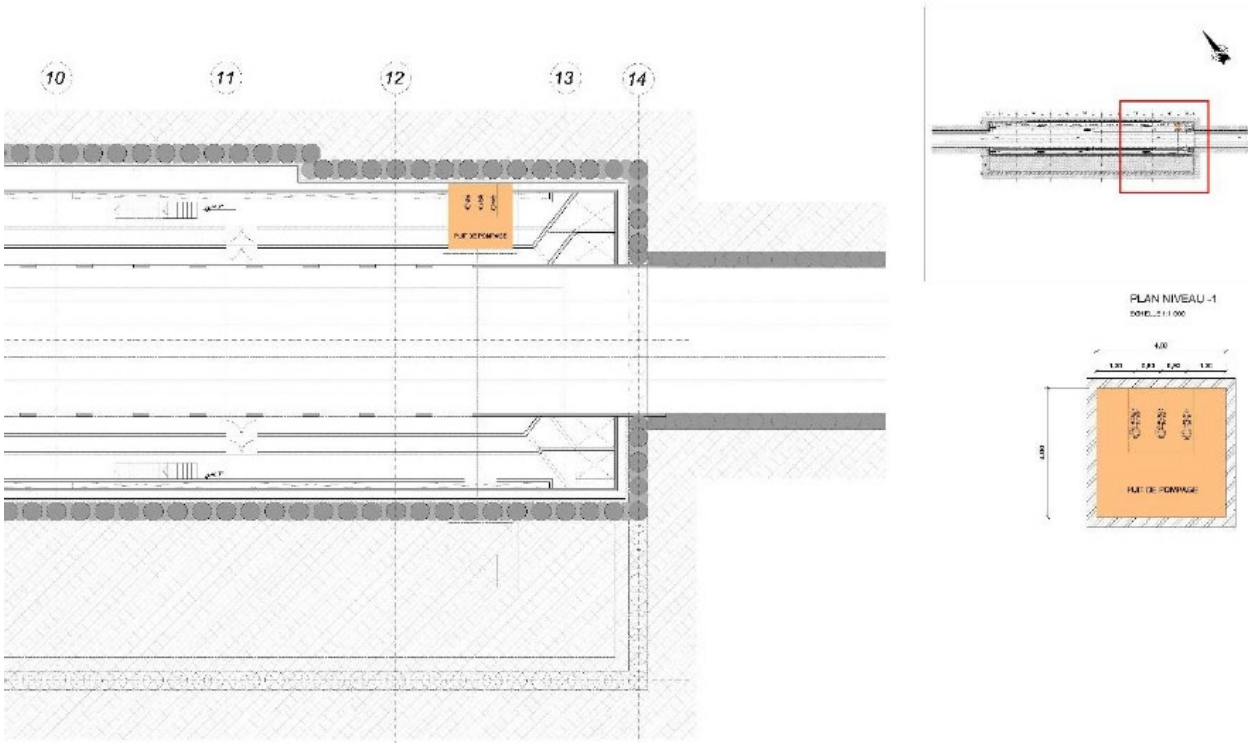
Implantation poste d'épuisement Station Mohamed Boudiaf

• Station Mohamed Belarbi



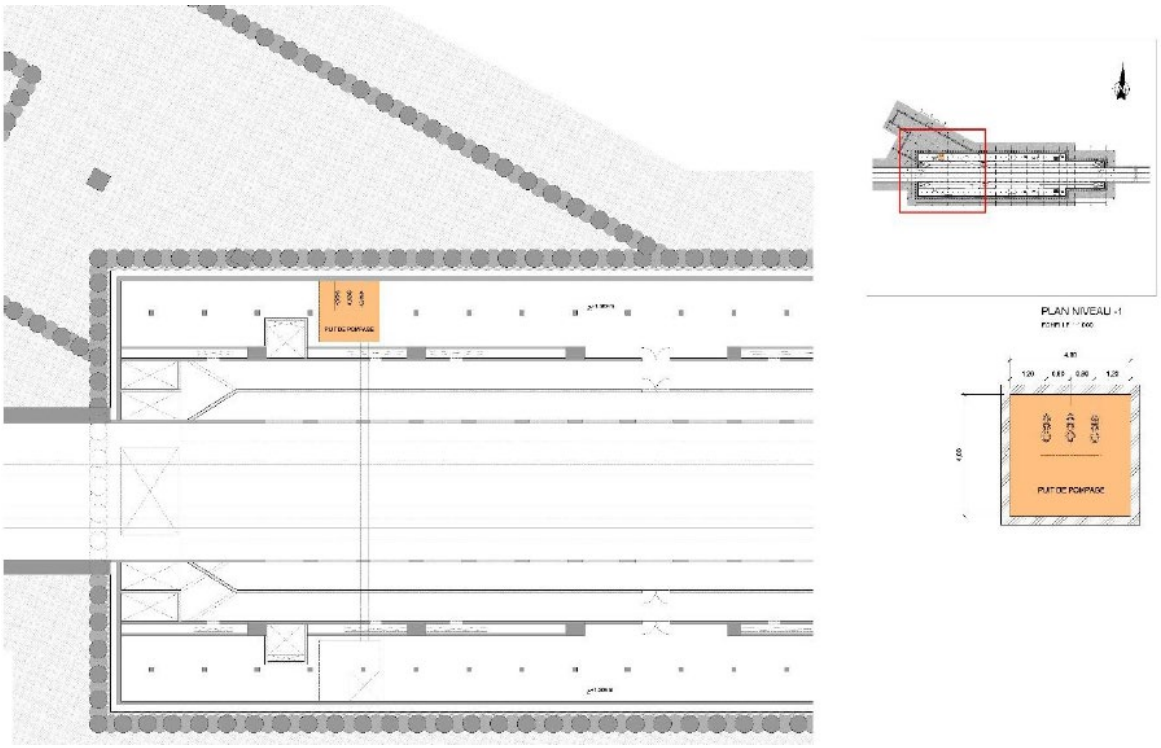
Implantation poste d'épuisement station Mohamed Belarbi

• Station le jardin



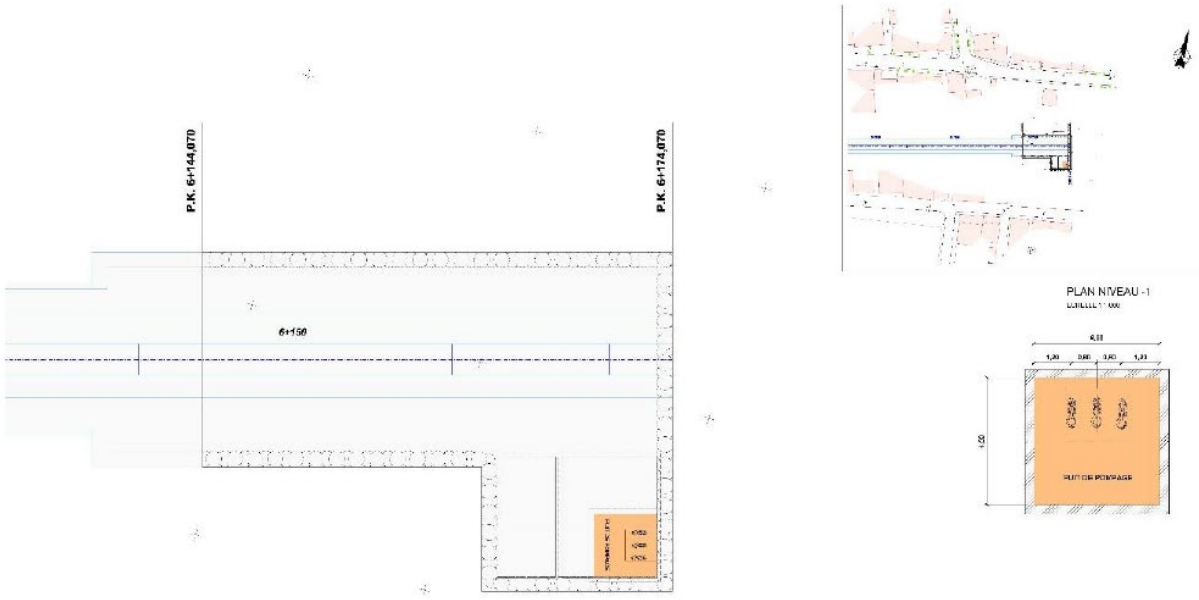
Implantation poste d'épuisement Le Jardin

 Station Cité 2004



Implantation poste d'épuisement Station Cité 2004

• PV-11



Implantation poste d'épuisement PV-11

2. Vérification drainage longitudinale : (Tableaux qui suient)

PK Début	PK Fin	Voie	Zone	Surface (m^2)	Débit partiel (m^3/s)	Débit accumulé (m^3/s)	Pente (%)	Type de fosse	Débit max (m^3/s)	Commentaires
0+000	0+363	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	5,00	Revêtue	0,11	Décharges tous les 50 m à collecteur PV-7
0+000	0+363	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	5,00	Revêtue	0,11	Décharges tous les 50 m à collecteur PV-7
0+989	0+363	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	0,98	Revêtue	0,05	Décharges tous les 50 m à collecteur PV-7
0+000	0+363	Droite	Filtrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	0,98	Revêtue	0,05	Décharges tous les 50 m à collecteur PV-7
0+989	1+605	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	4,00	Revêtue	0,09	Décharges tous les 50 m à collecteur jusqu'à collecteur de décharge à fond de la vallée
0+989	1+605	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	4,00	Revêtue	0,09	Décharges tous les 50 m à collecteur jusqu'à collecteur de décharge à fond de la vallée
0+989	1+605	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	4,00	Revêtue	0,09	Décharges tous les 50 m à collecteur jusqu'à collecteur de décharge à fond de la vallée

PK Début	PK Fin	Voie	Zone	Surface (m^2)	Débit partiel (m^3/s)	Débit accumulé (m^3/s)	Pente (%)	Type de fosse	Débit max (m^3/s)	Commentaires
0+989	1+605	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	4,00	Revêtue	0,09	Décharges tous les 50 m à collecteur jusqu'à collecteur de décharge à fond de la vallée
1+882	1+476	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 1806,700	0,000 0,008 0,000 0,053	0,061	4,00	Revêtue	0,09	Décharges partielles aux PKs 1+830, 1+803,1+770 y 1+476.
1+882	1+476	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 1806,700	0,000 0,008 0,000 0,053	0,061	4,00	Revêtue	0,09	Décharges partielles aux PKs 1+830, 1+803,1+770 y 1+476.
2+055	1+882	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 710,000	0,000 0,008 0,000 0,020	0,028	0,25	Revêtue	0,02	Décharges partielles aux PKs 2+046, 2+014,1+982 y 1+882
2+055	1+882	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 710,000	0,000 0,008 0,000 0,020	0,028	0,25	Revêtue	0,02	Décharges partielles aux PKs 2+046, 2+014,1+982 y 1+882
2+055	2+329	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 1219,300	0,000 0,008 0,000 0,036	0,044	2,00	Revêtue	0,07	Décharges partielles aux PKs 2+078, 2+110,2+142,2+174,2+206 2+238,2+270,2+302 y 2+329
2+055	2+329	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 1219,300	0,000 0,008 0,000 0,036	0,044	2,00	Revêtue	0,07	Décharges partielles aux PKs 2+078, 2+110,2+142,2+174,2+206 2+238,2+270,2+302 y 2+329

PK Début	PK Fin	Voie	Zone	Surface (m^2)	Débit partiel (m^3/s)	Débit accumulé (m^3/s)	Pente (%)	Type de fosse	Débit max (m^3/s)	Commentaires
2+329	2+546	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 965,650	0,000 0,008 0,000 0,028	0,036	2,00	Revêtue	0,07	Décharges partielles aux PKs 2+362, 2+394,2+426,2+458,2+490,2+518 y 2+546
2+329	2+546	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 965,650	0,000 0,008 0,000 0,028	0,036	2,00	Revêtue	0,07	Décharges partielles aux PKs 2+362, 2+394,2+426,2+458,2+490,2+518 y 2+546
2+546	2+768	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 987,900	0,000 0,008 0,000 0,029	0,037	2,00	Revêtue	0,07	Décharges partielles aux PKs 2+578, 2+605,2+637,2+669,2+701,2+733 y 2+768
2+546	2+768	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 987,900	0,000 0,008 0,000 0,029	0,037	2,00	Revêtue	0,07	Décharges partielles aux PKs 2+578, 2+605,2+637,2+669,2+701,2+733 y 2+768
2+768	2+860	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 414,000	0,000 0,008 0,000 0,012	0,020	0,25	Revêtue	0,02	Décharges partielles aux PKs 2+796, 2+828 y 2+860
2+860	2+917	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 256,500	0,000 0,008 0,000 0,007	0,016	0,25	Revêtue	0,02	Décharges partielles aux PKs 2+888 y 2+917
2+917	3+063	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 649,700	0,000 0,008 0,000 0,019	0,027	2,00	Revêtue	0,07	Décharges partielles aux PKs 2+939, 2+967,2+999,3+031 y 3+063
2+917	3+063	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 649,700	0,000 0,008 0,000 0,019	0,027	2,00	Revêtue	0,07	Décharges partielles aux PKs 2+939, 2+967,2+999,3+031 y 3+063

PK Début	PK Fin	Voie	Zone	Surface (m^2)	Débit partiel (m^3/s)	Débit accumulé (m^3/s)	Pente (%)	Type de fosse	Débit max (m^3/s)	Commentaires
3+063	3+217	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 685,300	0,000 0,008 0,000 0,020	0,028	2,00	Revêtue	0,07	Décharges partielles aux PKs 3+095, 3+127,3+159,3+191 y 3+217
3+063	3+217	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 685,300	0,000 0,008 0,000 0,020	0,028	2,00	Revêtue	0,07	Décharges partielles aux PKs 3+095, 3+127,3+159,3+191 y 3+217
3+336	3+515	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 900,000	0,000 0,008 0,000 0,026	0,035	4,00	Revêtue	0,09	Décharges tous les 50 m à collecteur Décharge au collecteur au PK 3+515
3+515	3+700	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	4,00	Revêtue	0,09	Décharges tous les 50 m à collecteur
3+700	3+973	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	1,00	Revêtue	0,05	Décharges tous les 50 m à collecteur Station Mohamed Belarbi
3+336	3+515	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 900,000	0,000 0,008 0,000 0,026	0,035	4,00	Revêtue	0,09	Décharges tous les 50 m à collecteur

PK Début	PK Fin	Voie	Zone	Surface (m^2)	Débit partiel (m^3/s)	Débit accumulé (m^3/s)	Pente (%)	Type de fosse	Débit max (m^3/s)	Commentaires
3+515	3+700	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,043	4,00	Revêtue	0,09	Décharges tous les 50 m à collecteur
3+700	3+973	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,051	1,00	Revêtue	0,05	Décharges tous les 50 m à collecteur Station Mohamed Belarbi
4+800	3+973	Gauche	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	0,78	Revêtue	0,04	Décharges tous les 50 m à collecteur Station Mohamed Belarbi
4+800	3+973	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	0,78	Revêtue	0,04	Décharges tous les 50 m à collecteur Station Mohamed Belarbi
4+800	5+675	Gauche	Filtrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	0,50	Revêtue	0,03	Décharges tous les 50 m à collecteur Station Cité 2004
4+800	5+675	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 1,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	0,50	Revêtue	0,03	Décharges tous les 50 m à collecteur Station Cité 2004
5+675	6+174	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	0,25	Revêtue	0,02	Décharges tous les 50 m à collecteur PV-11
5+675	6+174	Droite	Infiltrations Contre incendies Marge Plateforme	0,000 0,008 0,000 0,000	0,000 0,008 0,000 0,000	0,008	0,25	Revêtue	0,02	Décharges tous les 50 m à collecteur PV-11

ANNEXE 4 :

NOTE DE CALCUL POSTE D'ASSAINISSEMENT

- **Calcul débits d'apport**

Pour le calcul du pompage des eaux résiduelles, on considère la somme des débits individuels des appareils desservis indiqués dans le tableau suivant :

Appareils	Débits de base en litres	
	par minute	par seconde
Baignoire	72	1,2
Douche	30	0,5
Lavabo	45	0,75
Bidet - Lave-mains - appareil avec bonde à grille	30	0,5
Evier	45	0,75
Bac à laver	45	0,75
Urinoir	30	0,5
Urinoir à action siphonique	60	1,0
WC à chasse directe	90	1,5
WC à action siphonique	90	1,5
Machine à laver le linge (domestique)	40	0,65
Machine à laver la vaisselle (domestique)	25	0,40

En appliquant ces valeurs d'appareils desservis à chacun des éléments installés dans les différentes stations, on obtient les débits suivants :

Station	Débit
MOHAMED BOUDIAF	Débit: 2,8 l/s → 10,08 m3/s
FUTUR PARC URBAIN	Débit: 3,2 l/s → 11,52 m3/s
MOHAMED BELARBI	Débit: 2,8 l/s → 10,08 m3/s
LE JARDIN	Débit : 3,3 l/s→ 11,88 m3/s
CITÉ 2004	Débit: 3,2 l/s → 11,52 m3/s

Le pompage sera assuré au moyen de deux pompes d'évacuation des eaux résiduelles, chacune équivalente à 100 % du débit obtenu par la formule précédente.

L'accumulation des eaux résiduelles sera conçue pour un maximum de 12 démarrages à l'heure des pompes, autrement dit, pour une capacité maximale de 5 minutes conformément à la norme NTC 1500 ; par conséquent, les dimensions minimales du réservoir devront être :

$$V\ (m3) = 0,3 \times Q\ (l/s)$$

La hauteur manométrique des pompes est calculée en utilisant la formule suivante :

$$Hm = Hg + Pc + Pr + Mdm\ (mCE)\ ;$$

Où :

- Hm = hauteur manométrique en mètre de colonne d'eau (mCE)

- Hg = hauteur géométrique en mètre de colonne d'eau (mCE).

- Pc = perte de charge dans les conduites en mètre de colonne d'eau (mCE)

- Pr = Pression résiduelle dans le point le plus défavorable en mètre de colonne d'eau (mCE).

- Mdm/MdM = Marge différentielle minimale et maximale en mètre de colonne d'eau (mCE)

La puissance des pompes est calculée en utilisant la formule suivante : $P=(HmxρxgxQ)/\%$

Où :

- Hm = hauteur manométrique en mètre de colonne d'eau (mCE)

- ρ = densité du liquide

- g = coefficient de gravité

Q = débit

- % = efficacité de la pompe (85%)

Ces formules permettent d'obtenir les résultats suivants :

Table 1 : Volume , pression et le choix final de pompe selon la puissance pour chaque station

Station	Volume	Pression	Puissance
MOHAMED BOUDIAF	840l	20,5 mCE	6,2kW
FUTUR PARC URBAIN	960l	9 mCE	6,2kW
MOHAMED BELARBI	840l	20 mCE	6,2kW
LE JARDIN	990l	17 mCE	6,2kW
CITÉ 2004	960l	20 mCE	6,2kW

- **Description détaillée concernant le choix d'emplacement des postes de pompage**

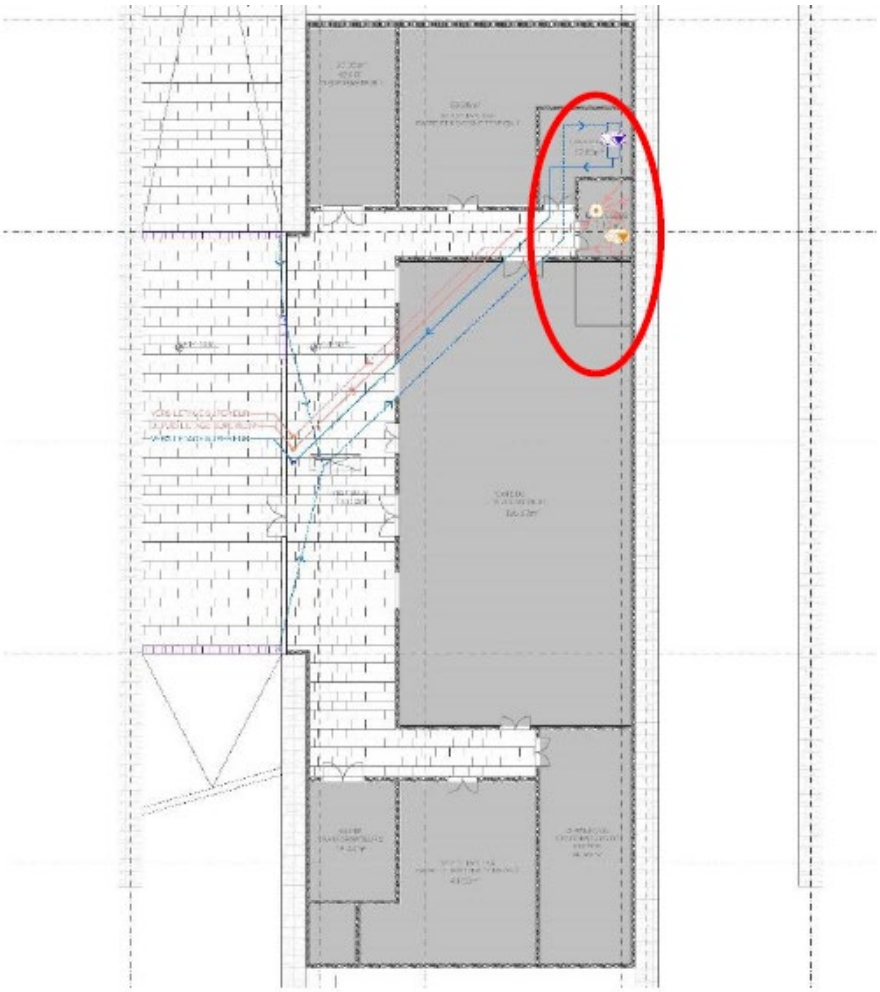
 Station Ain Naadja Gare

La station Ain Naadja Gare est une station aérienne. Elle fait partie du futur Pôle d'Echange Ain Naadja Gare qui intègrera l'actuelle gare ferroviaire Ain Naadja, une nouvelle gare routière et des arrêts de taxis. Néanmoins, l'objet de ce PFE consiste uniquement en la définition système dans la station de métro proprement dite.

Le poste d'assainissement de cette station n'est pas défini ; celui-ci sera situé dans le Pôle d'Échanges avec les autres équipements de l'échangeur.

 Station Futur Parc Urbain

Le poste d'assainissement à l'intérieur de la Station Futur Parc Urbain est situé au niveau salle technique. Les dimensions intérieures du puits sont 3,2 m x 3,2 m x 2,0 m (on calcule le débit d'apport pour ce dimensionnement dans le point suivant). À l'intérieur sont placées les 2 pompes submersibles séparées de 0,8 m. Les tuyaux d'impulsion ont un diamètre DN-80 et traversent tous les niveaux du puits de ventilation jusqu'à l'extérieur. Au niveau de surface, on réalise la connexion à une fosse septique.



Implantation poste d’assainissement Station Futur Parc Urbain

 Station Mohamed Belarbi

Le poste d’assainissement à l’intérieur de la Station Mohamed Belarbi est situé au niveau mezzanine (un niveau inférieur à celui des guichets de vente, où sont situés les appareils sanitaires).



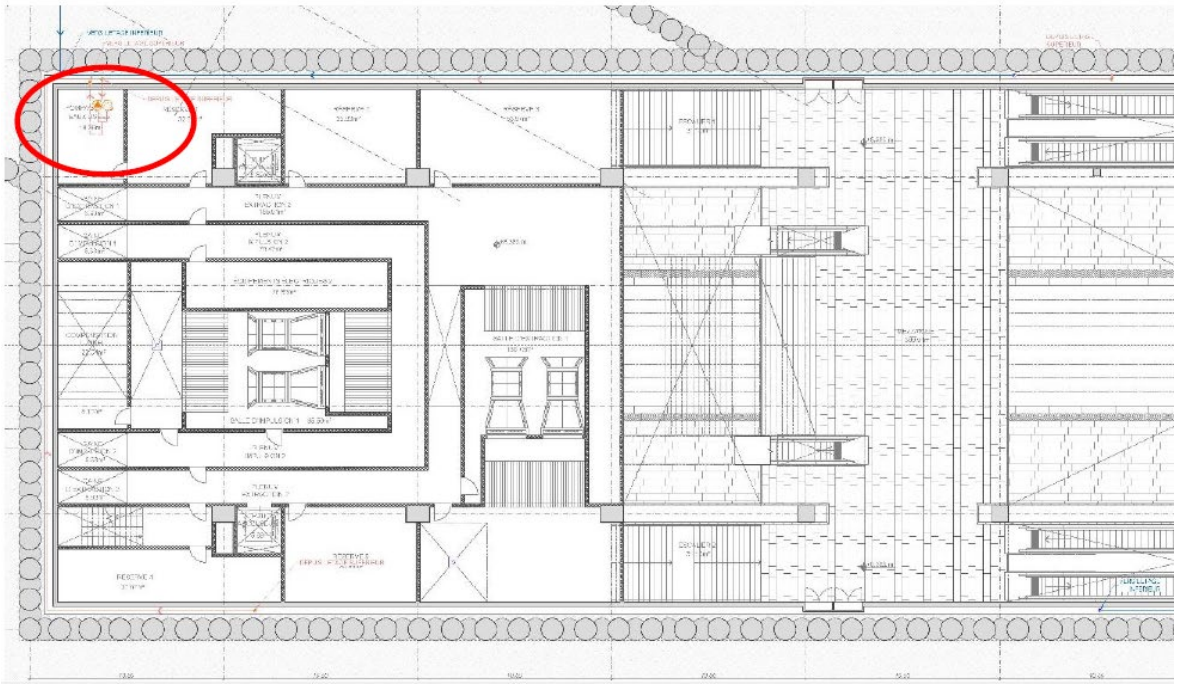
Implantation poste d’assainissement Station Mohamed Belarbi

 Station Le Jardin



Implantation poste d’assainissement Station Le Jardin

 Station Cité 2004



Implantation poste d’assainissement Station Cité 2004