

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية  
فرنسيس جاتسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics  
National School of Built and Ground Works Engineering  
Francis Jeanson

## Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

## Thème

ETUDE APD POUR LA REALISATION DE  
L'EXTENSION DE LA PREMIERE LIGNE DU  
TRAMWAY DE CONSTANTINE AVEC  
CONCEPTION D'UNE TREMIE ROUTIERE  
PK 3+332 AU PK 10+332

Présenté par :

LEMGUEHOUEL Adil  
HAMZI Yousef

Encadré par :

Dr. HAMADI Kamel

Promotion 2017 /2018

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# DEDICACES

*Avant tout, je remercie le Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.*

*À ceux que j'aime jusqu'à la frontière de l'imagination :  
Ma mère et mon père, mon frère et mes sœurs; sans eux je n'aurais pas aboutie à ce stade d'étude, que Dieu m'aide à les honorer, les servir et les combler.*

*À mon encadreur M. HAMADI Kamel*

*À tous mes amis, en particulier Za3im toutou, Housseem  
Boyka, Raouf, Bata, Imed, Aymen, Mimoune, Saif, Oje, Def*

*À tous mes amis L'ENSTP, Adel, Khald el gat, Salah Akkouche,  
Yassine, Mehdi lpichty, Salah Hebbachi, Hmed pitchicus, Mouda, Haithem Baz,  
Koubiti, RJP@*

*Lbouhmize, Zaki, Toudert, Nasro, Salah Houari,*

*À tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.  
Enfin, à tous ceux qui m'aiment.*

*À vous...*

**Merci**

**HAMZI YOUSEF**

# إهداء

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله أما بعد:

إلى التي ربّنتي وسهرت وتعبت من أجلتي والتي تشتاق لرؤيتي بفارغ الصبر أُمي الغالية الحنون

إلى العزيز الذي أفنى عمره في تربيتي وتعليمي، إلى قدوتي وسندي في الحياة أبي الحنون

إلى جدي أحمد شافاه الله، وجدي محمد وجداتي رحمهم الله

إلى أخي لخضر و الكتكوت الصغير يجيى إلى الأخت المشاكسة تهاني و الأخت البشوشة إيمان، و

إلى أخي و عمي عماد، و إلى كل عائلة لمقهول و عائلة مزهود حفظهم الله جميعا

إلى جميع أصدقائي و أحبائي،

إلى جميع الأساتذة والمعلمين من التعليم الابتدائي إلى غاية التخرج

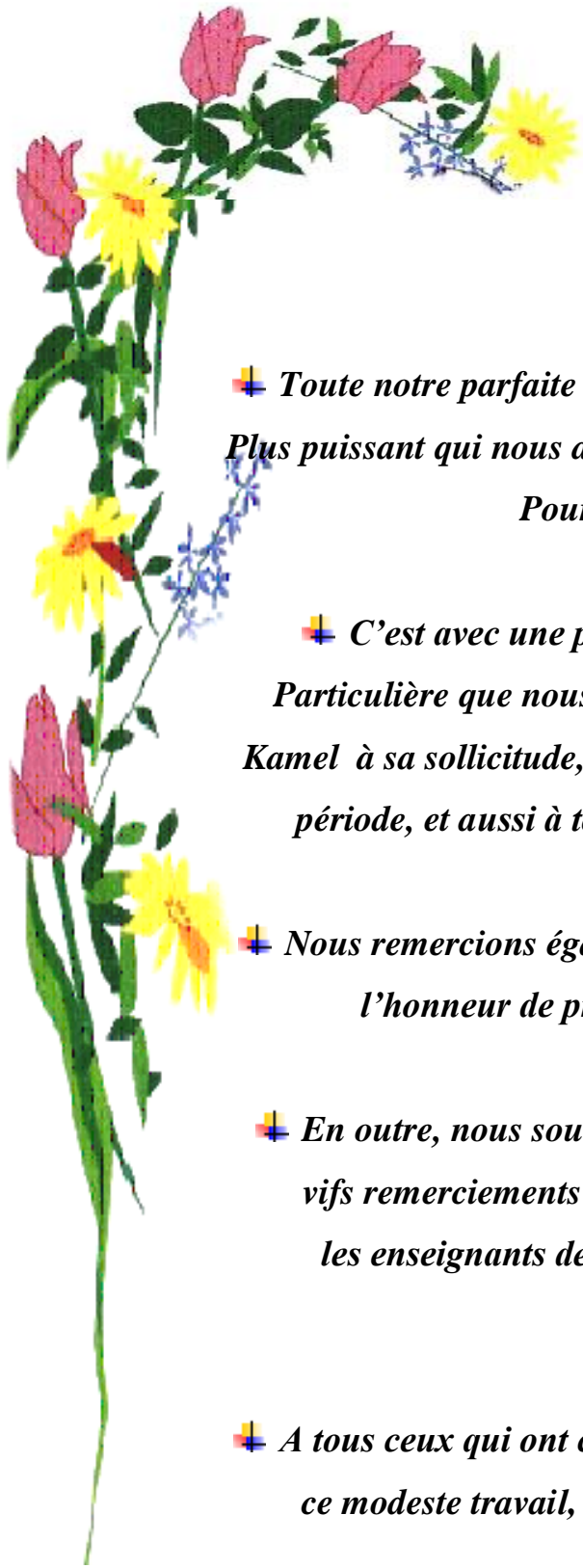
إلى جميع طلبة المدرسة الوطنية للأشغال العمومية و خاصة دفعة 2018

... وكل من أحبنا وأحببناه في الله

اهدي هذه الرسالة المتواضعة

لمقهول عادل

# REMERCIEMENTS



✚ *Toute notre parfaite gratitude, grâce et remerciement à Allah le Plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté Pour élaborer ce travail.*

✚ *C'est avec une profonde reconnaissance et considération Particulière que nous remercions notre encadreur M. HAMADI Kamel à sa sollicitude, sa patience et sa coopération le long de cette période, et aussi à toute l'équipe de ALSTOME et COSIDER*

✚ *Nous remercions également les membres de jury qui nous faisons l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.*

✚ *En outre, nous souhaitons exprimer, tout particulièrement, nos vifs remerciements et nos profondes reconnaissances pour tous les enseignants de l'école pour leur aimable concours et leur collaboration effective*

✚ *A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, sans oublier les bibliothécaires de l'ENSTP.*

*Merci*



## Résumé

Ce présent mémoire consiste à faire une étude d'avant-projet détaillé (APD) et réalisation de l'extension de la première ligne de tramway de Constantine « ZOUAGHI – ALI MENDJELI » PK 0+00 aux PK 7+00 (PK 3+332 jusqu' à 10+332) et une conception de trémie routière.

Le tracé de cette ligne est mené par logiciel Civil 3D 2013.

Mots clés : tramway, extension, ligne, tracé.

## ملخص

هذا العمل يقدم دراسة تفصيلية للتصميم المبدئي وانجاز امتداد الخط الأول لترامواي قسنطينة «زواغي – المدينة الجديدة علي منجلي» ابتداء من النقطة الكيلو مترية 3+332 إلى النقطة 10+332 وتصميم واثب الطريق.

تم رسم هذا الخط Civil 3D 2013

كلمات مفتاحية : ترامواي، امتداد، والخط، رسم.

## Abstract

This brief consists of a detailed preliminary design study (APD) and realization of the extension of the first Constantine tramway line "ZOUAGHI - ALI MENDJELI" PK 0 + 00 to PK 7 + 00 (PK 3 + 332 up to 10 + 332) and a road hopper design.

The line is drawn by Civil 3D 2013.

Keyword: tram, extension, line, trace.

# SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

## GENERALITES

I.1 APERÇU HISTORIQUE.....	2
I.1.1 Tramway En Algérie.....	3
I.2 PRESENTATION DE LA WILAYA CONSTANTINE.....	3
I.2.1 Situation géographique.....	3
I.2.2 Contexte géomorphologie.....	4
I.2.3 Climat et contexte hydrologique.....	4
I.2.1 Contexte géologie.....	5
I.2.2 Sismicité.....	5
I.2.3 Evolution démographique.....	6
I.3 PRESENTATION DE PROJET.....	6
I.4 CARACTERISTIQUES DE L'EXTENSION VERS LA NOUVELLE VILLE ALI MENDJELI.....	8
I.5 DONNEES GENERALES SUR LE MATERIEL ROULANT.....	9

## ETUDE DE FAISABILITE

II.1 INTRODUCTION.....	10
II.2 CONEXTE DEMOGRAPHIQUE.....	10
II.2.1 Évolution de la population à Ali Mendjeli.....	10
II.2.2 Évolution de la population de Zouaghi.....	10
II.3 CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE.....	11
II.3.1 Délimitation de la zone d'étude.....	11
II.3.2 Equipements commerciaux de la nouvelle ville Ali- Mendjeli.....	12
II.3.3 Ville Universitaire.....	12
II.3.4 Gare multimodale de Zouaghi.....	12
II.4 ENQUETE CRITIQUE SUR LE MODE DE TRANSPORT ACTUEL.....	12
II.4.1 Bus interurbains.....	13
II.4.2 Bus urbains.....	13
II.4.3 Taxis.....	14
II.4.4 Bus étudiants.....	14
II.5 CONCLUSION.....	15

## TRACE EN PLAN

III.1 INTRODUCTION.....	16
III.2 DESCRIPTION DU TRACE.....	16
III.3 CRITERES DE CONCEPTION.....	16
III.3.1 Objets recherches.....	16

III.3.2	Eléments constitutifs de la voie.....	17
III.3.3	Paramètres de tracé.....	18
III.3.4	Contraintes liées aux appareils de voie.....	20
III.3.5	Contraintes liées aux stations.....	20
III.3.6	Principe de mise en place des sur-largueurs et sur hauteurs dues au dévers.....	22
III.4	GABARITS.....	23

### **PROFIL EN LONG**

IV.1	INTRODUCTION.....	25
IV.2	REGLE DU CREATION DE PROFIL EN LONG.....	25
IV.2.1	Les pentes.....	25
IV.2.2	Courbes de raccordement.....	25
IV.2.3	Contraintes liées aux stations.....	25
IV.2.4	Contraintes liées aux appareils de voie.....	26
IV.2.5	Contraintes liées aux terminus.....	26
IV.2.6	Gabarits.....	26

### **PROFIL EN TRAVERS**

V.1	INTRODUCTION.....	27
V.2	LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS.....	27
V.3	CALCUL DES CUBATURES.....	29
V.3.1	Méthode de calcul des cubatures.....	29

### **ETUDE GEOTECHNIQUE**

VI.1.	INTRODUCTION.....	30
VI.2.	DESCRIPTION GÉOLOGIQUE.....	30
VI.3.	COMPAGNE GEOTECHNIQUE.....	31
VI.4.	TERASSEMENT.....	33
VI.4.1	Déblais.....	33
VI.4.2	Analyse de stabilité de talus en déblais Pk 1+675.....	33
VI.4.3	Remblais.....	35
VI.4.4	Analyse de la stabilité de talus en remblai Pk 0+275.....	37
VI.4.5	Vérification du tassement de plus haut remblai 0+275.....	39

### **DIMENSIONNEMENT DE LA PLATEFORME FERROVIAIRE**

VII.1	GENERALITES.....	40
VII.2	DEFINITION ET NATURE DE LA COUCHE DE FORME.....	40
VII.2.1	Fonctions de la couche de forme.....	40
VII.2.2	Conception de la couche de forme.....	41
VII.3	DIMENSIONNEMENT DE LA PLATEFORME FERROVIAIRE.....	42
VII.3.1	Principe de dimensionnement.....	42
VII.3.2	Vérification des contraintes.....	44

## ASSAINISSEMENT

VIII.1 INTRODUCTION .....	45
VIII.2 CONTROLE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT .....	45
VIII.3 CALCUL DES DEBITS ET DIMENSIONNEMENT DES BUSES .....	45
VIII.3.1 Pluie journalière .....	45
VIII.3.2 Temps de concentration.....	46
VIII.3.3 Le coefficient de ruissellement.....	46
VIII.3.4 L'intensité de l'averse $I_t$ .....	46
VIII.3.5 Débit par la méthode rationnelle .....	46
VIII.3.6 Dimensionnement des buses .....	47
VIII.3.7 Vérification des conditions d'auto-curage .....	47
VIII.4 DRAINAGE TRANSVERSAL .....	47
VIII.4.1 Calcule des débits (ANNEXE).....	48
VIII.4.2 Calcule des diamètres nominaux (ANNEXE).....	48
VIII.4.3 Vérification des conditions d'auto-curage (ANNEXE).....	48
VIII.5 DRAINAGE DE LA PLATEFORME .....	48
VIII.6 DRAINAGE LONGITUDINALE .....	51

## STRUCTURE ET LES ELEMENTS DE LA COMPOSITION DES VOIES

IX.1 INTRODUCTION .....	52
IX.2 PERIMETRE DE LA VOIE .....	52
IX.3 TECHNIQUES RELATIVES A LA VOIE FERREE .....	52
IX.3.1 Entraxe de voie.....	52
IX.3.2 Pose de voie selon le niveau d'atténuation des vibrations .....	52
IX.4 POSE DE VOIE DANS LES POINTS PARTICULIERS .....	53
IX.4.1 Pose de voie sur viaduc .....	53
IX.4.2 Pose de voie en trémies .....	53
IX.4.3 Pose de voie dans les croisements tramway voirie .....	54
IX.5 TECHNIQUES RELATIVES AUX APPAREILS DE VOIE ET SYSTEMES DE MANŒUVRE .....	54
IX.5.1 Types des rails.....	54
IX.5.2 Soudure .....	55
IX.5.3 Système d'attache .....	56
IX.5.4 Les traverses.....	57
IX.5.5 Protection du rail .....	58
IX.5.6 Appareils de voie .....	58
IX.5.7 Béton .....	60
IX.5.8 Taquet d'arrêt.....	60
IX.5.9 Appareil de dilatation.....	60
IX.5.10 Joints .....	61
IX.6 TECHNIQUES RELATIVES A L'ASSAINISSEMENT DE LA PLATEFORME TRAMWAY .....	61
IX.6.1 Drainage de la plateforme avec revêtement.....	61

IX.6.2 Drainage au niveau des appareils de voie .....	62
IX.6.3 Drainage au niveau des trémies et rampes .....	62
IX.7 STRUCTURE DES RESEAUX D'ALIMENTATION.....	63
IX.7.1 Description du système ligne aérienne de contact (LAC).....	63

## **LA TREMIE ROUTIERE**

X.1 INTRODUCTION.....	65
X.2 DESCRIPTION DE LA STRUCTURE .....	65
X.2.1 Les caractéristiques géométriques de la trémie d'entrée à la nouvelle ville (correspondante à l'axe 54).....	66
X.2.2 Les caractéristiques géométriques de la trémie de sortie (correspondante à l'axe 64) .....	66
X.3 CONCEPTION INITIALE DE L'OUVRAGE .....	67
X.4 DRAINAGE DE LA PLATEFORME A L'INTERIEURE DE LA TREMIE .....	68
X.5 LE PROFIL GEOTECHNIQUE De la TREMIE ROUTIER .....	69
X.6 METHODE DE CONSTRUCTION .....	70
X.6.1 Exécution des pieux en trémie : .....	70
X.6.2 Exécution des pieux à ciel ouvert : .....	72

## **SIGNALISATION**

XI.1 GENERALITES.....	73
XI.2 SIGNALISATION DE TRAFIC .....	73
XI.2.1 Signalisation horizontale.....	73
XI.2.2 Signalisation verticale .....	73
XI.2.3 La signalisation lumineuse.....	75
XI.3 PRIORITE DU TRAMWAY ET SYSTEME DE DETECTION .....	77
XI.3.1 Principe de localisation des boucles.....	79

## **IMPACT ENVIRONNEMENTALE**

XII.1 INTRODUCTION .....	80
XII.2 MISE EN CONTEXTE DU PROJET .....	80
XII.2.1 Délimitation de la zone d'étude .....	80
XII.2.2 Etude de faisabilité .....	81
XII.2.3 Analyse des alternatives .....	81
XII.3 PORTEE DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT .....	82
XII.1.1 Contexte légal .....	82
XII.4 EFFETS DU PROJET SUR LE CADRE DE VIE .....	82
XII.4.1 Effets de l'opération sur la qualité de l'air .....	82
XII.4.2 Effets de l'opération sur l'ambiance sonore .....	83
XII.4.3 Bruit et vibrations .....	83
XII.4.4 Effets sur la qualité des eaux de ruissellement .....	83
XII.4.5 Effets du projet sur l'environnement végétal.....	83

XII.5 CONCLUSION.....	83
-----------------------	----

---

**DEVIS QUANTITATIFS ET ESTIMATIFS**

---

XIII.1 TABLEAU DEVIS QUANTITATIFS ET ESTIMATIFS.....	84
--	----

---

**CONCLUSION**

---

CONCLUSION GENERALE .....	86
---------------------------	----

## Liste des figures

Figure I. 1 Tramway Hippomobile.....	2
Figure I. 2 Localisation de wilaya de Constantine.....	4
Figure I. 3 Températures et Précipitations moyennes en Constantine.....	5
Figure I. 4 Extrait de la carte géologique de Constantine.....	5
Figure I. 5 Zone sismique.....	6
Figure I. 6 Composantes de l'extension de la ligne 1 du Tramway de Constantine.....	7
Figure I. 7 Tracé de l'extension n° 1 du tramway de Constantine.....	7
Figure I. 8 Présentation des secteurs de la ligne de tramway de Constantine.....	8
Figure II.1 Vue aérienne de Zouaghi avec indication des densités en bâtiments et des principaux accès routiers.....	11
Figure II.2 Tracé et localisation de la zone d'étude de faisabilité.....	11
Figure II.3 Station Nouvelle Ville.....	13
Figure II.4 Distribution journalière des taxis.....	14
Figure II.5 Distribution journalière des autobus servant au transport étudiant.....	15
Figure III. 1. Les éléments du tracé.....	17
Figure III. 2. Dévers coplanaire.....	19
Figure III. 3. Dévers voie par voie.....	19
Figure III. 4. Distance minimal entre deux APV.....	20
Figure III. 5 Distance entre Axe de voie et nez de quai.....	21
Figure III. 6 Alignement droit et raccordement clothoïde au-delà du quai.....	22
Figure III. 7 Sur-largueurs et sur hauteurs dues au dévers.....	22
Figure III. 8 Voie unique.....	24
Figure IV. 1 Gabarit minimal vertical entre le plan de roulement du Tramway et un pont.....	26
Figure V. 5 Profil en travers de voie du tramway.....	28
Figure VI.1 Argiles marneuses avec couches de tuf calcaire Pk 1+300.....	30
Figure VI.2 Affleurement de roche calcaire Pk 2+220.....	30
Figure VI.3 Affleurement de calcaires dans une excavation proche au PK 6+075.....	31
Figure VI.4 Classification des échantillons selon les sondages à la tarière.....	33
Figure VI.5 Analyse statique de plus haut talus de déblais sur Slide 6.025 à court terme.....	34
Figure VI.6 Analyse dynamique de plus haut talus de déblais sur Slide 6.025 à long terme ..	35
Figure VI.7 Analyse statique de plus haut talus de remblais par Slide 6.025 à court terme.....	38
Figure VI.8 Analyse statique de plus haut talus de remblais par Slide 6.025 à long terme.....	38
Figure VI.9 Analyse dynamique de plus haut talus de remblais par Slide 6.025 à long terme.....	39
Figure VI.10 Calcul de tassement par Géo5 de talus en remblai Pk 0+275.....	39
Figure VII. 1. Coupe transversal de la plateforme ferroviaire représente la couche de forme.....	40
Figure VII. 2. Croquis de la couche de forme.....	41
Figure VII.3 Modélisation des charges appliquées sur la plateforme.....	44
Figure VIII. 1 Bassins versants périurbains.....	47
Figure VIII. 2 Bassins versants urbains.....	48
Figure VIII. 3 Aco drain.....	48

Figure VIII. 4 Caniveaux transversaux.....	49
Figure VIII. 5 Surface transversale à drainer.....	49
Figure VIII. 6 Ouverture dans le fond de la gorge du rail.....	49
Figure VIII. 7 L'emplacement du tube PVC.....	51
Figure IX. 1. Pose de voie niveau 1.....	53
Figure IX. 2 Pose de voie en trémie, avec multitubulaires renversées.....	53
Figure IX. 3 Pose de voie dans les croisements tramway-voirie.....	54
Figure IX. 4 Le Rail à gorge 55G2.....	55
Figure IX. 5 Le Rail à gorge 55G2.....	55
Figure IX. 6 Principe de la soudure aluminothermique.....	56
Figure IX. 7 Soudure des rails par coulage du métal en fusion dans le moule.....	56
Figure IX.8 Attache type nabla.....	57
Figure IX. 9 Traverse bi-bloc en béton pour rail à gorge .....	57
Figure IX.10 Chambre d'éclissage.....	58
Figure IX.11 Aiguillage et coeur.....	58
Figure IX. 12 Communication simple tg 1/6 R=50 m.....	59
Figure IX. 13 Branchement simple tg 1/6 R=50 m.....	59
Figure IX. 14 Taquet d'arrêt.....	60
Figure IX.15 Appareil de dilatation.....	61
Figure IX. 16 Caniveaux transversaux.....	62
Figure IX. 17 Détail du drainage de la trémie Tramway.....	62
Figure IX. 18 Suspension sous consoles.....	64
Figure IX. 19 Hauban transversal.....	64
Figure X. 1 Structure de la trémie.....	65
Figure X. 2 La trémie correspondante à l'axe 54 et la trémie correspondante à l'axe 64 (PK 3+250).....	66
Figure X. 3 Légende explicative des murs types et des écrans de pieux.....	68
Figure X. 4 Vue générale et implantation des murs types et des écrans de pieux.....	68
Figure X. 5 Coupe transversal des deux trémies.....	69
Figure X. 6 Excavation des parois moulées.....	70
Figure X. 7 Mise en place des armatures et bétonnage des panneaux.....	70
Figure X. 8 Phasage coulage de la dalle supérieure.....	71
Figure X. 9 Remblai sur la dalle supérieure.....	71
Figure X. 10 Poutre reliant et murs de finition.....	72
Figure XI. 1. Implantation d'un panneau fixe.....	74
Figure XI. 2. Implantation du signal lumineux.....	75
Figure XI. 3. Feux tramway.....	76
Figure XI. 4. Feux tramway.....	76
Figure XI. 5. Feu d'aide à la conduite.....	77
Figure XI. 6. Carrefour isolé ou avec une distance de 200 m à la station.....	79
Figure XII. 1. Zone d'étude.....	80
Figure XII. 2. Alternatives de tracé. Zouaghi – Ali Mendjeli.....	81

## Liste des tableaux

Tableau I. 1 Évolution démographique de Constantine.....	6
Table II. 1 Prévision de population à Ali Mendjeli selon le Plan de transport.....	10
Tableau II.2 Lignes de bus interurbains.....	13
Table II.3 Lignes de bus urbains.....	14
Tableau III. 1 Paramètres à respecter au niveau des stations.....	21
Tableau III. 2 Valeurs de DI et DH.....	23
Tableau III. 3 Rayons utilisés avec caractéristiques des clothoïdes.....	24
Tableau IV.1 Valeurs des rayons du profil en long.....	25
Tableau V.1 Quantité déblai et remblai.....	29
Tableau VI.1 Les essais obtenus des échantillons pris dans les sondages à la tarière.....	32
Tableau VI.2 Caractéristiques de plus haut déblais.....	33
Tableau VI.3 Coefficients de sécurités minimales recommandées.....	33
Tableau VI.4 Pourcentage de réutilisation de chacun des déblais.....	36
Tableau VI.5 Les remblais de hauteurs maximales existants le long du tracé.....	36
Tableau VII.1 Paramètres de la loi de la fatigue.....	43
Tableau VII.2 Classe de béton et contrainte admissible de la dalle de fondation et la dalle de calage.....	43
Tableau VII.3 Vérification des contraintes.....	44
Tableau VIII. 1 Variable de Gausse en fonction de période de retour.....	45
Tableau VIII. 2. Calcul de précipitation journalière.....	46
Tableau VIII. 3. Calcul de débit maximal Qmax.....	50
Tableau IX. 1. Dimensions le Rail à gorge 55G2.....	55
Tableau IX. 2 Appareils de voie utilisée.....	59
Tableau X. 1 Paramètres géotechniques pour la Trémie routier.....	69
Tableau XI. 1 Panneaux de signalisation.....	74
Tableau XI. 2 Tableau récapitulatif des signaux lumineux utilisés.....	75
Tableau XI. 3 Informations affichées pour la signalisation lumineuse.....	77
Tableau XI. 4 Distances nécessaire pour l'arrêt du tramway.....	78
Tableau XII. 1 Conclusion Analyse d'alternatives.....	82

## **LISTE D'ANNEXES**

**ANNEXE 1**

**ANNEXE 2**

**ANNEXE 3**

**ANNEXE 4**

**ANNEXE 5**

# **INTRODUCTION**

### **INTRODUCTION GENERALE**

La wilaya de Constantine est une des plus importantes wilayas du pays, elle représente un carrefour entre l'est et le centre du pays et d'une autre part entre le Tell et les Hauts Plateaux dans l'Est du pays.

La profonde mutation socio-économique et la forte demande de déplacements imposent la préservation et la rénovation de ses moyens de communication notamment dans le domaine des infrastructures de transport.

Suite à l'étude de faisabilité lancée par le ministère des transports dans la ville de Constantine, dans le but d'améliorer les transports en communs. Il a été conclu de mettre en place un nouveau réseau des transports collectifs basé sur une ligne de tramway et une redistribution de l'offre autobus.

Dans le cadre de ce présent travail consiste à faire une conception et étude du Tramway de Constantine sur un linaire de 7 Km. La structure de ce mémoire comporte principalement 13 chapitres répartis comme suit :

Nous aborderons dans le premier chapitre des généralités sur l'historique du tramway et les projets du tramway en Algérie et la présentation du projet.

Le deuxième chapitre comprendra l'étude de faisabilité de ce projet.

Dans les trois chapitres III, IV, et V nous présentons les définitions des paramètres du tracé retenu, le tracé en plan adopté définitif et ses éléments ainsi que le profil en long du tracé retenus et le profil en travers types avec ses éléments.

Une fois le tracé fini, nous faisons une étude géotechnique (chapitre VI).

Dans les chapitres VII, VIII et IX, nous dimensionnons la couche de forme et la plateforme ferroviaire, le système d'assainissement et le calcul hydraulique, et les équipements de la voie.

Dans le reste du mémoire, nous abordons une conception de la trémie routière, la signalisation, l'impact sur l'environnement et un préchiffre de notre projet.

# GENERALITES

### I.1 APERÇU HISTORIQUE

A l'origine, on parlait de « transport collectif », qui peut être défini comme un service proposé à l'ensemble urbain de la population pour effectuer des distances plus ou moins importantes. Au départ, il ne s'agit pas de « transport public », transport régulée par une autorité reconnue par l'Etat. L'apparition du tramway répond à un besoin de la population à une époque où la ville change son mode de vie. Son existence est liée à la demande de la population urbaine, ce qui va lui être fatal au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle. Blaise pascal émet les premières propositions de transport collectif en 1662, les premières réalisations seront effectuées 150 ans après.



Figure I. 1 Tramway Hippomobile. [1]

Le premier tramway est créé aux Etats-Unis en 1832, à l'époque les voitures étaient tractées par des chevaux. En Europe, il fait son apparition en 1855 à Paris et en 1861 à Londres.

La création de transport en commun a plusieurs effets sur l'organisation de la ville. Un premier est l'apparition d'une urbanisation sous forme « de doigts de gants », c'est-à-dire une urbanisation à la fois concentrée et linéaire. Les banlieues se développent autour des lignes de transport en commun.

### I.1.1 Tramway En Algérie

- **Tramways fonctionnant actuellement**

- ✓ Tramway d'Alger, inaugure en 2011.
- ✓ Tramway de Constantine (première ligne), inaugure en 2013.
- ✓ Tramway d'Oran, inaugure en 2013.
- ✓ Tramway de Sidi Bel Abbes, inaugure en 2017.
- ✓ Tramway d'Ouargla, inaugure en 2018.

- **Tramways en construction**

- ✓ Tramway de Mostaganem, inauguration prévue en 2018.
- ✓ Tramway de Sétif, inauguration prévue en 2018.
- ✓ Tramway d'Annaba, lancement des travaux 2015.
- ✓ Tramway de Batna, lancement des travaux fin 2015.

- **Tramways en projet**

- des études de faisabilités ont été lancées pour la réalisation de tramways pour les villes de Bechar, Bejaïa, Biskra, Blida, Chlef, Djelfa, Jijel, Mascara, M'sila, Relizane, Skikda, Tebessa, Tiaret et Tlemcen.

Notre projet de fin d'étude concerne l'étude APD de l'extension de la première ligne de tramway de Constantine en cours des travaux (Zouaghi-Nouvelle ville Ali-Mendjli).

## I.2 PRESENTATION DE LA WILAYA CONSTANTINE

### I.2.1 Situation géographique

La wilaya de Constantine est une des villes plus importantes du pays, elle est un carrefour entre l'est et le centre et d'autre part entre le tell et les hauts plateaux dans l'est du pays.

Elle est située au Nord Est de l'Algérie à 694 m d'altitude dans les hautes plaines et couvre une superficie de 2 197 km<sup>2</sup> et limitée par les wilayas suivantes :

- Au Nord, par la wilaya de Skikda.
- A l'Est, par la wilaya de Guelma.
- Au Sud, par la wilaya d'Oum el Bouagui.
- A l'Ouest, par la wilaya de Mila.



Figure I. 2 Localisation de wilaya de Constantine en Algérie. [1]

### I.2.2 Contexte géomorphologie

La wilaya est constituée de trois zones géographiques :

- La zone montagneuse, située au nord de la wilaya qui constitue le prolongement de la chaîne tellienne. Elle dominée par le mont de Chettaba et le massif de Djebel Ouahch. À l'extrême nord de la wilaya, le mont Sidi Driss culmine à 1 364 m d'altitude.
- Les bassins intérieurs, sont constitués d'une série de dépressions qui s'étend de Ferdjioua (wilaya de Mila) a Zighoud Youcef et limitée au sud par les hautes plaines ; cet ensemble est composé de basses collines entrecoupées par les vallées du Rhummel et de Boumerzoug.
- Les hautes plaines sont situées au sud-est de la wilaya entre les chaînes de l'Atlas tellien et l'atlas saharien, elles s'étendent sur les communes d'Aïn Abid et Ouled Rahmoune.

### I.2.3 Climat et contexte hydrologique

Le climat de la wilaya de Constantine est de type continental. Il enregistre une température variant entre 25 à 40° en été et de 0 à 12° en hiver.

La pluviométrie est entre 400 et 600 mm par an.

La wilaya de Constantine comprend le Barrage de Hammam Grouz.

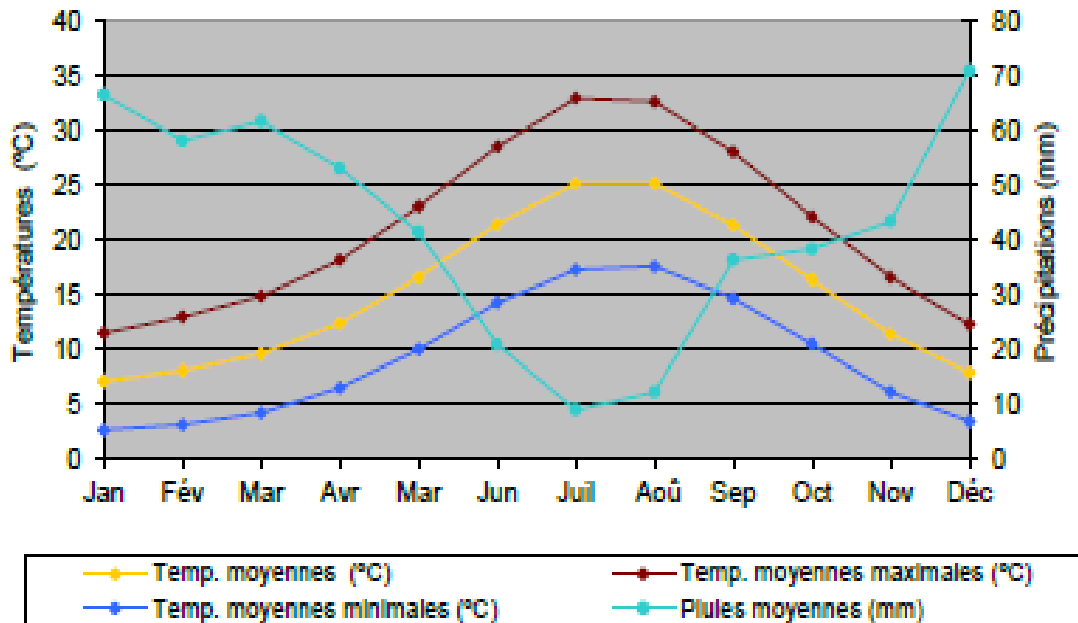


Figure I.3 Températures et Précipitations moyennes en Constantine. [2]

### I.2.1 Contexte géologie

Elle met en évidence une série litho stratigraphique variée, composée d'un substratum calcaire et marno-calcaire, d'âge crétacé, de l'unité néritique constantinoise et d'une couverture post-nappes mio-pliocène et quaternaire, argilo-conglomératique.

Outre les déformations alpines d'âge éocène et miocène inférieur, qu'ont affecté le substratum ante néogène, le tectonique néogène post-nappes et quaternaire.

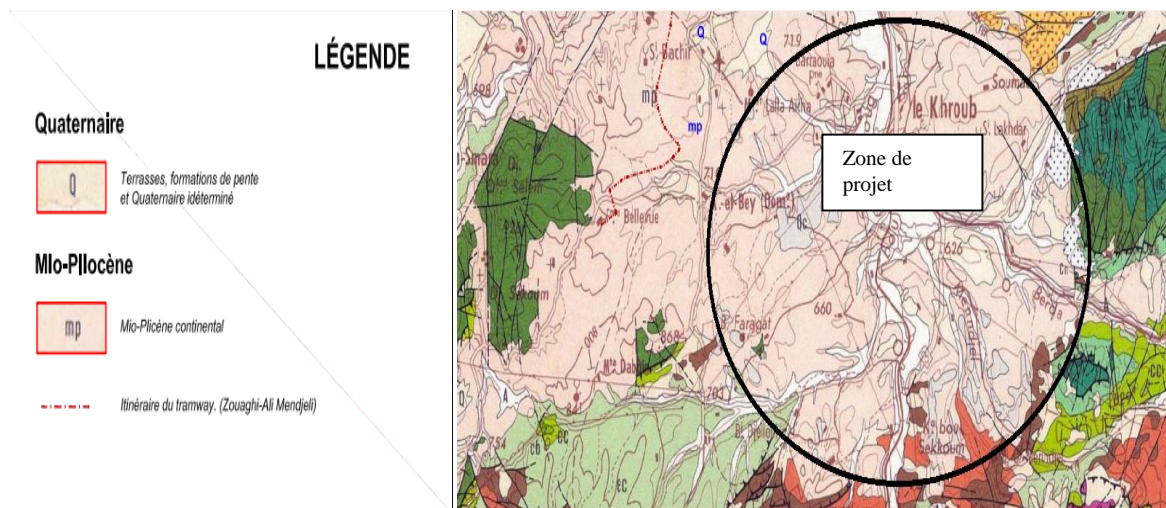


Figure I.4 Extrait de la carte géologique de Constantine [2].

### I.2.2 Sismicité

La willaya de Constantine est classé zone sismique IIA, d'après le document technique réglementaire D.T.R – B.C. 2.48 des règles parasismiques algériennes RPA99/version 2003

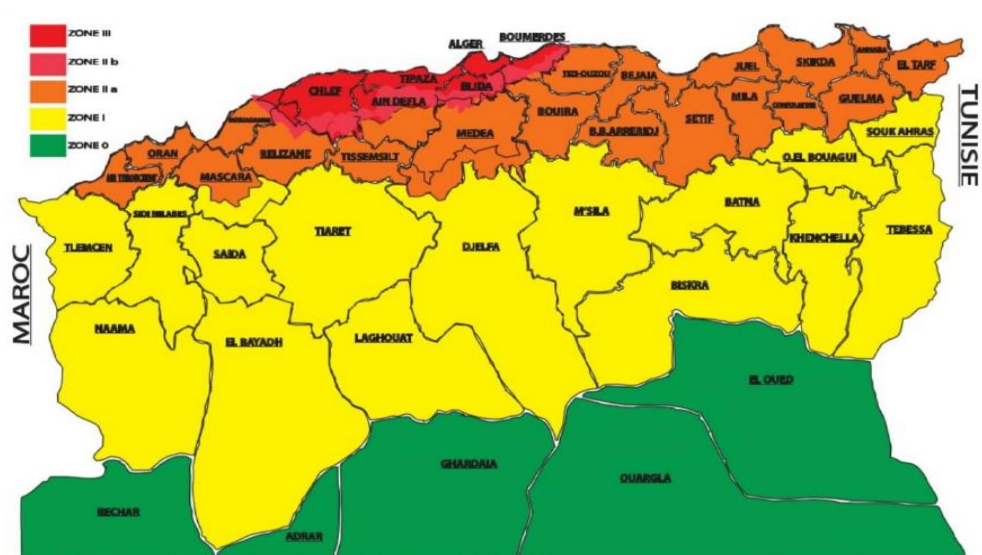


Figure I. 5 Zone sismique. [12]

### I.2.3 Evolution démographique

En 2008, la population de la wilaya de Constantine était de 938 475 habitants contre 662 330 en 1987.

Le tableau I.1 représente l'évolution démographique dans les grandes communes de la wilaya de Constantine, lorsqu'on remarque que les quatre communes dépassaient alors la barre des 40 000 habitants:

Tableau I. 1 Évolution démographique de Constantine. [2]

Commune	Population	Taux de croissance annuel 2008/1998
Constantine	448 374	▼0,7 %
El Khroub	179 033	▲7,3 %
Hamma Bouziane	79 952	▲3,3 %
Didouche Mourad	44 951	▲3,1 %

### I.3 PRESENTATION DE PROJET

Ce projet représente l'extension de tramway de Zouaghi jusqu'à la nouvelle ville Ali Mendjeli à Constantine d'une longueur totale de 10,4 Km, se compose trois secteurs numéro (6,7 et 8), les secteurs 6 et 7 sont situés dans un espace périurbain, et le secteur 8 se trouve dans un espace urbain.

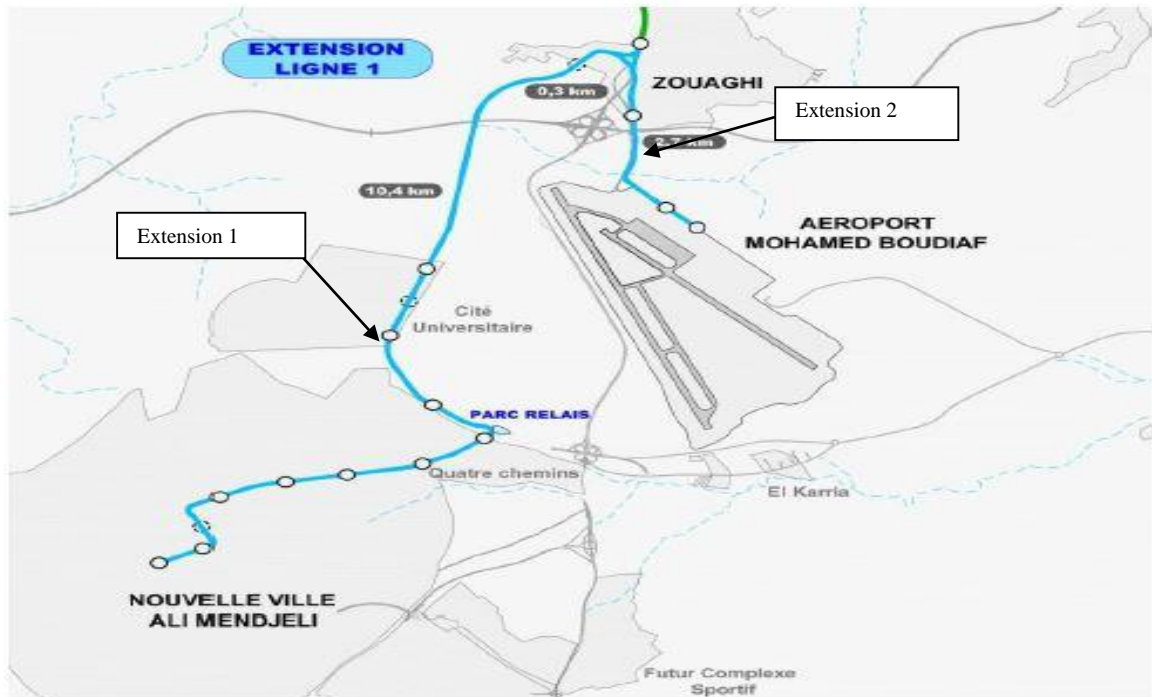


Figure I. 6 Composantes de l'extension de la ligne 1 du Tramway de Constantine. [2]

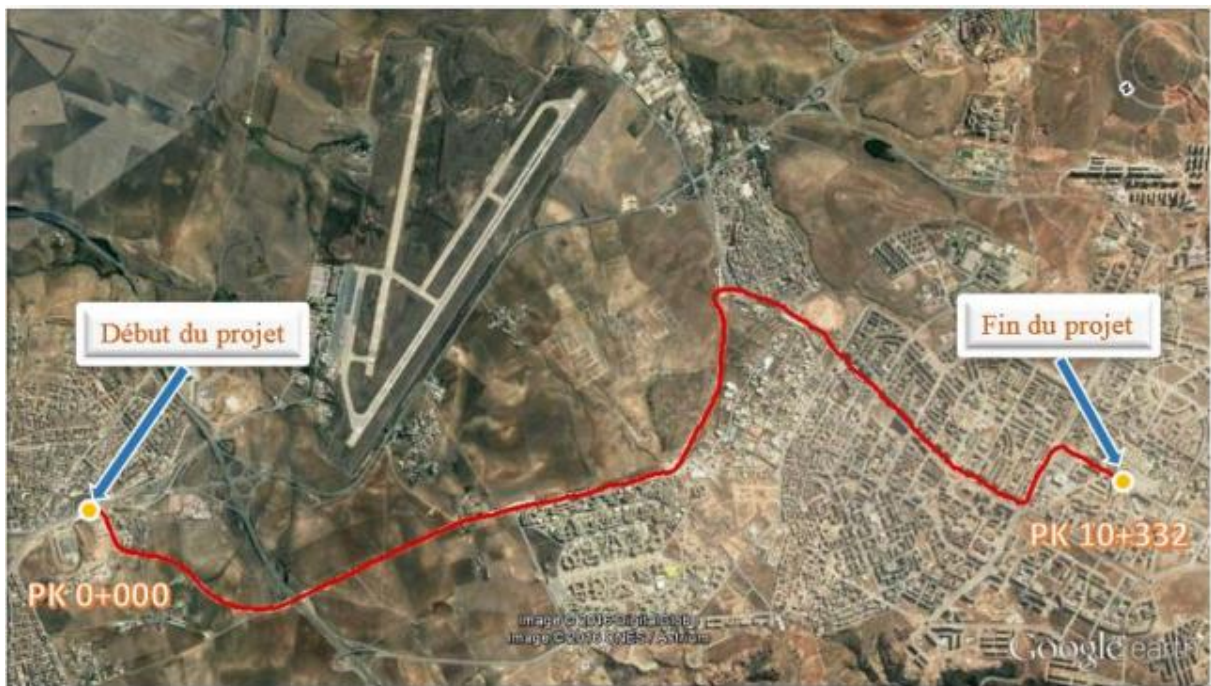


Figure I. 7 Tracé de l'extension n° 1 du tramway de Constantine. [11]

Les intervenants de projet sont :

- Maitre d'ouvrage : Métro d'Alger(EMA).
- Maitrise d'œuvre : Idom, Lombardi.
- Entreprise de réalisation : Cosider Travaux Publics Pole M38, Alstom.

**I.4 CARACTERISTIQUES DE L'EXTENTION VERS LA NOUVELLE VILLE ALI MENDJELI**

- Sens de circulation :  
-départ : Zouaghi.  
-arrive : nouvelle ville «Ali Mendjeli».
- Longueur de la ligne : 10.332km.
- Type de voie : double voie.
- Nombre des stations : 11.
- Vitesse commercial : 20Km/h.
- Tempe de parcours totale : 21 minutes.
- Ouvrage d'art : 2 ponts, 1 mur de soutènement, 3 trémies dont deux passage supérieure et un passage inferieure.
- 

Soit :  $V = \frac{\text{longueur du tracé}}{\text{tempede parcours}}$        $\Rightarrow$        $v = \frac{10.332}{0.35}$        $\Rightarrow$        $v = 30 \text{ Km/h}$

Pour notre projet de fin d'étude on traite les secteurs les plus critiques 7 et 8 comme tronçon d'une longueur de 7 Km.

Il y a lieu de rappeler que le secteur 6 a fait l'objet d'un projet de fin d'étude en 2017[3].

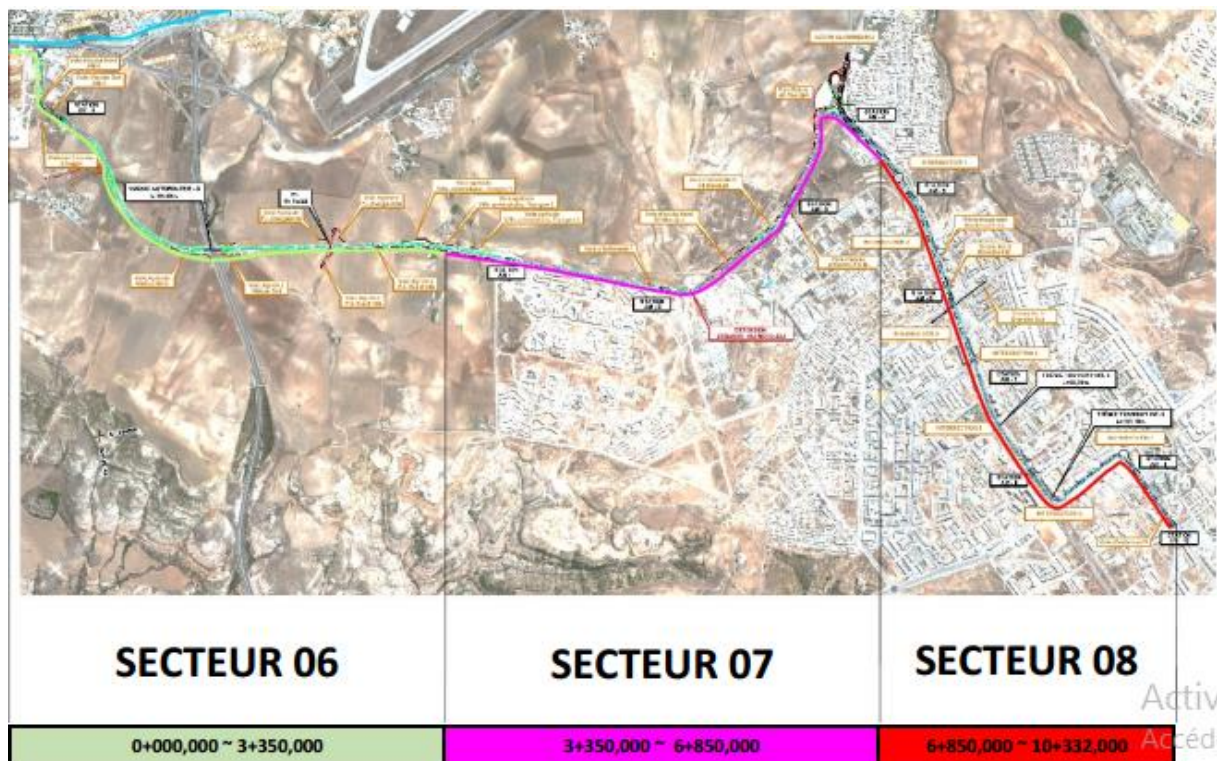


Figure I. 8 Présentation des secteurs de la ligne de tramway de Constantine. [11]

**I.5 DONNEES GENERALES SUR LE MATERIEL ROULANT**

- Type de tramway : Citadis 402.

-Dimensions du véhicule :

Longueur 43,763 m.

Hauteur 3,460 m.

Largeur du véhicule 2,650 m.

Hauteur du plancher 0,350 m.

- Bogie / essieu :

Distance entre axes bogies 11,143 m.

Empattement des bogies 1,6 m.

**(VOIR ANNEXE 1)**

# **ETUDES DE FAISABILITE**

### II.1 INTRODUCTION

Pour déterminer le rôle principal et les exigences pour réaliser un tramway entre la ville de Zouaghi et la nouvelle ville Ali Mendjeli ainsi que la rentabilité de cette extension on fait une étude de faisabilité sur ce projet.

Pour faire une étude de faisabilité, il faut faire une analyse et un traitement de l'ensemble des données démographiques et économiques de l'agglomération constantinoise (la zone d'étude) ainsi que l'actualisation des paramètres du trafic routier urbain et périphérique.

### II.2 CONEXTE DEMOGRAPHIQUE

Pour faire une analyse démographique il faut faire une comparaison sur l'évolution de population entre les deux villes (Zouaghi-Ali Mendjeli) :

#### II.2.1 Évolution de la population à Ali Mendjeli

La ville d'Ali Mendjeli est une Nouvelle Ville en pleine croissance. Comme vous pouvez le lire dans la partie consacrée à l'analyse territoriale d'Ali Mendjeli, à terme, la population devrait se stabiliser autour de 300.000 habitants en 2020 avec, jusque-là, une croissance moyenne interannuelle de 12%.

Table II. 1 Prévision de population à Ali Mendjeli selon le Plan de transport. [2]

Années Horizons	Population de la Nouvelle Ville	% taux croissance annuel
2010	97.810	---
2015	170.184	11,70%
2020	300.000	12%

#### II.2.2 Évolution de la population de Zouaghi

Suite à une étude démographique de la ville, on estime que la croissance de la population à Zouaghi sur le long terme sera de 43%. Sachant que la population actuelle de Zouaghi est de l'ordre de 25.000 habitants, on calcule que sur le long-terme, la population devrait atteindre les 35.000 habitants.

Le noyau urbain de Zouaghi est majoritairement résidentiel. Comme le montre la figure II.5, Zouaghi est encore en période de croissance.



Figure II.1 Vue aérienne de Zouaghi avec indication des densités en bâtiments et des principaux accès routiers. [2]

## II.3 CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE

### II.3.1 Délimitation de la zone d'étude

L'aire de la présente étude s'inscrit dans le corridor de l'extension du tramway de Constantine vers Ali Mendjeli, c'est-à-dire entre la future gare multimodale de Zouaghi et l'Université d'Ali Mendjeli.

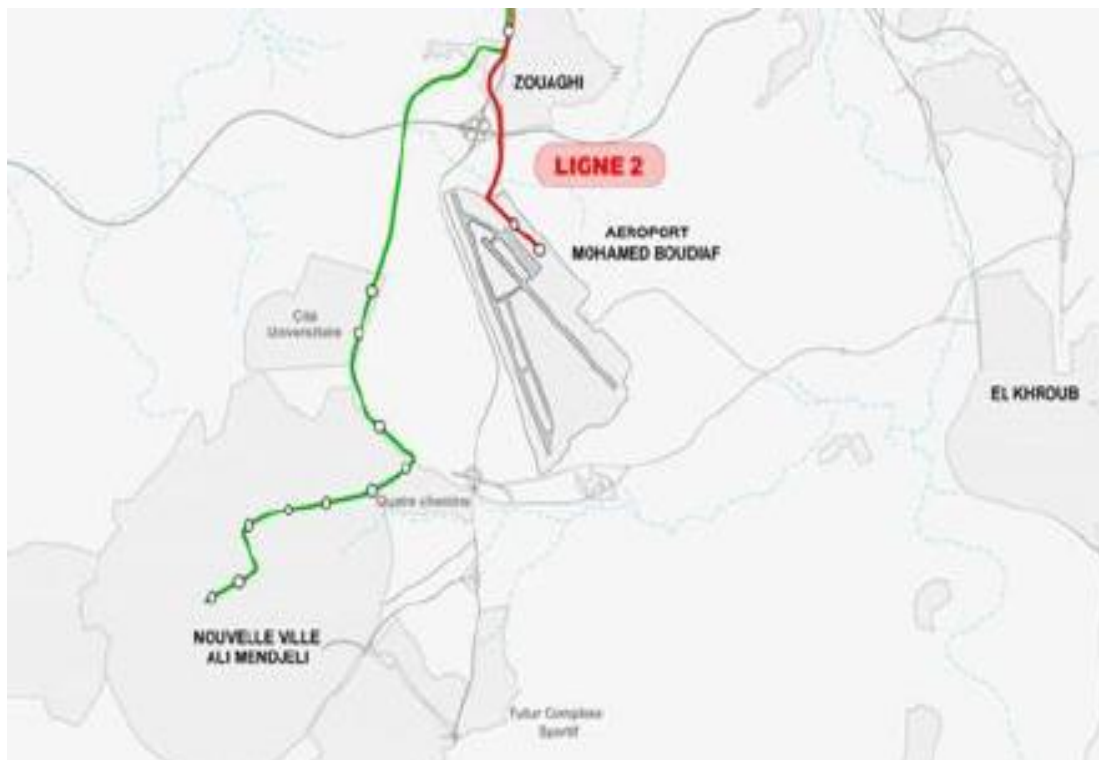


Figure II.2 Tracé et localisation de la zone d'étude de faisabilité. [2]

### II.3.2 Equipements commerciaux de la nouvelle ville Ali- Mendjeli

Pour ce type d'équipement, deux centres commerciaux existent dans l'unité de voisinage 07, un marché couvert dans l'U.V 08 et un hôtel urbain de haut standing situé dans l'U.V07.

La réalisation et l'achèvement de tous ces équipements rendront la ville nouvelle Ali Mendjeli plus attractive et plus dynamique et peut être qu'elle concurrencera la ville mère.

### II.3.3 Ville Universitaire

La Ville Universitaire, actuellement en construction, aura une capacité de 44.000 étudiants pour une dizaine de facultés et d'écoles, une vingtaine de résidences (38.000 lits) et de plusieurs équipements.

### II.3.4 Gare multimodale de Zouaghi

L'objectif final de la gare multimodale de Zouaghi est de devenir le nœud intermodal principal de la Wilaya de Constantine. Elle concentrera tous les déplacements en transport collectif qui se réaliseront au sol, au niveau national et qui auront comme origine ou comme destination la Wilaya de Constantine. Elle permettra de réaliser en son sein les correspondances entre voitures particulières, taxis, autobus urbains, autobus interurbains et tramways.

## II.4 ENQUETE CRITIQUE SUR LE MODE DE TRANSPORT ACTUEL

Cette partie a pour objet de décrire la mobilité actuelle. Cette description a pu se réaliser grâce à la mise en place d'un travail de terrain réalisé par BETUR (bureau d'études des transports urbains).

Nous basons premièrement sur la mobilité en transport collectif en décrivant l'offre et la demande pour les modes de transports collectifs suivants : les bus interurbains, les bus urbains, les taxis et les bus étudiants. Ensuite, on décrira le trafic se produisant dans la zone d'étude.

Une série de travaux de terrain a été entreprise dans le but était d'aider à la caractérisation de la mobilité relatif à l'extension vers Ali Mendjeli. Les travaux effectués consistaient en :

- Comptages des véhicules aux intersections clés :

Ce comptage s'est réalisé en 2 phases. Premièrement, il a fallu identifier les heures de pointes pour ensuite réaliser, durant les heures de pointe détectées, des comptages directionnels d'une durée de 2 heures englobant l'heure de pointe de référence.

- Comptages et enquêtes du transport collectif :

Ce travail consistait à réaliser des enquêtes et des comptages du transport collectif à Ali Mendjeli ainsi que toutes les lignes urbaines et interurbaines. Sous le terme « transport collectif », on sous-entend les transports en bus étudiants, en bus collectif et en taxi collectif.

### II.4.1 Bus interurbains

Le réseau de transport de bus interurbains à Ali Mendjeli s’articule autour d’un point central : la station Nouvelle Ville (en rouge sur la figure II.2). Cette station se trouve sur le boulevard Secondaire tout au nord de la ville et toutes les lignes de bus s’y arrêtent.



Figure II.3 Station Nouvelle Ville. [2]

Il faut cependant remarquer qu’une nouvelle gare de bus, appelée Gare Bimodale, est actuellement en construction (en bleu sur la figure II.3). Elle jouira d’une situation beaucoup plus centrale (entouré en bleu dans la même figure) et aura l’avantage également d’être sur le tracé du futur tramway.

Il existe actuellement 9 lignes de bus interurbains entre Zouaghi et Ali Mendjeli. Elles peuvent être divisées en deux sous-classes en fonction du gestionnaire de la ligne : les lignes gérées par une entité privée et celles gérées par les pouvoirs publics.

Tableau II.2 Lignes de bus interurbains. [2]

N° de ligne	Terminus à Ali Mendjeli	Destination	Gestionnaire
3048	Station Nouvelle Ville	Khemisti	Privé
4011	Station Nouvelle Ville	El Khroub	Privé
6603	Station Nouvelle Ville	Ville Djebel El Ouahch	Privé
7003	Station Nouvelle Ville	Boussouf	Privé
09 ETC	Station Nouvelle Ville	Boussouf	ETC
3013 ETC	Station Nouvelle Ville	Khemisti	ETC
3075 ETC	N’Soumar	Téléphérique	ETC
3077 ETC	N’Soumar	Bab El Gantra	ETC
3084 ETC	N’Soumar Ialla	Ialla N’soumer – Khemisti	ETC

### II.4.2 Bus urbains

Il existe actuellement deux lignes de bus urbains reliant toutes deux la Station Nouvelle Ville. Ces lignes sont :

Table II.3 Lignes de bus urbains. [2]

N° de ligne	Terminus 1	Terminus 2	Gestionnaire
51	Station Nouvelle Ville	Hôpital militaire	Privé
52	Station Nouvelle Ville	N'Soumar	Privé

### II.4.3 Taxis

On va concentrer uniquement sur les trois stations qui ont fait l'objet d'enquêtes et de comptages durant le travail de terrain, c'est-à-dire aux stations « Ancien Terminus », « Cosider » et « 400 Logements ». Les stations « Ancien Terminus » et « 400 Logements » ont été considérées durant la période horaire 7:00 – 18:00 tandis que la station « Cosider » n'a été étudiée que durant la période de pointe du soir entre 15:00 et 18:00.

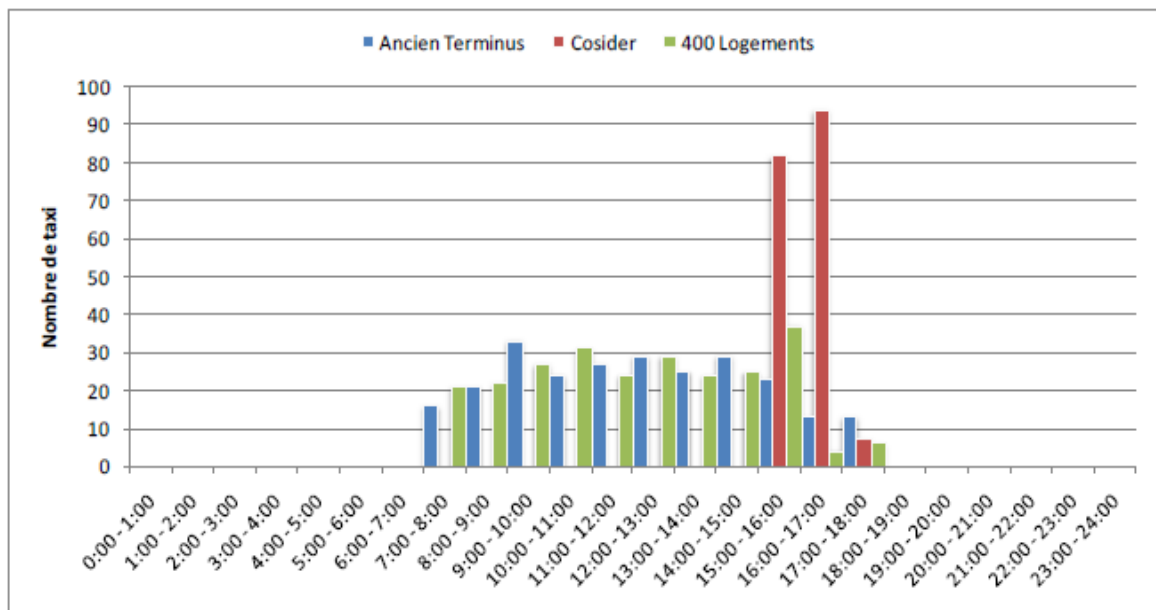


Figure II.4 Distribution journalière des taxis. [2]

Durant ces périodes, on a compté un total de 253 véhicules à la station Ancien Terminus, 250 véhicules à la station 400 Logements et 183 véhicules à la station Cosider.

Les heures de pointes diffèrent pour chaque station. Ainsi, au niveau de la station Ancien Terminus, l'heure de pointe, en matière d'offre, intervient entre 9:00 et 10:00. Pour la station Cosider, elle se trouve entre 16:00 et 17:00. Et pour la station Ancien Terminus, elle se situe entre 15:00 et 16:00.

Il est toutefois important de souligner que, du fait qu'ils ne soient pas soumis à une exploitation fixe, l'offre en matière de taxis s'adapte très facilement à la demande.

### II.4.4 Bus étudiants

Dans le cas des bus étudiants, on a compté tous les véhicules entrants et sortants de l'université d'Ali Mendjeli. On obtient donc l'offre suivante :

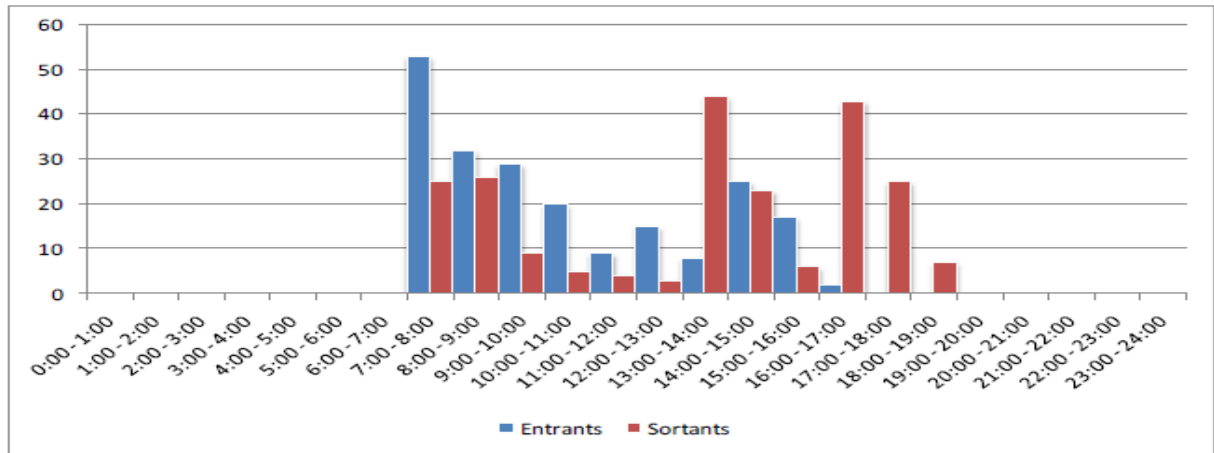


Figure II.5 Distribution journalière des autobus servant au transport étudiant. [2]

Les véhicules entrants et sortants ont été distingués. Ainsi, on constate que, au total, sur la tranche horaire 7:00 – 19:00, 210 autobus sont entrés et 220 sont sortis. Sachant que la capacité d’un autobus est de 100 places, l’offre du transport étudiant sur cette tranche horaire est donc de 21.000 places entrantes et 22.000 places sortantes. Dans le sens entrants, on distingue une heure de pointe de l’offre entre 7:00 et 8:00 avec une capacité offerte de 5.300 places. Dans le sens sortant, nous distinguons deux heures de pointes concernant l’offre entre 13:00 et 14:00 et entre 16:00 et 17:00 ; avec respectivement une capacité horaire de 4.400 places et 4.300 places.

## II.5 CONCLUSION

Le présente projet rendra un service énorme à toute la population constantinoise en reliant le chef-lieu de la wilaya à la nouvelle ville Ali-Mendjeli et réduira considérablement le nombre des bus et de taxis, ce qui permettra de réduire l’encombrement dans la wilaya de Constantine.

# **TRACE EN PLAN**

### III.1 INTRODUCTION

La présente partie traite la géométrie du tracé dans sa partie en plan, conformément aux règles et guides techniques en vigueur.

Le tracé étudié dans le présent PFE concerne une section du tracé globale de l'extension de la première ligne de tramway Constantine.

Le tracé en plan est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la voie, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes.

### III.2 DESCRIPTION DU TRACE

Le tracé débute à partir du PK 3+332 au niveau de la ville de Zouaghi (PK 0+000 de notre partie), répartie sur une longueur de 7 Km, il commence par un alignement droit de 155m, suite de cinq courbes successives jusqu'à l'entrée de la nouvelle ville Ali Mendjeli, sur ce tronçon il y a cinq stations de voyageurs sont projetés.

Au niveau de l'entrée de la nouvelle ville Ali Mendjeli on a une station dans le PK 3+200 et une trémie routière (passage inférieure) au PK 3+250, par la suite deux autres stations prévues au PK 4+050 et PK 5+200 respectivement, ensuite on a deux passages supérieures au niveau des PK 5+350 et PK 5+950, cette dernière trémie situer dans une courbe étroite d'un rayon égale à 90m.

Enfin, deux stations séparées par une courbe de 50m, la première station prévue au PK 6+250 et la dernière à la fin de l'extension.

### III.3 CRITERES DE CONCEPTION

#### III.3.1 Objets recherches

D'une manière générale les règles de conception du tracé de la voie visent à :

- Assurer la sécurité et le confort des usagers.
- Limiter l'inclinaison des wagons et les oscillations des suspensions sous l'effet des variations de l'accélération.
- Eviter une usure prématurée de la voie en limitant la poussée latérale sur la voie.
- L'insertion de la ligne dans le site prendra en compte les contraintes techniques liées à la voie ferrée, les performances à atteindre et le type de matériel roulant, mais aussi les contraintes d'environnement aux abords de la ligne et des facilités d'accès des voyageurs.
- Afin d'assurer l'insertion urbaine du projet, elles doivent être appliquées dans le respect des contraintes et des règlements techniques et d'urbanistiques de la ville.
- Des dégagements appropriés seront prévus dans l'entourage du système du tramway afin d'éviter toute collision entre véhicules en sens opposés.

### III.3.2 Eléments constitutifs de la voie

Selon la norme NF EN 13803, les éléments constitutifs de la voie seront les plus longs possibles.

La longueur minimale souhaitable d'un élément de la voie est définie par la longueur de l'inter-bogie le plus long. L'inter-bogie des CITADIS étant de 11,143 m, elle sera de 12 m.

Nous rappelons les éléments de voie qui sont traités dans cette section, il s'agit:

- Les alignements droits.
- Les courbes circulaires.
- Les courbes de transition (clothoïdes).

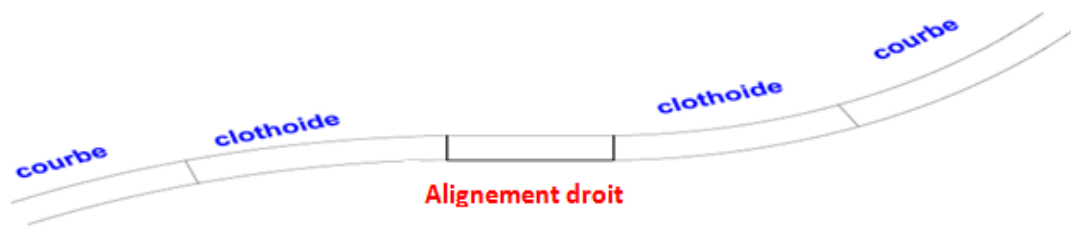


Figure III. 1 Les éléments du tracé. [6]

**Un alignement droit** devra séparer deux courbes circulaires de même sens dont le dévers doit être nul. Ainsi qu'il faut vérifier une longueur minimale de 12 m (longueur de l'inter-bogie le plus long).

Cependant, lorsque l'insertion urbaine ne le permet pas, il est possible de réduire cette longueur jusqu'à 0 m. (Dossier d'Appel d'Offres. Documents généraux du projet. Tracé (ETC-1-AM-DAO-INF-TRA-CC-B)).

**Les courbes circulaires** sont définies par leurs rayons en mètre avec un dévers constant et une développée minimale de 12 m.

Le rayon minimal en tracé en plan est de 25 m. Il est cependant conseillé de ne descendre qu'exceptionnellement sous la valeur de 50 m. (Dossier d'Appel d'Offres. Documents généraux du projet. Tracé (ETC-1-AM-DAO-INF-TRA-CC-B)).

➤ Les caractéristiques d'une courbe circulaire :

- Le rayon minimal :  $R = \frac{11.8}{d} V^2$  (m)
- La bissectrice :  $b = (T^2 + R^2)^{0.5} - R$
- La tangente :  $\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{T}{R}$
- La développée :  $D = \frac{R\theta\pi}{200}$

**Courbe de transition (clothoïde)** permet d'assurer une variation linéaire de la force centrifuge dans un raccordement entre un alignement droit ( $R=\infty$ ) et une courbe ou entre deux courbes par la variation de dévers.

### III.3.3 Paramètres de tracé

D'après le Dossier d'Appel d'Offres (Documents généraux du projet. Tracé (ETC-1-AM-DAO-INF-TRA-CC-B)), on tire les paramètres suivants :

- La clothoïde est caractérisée par son **paramètre constant A** défini par la formule :

$$A^2 = R \times L$$

- **Le jerk transversal** correspond à la dérivée de l'accélération transversale.

$$J = \frac{dv}{dt} \text{ (Le jerk maximal est défini généralement à } 0,4 \text{ m/s}^3\text{).}$$

- **La longueur de clothoïde** est définie pour respecter la valeur du jerk de confort :

$$J = 0,4 \text{ m/s}^3.$$

Pour dimensionner la longueur de la clothoïde de manière optimale, on utilise la formule suivante en fonction de la vitesse de design du rayon qui suit :

$$L = 2,5 \frac{V^3}{R} \text{ (V en m/s, R en m)}$$

Avec une longueur minimale de clothoïde de 12 m. Exceptionnellement un minimum absolu de 7 m pourra être accepté pour permettre de répondre à de fortes contraintes environnementales.

Dans le cas où la longueur de la partie circulaire est inférieure à 12m on visera à obtenir des longueurs de clothoïdes :

$$L \geq 1,5 \times \left[ 2,5 \frac{V^3}{R} \right]$$

- **La vitesse** de passage au niveau de la clothoïde doit être limitée selon la formule suivante :

$$V_{\max} = A^{2/3} \times J^{1/3}$$

Avec (V en m/s, J en m/s<sup>3</sup>), A (paramètre de la clothoïde) et J (le jerk maximal admissible).

- **Le dévers** de la voie correspond à la surélévation d'un rail par rapport à un autre. Il permet de compenser l'accélération transversale subie par le tramway.

Il existe deux types de dévers :

✓ Dévers coplanaire

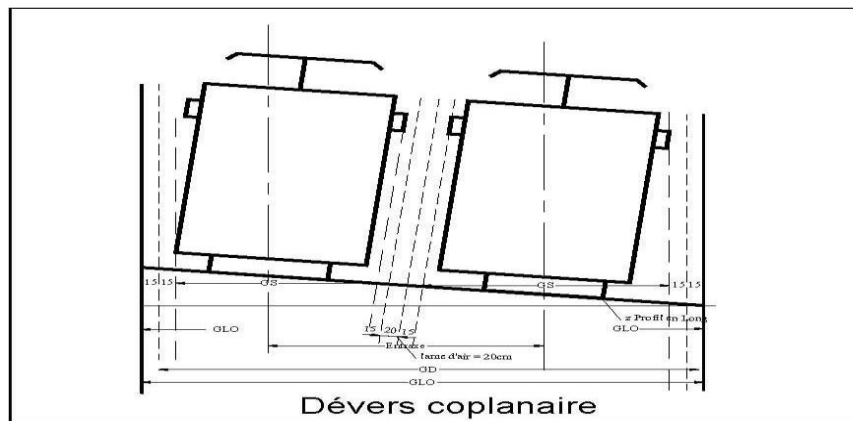


Figure III. 2 Dévers coplanaire. [2]

Les quatre rails sont dans un même plan. Le profil en long est donné sur le rail le plus bas.

✓ Dévers voie par voie

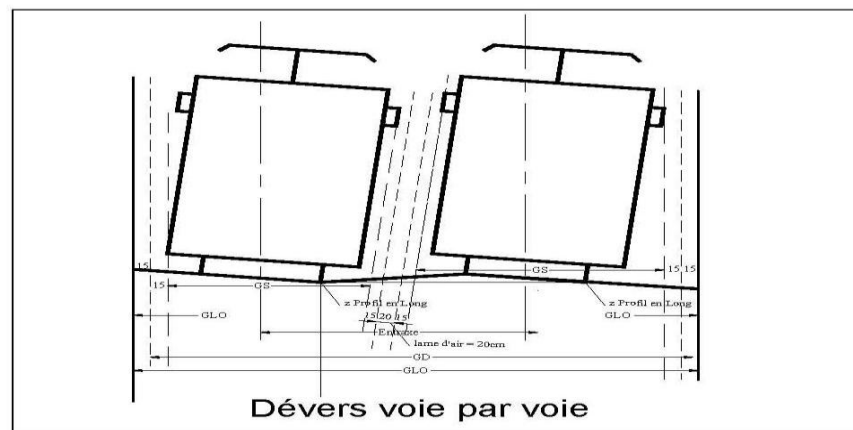


Figure III. 3 Dévers voie par voie. [2]

Le rail bas de la voie 1 est à au même niveau que le rail bas de la voie 2.

✓ Calcul du dévers

Afin de compensé l'accélération transversale subie par un véhicule se déplaçant en voie normal 1435 mm à la vitesse supposé constant  $V$  dans une courbe de rayon  $R$  on a un dévers donnée par la formule suivante :

$$d_{th} = 11.8 \frac{V^2}{R} \quad (d_{th} \text{ est en mm, } V \text{ en Km/h})$$

( $d_{th}$ ) dévers théorique.

Les contraintes d'insertion en milieu urbain et de confort des passagers (station, arrêt ou ralentissement en pleine courbe) conduisent à limiter le dévers appliqué. Le dévers maximum applicable est  **$d_{max} = 150 \text{ mm}$** .

- **Vitesse maximale en courbe avec dévers** : Dans une courbe avec dévers, la vitesse maximale est calculée en utilisant la relation suivante :

$$V \leq 4,6\sqrt{R} \quad (V \text{ en km/h et } R \text{ en m})$$

### III.3.4 Contraintes liées aux appareils de voie

- Les appareils de voie doivent être installés en alignement droit.
- Dans les carrefours, l'implantation d'appareil de voie sera exceptionnelle et dans tous les cas les parties mobiles de l'appareil seront hors carrefour.
- Pour s'assurer qu'un bogie se présente aligné dans l'appareil de voie ou dans la courbe, on insère au moins 5 m d'alignement droit **entre le début d'une courbe et la pointe d'aiguille d'un appareil de voie.**
- La distance minimale d'alignement droit **entre deux appareils de voie** (entre les deux pointes d'aiguille) devra être de 12 m. Cette longueur correspond à celle des circuits de verrouillage d'aiguille.

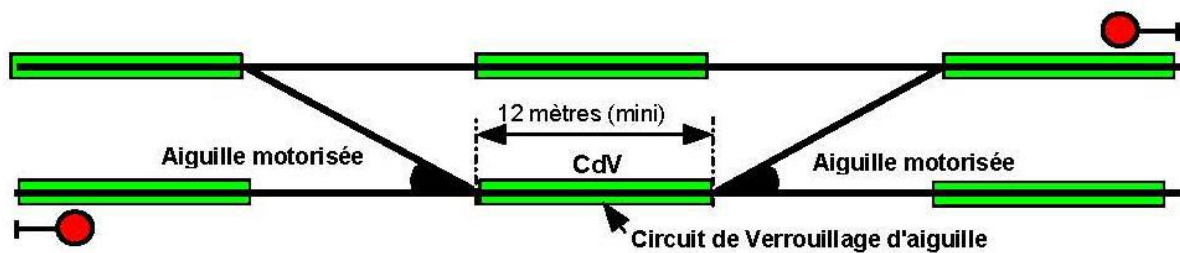


Figure III. 4 Distance minimal entre deux APV. [2]

- Un alignement droit d'une distance d'au moins 16 m doit être placé **entre la pointe d'aiguille de l'appareil de voie et la station.**

### III.3.5 Contraintes liées aux stations

Les stations permettront l'accès des personnes au tramway grâce à la mise à niveau parfaite des quais par rapport au plancher du tramway.

Le tableau suivant représente les différents paramètres à respecter au niveau des stations :

Tableau III. 1 Paramètres à respecter au niveau des stations. [2]

DEFINITION DU PARAMETRE	VALEUR
Rayon minimum en plan en station	3000 m
Longueur des quais, hors rampes	45 m
Longueur d'Alignements Droit minimale au-delà des quais	16 m
Distance axe-nez de quai	1,357 m
Hauteur des quais	290 mm
Largeur quais latéraux	3 m
Largeur quais centraux	4 m
Dévers en station	0 %

La figure suivante représente la distance entre l'axe de la voie et le nez de quai et la hauteur de quai :

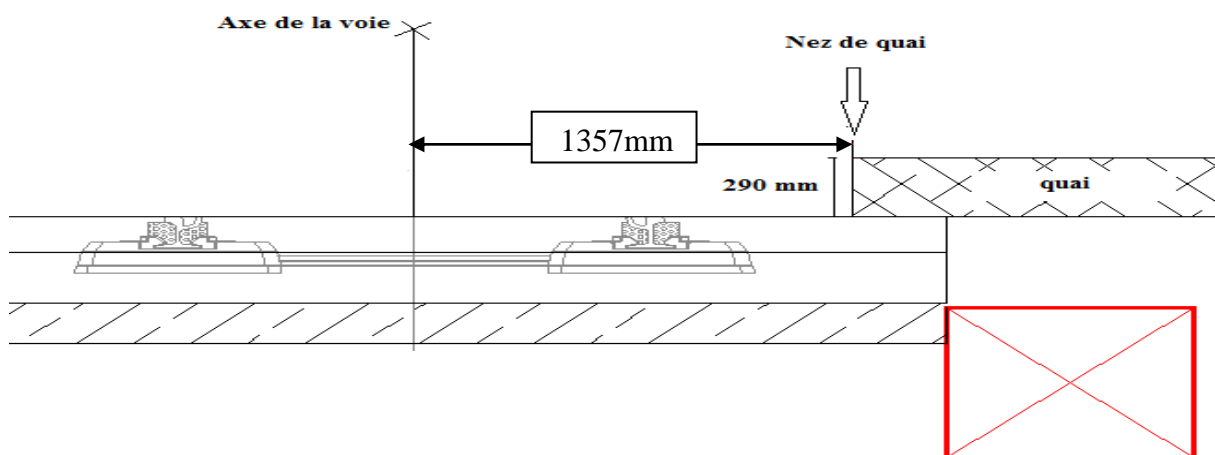


Figure III. 5 Distance entre Axe de voie et nez de quai. [2]

- **Distance entre courbe et la station**

La longueur souhaitable est de **16 m** afin de satisfaire les éléments suivants :

- 6m pour la rampe d'accès.
- 4m en cas de passage piétons.
- 6m pour éviter l'effet de corne provoqué par le tramway en sortie de courbe.

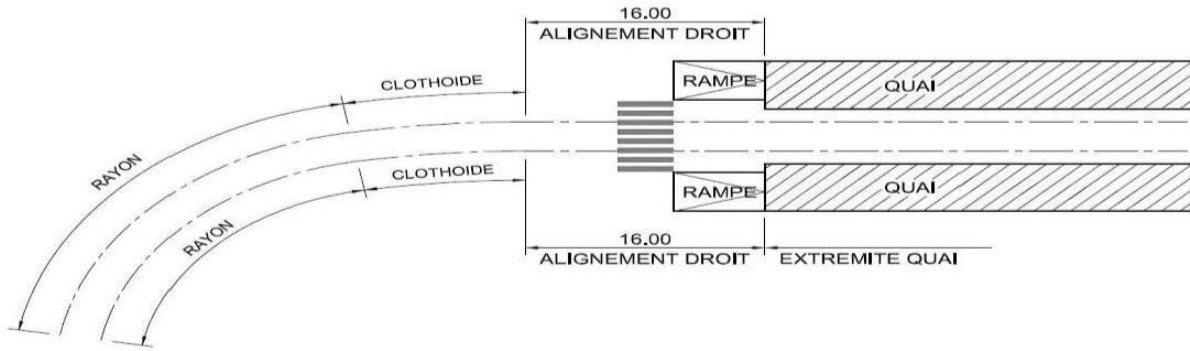


Figure III. 6 Alignement droit et raccordement clothoïde au-delà du quai. [2]

### III.3.6 Principe de mise en place des sur-largueurs et sur hauteurs dues au dévers

Les sur-largueurs (DI) et les sur-hauteurs (DH), dues à la mise en dévers du matériel roulant, sont calculés en fonction de l'inclinaison due au dévers du gabarit dynamique. Elles sont calculées pour une seule voie (voir la figure III.7).

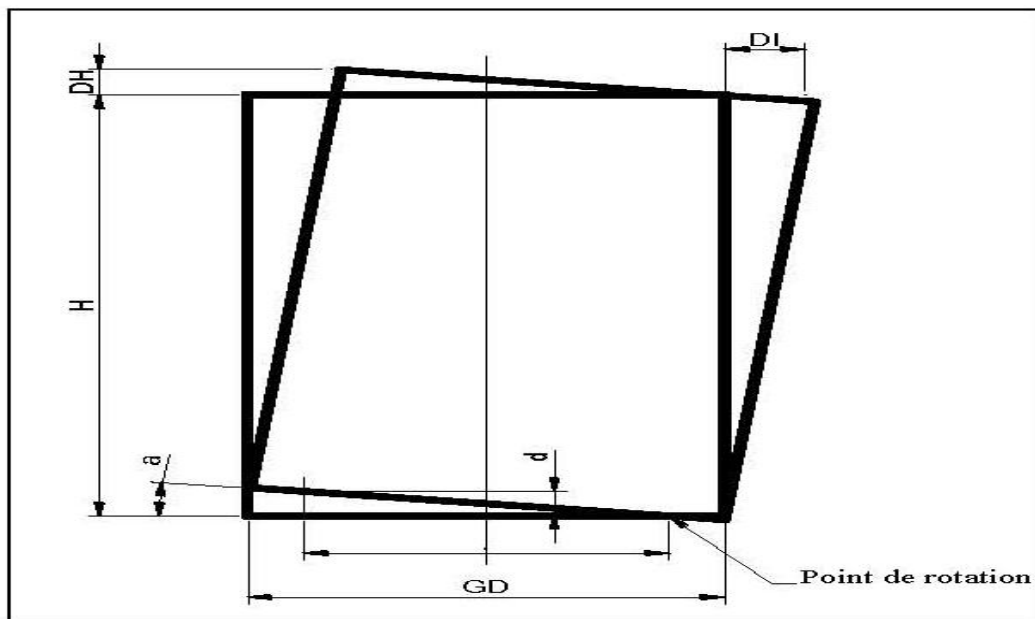


Figure III. 7 Sur-largueurs et sur hauteurs dues au dévers. [2]

Le tableau suivant représente les valeurs de DI et DH en fonction de dévers :

Tableau III. 2 Valeurs de DI et DH. [2]

<b>DEVERS (mm)</b>	<b>DI (mm)</b>	<b>DH (mm)</b>
10	23	14
20	47	28
30	70	41
40	93	55
50	116	68
60	139	81
70	162	94
80	184	107
90	207	120
100	229	132
110	251	144
120	273	156
130	295	168
140	317	180
150	338	191

**SUR LARGEUR**

- Les sur largeurs en courbe pour un tramway de largeur 2.65m. (ANNEXE 2)
- Sur largeurs en courbe. (ANNEXE 2)

**Sur-écartement en alignement droit :**

Afin d'éviter la réduction de la lame d'air centrale dans les clothoïdes il est préconisé d'augmenter l'entraxe des voies dans l'alignement droit suivant les clothoïdes, pour des valeurs de rayons inférieures à 80m.

**III.4 GABARITS**

- Le Gabarit Statique (GS) est défini par le matériel à la station. Le GS évolue en fonction du rayon de courbure rencontré.
- Le Gabarit Dynamique (GD) est défini par le matériel en mouvement. Le GD évolue en fonction de la vitesse du Matériel Roulant et des courbes.
- Le **GLO** (Gabarit Limite d'Obstacle) est défini en rajoutant 150 mm en largeur (sauf pour les parties sous caisse) au GD. Ces 150 mm incluent la lame d'air, et une marge de sécurité.

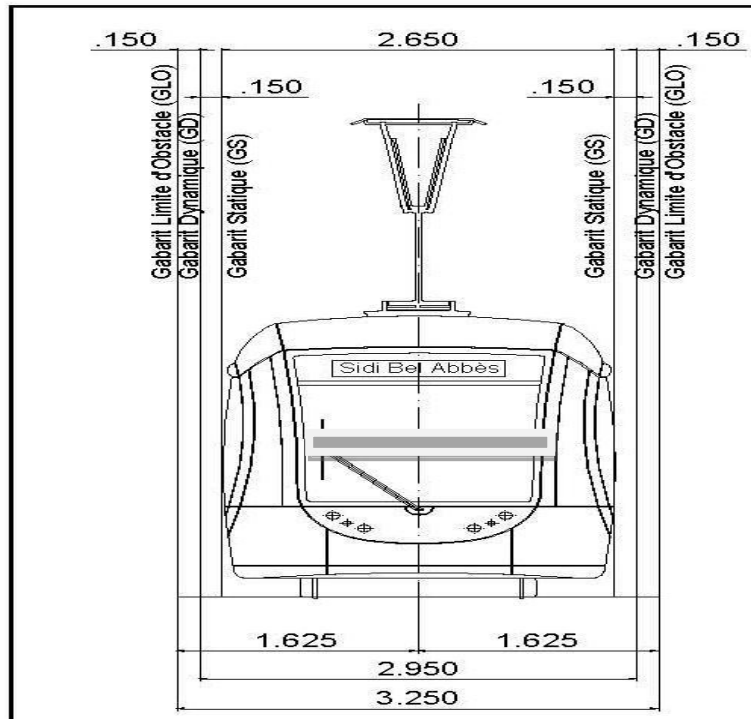


Figure III. 8 Voie unique. [2]

Pour une voie double avec poteaux latéraux et une Voie double avec poteaux centraux voir : (ANNEX 2).

Tableau III. 3 Rayons utilisés avec caractéristiques des clothoïdes. [6]

Rayons (m)	Longueurs de clothoïde (m)	Paramètre A	Vitesse (km/h)	Dévers (mm)
<b>R<sub>1</sub> = 4000</b>	<b>L<sub>1</sub> = 200</b>	<b>A<sub>1</sub> = 894.43</b>	<b>V<sub>1</sub> = 70</b>	<b>d<sub>1</sub> = 20</b>
<b>R<sub>2</sub> = 500</b>	<b>L<sub>2</sub> = 100</b>	<b>A<sub>2</sub> = 223.61</b>	<b>V<sub>2</sub> = 70</b>	<b>d<sub>2</sub> = 120</b>
<b>R<sub>3</sub> = 1000</b>	<b>L<sub>3</sub> = 100</b>	<b>A<sub>3</sub> = 316.23</b>	<b>V<sub>3</sub> = 70</b>	<b>d<sub>3</sub> = 60</b>
<b>R<sub>4</sub> = 500</b>	<b>L<sub>4</sub> = 50</b>	<b>A<sub>4</sub> = 158.114</b>	<b>V<sub>4</sub> = 70</b>	<b>d<sub>4</sub> = 120</b>
<b>R<sub>5</sub> = 60</b>	<b>L<sub>5</sub> = 30</b>	<b>A<sub>5</sub> = 42.426</b>	<b>V<sub>5</sub> = 25</b>	<b>d<sub>5</sub> = 130</b>
<b>R<sub>6</sub> = 1000</b>	<b>L<sub>6</sub> = 30</b>	<b>A<sub>6</sub> = 173.205</b>	<b>V<sub>6</sub> = 50</b>	<b>d<sub>6</sub> = 30</b>
<b>R<sub>7</sub> = 500</b>	<b>L<sub>7</sub> = 40</b>	<b>A<sub>7</sub> = 141.42</b>	<b>V<sub>7</sub> = 50</b>	<b>d<sub>7</sub> = 60</b>
<b>R<sub>8</sub> = 300</b>	<b>L<sub>8</sub> = 15</b>	<b>A<sub>8</sub> = 68</b>	<b>V<sub>8</sub> = 50</b>	<b>d<sub>8</sub> = 100</b>
<b>R<sub>9</sub> = 400</b>	<b>L<sub>9</sub> = 50</b>	<b>A<sub>9</sub> = 141.421</b>	<b>V<sub>9</sub> = 50</b>	<b>d<sub>9</sub> = 80</b>
<b>R<sub>10</sub> = 500</b>	<b>L<sub>10</sub> = 50</b>	<b>A<sub>10</sub> = 158.114</b>	<b>V<sub>10</sub> = 50</b>	<b>d<sub>10</sub> = 120</b>
<b>R<sub>11</sub> = 90</b>	<b>L<sub>11</sub> = 50</b>	<b>A<sub>11</sub> = 68</b>	<b>V<sub>11</sub> = 30</b>	<b>d<sub>11</sub> = 120</b>
<b>R<sub>12</sub> = 50</b>	<b>L<sub>12</sub> = 40</b>	<b>A<sub>12</sub> = 44.72</b>	<b>V<sub>12</sub> = 25</b>	<b>d<sub>12</sub> = 150</b>

# **PROFIL EN LONG**

### IV.1 INTRODUCTION

Le profil en long résulte de la reproduction à l'échelle réduite d'une projection de l'axe de la voie sur un plan vertical.

Le profil en long du tracé se caractérise par un parcours qui suit la cote du terrain, pratiquement sur toute sa longueur en respectant certaines règles.

### IV.2 REGLE DU CREATION DE PROFIL EN LONG

#### IV.2.1 Les pentes

La pente maximale conseillée est de 7% avec des valeurs exceptionnelles de 8 à 9% sur une longueur limitée à 250 mètres après étude spécifique du matériel roulant.

Pour assurer un meilleur drainage de la plateforme, la pente minimale est fixée à 0,5%. Cette valeur pourra exceptionnellement être réduite à 0,2 %, dans ce cas des dispositions particulières devront être mises en œuvre pour assurer le bon assainissement de la plateforme.

Lors de la combinaison d'une pente avec une courbe en plan, la pente maximale (%) admise sera diminuée par la formule suivante :

$$P + 80 / R \leq P_{\max} \quad [2]$$

Exceptionnellement, la formule suivante peut être utilisée :  $P + 50 / R \leq P_{\max}$  [2]

#### IV.2.2 Courbes de raccordement

Tous les changements de pente doivent être reliés par une courbe parabolique de rayon R.

La valeur du rayon de cette courbe respectant l'accélération verticale maximale doit respecter l'équation suivante :

$$R \geq (V/3.6)^2 \times 1/\lambda \quad (R \text{ en m, } V \text{ en km/h et } \lambda \text{ m/s}^2) \quad [2]$$

Soit avec  $\lambda < 0,2 \text{ m/s}^2$ .

Le tableau suivant représente les valeurs des rayons verticales en profil en long :

Tableau IV.1 Valeurs des rayons du profil en long. [6]

Rayon	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16
Valeur (m)	2000	6500	1000	3500	5000	6000	4000	3 342	20000	25 482	1 600	2200	3 658	1 800	1 000	10 000

#### IV.2.3 Contraintes liées aux stations

##### Pente maximale

La pente maximum souhaitable est de 2% avec une valeur exceptionnelle de 4% pour un environnement de fortes contraintes de nivellement, qu'il faut justifier au cas par cas,.

### Courbe de raccordement

Une courbe verticale de rayon supérieur à 3000 m peut être acceptée.

#### IV.2.4 Contraintes liées aux appareils de voie

##### Pente maximale

Une pente maximale de 4% est acceptée.

##### Dévers

Il est interdit d'insérer un dévers dans un appareil de voie.

##### Courbe de raccordement

Il est interdit de placer un appareil de voie sur une courbe verticale.

#### IV.2.5 Contraintes liées aux terminus

En terminus, la pente doit être limitée à 1 % pour éviter une dérive du matériel roulant en cas de défaillance des freins. Il est préférable d'installer une déclivité vers la fin de ligne.

#### IV.2.6 Gabarits

##### Les gabarits verticaux

- ✓ En passage sous rocade :

L'intrados du pont de la rocade doit dégager au droit de la plateforme du tramway un gabarit minimum de 5,50 m.

- ✓ En trémie

Le gabarit minimal vertical entre le plan de roulement du Tramway et la face intérieure de la dalle est de 4,70 m.

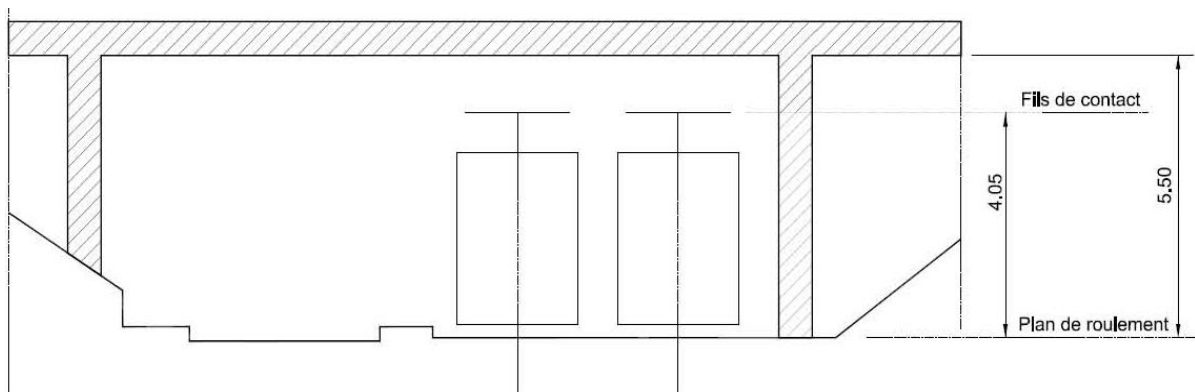


Figure IV. 1 Gabarit minimal vertical entre le plan de roulement du Tramway et un pont. [2]

# **PROFIL EN TRAVERS**

### V.1 INTRODUCTION

Le profil en travers d'une voie ferrée du projet de tramway est la coupe perpendiculaire à l'axe de la plateforme par un plan vertical.

Il existe deux types de profil :

- Profil en travers courant : Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel.
- Profil en travers type : Il contient tous les éléments constructifs de la future ligne dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

### V.2 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS

- **Plateforme de sol** : Sol, traité ou non, sous la dalle de fondation. La plateforme est une couche de forme d'épaisseur variable (minimum : 10 cm) en Grave Non Traitée (GNT).
- **Dalle de fondation** : Dalle de béton située sous la dalle de voie. Cette dalle est posée sur la plateforme de sol et permet la répartition des charges de la voie ferrée sur le sol support.
- **Dalle de calage** : Dalle de béton située directement sous la superstructure dans laquelle viennent s'ancrer les fixations de rail. Cette dalle de voie, de largeur 2,50m repose sur la dalle de fondation.
- **Béton de remplissage** : Béton situé dans l'entre-voie (plateforme en voie double ou plus). Son épaisseur correspond au niveau entre le dessus de la dalle de fondation et le dessus de la dalle de voie.

Le profil en travers présenté sur la figure ci-dessous illustre la structure de chaussée prévisionnelle. Il s'agit d'un tramway sur voie ferrée présentant une emprise au sol de 7.5 m de large environ. La structure de voie est une chaussée rigide en béton de ciment.

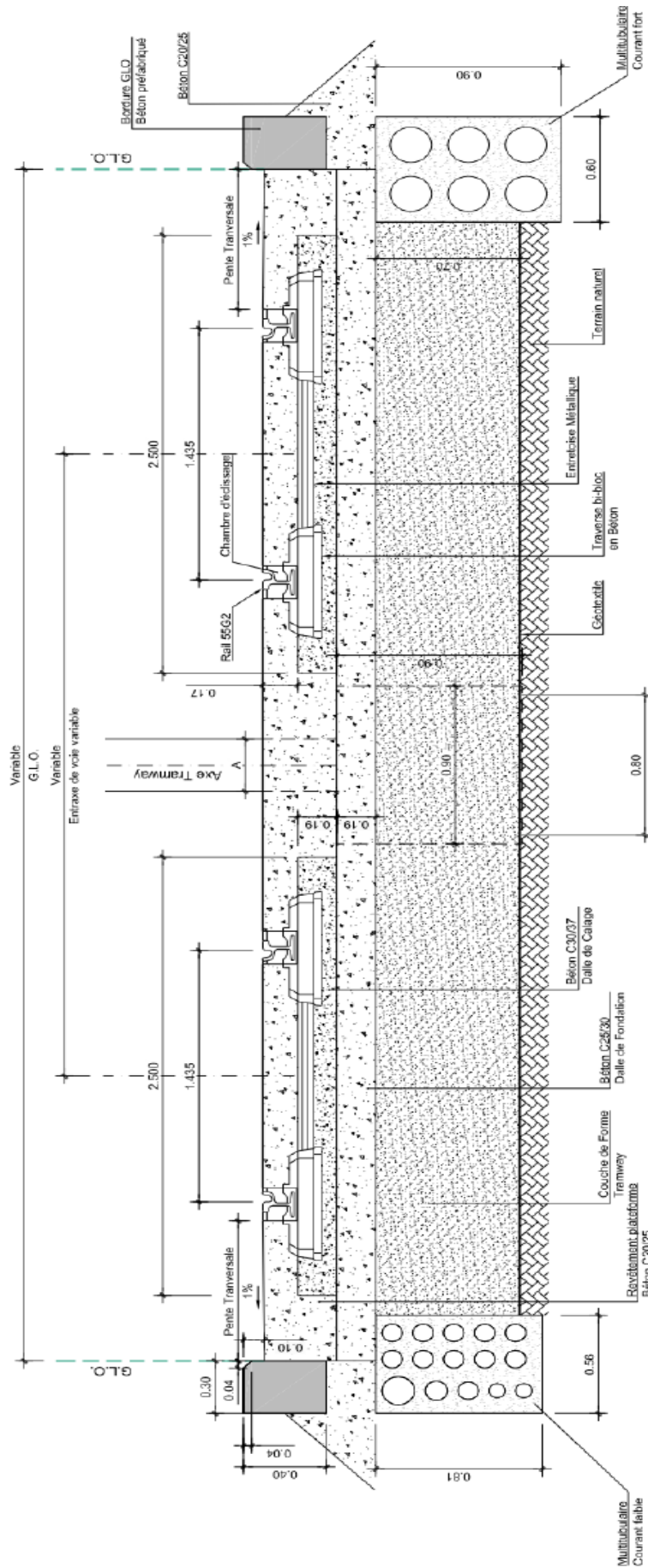


Figure V. 1 Profil en travers de voie du tramway. [2]

### V.3 CALCUL DES CUBATURES

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, ils ont comme objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers. La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions dans la première il s'agit d'ajouter des terres (remblai) et dans la deuxième il s'agit d'enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (les cubatures des terrassements).

#### V.3.1 Méthode de calcul des cubatures

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi lesquelles nous citerons :

- Méthode de la moyenne des aires.
- Méthode de la longueur applicable.
- etc...

Pour notre projet, le calcul des cubatures de terrassement a été faite avec le logiciel (**Civil3D**). Les détails de calcul sont joints dans l'**ANNEXE 2**.

Le tableau suivant représente les résultats de calcul automatique :

Tableau V.1 Quantité déblai et remblai. [6]

	Déblais	Remblais
Quantité (m <sup>3</sup> )	198 717	188 985

# **ETUDE GEOTECHNIQUE**

### VI.1. INTRODUCTION

Dans cette partie, on analyse les caractéristiques géologiques et géotechniques du corridor correspondant au tracé de l'extension de la première ligne de tramway de Constantine (Tronçon Zouaghi-Nouvelle Ville D'Ali Mendjeli).

Cette étude inclut une description géologique du tracé du tramway et les formations principales rencontrées le long du tracé.

### VI.2. DESCRIPTION GÉOLOGIQUE

Depuis le PK 0+000 jusqu'au PK 1+775, le tracé passe par des argiles de couleur beige silteuses à plasticité moyenne, avec des couches décimétriques de tuf calcaire.



Figure VI.1 Argiles marneuses avec couches de tuf calcaire Pk 1+300. [2]

Entre les PK 1+775 et 2+675, les tufs calcaires affleurent en surface (roche calcaire). Il s'agit d'une couche calcaire formée par la précipitation du carbonate calcique dissous dans l'eau.

Selon les résultats des reconnaissances de terrain, l'épaisseur de cette couche est de 0,80 m jusqu'à 1,20 m, sans présenter de continuité latérale.



Figure VI.2 Affleurement de roche calcaire Pk 2+220. [2]

Depuis le PK 2+675 et jusqu'à la fin du tracé, des matériaux Pliocènes de la formation calcaire sont traversés. Ce sont des intercalations d'argiles rouges-rosacés et de calcaires blanchâtres avec concentrations de calcite.

Il s'agit d'une formation d'origine sédimentaire, constituée par des calcaires lacustres de tonalités gris clair - rose, dans des bancs subhorizontaux jusqu'à 1,00 m de hauteur, intercalés avec des couches centimétriques à métriques d'argiles rosacés à rouges, avec un contenu élevé en carbonates.

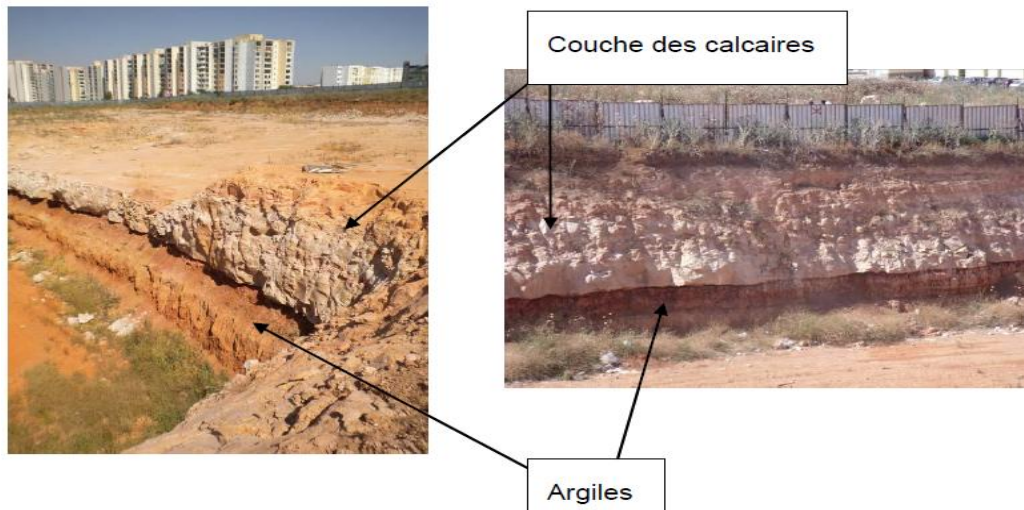


Figure VI.3 Affleurement de calcaires dans une excavation proche au PK 6+075. [2]

Cette zone est complètement urbanisée, les affleurements visibles de cette formation sont limités aux excavations ouvertes dans la ville.

### VI.3. COMPAGNE GEOTECHNIQUE

On a fait un parcours du tracé sur le terrain pour déterminer les caractéristiques lithologiques et géotechniques des matériaux traversés par le tracé afin de réaliser une conception appropriée du tramway du point de vue géologique et géotechnique.

L'aspect le plus important lors de ce parcours était la détection des zones à problème géotechniques comme les creux, les intersections avec les routes existantes, les zones en déblai, etc...

Pour faire des reconnaissances géotechniques sur le terrain traversé des sondages et des essais in situ sont réalisés :

- **Sondages à la tarière (dénommés ST)**

L'exécution de sondages à la tarière a permis d'identifier et de décrire les matériaux superficiels traversés par le tracé. Grâce à la prise d'échantillons en sacs, il est possible de réaliser les essais d'identification, chimiques et mécaniques. Il est donc possible d'étudier la réutilisation des matériaux excavés ainsi que la classification de la partie supérieure des terrassements et de l'arasement de terrassement.

## CHAPITRE VI ETUDE GEOTECHNIQUE

### • Essais en laboratoire

Sur une sélection représentative des échantillons obtenus dans les sondages et dans les puits de reconnaissance, on a réalisé des essais en laboratoire pour la classification des matériaux, et pour déterminer leur état (granulométries, limites d'Atterberg, humidité, densité, agressivité, essai de Proctor, essai CBR ...etc.), ainsi que l'obtention des paramètres de résistance et de déformabilité.

Le tableau suivant résume les résultats des essais en laboratoires réalisés sur les échantillons prélevés par les sondages à la tarière :

Tableau VI.1 Les essais obtenus des échantillons pris dans les sondages à la tarière. [2]

Échantillon			Passant à 80 µm	Limites d'Atterberg			W <sub>n</sub>	I <sub>c</sub>	PROCTOR NORMAL		IPI	W <sub>n</sub> /W <sub>op</sub>	Essai CBR (Type Imbibé)		Classification GTR
S. Tarière	PK	profondeur		L.L	L.P	Ip			Y <sub>ma</sub> x (kN/m <sup>3</sup> )	W <sub>op</sub> (%)			CBR	Gonflement (mm)	
ST-12	0+258	1.00 - 3.00	89	35.7	17.9	17.8	20.3	0.9	1.6	14.78	3.73	1.38	2.79	9.80	A2
ST-13	0+458	0.50 - 2.00	24	38.2	18.7	19.4	16.5	1.1	2.1	7.14	15.05	2.32	4.45	3.33	C2 B6
ST-14	0+838	1.90 - 4.50	99	50.5	25.5	25.1	25.3	1.1	1.5	12.51	7.93	2.03	1.27	9.09	A3
ST-15	1+093	1.00 - 4.00	3	30.8	15.3	15.4	15.6	0.9	1.7	9.44	8.22	1.66	4.05	9.10	B4
ST-16	1+398	0.20 - 1.60	90	38.1	18.5	19.6	17.9	1.0	1.5	15.84	6.08	1.13	1.62	8.37	A2
ST-17	1+648	1.60 - 4.00	42	45.1	25	20.1	17.2	1.3	1.6	18.37	12.2	0.94	2.17	0.63	C1 A2
ST-18	1+758	0.8 - 4.00	50	34.5	17.9	16.5	13.4	1.2	1.7	16.76	11.09	0.80	3.53	12.40	A2
ST-19	2+058	0.20 - 3.20	87	45.9	25.1	20.8	15.9	1.4	1.7	15.71	9.64	1.01	1.05	6.30	A2
ST-20	2+448	0.20 - 4.00	30	43.2	22.3	20.9	2.71	1.9	1.7	15.95	7.85	0.17	3.48	1.02	C1 B6
ST-21	2+848	0.20 - 2.00	45	31.5	15.2	16.3	12.5	1.1	1.8	11.94	6.15	1.05	3.04	4.12	A2
ST-22	3+338	0.50 - 4.50	96	48.1	26.4	21.7	21.4	1.2	1.5	9.96	10.78	2.15	0.99	8.50	A2
ST-23	3+748	0.50 - 4.50	90	38.2	18.5	19.6	17.9	1.0	1.5	15.84	6.08	1.13	1.62	8.37	A2
ST-24	4+278	0.50 - 2.60	34	29.5	15.4	14.1	6.93	1.5	2.0	7.98	17.5	0.87	3.5	5.35	B6
ST-25	4+718	0.60 - 1.10	54	38.5	18.9	19.5	9.81	1.4	1.7	7.86	9.14	1.25	1.54	4.75	A2
ST-26	5+288	0.50 - 4.50	80	54.5	26.8	27.7	25.1	1.1	1.7	9.77	8.37	2.57	0.95	7.90	A3
ST-27	5+658	0.00 - 4.50	69	36.3	17.6	18.7	14.4	1.1	1.8	9.45	12.77	1.52	1.63	4.17	A2
ST-28	6+093	0.30 - 1.80	53	38.2	18.2	20.1	15.92	1.1	1.7	13.6	11.58	1.17	3.11	3.15	A2
ST-29	6+598	0.30 - 4.00	62	35.8	17.1	18.8	12.34	1.2	1.6	12	22.39	1.03	2.56	6.20	A2

Caractéristiques géotechniques (ANNEXE 3).

Le graphique suivant représente la classification des échantillons obtenus lors des sondages à la tarière :

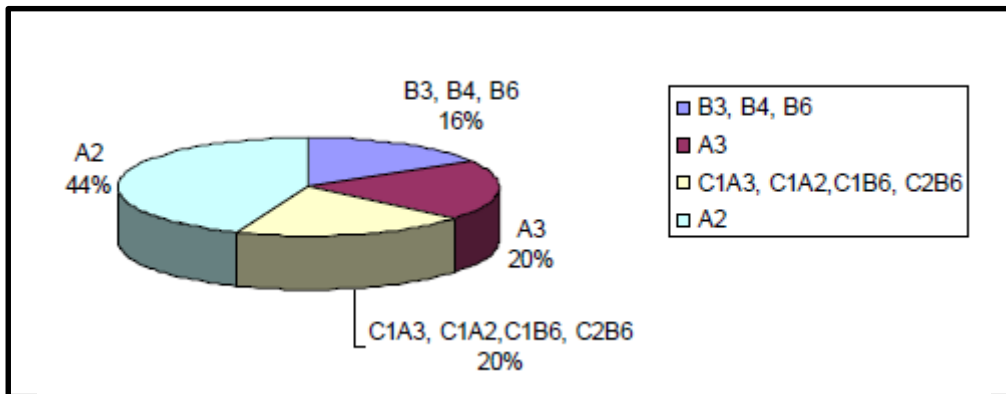


Figure VI.4 Classification des échantillons selon les sondages à la tarière. [2]

#### VI.4. TERASSEMENT

Dans les points suivants, on va analyser la stabilité en remblais et en déblais. Nous établirons des recommandations d'exécution tant pour les remblais que pour les déblais projetés.

##### VI.4.1 Déblais

La majorité des déblais existants le long du tracé sont de hauteur faible. Ils se projettent sur les argiles tufacées très ferme. On indique ci-dessous les caractéristiques de déblais le plus haut observé :

Tableau VI.2 Caractéristiques de plus haut déblais. [6]

Pk	Hauteur (m)	Nappe phréatique
1+675	12.6	13.2

##### VI.4.2 Analyse de stabilité de talus en déblais Pk 1+675

Pour le calcul de stabilité de ce déblai, on utilise le logiciel **Slide 6.025** avec la méthode de Bishop. On a opté pour un talus en déblai de 12.6 m de haut dont l'inclinaison est de **1H/1V** avec des bermes de **2m**.

Tableau VI.3 Coefficients de sécurité minimaux recommandés. [2]

Etat de talus	Court terme	Long terme	accidentelle
Facteur de sécurité (Fs)	$\geq 1.3$	$\geq 1.5$	$\geq 1$

- **Analyse statique à court terme**

Facteur d'utilisation plus défavorable : **6.3 > 1.3**  
 Stabilité des pentes : **Acceptable.**

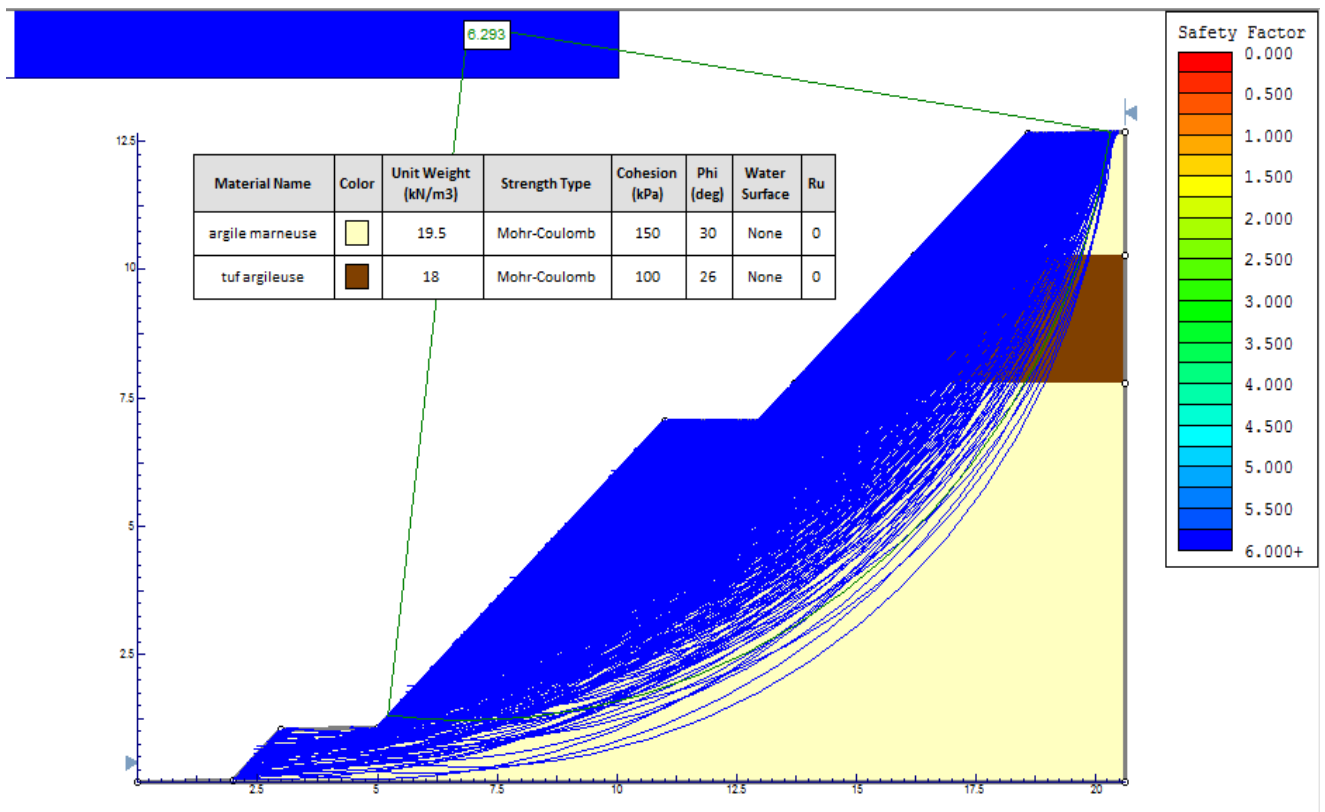


Figure VI.5 Analyse statique de plus haut talus de déblais sur Slide 6.025 à court terme. [7]

- **Analyse dynamique (sismique) à court terme**

$$K_h = 0.5 \times A/g$$

$$K_v = 0.3 \times K_h$$

Zone sismique **IIa**, donc d'après le document technique réglementaire **D.T.R – B.C. 2.48** des règles parasismiques algériennes **RPA99/version 2003** on a :

$$A/g = 0.25 \longrightarrow K_h = 0.125 \longrightarrow K_v = 0.0375$$

Facteur d'utilisation plus défavorable : **5.3 > 1**

Stabilité des pentes : **Acceptable.**

- **Analyse statique à long terme**

Facteur d'utilisation plus défavorable : **1.85 > 1.5**

Stabilité des pentes : **Acceptable.**

- **Analyse dynamique à long terme**

Facteur d'utilisation plus défavorable : **1.52 > 1**

Stabilité des pentes : **Acceptable.**

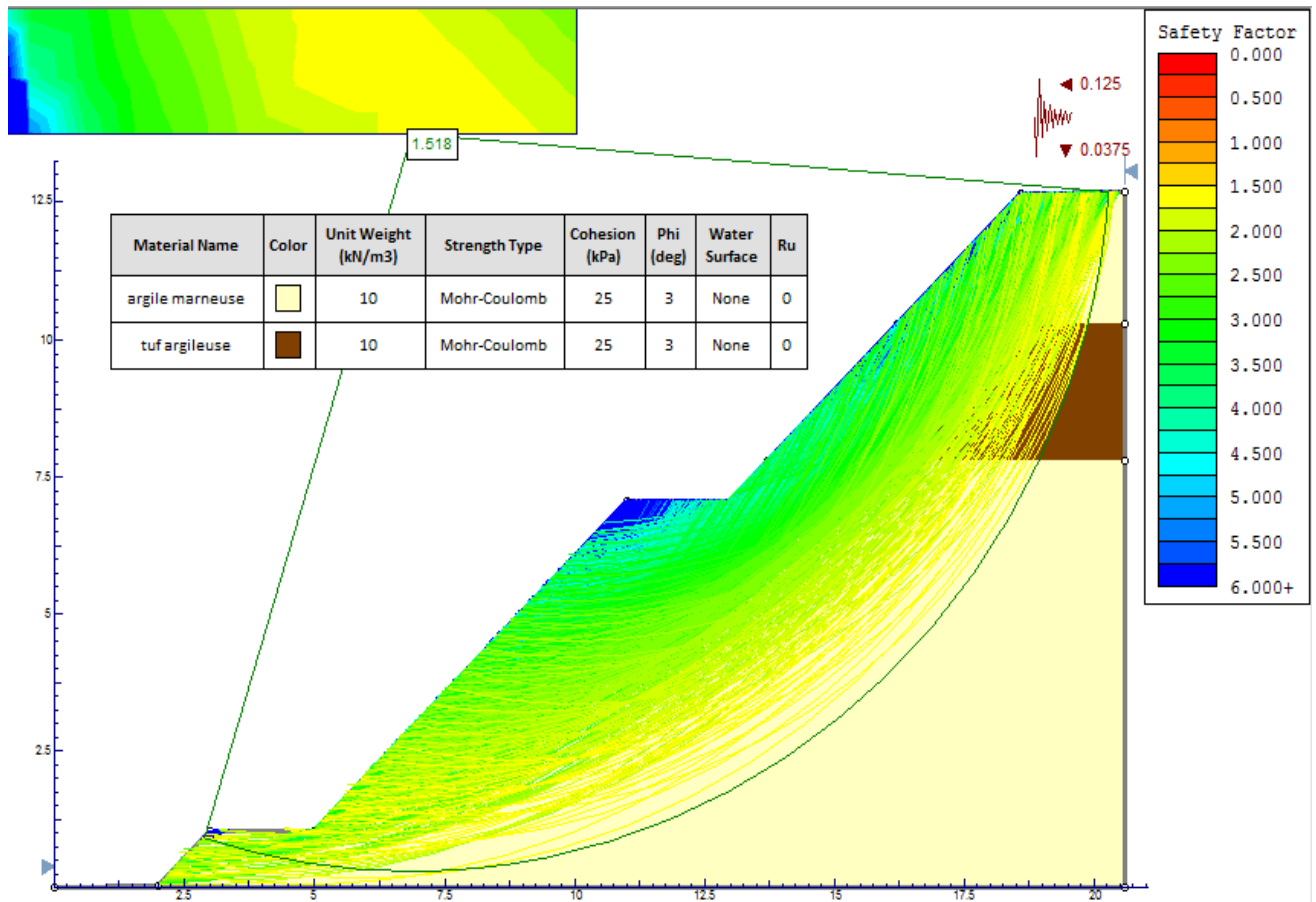


Figure VI.6 Analyse dynamique de plus haut talus de déblais sur Slide 6.025 à long terme. [7]

### VI.4.3 Remblais

- **Provenance des matériaux**

Dans cette partie, on décrira les matériaux nécessaires pour rentabiliser le projet du point de vue économique et technique.

D'une part, on établira les matériaux nécessaires pour les remblais et leurs conditions d'utilisation (GTR).

D'autre part, on analysera les caractéristiques des matériaux existants le long du projet en vue de leur réutilisation.

Tableau.VI.4 Pourcentage de réutilisation de chacun des déblais. [2]

P.K. Début	P.K. Fin	Longueur (m)	Hauteur max. dans l'axe (m)	Lithologie	Profit (%)	Réutilisation
0+675	0+825	150	2.00	T.V, MA, Ms	80	Remblai
1+350	2+360	1010	12.60	T.V, MA	90	Remblai/couche de forme
5+075	5+600	525	7.90	JA, JC	100	Remblai/couche de forme
5+800	6+375	575	9.00	JA, JC	100	Remblai/couche de forme

**TV:** Terre Végétale.

**MA:** Tuf Argileux.

**MS :** Argile Sableuse.

**JC :** Calcaire Lacustre.

**JA :** Tuf Argileux-Calcaire.

Les conditions d'utilisation des matériaux dans les remblais sont définies dans le **GTR**. De manière générale, le **GTR** stipule que les sols classés **A4** ne devront pas être réutilisés pour l'exécution des remblais. Les sols classés **A1**, **A2** et **A3** pourront être réutilisés en fonction des conditions d'humidité et de la situation météorologique dans laquelle l'ouvrage est réalisé.

Les remblais sont réalisés avec des matériaux provenant du tracé (projet) traités à la chaux, ou bien de sols de type **B** et **D**. Selon le **GRT**, ces matériaux permettent d'établir respectivement une partie supérieure de terrassement de classe **PST n°4/AR2** et **PST n°5/AR2**.

Le tableau suivant représente les remblais de hauteurs maximales existants le long du tracé :

Tableau VI.5 Les remblais de hauteurs maximales existants le long du tracé. [2]

Pk	Hauteur (m)	Hauteur des couches de Sol de fondation (m)	Nappe phréatique (m)
0+275	9.30	Alluvion : 0.00-2.50 Tuf argileux ferme : 2.50-5.00	4.00

## CHAPITRE VI ETUDE GEOTECHNIQUE

		Tuf argileux très ferme : 5.00-8.00  Argile rougeâtre : >8.00	
3+125	7.70	Tuf : 0.00-2.50  Tuf argileux très ferme : 2.50-12.00  Argile rougeâtre : >12.00	11.70
4+150	4.1	Remblai : 0.00-2.00  Alluvion : 2.00-5.00  Tuf argileux très ferme : >5.00	10.2

### VI.4.4 Analyse de la stabilité de talus en remblai Pk 0+275

Pour le calcul de stabilité de ce remblai, on utilise le logiciel **Slide 6.025** avec la méthode de Bishop. On a opté pour un talus en remblai de **9 m** de haut dont l'inclinaison est de **2H/1V** avec des bermes de **2m**.

- **Analyse statique à court terme:**

Facteur d'utilisation plus défavorable : **2.2 > 1.3**  
Stabilité des pentes : **Acceptable.**

- **Analyse dynamique à court terme**

Facteur d'utilisation plus défavorable : **1.6 > 1**  
Stabilité des pentes : **Acceptable.**

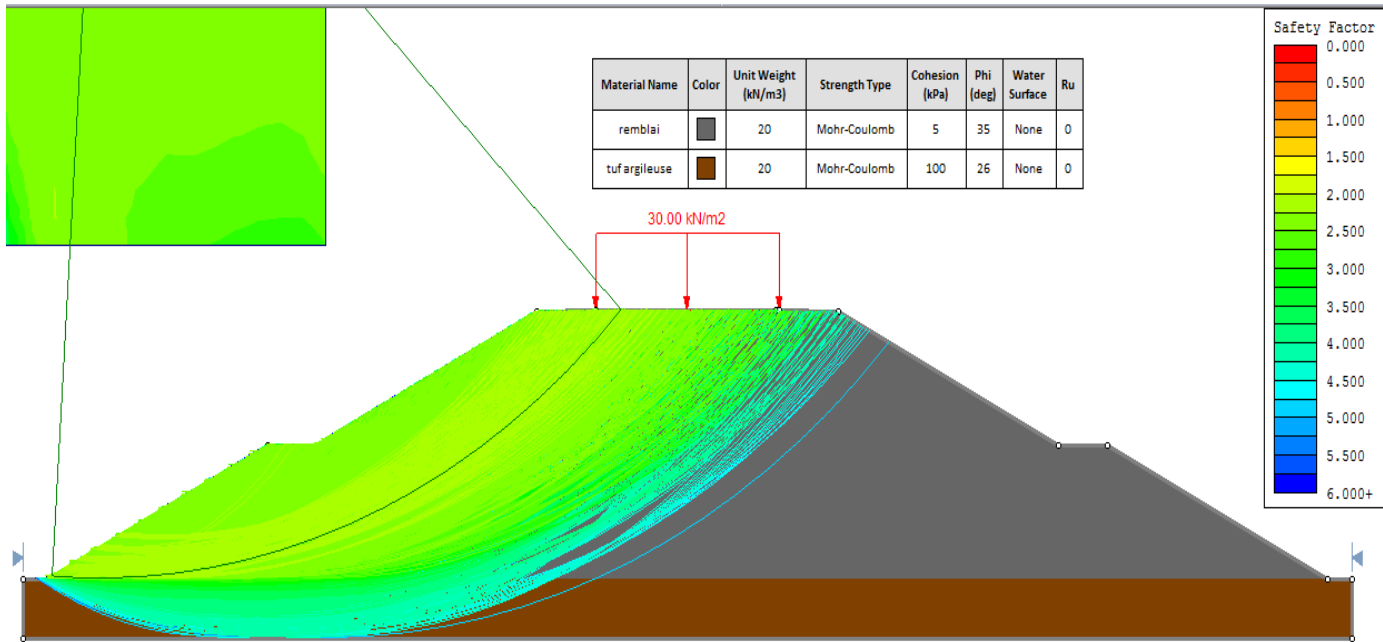


Figure VI.7 Analyse statique de plus haut talus de remblais par Slide 6.025 à court terme. [7]

- Analyse statique à long terme

Facteur d'utilisation plus défavorable :  $2.2 > 1.5$

Stabilité des pentes : **Acceptable.**

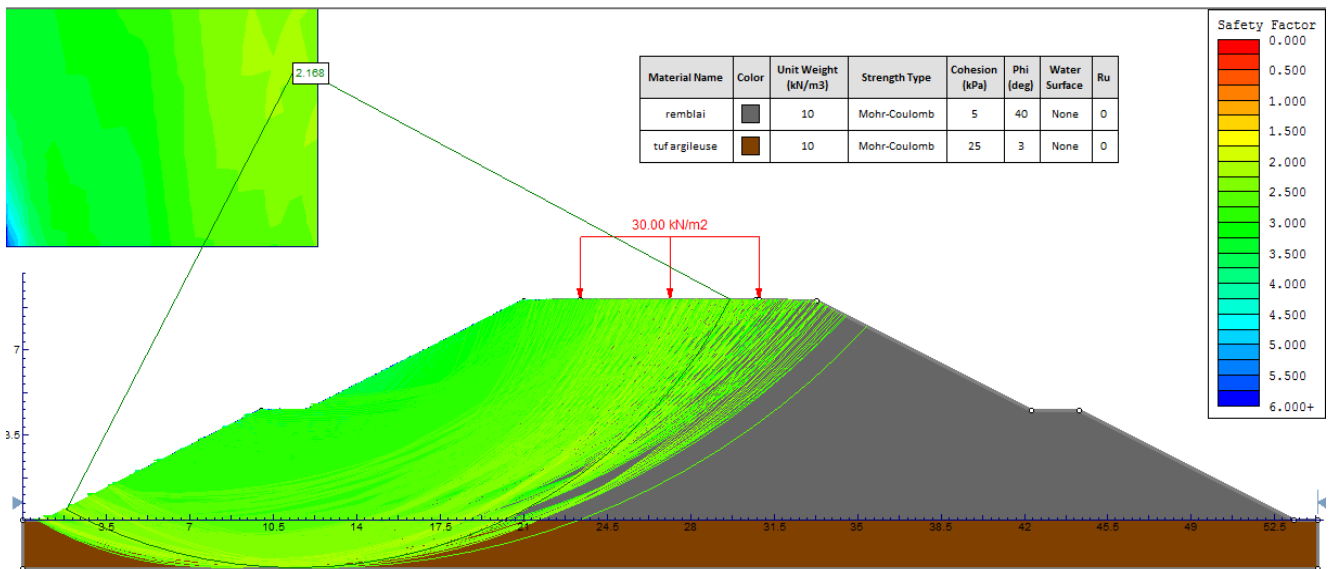


Figure VI.8 Analyse statique de plus haut talus de remblais par Slide 6.025 à long terme. [7]

- Analyse dynamique à long terme

Facteur d'utilisation plus défavorable :  $1.62 > 1$

Stabilité des pentes : **Acceptable.**

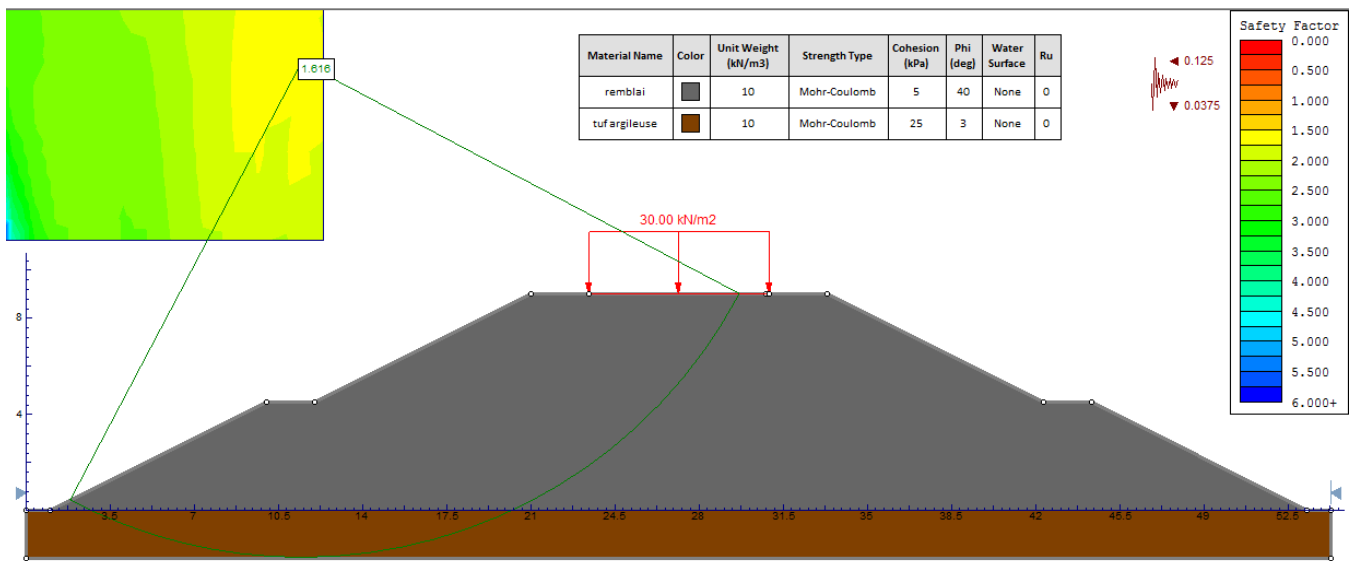


Figure VI.9 Analyse dynamique de plus haut talus de remblais par Slide 6.025 à long terme. [7]

### VI.4.5 Vérification du tassement de plus haut remblai 0+275

On utilise le logiciel Géo5 (GeoStructural Analysis V19 – Settlement) pour la détermination du tassement différentiel de ce remblai. Après calcul on trouve le résultat suivant :

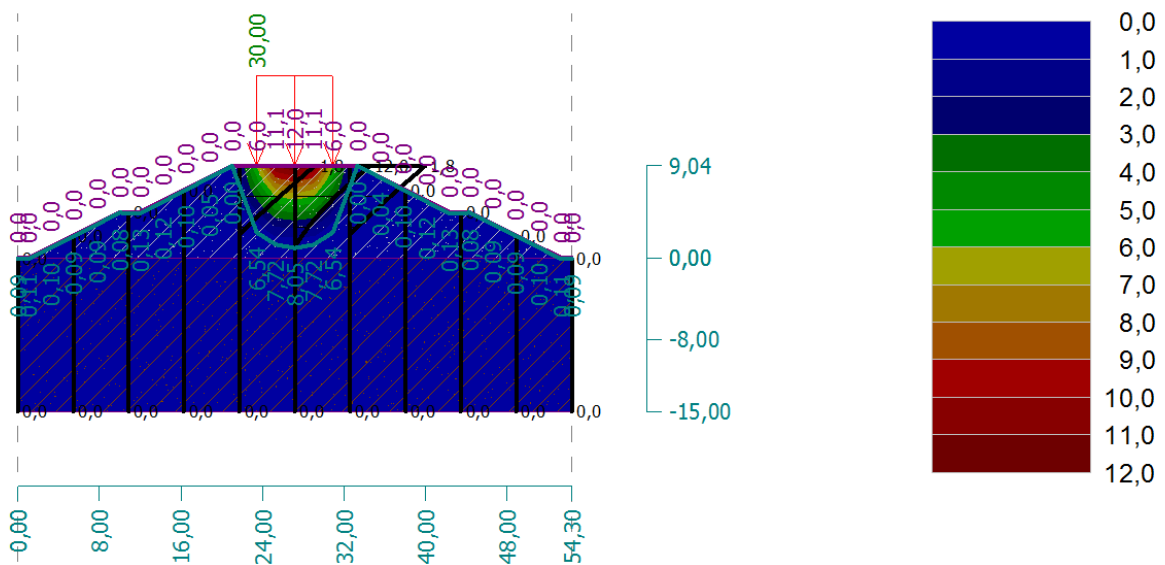


Figure VI.10 Calcul de tassement par Géo5 de talus en remblai Pk 0+275. [13]

On trouve le tassement différentiel transversale  $S = 12\text{mm} < 15\text{ mm}$

Tel que l'amplitude de la valeur seuil de tassement = 15 mm. [2]

# **DIMENSIONNEMENT DE LA PLATEFORME FERROVIAIRE**

### VII.1 GENERALITES

Les terrassements à réaliser consistent à exécuter les déblais et les remblais nécessaires à la réalisation des assises des voiries, plateforme tramway, raccordements sur voiries principales, trottoirs.

Les matériaux rencontrés en déblais de la plateforme et remblai d'emprunt seront identifiés à l'extraction selon la classification du Guide technique LCPC-SETRA sur la réalisation des remblais et des couches de forme de Septembre 1992 (GTR).

Dans cette partie on fait le dimensionnement de la couche de forme et de la plateforme.

### VII.2 DEFINITION ET NATURE DE LA COUCHE DE FORME

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe permettant d'adapter la caractéristique aléatoire et dispersées des matériaux de remblai ou du terrain en place, aux caractéristiques mécaniques, géométrique, hydrauliques et thermique prises comme hypothèse dans la conception de la chaussée.

La partie supérieure de cette structure d'adaptation constitue la plateforme support de chaussée (PF).

La partie supérieure des terrassements (PST) : elle est constituée par les matériaux situés à environ 1 m en dessous de la couche de forme ou en dessous de la couche de fondation en l'absence de couche de forme.

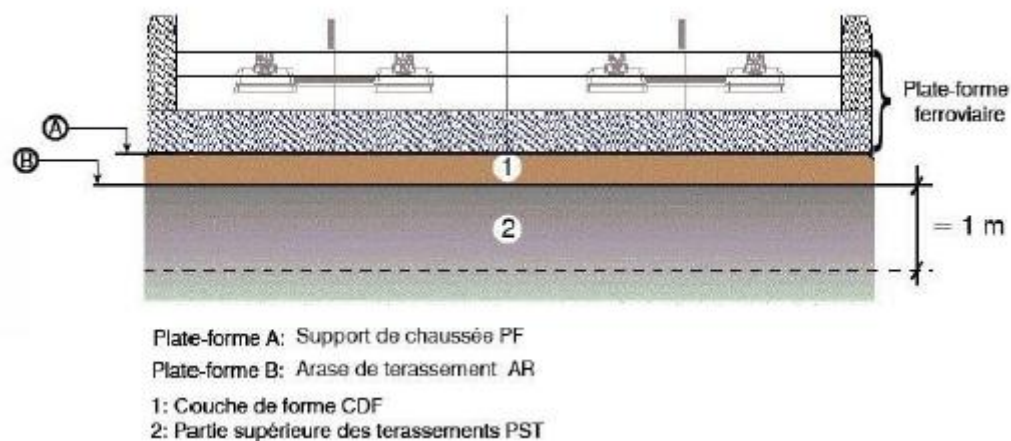


Figure VII.1 Coupe transversal de la plateforme ferroviaire représente la couche de forme. [2]

#### VII.2.1 Fonctions de la couche de forme

- **À court terme**
  - Assurer la traficabilité quasi tout temps des engins approvisionnant les matériaux de la couche de fondation.
  - Permettre le compactage efficace de la couche de fondation.
  - Assurer la protection de l'arase terrassement vis-à-vis des agents climatiques dans l'attente de la réalisation de la chaussée.

- **À long terme**

- Amélioration de façon sensible la portance à long terme des sols supports.
- Réduire l'influence des variations de portance des sols supports sensibles à l'eau.

### VII.2.2 Conception de la couche de forme

Cette capacité portante est connue au travers des paramètres du terrain tels que le CBR ou le module d'élasticité du second cycle de charge de l'essai de plaque de charge (Ev2). Tout au long de la plateforme, des essais CBR ont été réalisés sur des échantillons altérés issus des sondages à la tarière. Les résultats obtenus sont recompilés dans la table (**voir tableau VI.1**).

L'essai CBR indique une mauvaise portance du matériau qui constitue le PST. Selon le Guide Technique, la Partie Supérieure des Terrassements (PST) est classée comme **PST n°1/AR1**.

Le Cahier des Prescriptions Techniques du Projet indique comme objectif de définir le pré-dimensionnement de la couche de forme de la plateforme pour obtenir une portance à long terme d'un niveau **PF2** ( $Ev2 \geq 50\text{MPa}$ ) [NF P 94-117-1].

Il est donc recommandé d'exécuter une couche de forme avec des matériaux de type **B** ou **D**. Le GTR recommande des épaisseurs de ces matériaux compris entre 0,75 m et 0,80 m (ou alors, 0,60 et 0,65 m si on intercale un géotextile entre la PST et la couche de forme) pour un sol support de classe PST n°1/AR1.

En assimilant la plateforme du tramway à une route principale, il est recommandé d'établir une épaisseur de 0,90 m. Afin de légèrement réduire l'épaisseur conseillée, il est proposé de placer un géotextile entre la couche de forme et la PST et ayant une fonction séparatrice et de renforcement. La mise en place du géotextile permet de diminuer l'épaisseur de la couche de forme de 15 cm à 20 cm, ce qui fait qu'il faille considérer **une couche de forme 0,70 m**.

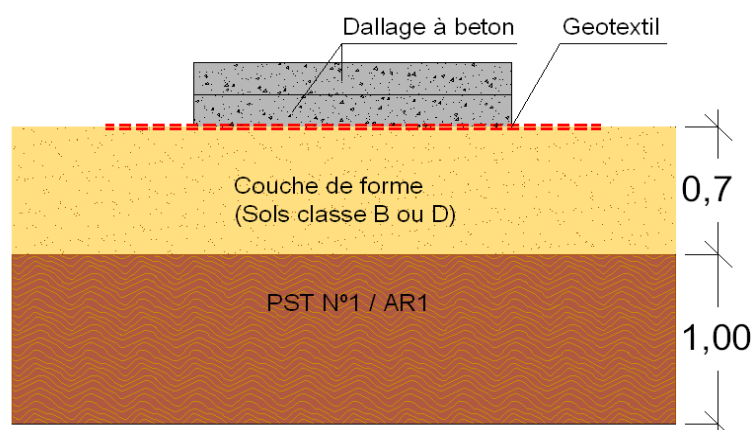


Figure VII.2 Croquis de la couche de forme. [2]

### VII.3 DIMENSIONNEMENT DE LA PLATEFORME FERROVIAIRE

La plateforme ferroviaire (type tramway) est une structure de différente couche en béton, aide à supporter les charges du matériel roulant.

Les différentes couches de cette structure sont :

- Dalle de fondation.
- Dalle de calage.
- Couche de revêtement.

#### VII.3.1 Principe de dimensionnement

La méthode de dimensionnement s'articule autour de deux axes :

- Un module de calcul mécanique aux éléments finis : Ce module permet d'évaluer les contraintes de flexion des dalles béton.
- Un module de calcul de fatigue : il permet le calcul de La contrainte admissible en fatigue en fonction du nombre de cycle de chargement.

En principe on vérifie que les sollicitations induites par le trafic restent inférieur ou égale aux sollicitations admissibles  $\sigma_{calculé} < \sigma_{adm}$

La contrainte admissible en fatigue avant rupture : ( $\sigma_{adm}$ )

$$\sigma_{adm} = \sigma_6 \times \left(\frac{N_{eq}}{10^6}\right)^b k_c \times k_r \times k_s \times k_d \quad [10]$$

#### ➤ Paramètres de la loi de fatigue

- $\sigma_{adm}$  : contrainte admissible en traction par flexion du béton sous sollicitation de fatigue.
- $\sigma_6$  : contrainte admissible en traction par flexion du béton sous sollicitation de fatigue à 1 million de cycles.
- $N_{eq}$  : nombre équivalent d'essieux (le nombre de cycles jusqu'à rupture).
- $b$  : pente de la droite de fatigue du béton en traction par flexion.
- $k_c$  : coefficient de calage.
- $k_r$  : coefficient lié au risque.
- $k_s$  : coefficient lié à la portance de sol.
- $k_d$  : coefficient lié aux discontinuités (bords, fissures).

#### ➤ Données de projet pour le dimensionnement de la plateforme [2]

- Durée de vie : 30 ans.
- Nombre d'essieux : 8 essieux par rame.
- Charge par essieu (P): 11.141 t (6 personnes par m<sup>2</sup>).
- Nombre de tramway annuel sur l'extension : 21 136 tramways.
- Nombre d'essieux annuel : 21 136×8 = 169 088 essieux par an.
- Nombre d'essieux pendant la durée de vie : 5 072 640 essieux

- Nombre d'essieu équivalent à 11.5 t :

$$N_{eq} = \alpha \times \text{nbre d'essieu} \quad [9]$$

$$\alpha = \left(\frac{p}{11.5}\right)^n = \left(\frac{11.141}{11.5}\right)^{12} = 0.68$$

n=12 pour une dalle rigide

$$\rightarrow N_{eq} = 0.68 \times 5\,072\,640 = 3449396 \text{ équivalent essieu } 11.5 \text{ t}$$

Le tableau suivant résume les paramètres de la loi de fatigue :

Tableau VII.1 Paramètres de la loi de la fatigue. [2]

Structure / Paramètres	E (MPa)	v	$\sigma_6$ (MPa)	r (%)	-1/b	SN	S <sub>h</sub>	k <sub>r</sub>	K <sub>s</sub>	k <sub>c</sub>	K <sub>d</sub>
Dalle de fondation	24000	0.25	1.63	5%	15	1	0.03	1.29	1/1.1	1.5	1
Dalle de calage	35000	0.25	2.15	5%	16	1	0.01	1.27	1	1.5	1/1.47

Après calcul des contraintes admissibles de la dalle de fondation et la dalle de calage nous trouvons les résultats suivants :

Tableau VII.2 Classe de béton et contrainte admissible de la dalle de fondation et la dalle de calage.

	Classe de béton	Contrainte admissible $\sigma_{adm}$ (Mpa)
Dalle de calage	BC5 (C30/37)	2.58
Dalle de fondation	BC3 (C25/30)	2.64

On propose les épaisseurs suivantes :

- 19 cm pour la dalle de fondation.
- 19 cm pour la dalle de calage.

#### ➤ Couche de revêtement

L'épaisseur de la couche de revêtement correspond à la différence de niveau entre la dalle de calage et le niveau du rail (l'épaisseur entre 17 et 18 cm).

On prend une épaisseur de **17 cm pour la couche de revêtement.**

Le béton de revêtement pour est de classe C2 béton (C20/25), par ce que le rôle de cette couche c'est la couverture des rails et travers, donc elle a aucun rôle de résistance.

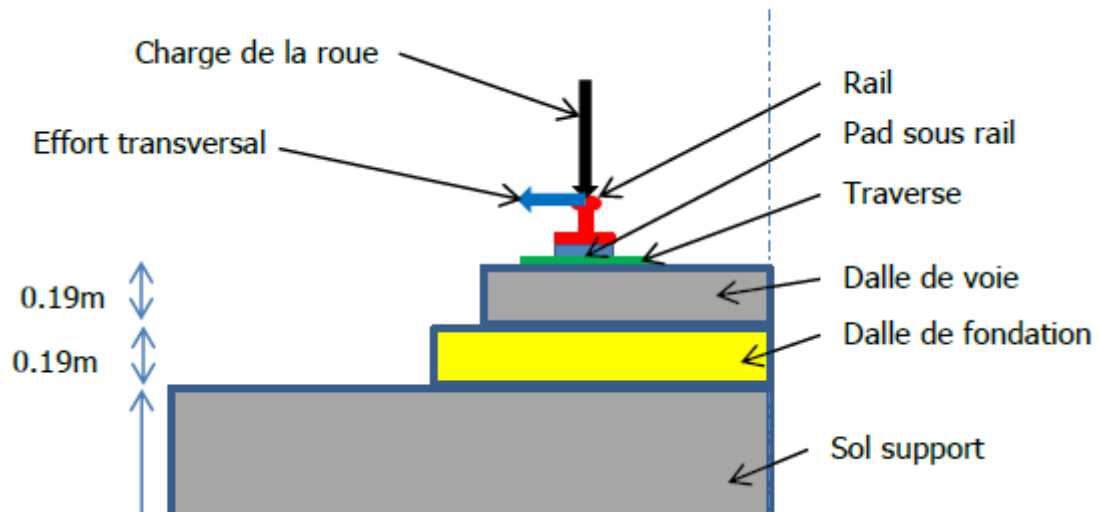


Figure VII.3 Modélisation des charges appliquées sur la plateforme. [2]

### VII.3.2 Vérification des contraintes

On travaille avec les caractéristiques d'un boudin du tramway et on fait la vérification par Alizée 32 on trouve les résultats suivants :

Tableau VII.3 Vérification des contraintes. [15]

	Contrainte de fatigue $\sigma_F$ (Mpa)	Contrainte admissible $\sigma_{adm}$ (Mpa)
Dalle de calage	1.28	2.58
Dalle de fondation	1.58	2.64

#### Caractéristique des essieux :

Diamètre d'un boudin = 610mm

Entre axe longitudinal = 1600mm

Entre axe transversal = 1435mm

Charge par essieu = 11.141T

Donc :  $\sigma_F < \sigma_{adm}$

# ASSAINISSEMENT

### VIII.1 INTRODUCTION

L'évacuation rapide des eaux de ruissellement en surface et celle qui s'infiltré dans les différentes couches assure une longue durée de vie du corps de la voie.

Les eaux pluviales collectées seront raccordées aux réseaux existants, unitaires ou séparatifs par les piquages (carottage) par le titulaire qui sera chargé de la demande de l'intervention au concessionnaire pour la réalisation de ces travaux.

Une étude hydrologique a été réalisée pour déterminer les débits de dimensionnements, autant pour le drainage longitudinal que transversal. Ensuite, le calcul hydraulique est réalisé pour justifier les dimensions de chaque drainage.

### VIII.2 CONTROLE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT

- Le contrôle de la pente de la canalisation se fera à chaque nouveau regard.
- La tolérance de niveau à chaque regard sera de plus au moins 2 cm par rapport à la côte radier projet.
- Le tronçon de canalisation entre deux regards.
- Les branchements qui s'y raccordent, ainsi que les regards de branchement.
- Dans les tronçons où la plateforme du tramway interfère avec les collecteurs d'assainissement, il est nécessaire de dévier les collecteurs existants.
- Localisation du passage du réseau assainissement avec les regards existants et avec le complément, si nécessaire, moyennant géo radar ou détecteur des réseaux de services.
- Exécution de déviation en parallèle sans déconnexion du réseau assainissement existant à substituer.
- Légalisation de la déviation assainissement réalisée.
- Connexion au réseau assainissement existant.

### VIII.3 CALCUL DES DEBITS ET DIMENSIONNEMENT DES BUSES

#### VIII.3.1 Pluie journalière

$$P_j (f \%) = \frac{P_j \text{ moy}}{\sqrt{Cv^2 + 1}} e^{u\sqrt{\ln(Cv^2 + 1)}} \quad []$$

Avec :

- ✓  $P_j (f \%)$  : pluie journalière maximale de fréquence « f ».
- ✓ Cv: coefficient de variation climatique.
- ✓  $P_j \text{ moy}$  : pluie journalière moyenne.
- ✓ U: variable de Gauss.

Tableau VIII. 1 Variable de Gausse en fonction de période de retour. [2]

Période de retour (ans)	10	50	100
U	1.282	2.057	2.327

Le tableau suivant représente les valeurs de pluie journalière moyenne ainsi que la valeur de coefficient de variation climatique et la pluie journalière maximale en fonction de période de retour :

Tableau VIII. 2 Calcul de précipitation journalière. [2]

Pj moy (mm /j)	Cv	Pj (10 ans) (mm)	Pj (50 ans) (mm)	Pj (100 ans) (mm)
64.4	0.44	101.082	140.046	156.892

**On fait le dimensionnement des ouvrages busés et dalots avec une période de retour de 100 ans.**

### VIII.3.2 Temps de concentration

On utilise la formule des petits bassins car nos bassins présentent une superficie inférieure à 5 km<sup>2</sup> :

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \quad [14]$$

Tc en heures.

A : surface du bassin versant en Km<sup>2</sup>, avec A < 5km<sup>2</sup>.

P : la pente moyenne (en m/m).

### VIII.3.3 Le coefficient de ruissellement

$$C_r = \frac{\text{hauteur d'eau ruisselée en mm}}{\text{hauteur d'eau précipitée en mm}} \times 100 \quad [14]$$

C<sub>r</sub> en %

On prend un coefficient de ruissellement de **0.9** pour les bassins urbains et **0.4** pour les bassins périurbains.

### VIII.3.4 L'intensité de l'averse I<sub>t</sub>

$$I_t = \frac{P_j(f\%)}{T_c} \times \left(\frac{T_c}{24}\right)^b \quad (b= 0.42, T_c \text{ en heures}) \quad [5]$$

### VIII.3.5 Débit par la méthode rationnelle

$$Q = \frac{1}{3.6} \times C \times I \times A \quad [14]$$

Avec :

A : aire de la surface drainée en [km<sup>2</sup>]

I : intensité de la pluie décennale dont la durée est égale au temps de concentration en [mm/h]

C : coefficient de ruissellement.

### VIII.3.6 Dimensionnement des buses

En utilisant la formule de Manning-Strickler :

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = S_m \times V = S_m \times K_S \times R_h^{2/3} \times \sqrt{I} \quad [14]$$

$S_m \text{ (m}^2\text{)}$  : Surface mouillée.

$R_h \text{ (m)}$  : Rayon hydraulique.

$$\varnothing \text{ (m)} = 2 \times \left( \frac{2^{2/3} \times Q}{\pi \times K_S \times \sqrt{I}} \right)^{3/8}$$

Avec :

$K_S \text{ (béton)} = 76$

$K_S \text{ (PVC)} = 112$

I : la pente 3%

**Remarques** : comme mesure de précaution on doit augmenter les diamètres des buses pour :

- L'indisponibilité des diamètres dans le marché.
- Permettre l'entretien.
- le diamètre minimal à prendre est **800 mm**.

### VIII.3.7 Vérification des conditions d'auto-curage

Chaque buse doit répondre aux conditions suivantes :

$$V > 0.6 \text{ m/s pour } Q = 0.1 Q_{ps} \quad \longrightarrow \quad V = 0.638 V_{ps}$$

$$V > 0.3 \text{ m/s pour } Q = 0.01 Q_{ps} \quad \longrightarrow \quad V = 0.315 V_{ps}$$

### VIII.4 DRAINAGE TRANSVERSAL

Il existe neuf bassins versants réparties sur deux zones :

- Une zone périurbaine où se trouvent des petits Oueds et des ruissellements.

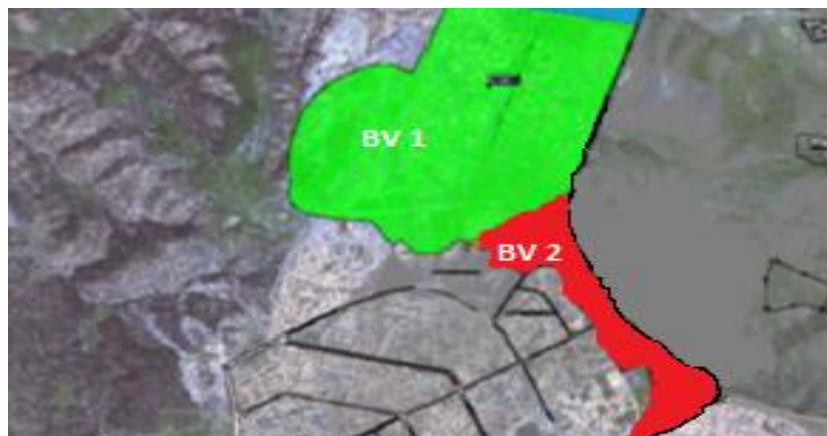


Figure VIII. 1 Bassins versants périurbains. [2]

- Une zone urbaine qui n'est pas traversée par des cours d'eau naturelle, mais il existe un réseau d'assainissement qui collecte les eaux pluviales et les eaux usées, donc on fait juste le raccordement de drainage de la plateforme avec les réseaux existants.

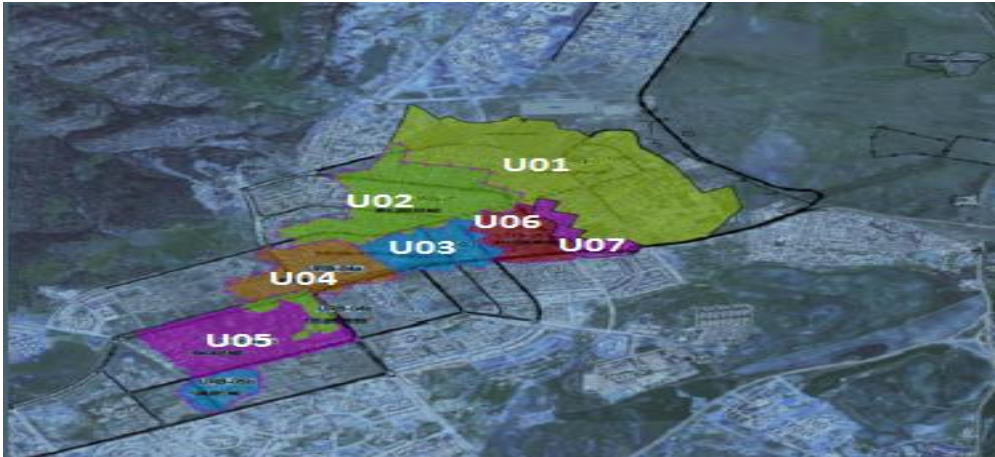


Figure VIII. 2 Bassins versants urbains. [2]

### VIII.4.1 Calcule des débits (ANNEXE)

### VIII.4.2 Calcule des diamètres nominaux (ANNEXE)

### VIII.4.3 Vérification des conditions d'auto-curage (ANNEXE)

## VIII.5 DRAINAGE DE LA PLATEFORME

- Pour le drainage de la plateforme, on a envisagé des grilles transversales avec un espacement de 25-30 mètres en fonction de la disposition d'autres éléments tels que des poteaux de la caténaire. Ces grilles déchargent l'eau dans les fossés de crête de talus ou dans des tuyaux de drainage longitudinal.



Figure VIII. 3 Aco drain. [2]



Figure VIII. 4 Caniveaux transversaux. [2]

- Une seule surface à drainer :  $S$  (de bordure gauche à la bordure droite).

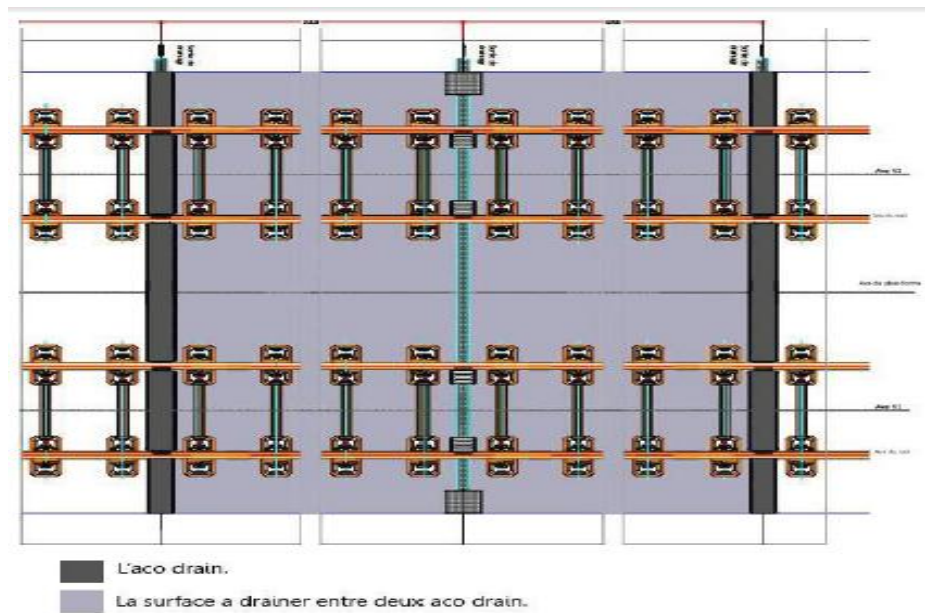


Figure VIII. 5 Surface transversale à drainer. [4]

- L'eau tombée dans les gorges des rails fait partie de la surface à drainer.



Figure VIII. 6 Ouverture dans le fond de la gorge du rail. [2]

- Les tubulures utilisées seront de type PVC assainissement pluvial.

On calcule le **débit d'eau maximale** à évacuer à l'aide de la méthode rationnelle :

Tableau VIII. 3. Calcul de débit maximal  $Q_{max}$ .

Configuration de plateforme	Valeurs
Largeur (m)	6.80
Longueur (m)	30
Surface (km <sup>2</sup> )	$2.04 \times 10^{-4}$
Tc (heurs)	$1.8 \times 10^{-2}$
It (mm/h)	424.5
Cr pour (plateforme de tramway)	0.9
Q max (m <sup>3</sup> /s)	0.022

**Pour la précipitation journalière on prend une période de retour de 100 ans compte tenu de l'importance du projet.**

On dimensionne le **diamètre** du tube PVC enterré selon « **Manning-Strickler** » :

$$\varnothing = 2 \times \left( \frac{2^{2/3} \times Q}{\pi \times K_s \times \sqrt{I}} \right)^{3/8}$$

Avec

$K_{s(PVC)} = 112$

**I** : Pente de conduite (m/m) (1%)

Donc :  $\varnothing = 0.149$  m d'où diamètre nominale **DN= 200 mm.**

Le tuyau PVC doit répondre aux **conditions d'auto-curage** :

$V > 0.6$  m/s pour  $Q = 0.1 Q_{ps}$ .

$V > 0.3$  m/s pour  $Q = 0.01 Q_{ps}$ .

$$Q_{ps} = K_s \times S_{(DN)} \times R^{2/3} \times I^{1/2} = 0.048 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Q** : Débit dans la conduite (m<sup>3</sup>/s)

**S** : Section mouillée (m<sup>2</sup>)

**R** : Rayon hydraulique (m)

$$V_{ps} = Q_{ps} / S_m = 1.53 \text{ m/s}$$

- Pour  $Q = 0.1 Q_{ps}$  ;  $V = 0.638$   $V_{ps} = 0.98 \text{ m/s} > 0.6 \text{ m/s}$ . Vérifié

- pour  $Q = 0.01 Q_{ps}$  ;  $V = 0.315$   $V_{ps} = 0.48 \text{ m/s} > 0.3 \text{ m/s}$ . Vérifié

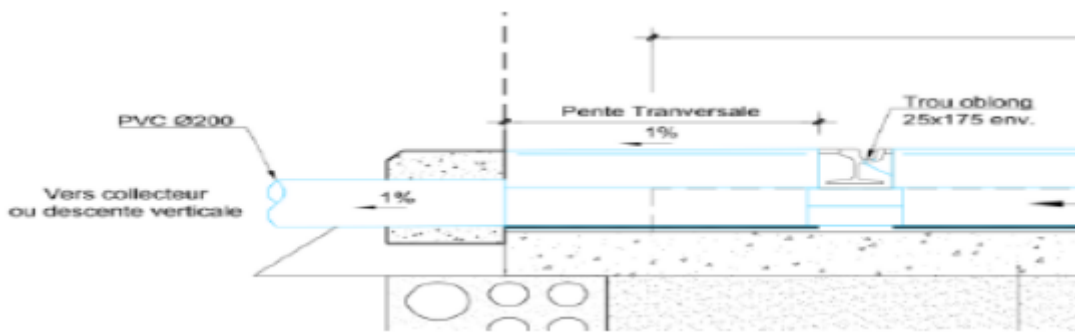


Figure VIII. 7 L'emplacement du tube PVC. [2]

### VIII.6 DRAINAGE LONGITUDINALE

Pour le drainage longitudinal on réalise des fossés revêtus au niveau de la partie périurbain pour les déblais et pour la partie urbaine il existe déjà un réseau d'assainissement qui collecte les eaux pluviales et les eaux usées.

Les fossés revêtus exécutés, auront une forme trapézoïdale. Ils seront exécutés en béton avec une épaisseur minimum de 15 cm. Les fossés trapézoïdaux seront exécutés à l'aide de coffrages répétitifs avec les dimensions suivants :

- La base inférieure : 0.5 m
- Louverture supérieure : 1.2 m
- La hauteur : 0.35m

# **STRUCTURE ET LES ELEMENTS DE LA COMPOSITION DES VOIES**

### IX.1 INTRODUCTION

La réalisation de l'Extension de la Première Ligne de Tramway de Constantine « Zouaghi-Nouvelle Ville d'Ali Mendjeli » présente la description technique de l'ouvrage voie ferrée ainsi que les spécifications techniques particulières applicables à la construction de la voie.

### IX.2 PERIMETRE DE LA VOIE

L'ouvrage Voie Ferrée traite les techniques relatives :

- A la voie ferrée proprement dite.
- Aux appareils de voie et systèmes de manœuvre.
- A l'assainissement de la plateforme Tramway.

### IX.3 TECHNIQUES RELATIVES A LA VOIE FERREE

La pose de voie est composée de :

- Dalle de fondation (béton C25/30).
- Traverses béton bi-bloc noyées dans une dalle de calage (béton C30/37).
- Rails appuyés sur traverses au moyen d'une plaque de caoutchouc d'une épaisseur variable et uni avec la traverse grâce au système d'attache NABLA.
- Le rail est revêtu et habillé de chambre d'éclissage et les attaches sont protégées par capot plastique.

#### IX.3.1 Entraxe de voie

La largeur de voie internationale fixée par la Conférence de Berne de 1887 est de 1.435 mm, chiffre entendu comme minimale en alignement droit. Cette dimension c'est un des paramètres les plus importants à fixer dans la conception d'une nouvelle infrastructure ferroviaire puisqu'elle influe dans le tracé.

#### IX.3.2 Pose de voie selon le niveau d'atténuation des vibrations

Les voies sont équipées de systèmes anti-vibratiles lorsqu'elles répondent à la modélisation suivante qui dépend de la distance (d) qu'il y a entre les rails extérieurs des voies et le bord du bâti (existants ou à venir connus à la date de l'étude) :

- **Pose de voie Niveau 0 (Atténuation < 10 dB) :** si  $d \geq 12m$ , Pose de voie classique avec une semelle de caoutchouc cannelée de 9 mm d'épaisseur entre le rail et la traverse.

- **Pose de voie Niveau 1** : si  $7m \leq d < 12m$ , la voie est équipée d'un système anti-vibratile d'atténuation de 10dB. Cette atténuation est obtenue par la disposition d'une semelle anti-vibratile de 12 mm d'épaisseur.
- **Pose de voie Niveau 2 (Atténuation > 20 dB)** : si  $d < 7m$  dans ce cas la semelle caoutchouc cannelée de 9 mm d'épaisseur est maintenue, par contre la pose de voie classique est considérée sur une dalle flottante (c'est une large plaque de béton qui repose sur une couche d'isolation sonore ou une couche antivibratoire).

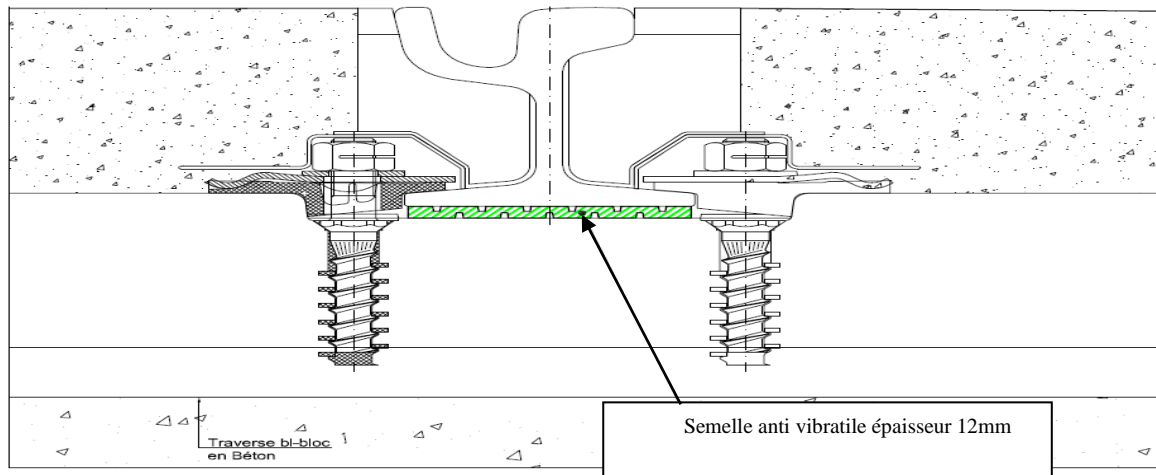


Figure IX. 1 Pose de voie niveau 1. [2]

## IX.4 POSE DE VOIE DANS LES POINTS PARTICULIERS

### IX.4.1 Pose de voie sur viaduc

Dans les viaducs, la dalle de fondation n'est pas nécessaire et, par conséquent, la dalle de calage est directement posée sur le tablier.

### IX.4.2 Pose de voie en trémies

Dans les trémies ferroviaires, la pose de voie reste classique. Les multitubulaires sont renversées afin de diminuer l'épaisseur de la pose de voie, conformément à la coupe suivante.

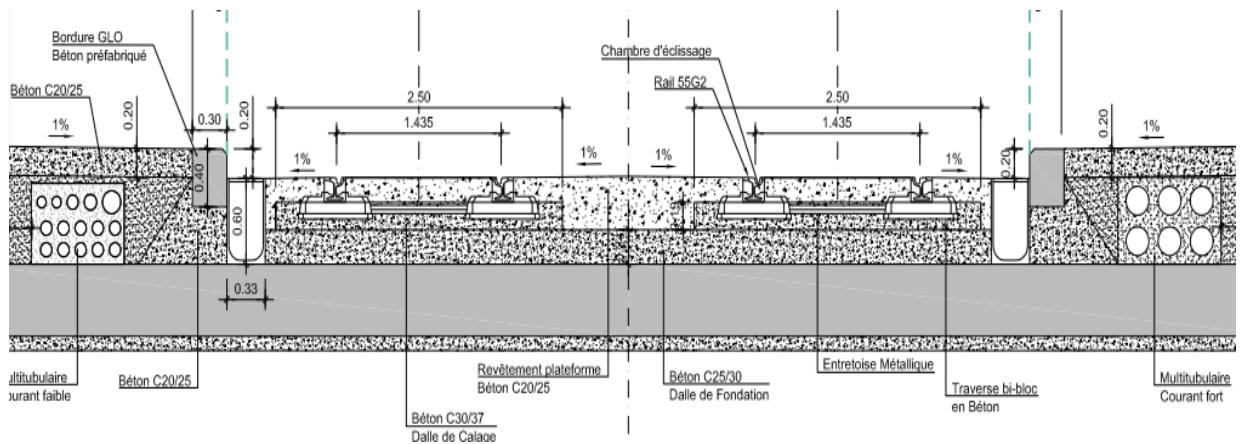


Figure IX. 2 Pose de voie en trémie avec multitubulaires renversées. [2]

### IX.4.3 Pose de voie dans les croisements tramway voirie

La pose de voie dans les points de croisement du tramway avec une voirie est différente de la pose de voie classique.

D'un côté, le revêtement de la plateforme n'est pas complètement en béton désactivé. Celui-ci est recouvert de 5 cm de mortier de base époxy et d'un pavé en granit de 8 cm d'épaisseur, conformément aux plans de pose de voie.

D'autre côté, un système de renfort des revêtements est prévu afin de protéger le rail et les chambres d'éclissages.

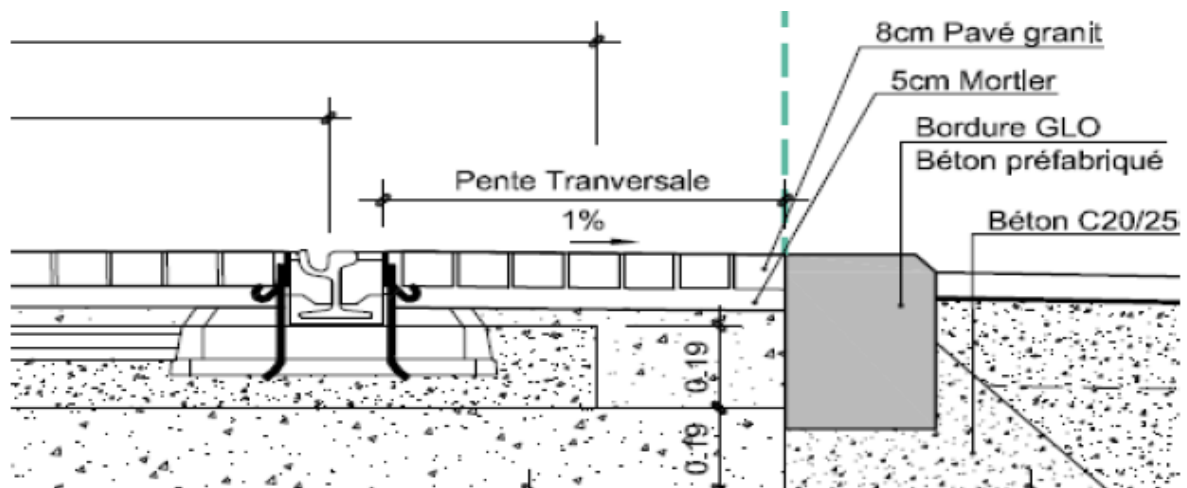


Figure IX. 3 poses de voie dans les croisements tramway-voirie. [2]

## IX.5 TECHNIQUES RELATIVES AUX APPAREILS DE VOIE ET SYSTEMES DE MANŒUVRE

### IX.5.1 Types des rails

Le type de rail est défini de manière à assurer la meilleure interaction possible avec le profil de roue du tramway CITADIS 402 d'Alstom.

Il existe deux types de rails pouvant servir pour les voies de tramways :

- **Le rail de type Vignole :** Le rail de type Vignole devrait être utilisé uniquement dans les zones de plateforme réservée où ne transitent aucun piétons ni véhicules, et où il n'est donc pas nécessaire de revêtir la plateforme. Le type de rail Vignole UIC 54 est le plus utilisé.
- **Le rail à gorge ou de type Phoenix :** Le rail de type Vignole devrait être utilisé uniquement dans les zones de plateforme réservée où ne transitent aucun piétons ni véhicules, et où il n'est donc pas nécessaire de revêtir la plateforme. Le type de rail Vignole UIC 54 est le plus utilisé.

Pour l'extension de la Ligne 1 vers Ali Mendjeli on envisage, tout au long du tracé le rail à gorge 55G2, qui est la dénomination selon la norme européenne EN 14811-2010.



Figure IX. 4 Le Rail à gorge 55G2. [1]

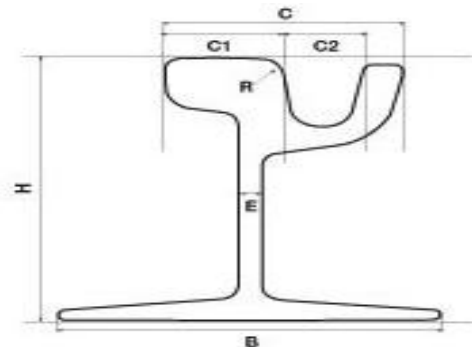


Figure IX. 5 Le Rail à gorge 55G2. [2]

Le tableau suivant représente les dimensions du rail à gorge 55G2 :

Tableau IX. 1 Dimensions du Rail à gorge 55G2. [2]

Rail	Dimensions (mm)							Aire	Poids
	H	B	C	C1	C2	E	R	Cm <sup>2</sup>	Kg/m
55G2	152,50	141,50	116,82	56,23	40,94	13,00	10,00	70,49	55,33

**Détails de rail à gorge 55G2. (ANNEXE 5)**

**IX.5.2 Soudure**

Le rail est entièrement soudé selon la méthode de soudure aluminothermique, les soudures ne doivent pas présenter :

- Défauts de fusion entre le métal d'apport et le rail.
- Pores, fissures, inclusions de sable, scorie ou retassure.

Selon la norme NF F 50-107 et la norme NF EN 14730, il est recommandé d'effectuer les soudures à une température supérieure à (- 5°C).

Les températures en dessous de cette valeur conduisent à obtenir des propriétés de gaz (débit/pressions) incompatibles avec la qualité attendue de la soudure.

En cas de soudage par temps pluvieux, les produits, ainsi que le champ opératoire (creuset, moules, bac à corindon, ...) doivent être protégés efficacement de la pluie.

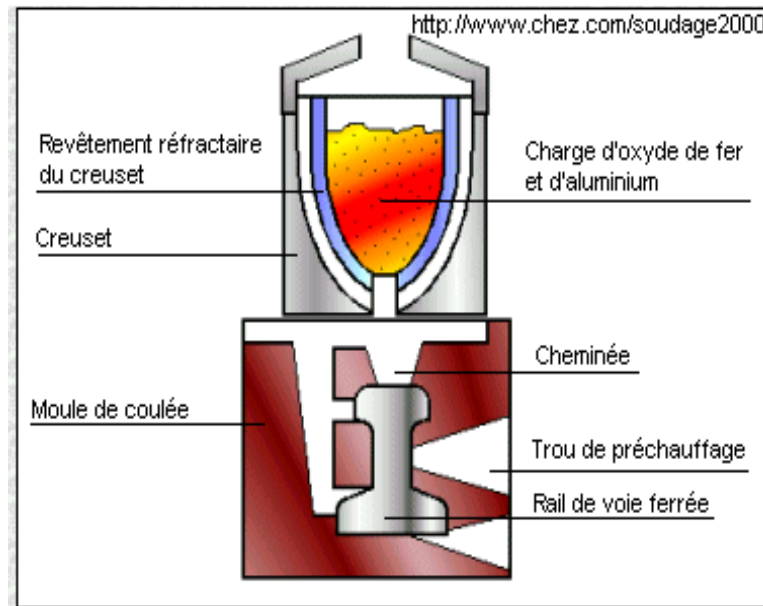


Figure IX. 6 Principes de la soudure aluminothermique. [2]



Figure IX. 7 Soudure des rails par coulage du métal en fusion dans le moule. [2]

### IX.5.3 Système d'attache

Une attache est un appareil constitué d'un crapaud qui est maintenu par un écrou accroché dans la traverse. Elle sert à fixer le rail sur cette traverse pour empêcher tout déplacement. Cette attache se compose de deux pièces principales :

- Une butée isolante en nylon prenant appui sur le patin du rail et sur l'épaulement de la traverse.
- Une lame élastique qui par sa forme, maintient en pression la butée isolante plaquée sur le patin du rail. Une double sécurité de non desserrage de l'assemblage est assurée par un écrou fendu auto-freiné.

Les systèmes d'attaches doivent être conformes à la norme EN 13481.



Figure IX.8 Attache type nabla.

## Détails de système d'attache nabla (ANNEXE 5)

### IX.5.4 Les traverses

La traverse tout au long du tracé sera de type bi-bloc, constituée de deux blochets en béton armé dont l'épaisseur est optimisée, reliés par un élément métallique garantissant l'écartement des rails et qui absorbe les efforts en milieu de traverse. Les tables d'appui du rail sont horizontales. Cette traverse est encastree directement dans le béton de la dalle de calage.

Les traverses assurent la transmission de la charge à la plateforme.

La figure suivante représente le détail de la traverse béton bi-bloc pour un rail à gorge 5502 :

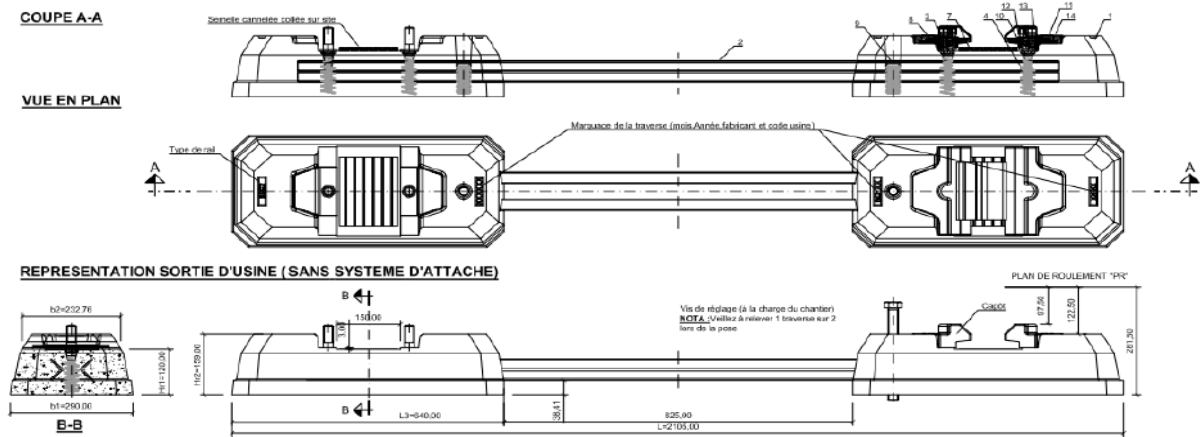


Figure IX. 9 Traverse bi-bloc en béton pour rail à gorge. [2]

Le travelage (distance entre 2 traverses) retenu pour des courbes supérieures ou égales à 80 mètres est de 0,75 mètres et de 0,60 mètres pour les courbes de rayon inférieur.

### IX.5.5 Protection du rail

La protection du rail dans la voie du tramway se fait par des chambres d'éclissage.

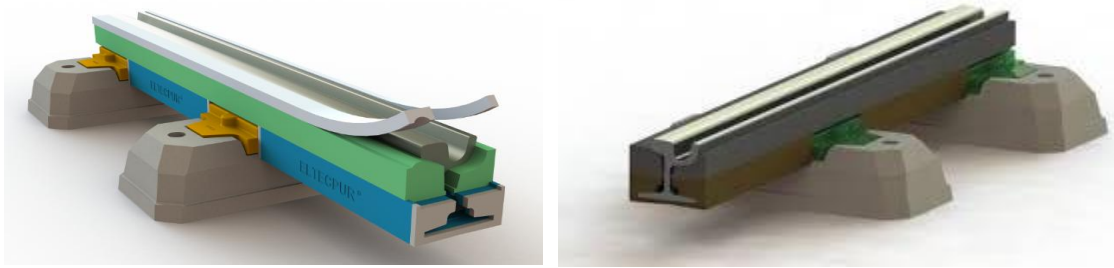


Figure IX.10 Chambre d'éclissage. [1]

Le remplissage est réalisé en caoutchouc recyclé ou en mousse de polyéthylène. Le produit aura une partie supérieure détachable après réalisation des revêtements pour la mise en œuvre du joint polyuréthane. Le rôle des chambres d'éclissage est :

- Isoler le rail à gorge du revêtement dans lequel il va être noyé.
- Isoler le rail pour éliminer les propagations des courants vagabonds dans l'environnement.
- Amortir les vibrations du rail.

### IX.5.6 Appareils de voie

Les appareils de voie sont des dispositifs typiquement ferroviaires qui assurent toute la souplesse d'exploitation, et qui permettent d'assurer le support et le guidage du matériel roulant ferroviaire sur un itinéraire donné.

La géométrie du tracé des appareils de voie respecte la terminologie suivante:

- Type des rails utilisés.
- Angle de déviation par la tangente.
- Rayon de la voie déviée s'accordant avant le cœur, ce qui donne un cœur rectiligne ou après le cœur, ce qui donne un cœur curviligne.
- Branchement simple à deux voies, déviation droite ou gauche.
- La traversée qui permet l'intersection de deux itinéraires.



Figure IX.11 Aiguillage et cœur. [2]

Les appareils de voie prévus au niveau de ce projet sont les suivants :

Tableau IX. 2 Appareils de voie utilisée. [2]

P.K.	Appareils utilisée
1+313	1 communication simple, tg 1/6, R=50 m, à gauche
1+365	1 communication simple, tg 1/6, R=50 m, à gauche
4+356	1 communication simple, tg 1/6, R=50 m, à gauche
6+760	1 communication simple, tg 1/6, R=50 m, à gauche
6+795	1 communication simple, tg 1/6, R=50 m, à gauche
6+898	1 branchement simple, tg 1/6, R=50 m, à droite

Les figures suivantes représentent les caractéristiques des appareils de voie utilisée :

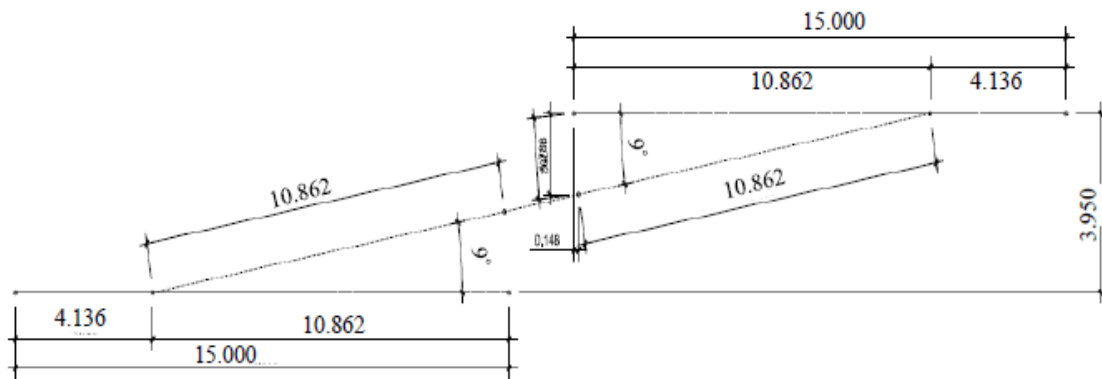


Figure IX. 12 Communication simple tg 1/6 R=50 m. [2]

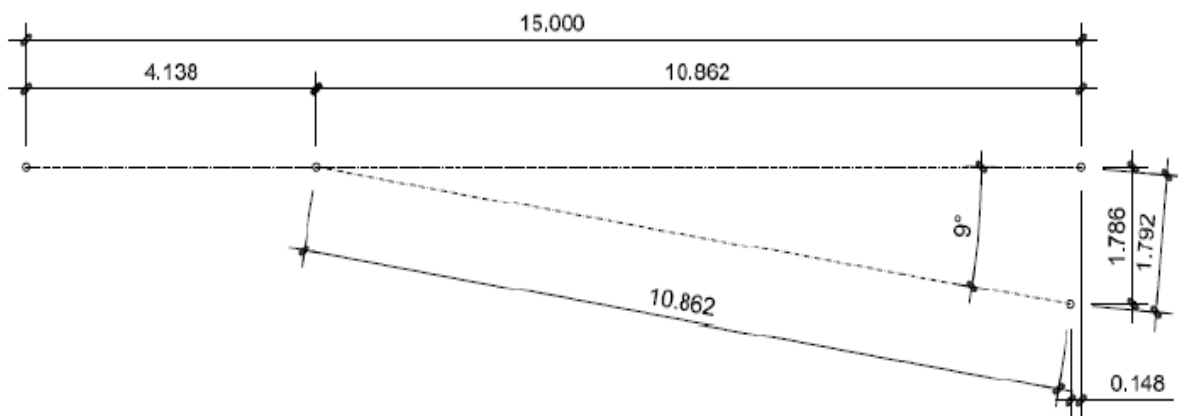


Figure IX. 13 Branchement simple tg 1/6 R=50 m. [2]

### IX.5.7 Béton

Les types de béton considérés pour la pose de voie choisie sont les suivants :

- Béton de la dalle de fondation : de classe C25/30.
- Béton de la dalle de calage : de classe C30/37.
- Béton pour revêtement : béton désactivé de classe C20/25.

### IX.5.8 Taquet d'arrêt

Le taquet d'arrêt est un dispositif fixé sur le rail, il est prévu pour provoquer le déraillement sur un côté de la voie ou bien pour arrêter un mouvement d'une rame à faible vitesse.

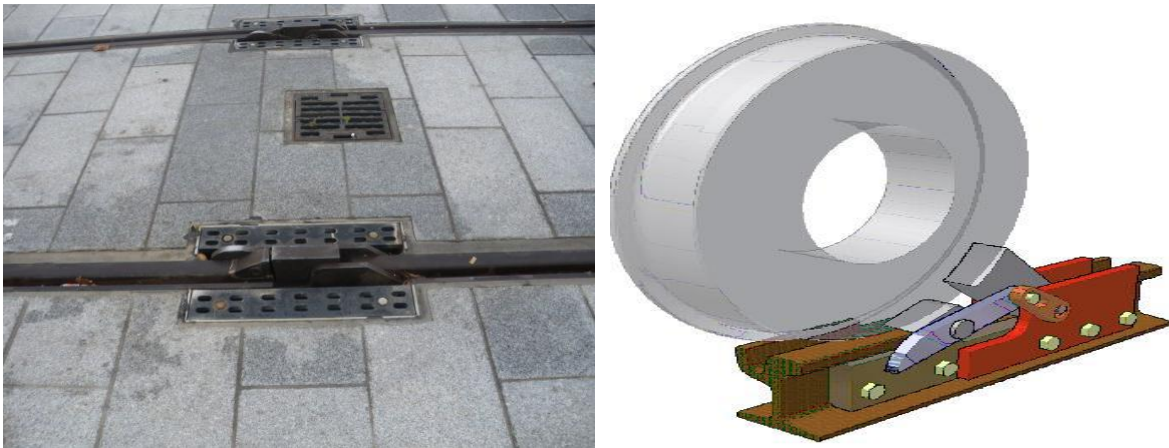


Figure IX. 14 Taquet d'arrêt. [1]

### IX.5.9 Appareil de dilatation

Les mouvements différentiels des ouvrages d'art, rotation autour de l'appui et dilatation du tablier ainsi que dilatation du rail, sont absorbés par des appareils de dilatation de voie.

L'appareil de dilatation est constitué de deux rails coulissants à l'intérieur d'un caisson en mécano soudé le long d'un rail de transfert pour assurer la continuité de roulement.

Les appareils de dilatation sont de conception du fabricant. Ils doivent permettre un entretien facile sans être obligé d'intervenir sur les revêtements de plateforme et le joint de rail.

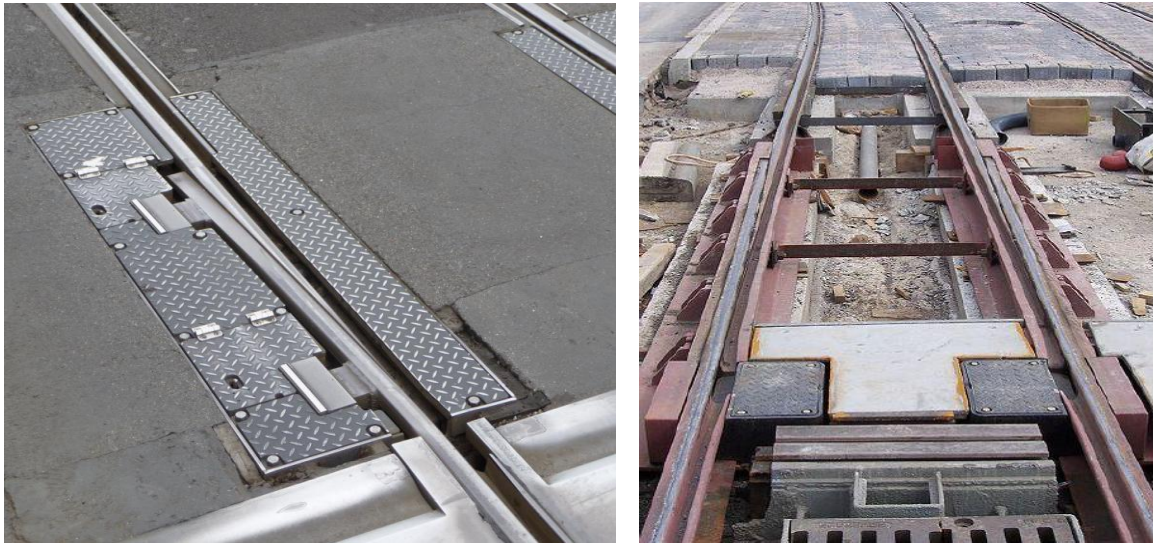


Figure IX. 15 Appareil de dilatation. [2]

### IX.5.10 Joints

Il existe deux types des joints :

- **Joints de plateforme**

Ces joints sont réalisés sur toute la hauteur du béton de pose de voie. Ils sont situés dans la voie courante dans le sens transversal tous les 30 mètres linéaires au maximum.

- **Joints de rail**

Le joint longitudinal de rail est mis en place de part d'autre des rails de toutes les voies hormis les voies ayant un revêtement végétal.

Ce type de joint est à mettre en œuvre entre le rail et le revêtement. Il devra absorber les déformations différentielles au passage du matériel roulant ou des véhicules pouvant circuler sur la plateforme.

## IX.6 TECHNIQUES RELATIVES A L'ASSAINISSEMENT DE LA PLATEFORME TRAMWAY

### IX.6.1 Drainage de la plateforme avec revêtement

L'évacuation des eaux de surface de la plateforme revêtue, dans le cas d'un revêtement imperméable comme le béton désactivé, se fait par l'intermédiaire :

- Du nivellement transversal de la plateforme, en fonction du profil en long de la voie.
- Des dispositifs de drainage, à savoir des caniveaux transversaux au niveau de la surface du revêtement.

L'évacuation des eaux de ruissellement recueillies dans la gorge des rails se fait au moyen d'une ouverture réalisée dans le fond de la gorge du rail. Ces eaux se déversent, par cette ouverture, dans les caniveaux transversaux de drainage.

Cette ouverture est réalisée tous les 25-30 mètres environ et se situe impérativement à partir des points bas du profil en long de la voie ferrée.



Figure IX. 16 Caniveaux transversaux. [2]

### IX.6.2 Drainage au niveau des appareils de voie

Le drainage des appareils de voie se fait par la mise en place d'un regard de drainage près du moteur afin de recueillir l'eau de cette zone. Celle-ci est évacuée par des tubes en PVC qui sont reliés aux caniveaux transversaux les plus proches, conformément aux plans.

### IX.6.3 Drainage au niveau des trémies et rampes

Les trémies tramways et les rampes disposent des mêmes caniveaux transversaux envisagés tout au long du tracé afin de récupérer l'eau de la plateforme et des rails. En plus, la plateforme a une pente transversale de 1% vers les côtés pouvant recueillir les eaux dans des caniveaux longitudinaux de drainage situés dans les parties latérales, lesquels recueilleront en plus les eaux d'infiltration, conformément à la coupe suivante.

Étant donné que la trémie routière a un bas point à l'intérieur de ce ci, l'apport de la plateforme doit être épuisé au moyen d'un pompage. Mais les deux autres trémies tramway sont situés à une pente longitudinale de 3.5%, donc on n'est pas besoin de faire un système de pompage pour ces deux dernières.

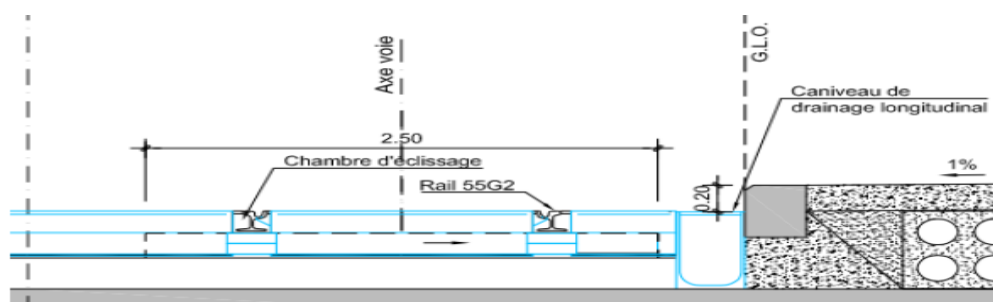


Figure IX. 17 Détail du drainage de la trémie Tramway. [2]

### IX.7 STRUCTURE DES RESEAUX D'ALIMENTATION

L'alimentation en énergie de traction électrique est un élément indispensable de tout le système ferroviaire. Et pour l'alimentation des tramways on a un système de ligne aérienne de contact (LAC).

#### IX.7.1 Description du système ligne aérienne de contact (LAC)

Une ligne aérienne de contact est une ligne électrique destinée à alimenter des véhicules en énergie électrique par l'intermédiaire d'organes de prise de courant et constituée par des conducteurs placés au-dessus de la limite supérieure du gabarit des véhicules.

Le choix des sections des câbles est notamment dépendant des contraintes techniques imposées par les caractéristiques électriques spécifiques du matériel roulant utilisé, la maille d'exploitation de la ligne et le dimensionnement du réseau de distribution de l'énergie de Traction. Toutes les sections seront déterminées à partir des résultats des simulations de dimensionnement traction.

La décomposition fonctionnelle est liée aux modes de réalisation de la LAC. Elle peut être décomposée en 5 domaines principaux suivants :

- Les modes de supportages des lignes.
- La typologie d'implantation.
- L'armement des lignes.
- Les équipements LAC.
- Le découpage et l'alimentation électrique de la LAC.

L'insertion des lignes consiste à déterminer les différents modes de supportage des lignes aériennes de contact conduisant à un type d'insertion spécifique pour un site considéré.

Les différents types d'insertion « de base » sont les suivants :

- supports avec suspension sous consoles, constituant le Type 1.
- supports équipés de transversaux ou de portiques souples, constituant le Type 2.
- fixations sous ouvrages, constituant le Type 3.

Ces 3 types d'insertions « de base », mis en œuvre dans le cadre de l'électrification de l'extension de la première ligne de Constantine « Zouaghi – Ali Mendjeli ».

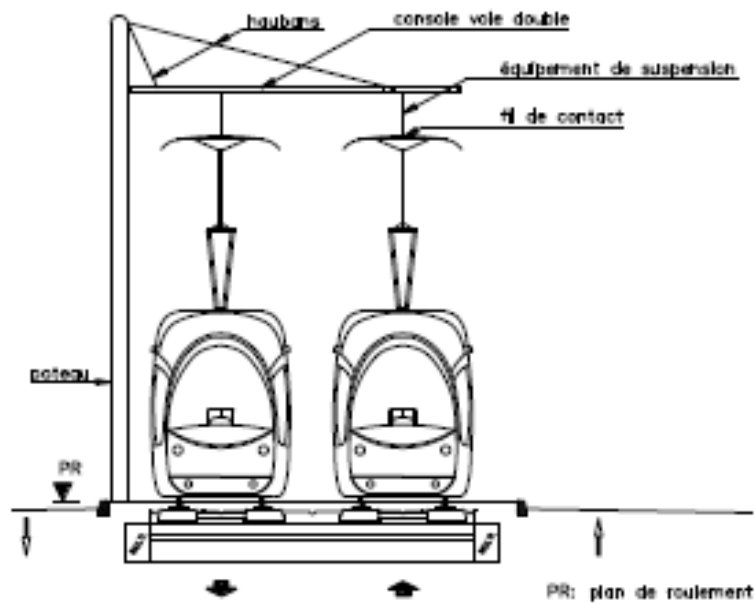


Figure IX. 18 Suspension sous consoles. [2]

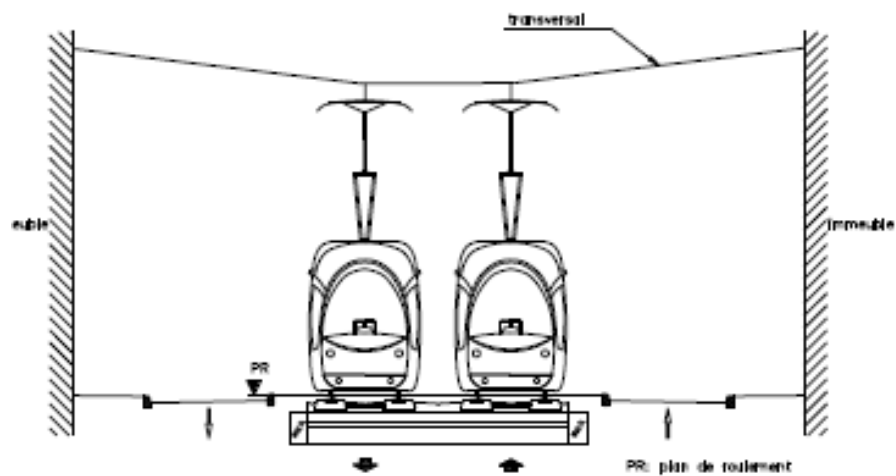


Figure IX. 19 Hauban transversal. [2]

- **Conditions d'opération**

Le système LAC sera conçu pour les conditions d'opération suivantes :

- Tension sortie de centrale électrique : 60 KV
- Tension sortie de poste de la haute tension : 30KV
- Tension nominale : 750 Vcc

- **Fils de contact**

Les lignes aériennes de contact seront composées d'un seul fil de contact par voie.

# **LA TREMIE ROUTIERE**

### X.1 INTRODUCTION

L'intégration trace du Tramway dans la zone urbaine implique l'émergence de plusieurs trémies urbaines dans les voies affectées par le passage du Tramway, et aussi dans le tramway lui-même.

L'entrée à Ali Mendjeli du tramway se fait par le point principal d'entrée et sortie routières. Ce point est maintenant la porte d'entrée et de sortie de la ville (au niveau du PK 3+250), il deviendra un centre urbain qui comprendra un Parc Relais, un parc paysager et l'entrée du tramway, avec une station à cet endroit. Par conséquent, il y aura un nœud routier à deux niveaux : un rondpoint au niveau de la rue donnant accès au Parc Relais, au parc paysager, à la station de Tramway et aux bâtiments adjacents.

Donc cette intersection est l'un des carrefours les plus transités de la ville. Donc, la présence du tramway comporte un obstacle pour la mobilité de la zone.

C'est pour cette raison-là qu'une trémie avec deux branches orthogonales qui se joignent à l'entrée est implantée pour bien permettre la circulation des flux les plus importants du transit du carrefour.

### X.2 DESCRIPTION DE LA STRUCTURE

La trémie routière de l'entrée d'Ali Mendjeli présente une entrée en deux voies au Nord qui bifurque en deux branches pour le passage des véhicules routier (trémie d'entrée correspondant à l'axe 54 et la trémie de sortie correspondant à l'axe 64) et une voie de tramway sur une portion de la dalle supérieure.

La trémie est un ouvrage enterré constitué par plusieurs batteries de pieu en encorbellement couronnées par des poutres dans la partie à ciel ouvert d'une part, d'autre part par une dalle supérieure dans la partie enterrée.

Au niveau de l'entrée et la sortie de la trémie, des murs de soutènement doivent se projeter pour bien adapter la trace des voies et des déviations existantes à l'urbanisation prévue.

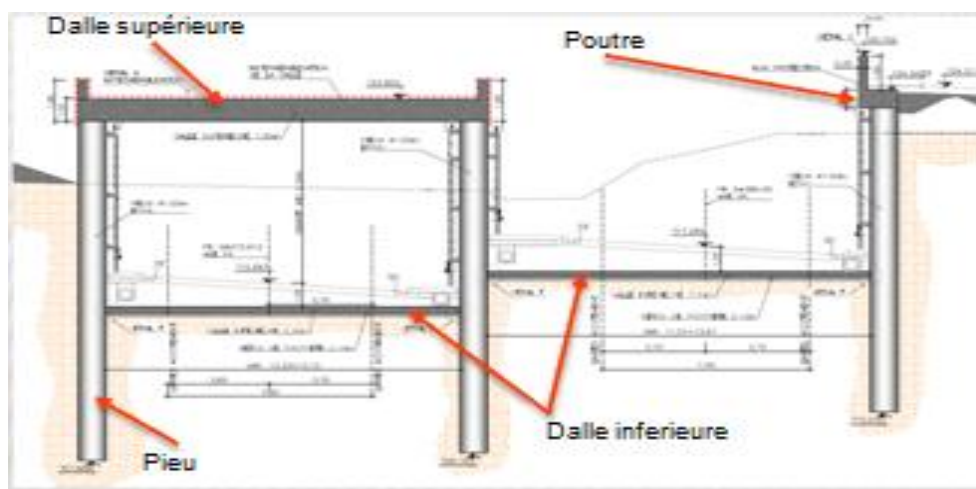


Figure X. 1 Structure de la trémie. [2]

**X.2.1 Les caractéristiques géométriques de la trémie d'entrée à la nouvelle ville (correspondante à l'axe 54)**

- Longueur partie couverte : 167.37m
- Longueur partie ouverte à l'entrée : 22.80m
- Longueur partie ouverte à la sortie : 109.10m
- Largueur intérieure : 11.80m
- Hauteur intérieure minimale : 6.50m

**X.2.2 Les caractéristiques géométriques de la trémie de sortie (correspondante à l'axe 64)**

- Longueur partie couverte : 112.70m
- Longueur partie ouverte à l'entrée : 45.00m
- Longueur partie ouverte à la sortie : 46.80m
- Largueur intérieure : 11.96m
- Hauteur intérieure minimale : 6.50m

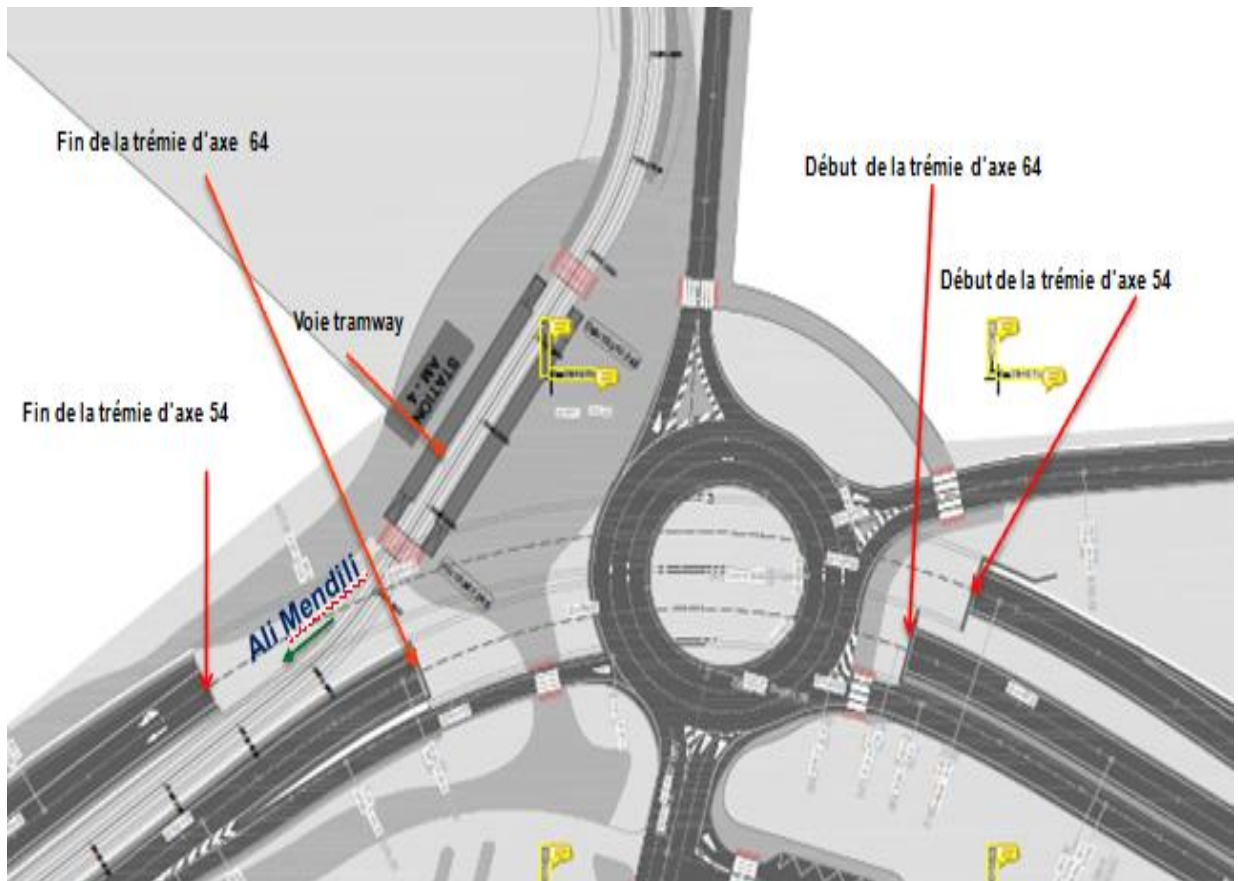


Figure X. 2 La trémie correspondante à l'axe 54 et la trémie correspondante à l'axe 64 (PK 3+250). [2]

### X.3 CONCEPTION INITIALE DE L'OUVRAGE

D'après le DTR (document technique règlementaire) on propose la conception initiale pour la trémie routière :

Commençant par le mur d'écran, on propose un écran de pieux d'un mètre de diamètre, séparés chacun de 15 cm au niveau des faces externes.

Cette séparation de 15 cm est une valeur habituelle pour ce type d'écran quand le niveau phréatique ne risque pas d'inonder l'excavation et on le considère donc validé pour le type de terrain décrit dans l'étude géotechnique.

Une séparation plus grande pourrait entraîner des problèmes d'affaissement, en raison de la présence d'alluvions et de marne (Tableau VI.1). L'avant de l'écran sera couvert par du mortier projeté pour remplir les espaces entre les piles.

On installe premièrement un remblayage avant l'installation de l'écran, lorsque la cote finale du projet est au-dessus de la cote du terrain naturel, de manière à ce que les pieux puissent atteindre la cote finale sans avoir à les surélever au moyen de murs. Suite à l'installation des pieux, on réalisera l'excavation nécessaire à l'exécution de la dalle (lorsque cela est nécessaire) dans un premier temps, pour poursuivre ensuite l'excavation jusqu'au niveau de la dalle inférieure.

D'autre part, on a proposé pour la séparation des voies d'effectuer uniquement un écran intérieur qui sépare chacune des voies, qui soutiendra la dalle supérieure. En plus de présenter une structure plus optimale, ce nouvel ensemble a l'avantage de réduire les couts car seulement trois écrans seraient construits.

Des typologies différentes seront employées en fonction de la profondeur de l'excavation et des besoins fonctionnels.

M-1 : mur de gravité de moins de 3 mètres de haut de terres.

M-2 : mur de gravité de moins de 4.50 mètres de haut de terres.

M-3 : mur de gravité de moins de 6 mètres de haut de terres.

M-4 : mur de gravité de moins de 6.60 mètres de haut de terres.

EP-1 : écran de pieux, en encorbellement, pour une hauteur moins de 6.50 m.

EP-2 : écran de pieux, avec une dalle supérieure de fermeture, pour une hauteur moins de 8 m.

EP-3 : écran de pieux, avec une dalle supérieure de fermeture, pour une hauteur moins de 9 m.

EP-4 : écran de pieux, avec une dalle supérieure de fermeture, pour une hauteur moins de 10 m.

EP-5 : écran de pieux, avec une dalle supérieure de fermeture, situé sur la division des routes, pour une hauteur moins de 10 m.

Tous les écrans en encorbellement, disposeront d'une poutre de couronnement de hauteur 0,80 m.

<b>LEGENDE MURS TYPES</b>	
M-1	H.terres<3.00m
M-2	H.terres<4.50m
M-3	H.terres<6.00m
M-4	H.terres<6.60m
<b>LEGENDE ECRAN DE PIEUX</b>	
EP-1	H<6.50m
EP-1R	H<6.50m
EP-2	H<8.00m AVEC DALLE
EP-3	H<9.00m AVEC DALLE
EP-4	H<10.00m AVEC DALLE
EP-5	H<10.00m ECRAN CENTRAL

Figure X. 3 Légende explicative des murs types et des écrans de pieux. [2]

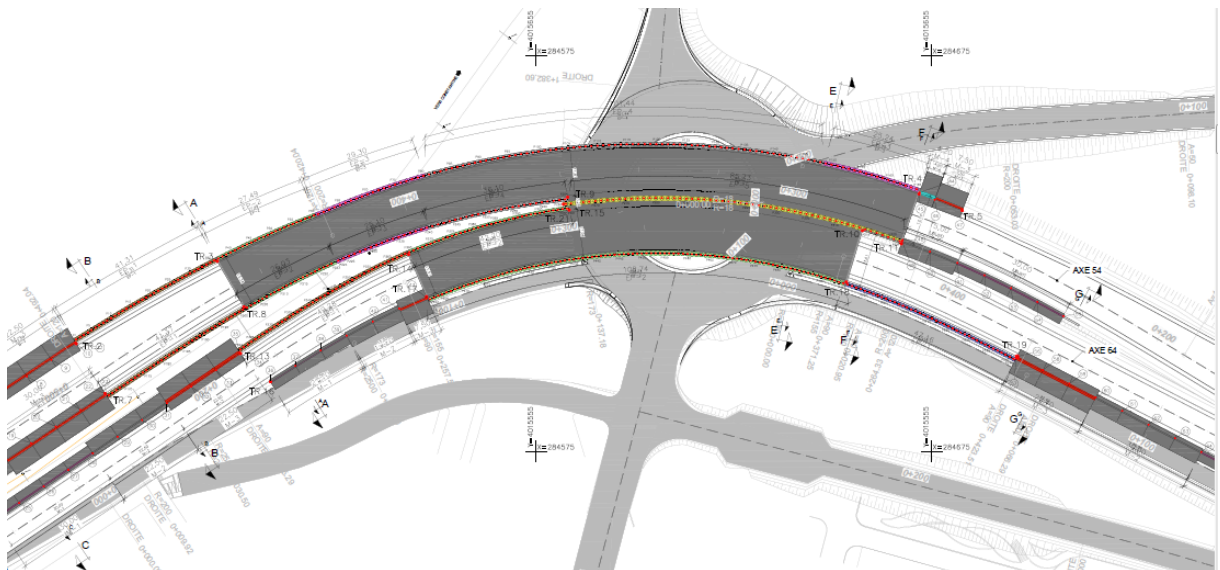


Figure X. 4 Vue générale et implantation des murs types et des écrans de pieux. [2]

#### X.4 DRAINAGE DE LA PLATEFORME A L'INTERIEUR DE LA TREMIE

Pour la trémie routière, et ceci afin de drainer la plateforme, de collecteurs siens latéraux longitudinaux ont été installés ; ces derniers reçoivent l'apport de la plateforme au moyen de bouches d'égout disposées tous les 20 m.

Étant donné que la trémie routière a un bas point à l'intérieur de ce ci, l'apport de la plateforme doit être épuisé au moyen d'un pompage. À cet effet, deux stations de pompage ont été installées. Ces dernières drainent cet apport vers le réseau d'assainissement.



## X.6 METHODE DE CONSTRUCTION

### X.6.1 Exécution des pieux en trémie :

- Excavation de chaque ligne de parois moulées jusqu'au niveau de base de la poutre reliant. L'excavation des parois doit avoir un largeur minimale de 2 m, ces dernières ne doivent pas être remplies tant que la dalle inférieure n'est pas exécutée afin d'éviter des déformations excessives pendant l'excavation.
- Exécution des murette-guides des deux côtés de la ligne de parois.

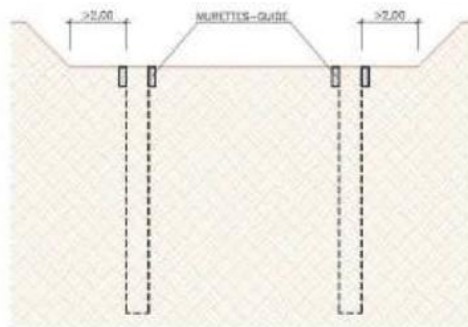


Figure X. 6 Excavation des parois moulées. [2]

- Exécution des parois moulées avec benne (type hydraulique ou à câbles autoguidée), pour excaver des parois de 1m. L'exécution se fait comme suit :
  - a. Excavation avec boue fabriquée avec la bentonite pour garantir la stabilité de la tranchée.
  - b. Mise en place au moyen d'une grue de service des armatures.
  - c. Bétonnage du panneau à partir du fond avec des tubes-plongeurs manœuvrés par la grue de service.

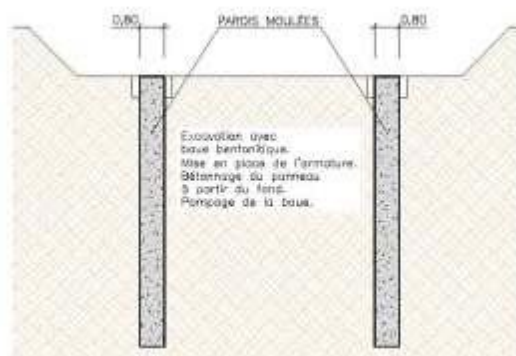


Figure X. 7 Mise en place des armatures et bétonnage des panneaux. [2]

- Démolition des murettes-guide et recépage du couronnement supérieur des parois afin de les araser au niveau projeté.

- Exécution de la dalle supérieure, comme suit :
  - a. Excavation et aplanissement du terrain au niveau inférieur de la dalle supérieure.
  - b. Mise en place du béton de propreté.
  - c. Revêtu sur le béton de propreté avec une feuille en plastique, pour garantir la séparation des deux couches en béton au moment de l'excavation en tunnel.
  - d. Exécution de la dalle en béton armé.
  - e. Exécution de l'imperméabilisation de la dalle supérieure et la couche en béton de protection de 7 cm au-dessus.

Le coulage de la dalle supérieure de la trémie se fera en 4 phases arrêtées comme suit :

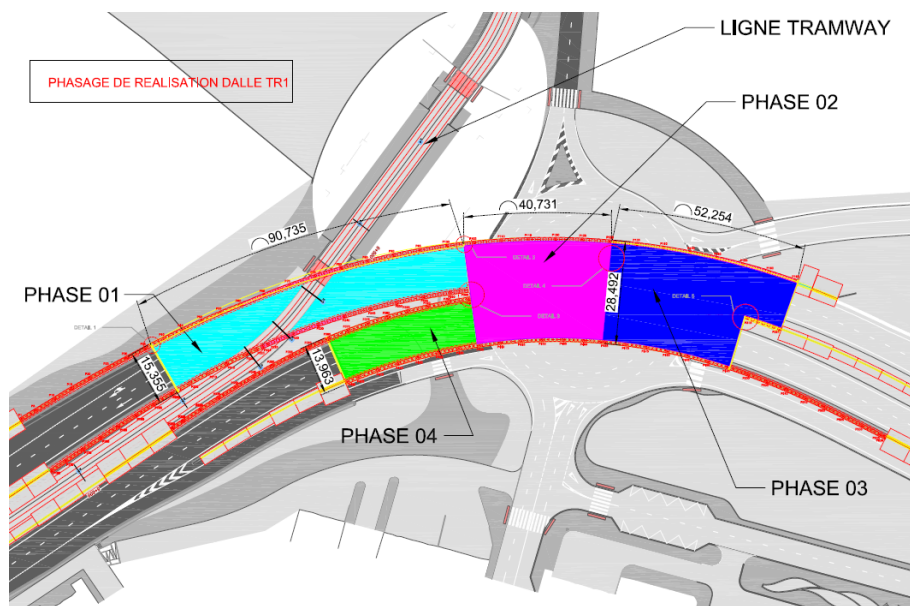


Figure X. 8 Phasage coulage de la dalle supérieure. [2]

- Excavation en tunnel à l'intérieur de la trémie (après le durcissement de la dalle supérieure), jusqu'à niveau de base de la dalle inférieure, avec pompage de l'eau phréatique au cas d'être nécessaire.
- Exécution de la dalle inférieure.
- Exécution du revêtement des pieux avec béton projeté et finitions de la plateforme sur la dalle inférieure.
- Remblai sur la dalle supérieure.

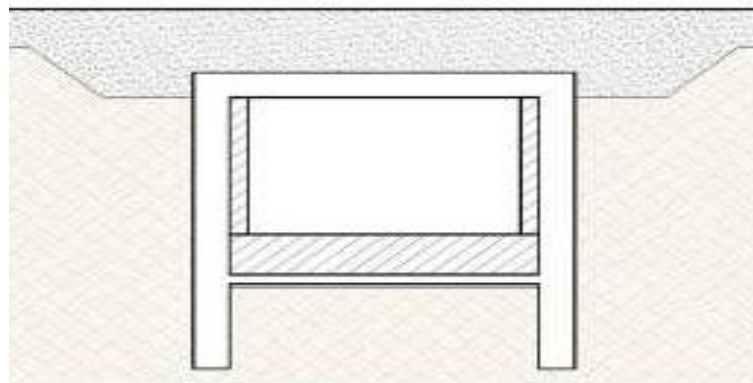


Figure X. 9 Remblai sur la dalle supérieure. [2]

### X.6.2 Exécution des pieux à ciel ouvert :

Pour cette partie on respecte les mêmes étapes précédentes jusqu'au recépage des pieux après on réalise les étapes suivants :

- Exécution de la poutre reliant et des murs de finition au-dessus.

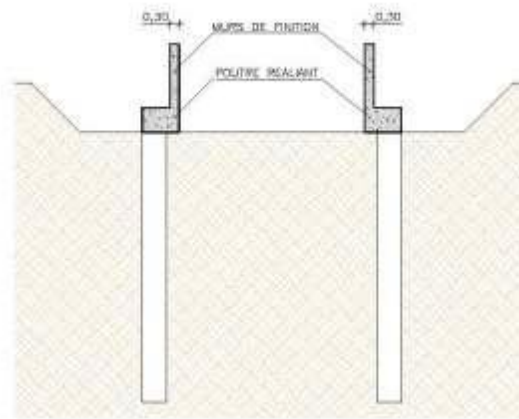


Figure X. 10 Poutre reliant et murs de finition. [2]

- Excavation en ouvert entre les écrans de pieux, jusqu'à niveau de base de la dalle inférieure, avec pompage de l'eau phréatique au cas d'être nécessaire.
- Exécution de la dalle inférieure.
- Exécution des revêtements de la chaussée ou du tracé du tramway intérieur et finitions des parois.

# **SIGNALISATIONS**

### XI.1 GENERALITES

La signalisation ferroviaire gère en sécurité la circulation du tramway dans les zones de manœuvre. Pour réaliser cette fonction, des signaux ferroviaires autorisant ou interdisant l'avancée du tramway sont situés le long de la voie dans les zones de manœuvre.

Les objectifs principaux du système de signalisation de trafic est de :

- Donner la priorité maximale au passage du tramway.
- Assurer la sécurité des usagers au niveau des franchissements routiers, piétons et tramway.
- D'optimiser la capacité de régulation des carrefours.
- De réguler le trafic pour éviter les congestions.

### XI.2 SIGNALISATION DE TRAFIC

#### XI.2.1 Signalisation horizontale

Les différentes catégories de marques au sol sont les suivantes :

- Les lignes longitudinales.
- Les flèches.
- Les lignes transversales.
- Les autres marques (piétons, stationnement, transport collectif, etc.)
- Indications complémentaires dans des cas exceptionnels.

La couleur utilisée sera toujours le blanc. Elle prendra cependant la couleur jaune pour interdire l'arrêt ou le stationnement, pour indiquer les arrêts d'autobus et pour le marquage temporaire.

#### XI.2.2 Signalisation verticale

Une signalisation avancée annonçant le franchissement de la plate-forme s'avère souvent nécessaire sur les entrées non parallèles à cette dernière. Ces signaux sont de préférence placés sur support commun, de manière à caractériser cet aménagement spécifique.

Les panneaux de signalisation doivent être visibles et garder le même aspect de nuit comme de jour. Les signaux de danger sont tous rétro réfléchissants ou éventuellement dans certaines conditions, éclairés.

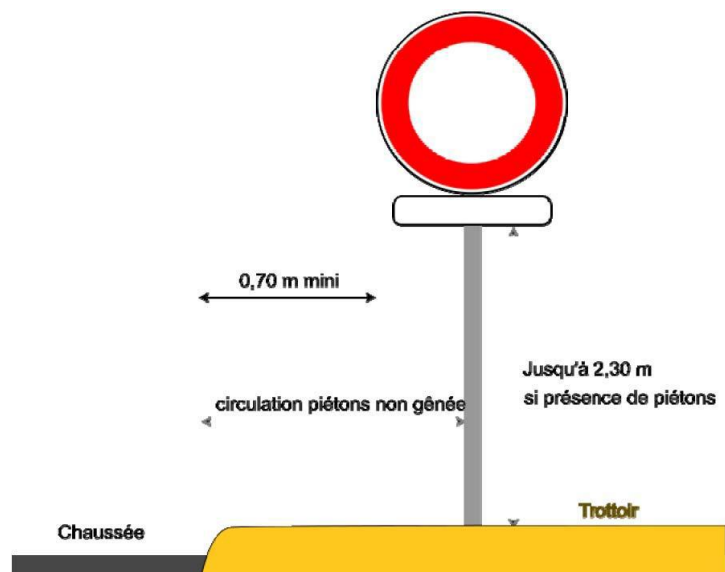






Figure XI. 1 Implantation d'un panneau fixe. [2]

Les panneaux de signalisation se répartissent en plusieurs catégories en fonction de l'information donnée.

- Signal de danger.
- Signal de prescription.
- Signal d'intersection.
- Signal d'indication.

Tableau XI. 1 Panneaux de signalisation.

Signal	Type de signal
	Signal de danger Passage pour piéton
	Signal de prescription Sens giratoire obligatoire
	Signal l'intersection Cédez le passage

	<p>Signal d'indication Traversé de voie de tramway</p>
---	--

### XI.2.3 La signalisation lumineuse

Les domaines d'emplois des feux de circulation sont diverses : gestion du trafic, traversées des piétons, protection d'obstacles intermittents comme des passages à niveau, etc. Leur but est d'assurer la sécurité des piétons et des usagers des véhicules et d'améliorer la fluidité de la circulation.

L'implantation du signal lumineux doit se faire de manière à toujours fournir la meilleure visibilité possible aux usagers auxquels il est destiné et à ne pas être visible, ou le moins possible, aux yeux des autres usagers.

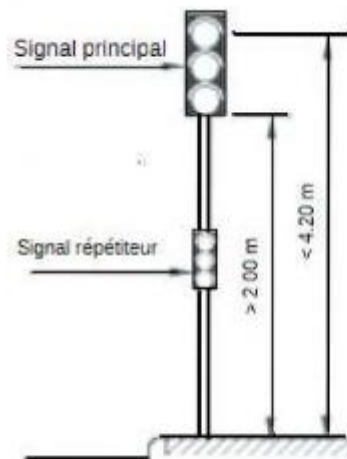





Figure XI. 2 Implantation du signal lumineux. [2]

En traversée de voie de tramway, cette hauteur est comprise entre 1,5 mètres et 4,2 mètres, en fonction de la configuration géométrique.

Tableau XI. 2 Tableau récapitulatif des signaux lumineux utilisés.

Signal	Type de signal	Description
 R11v	Signal tricolore circulaire	Il est normalement composé de trois feux circulaires vert, jaune et rouge. Moyennant étude, le vert peut être remplacé par du jaune clignotant (R11j).
 R12	Signal piéton	Il est constitué de deux feux vert et rouge, normalement disposés dans cet ordre de droite à gauche. Ils peuvent éventuellement être disposés l'un au-dessus de l'autre, le vert en bas.

 <p>R16</p>	Signal d'anticipation directionnel	Il est composé d'un feu jaune clignotant et son obligatoirement associés à un ensemble de feux tricolores circulaires R11v (vert sur le feu du bas). Il est recommandé de los associer aux signaux. Ils sont munis d'un pictogramme en forme d'une ou deux flèches
--	------------------------------------	--

- **Les feux tramway**

Les feux tramway seront implantés avec les mêmes règles que les signaux de circulation générale.



Figure XI. 3 Feux tramway. [1]

Les feux tramway est composé de trois source lumineuse blanches sur fond noir. La constitution est identique aux feux routiers.



Figure XI. 4 Feux tramway. [4]

- signal d'arrêt : feu du haut : barre horizontale.
- signal d'annonce d'arrêt : feu du milieu : disque central.
- signal de voie libre : feu du bas : barre verticale.

Chaque poteau de feu tramway supporte un feu d'aide à la conduite de type caisson piéton placé au-dessous des trois précédents.



Figure XI. 5 Feu d'aide à la conduite. [2]

Le premier pictogramme en bleu (point d'exclamation) à deux états éteint ou clignotant. Le deuxième pictogramme en jaune est nommé « prise en compte » et à deux états éteint ou clignotant.

### XI.3 PRIORITE DU TRAMWAY ET SYSTEME DE DETECTION

Le principe de la priorité absolue au tramway consiste de :

- Détecter le tramway.
- Gérer son approche.
- Assurer le feu vert au moment de son arrivée.
- Revenir au plus vite sur le fonctionnement de base. En conditions normales, la priorité est donnée au tramway dans les carrefours signalisés. Le conducteur est responsable de vérifier tous les obstacles sur la voie, et doit adapter sa vitesse ou s'arrêter si nécessaire.

Le système de signalisation spécifique au carrefour autorise ou interdit le franchissement du carrefour par les tramways. Cette signalisation lumineuse de carrefour affichera les informations suivantes :

Tableau XI. 3 Informations affichées pour la signalisation lumineuse. [2]

	Action	Remarques
Arrêt/Stop	Attente	« B »
Autorisation de passage	Itinéraire établi	L'itinéraire est établi « I »
Fin de passage	Annuler l'itinéraire	Attention. Fin d'autorisation

Les boucles de détection de véhicule et les signaux de la circulation sont définis comme suit :

- LD = Détecteur de Longues Distances.
- PD = Détecteur de Présence.
- CD = Détecteur d'acquiescement.
- ST = Signaux de Tramway.
- SR = Signaux Routiers.

## CHAPITRE XI SIGNALISATION

---

Les boucles de détection d'approche longue distance (LD) et de présence (PD) doivent être positionnées en fonction de la distance d'arrêt du Tramway à l'intersection.

À l'arrêt sur une station, le conducteur devra appuyer sur « prêt à partir » pour donner la priorité à la signalisation.

Le tableau indique la distance de sécurité minimale requise pour le tramway pour s'arrêter avant l'intersection le cas échéant pour un feu rouge ou une urgence en utilisant ses freins de service.

Tableau XI. 4 Distances nécessaire pour l'arrêt du tramway. [2]

V (Km/h)	Décélération (m/s)	Distance Arrêt (m)
50	1.2	161
45	1.2	130
40	1.2	103
35	1.2	79
30	1.2	58
225	1.2	40
20	1.2	26
15	1.2	14
10	1.2	6
5	1.2	2
0	1.2	0

Le système de demande de priorité du tramway aux carrefours est réalisé par :

- Des équipements embarqués sur les rames.
  - ✓ Module demande de priorité au carrefour embarqué
  - ✓ Emetteur
  - ✓ Antennes
- Des équipements fixés sur la plateforme.
  - ✓ Les boucles :
    - Boucle d'annonce
    - Boucle station
    - Boucle de pied de feu
    - Boucle d'acquiescement
  - ✓ Des signaux de traversée de carrefours
- Des équipements dans l'armoire du contrôleur de carrefour.



# **IMPACT ENVIRONNEMENTALE**

### XII.1 INTRODUCTION

L'Etude d'Impact sur l'Environnement a été adoptée par nombreux pays comme instrument de protection de l'environnement. Chaque pays l'adapte à ses besoins, à ses spécificités, à ses objectifs, à ses moyens. L'EIE présente partout les mêmes avantages et sa définition ne varie pas. En outre, elle se déroule selon un schéma globalement identique dans tous les pays.

L'EIE est l'outil-clé pour évaluer les impacts potentiels sur l'environnement d'un projet avant sa mise en œuvre et identifier des mesures afin d'atténuer les impacts négatifs et d'améliorer les impacts positifs.

### XII.2 MISE EN CONTEXTE DU PROJET

Pour parvenir à la phase actuelle d'APD, Suivi et Contrôle des Travaux de réalisation de l'extension de la 1ère ligne de tramway de Constantine « Zouaghi-Nouvelle Ville d'Ali Mendjeli » et « Zouaghi – Aéroport », une série d'études préalables et de projets y associés a été nécessaire.

#### XII.2.1 Délimitation de la zone d'étude

Le projet en étude se situe sur le plateau d'Ain el Bey, limitant à l'ouest avec les falaises et les montagnes rocheuses et à l'est avec la route RN 79. Le tracé débute dans le quartier de Zouaghi, au sud de la ville de Constantine et finalise dans la nouvelle ville d'Ali Mendjeli, sur la route CW10 à côté de la cité universitaire.



Figure XII. 1 Zone d'étude. [11]

La zone présente deux milieux différents. Le début et la fin du tracé de développement sur un milieu urbain (Zouaghi, Aéroport, ville universitaire et Ali Mendjeli), tandis que le tronçon intermédiaire s'étale sur des terrains à usage agricole, s'agissant dans ce cas d'un milieu périurbain rural.

La deuxième moitié du projet se déploie sur une zone de topographie accidentée. L'altitude varie entre 710 m et 830 m, où sur certains points on trouve des pentes prononcées, jusqu'à 10% dans le terrain.

### XII.2.2 Etude de faisabilité

À partir d'une analyse, dont l'une d'entre elles sur la prévision future de la population de la zone et des projets en exécution ou à exécuter liés à l'aménagement urbain (nouvelle ville d'Ali Mendjeli, Ville Universitaire, Gare Multimodale de Zouaghi, entre autres).

### XII.2.3 Analyse des alternatives

- **Alternative 1** : tracé présenté dans l'étude de faisabilité de l'extension de la ligne à Ali Mendjeli (2008). Réalisé par le Groupement INGÉROP-egisrail.
- **Alternative 2** : proposition alternative à l'étude de faisabilité de l'extension de la ligne à Ali Mendjeli (2012). Réalisé par le Groupement IDOM/TEC4.

Les deux alternatives ont leur origine dans le même point de la Gare Multimodale de Zouagui et continuent leurs parcours par la zone périphérique et agricole vers le sud en direction d'Ali Mendjeli. Avant de traverser l'autoroute de l'Est, les tracés des alternatives se séparent, de sorte que l'alternative 1 croise l'autoroute environ 140 mètres plus vers l'ouest que l'alternative 2 pour pouvoir accéder à la Ville Universitaire (actuellement en construction) par le centre, en la divisant par la moitié. Par contre, le tracé de l'alternative 2 passe par le bord de la Nouvelle Ville jusqu'à la ville Universitaire.



Figure XII. 2 Alternatives de tracé. Zouaghi – Ali Mendjeli. [11]

## CHAPITRE XII IMPACT ENVIRONNEMENTALE

Nous présentons ci-dessous un tableau représentant avec des signes + (positif). – (négatif) et = (égal) les conclusions de l'analyse de chaque vecteur environnemental.

Tableau XII. 1 Conclusion analyse d'alternatives. [2]

Vecteur environnemental	Alternative 1	Alternative 2
Santé et qualité de vie	-	+
Contraintes sur la zone aménagée en jardin et les arbres	+	-
Consommation en énergie	=	=
Contraintes sur le milieu hydrologique	+	-
Effet de cloisonnement	+	-
Mobilité	-	+
Service à la population	+	-
Encouragement du commerce et des services	+	-
Opportunité de reconversion urbaine	-	+

### XII.3 PORTEE DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

La présente étude d'impact environnemental a pour but d'analyser et d'évaluer les possibles impacts que l'implantation du tramway de Constantine peut produire sur le milieu l'enveloppant, et de proposer des mesures correctrices visant à éviter, à minimiser ou à compenser au maximum leurs effets négatifs.

#### XII.1.1 Contexte légal

- Environnement.
- Evaluation d'impacts.
- Atmosphère.
- Bruits.
- Géologie.
- Eau.
- Déchets.
- Faune.
- Végétation.
- Incendies.
- Patrimoine culturel.
- Urbanisme et aménagement du territoire.

### XII.4 EFFETS DU PROJET SUR LE CADRE DE VIE

#### XII.4.1 Effets de l'opération sur la qualité de l'air

Les conséquences d'une pollution atmosphérique excessive peuvent avoir les effets tels que des maladies, augmentation des cas de cancer, dépérissement des forêts et diminution des récoltes, dégradation des immeubles, en particulier des façades des monuments historiques, etc.

La pollution atmosphérique existant dans le milieu urbain de Constantine a des retombées sur l'environnement, notamment la modification qu'elle peut provoquer sur le climat et la dégradation de la couverture végétale.

### **XII.4.2 Effets de l'opération sur l'ambiance sonore**

La création d'une nouvelle voie d'un tramway est plutôt silencieux de par sa vitesse (moins de 40km/h) le trafic demeure assez faible sur une journée par rapport à celui d'une route et il n'y a pas de bruit de moteur car le fonctionnement est électrique.

### **XII.4.3 Bruit et vibrations**

Le bruit affecte non seulement la qualité de la vie, mais également la santé des citoyens à partir de certains seuils de volumes sonores.

Les sources principales de vibration sont la force dynamique du contact roue-rail, les discontinuités de la voie, la flexion secondaire du rail et les défauts de la voie et du matériau mobile.

La solution principale pour réduire la présence de bruits et de vibrations est la réduction de la vitesse, puisque ces effets dépendent directement de celle-ci.

### **XII.4.4 Effets sur la qualité des eaux de ruissellement**

Le tramway relâche un peu de sable utilisé lors du freinage et lors des accélérations au démarrage afin d'augmenter l'adhérence. Ce sable, utilisé en faibles quantités, est un matériau propre, non polluant, mais susceptible de constituer de faibles quantités de matières en suspension entraînées par les eaux de pluies vers le réseau d'assainissement et/ou le milieu récepteur. Des éléments métalliques (rails) peuvent aussi être soumis à la corrosion.

### **XII.4.5 Effets du projet sur l'environnement végétal**

À l'aménagement du tramway de Constantine est associée la création de liaisons fortes entre les espaces publics et les équipements de transport majeurs de la ville.

Le tracé du tramway prend en compte l'implantation existante des arbres. Il y a des arbres qui viennent interférer avec la réalisation des nouveaux aménagements urbains. Ces arbres devront être replantés en priorité dans les nouveaux aménagements quel que soit le choix des plantes prédéfini sur le plan masse des espaces verts.

## **XII.5 CONCLUSION**

Dans l'Étude d'Impact sur l'Environnement du tramway, il a été procédé à l'analyse des possibles impacts que le projet pourrait avoir sur les différents milieux. Pour ce faire, un inventaire et une analyse détaillée de l'état actuel des différents aspects environnementaux de la zone d'étude.

**DEVIS QUANTITATIFS  
ET ESTIMATIFS**

**DEVIS QUANTITATIFS ET ESTIMATIFS**

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire (DA)	Montant (DA)
1	Acquisition de terrain	F	-	-	59886000
2	Installation de	F	-	-	285278789
	chantier				
3	terrassement				
	Décapage de la terre végétale	m3	2100	357,52	750792
	Déblai	m3	198 717	357,52	71045301,8
	Remblais	m3	188 985	250	47246250
	Couche de forme GNT	m3	26 668	2580,6	68819440,8
<b>Total terrassement</b>					187861785
4	Plateforme ferroviaire	m3			
	Couche de revêtement	m3	10 894	4 712	51332528
	Béton (C20/25)				
	Dalle de calage	m3	6 650	12 543	83410950
	Béton (C30/37)				
	Dalle de fondation	m3	11 494	5 371	61734274
	Béton (C25/30)				
Géotextile AS20	m2	49 000	250	12250000	

**CHAPITRE XIII DEVIS QUANTITATIFS ET ESTIMATIFS**

	<b>trottoir</b>	<b>m3</b>	1 218	5 500	6699000
	<b>Béton de propreté</b>	<b>m3</b>	6 955	4 000	27820000
<b>Total plateforme</b>					243246752
<b>5</b>	<b>Pose de rail de roulement</b>				
	<b>Rail à gorge 55G2</b>	<b>MI</b>	27840	22351	622251840
	<b>Appareil de voie</b>	<b>U</b>	6	1433129	8598774
	<b>Chambre d'éclissage</b>	<b>MI</b>	27840	4920	136972800
	<b>Traverses en béton</b>	<b>U</b>	34800	6000	208800000
	<b>Attaches NABLA</b>	<b>U</b>	139200	450	62640000
<b>Totale</b>					1039263414
<b>6</b>	<b>Multitubulaires</b>	<b>F</b>	-	-	99078853,7
<b>7</b>	<b>Assainissement</b>	<b>F</b>	-	-	52843080
<b>8</b>	<b>Signalisation</b>	<b>F</b>	-	-	14820549,7
<b>9</b>	<b>Station</b>	<b>U</b>	8	6304215,3	50433722
<b>10</b>	<b>trémies</b>	<b>F</b>	-	-	654640000
<b>COUT TOTAL</b>					2687352945

**Deux milliards six cents quatre-vingt-sept million trois cents cinquante-deux mille neuf cent quarante-cinq de Dinar Algérien.**

# CONCLUSION

## **CONCLUSION GENERALE**

---

### **CONCLUSION GENERALE**

Ce projet de fin d'étude a été une grande opportunité pour nous afin de mettre en application des connaissances acquises durant tout notre cursus pour résoudre des problèmes concrets dans le domaine des infrastructures de transport.

Cette étude d'APD nous a été intéressante, du moment où il nous a mis en face des problèmes techniques qu'un projet ferroviaire peut subir, et nous a fait découvrir la manière dont un projet de travaux publics en générale et celui ferroviaire en particulier se déroule, il ressort de ce travail que la réalisation d'un projet ferroviaire n'est pas une chose aisée.

Nous avons aussi tiré profit de l'expérience des ingénieurs rencontrés lors de notre stage chez l'entreprise nationale Cosider réalisatrice de l'extension de la première ligne du tramway de Constantine qui nous ont appris beaucoup de choses sur la voie ferrée, et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

En outre, ce travail nous a poussés à mieux maîtriser les nouvelles technologies dans le domaine de travaux publics qui nous servira dès lors à élargir nos connaissances d'ingénieur, en l'occurrence les logiciels : Civil 3D, Auto CAD, GeoStructural Analysis V19, Slide 6.025, Alizée32, vue leur traitement rapide et la précision de leur résultats.

# **BIBLIOGRAPHIE**

## **BIBLIOGRAPHIE**

---

- ✚ Groupement d'entreprises (Cosider/Alstom), rapport de Tracé et terrassements, Mai 2013.
- ✚ Groupement d'entreprises (Cosider/Alstom), volume A. Mémoire, Juin 2013.
- ✚ Groupement d'entreprises (Cosider/Alstom), rapport sur les Systèmes de transport, voie, Mai 2013.
- ✚ Groupement d'entreprises (Cosider/Alstom), Volume B. Études Préalables et Complémentaires B.6 Étude Géotechnique. Mai 2013.
- ✚ Groupement d'entreprises (Cosider/Alstom), rapport sur tramway, impact sur l'environnement et équipement des signalisations.
- ✚ Groupement d'entreprises (Cosider/Alstom), Ouvrages d'art, ouvrages souterrains et murs de soutènement. Mai 2013.
- ✚ Groupement d'entreprises (Cosider/Alstom), rapport hydrologie et drainage.
- ✚ Thèse 2017, ETUDE APD DU TRAMWAY, LOUCIF/SATOUR, ENSTP
- ✚ Thèse 2017, ETUDE APD DU TRAMWAY, BECHARA//BECHARA, ENSTP
- ✚ Cours hydraulique appliquée, M. RAHMANI, ENSTP, 2016.
- ✚ Plates-formes de tramway pathologie et conception, CERTU, tome 2, 2009.
- ✚ Cours voie ferrée, M.KADI, ENSTP.
- ✚ GTR, guide technique routière.
- ✚ DTR, document technique réglementaire, chapitre 10.

### **SITE WEB**

<http://www.metroalger-dz.com>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya\\_de\\_Constantine](https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_de_Constantine)

[1] : Google image.

[2] : Document de projet.

[3] : Thèse 2017, BECHARA.

[4] : Thèse, 2017, SATOUR.

[5] : int-77-284-instruction technique relative aux réseaux d'assainissement.

[6] : Civil 3D.

[7] : Slide 6.025.

[8] : GTR fascicule 01.

[9] : LCPC/SETRA.1994.

[10] : Plates-formes de tramway pathologie et conception, CERTU, tome 2, 2009.

[11] : Google earth.

[12] : RPOA 2008.

[13] : GEO 5.

[14] : Cours hydraulique appliquée.

[15] : Alize 32.

# **ANNEXES**

# ANNEXE 1

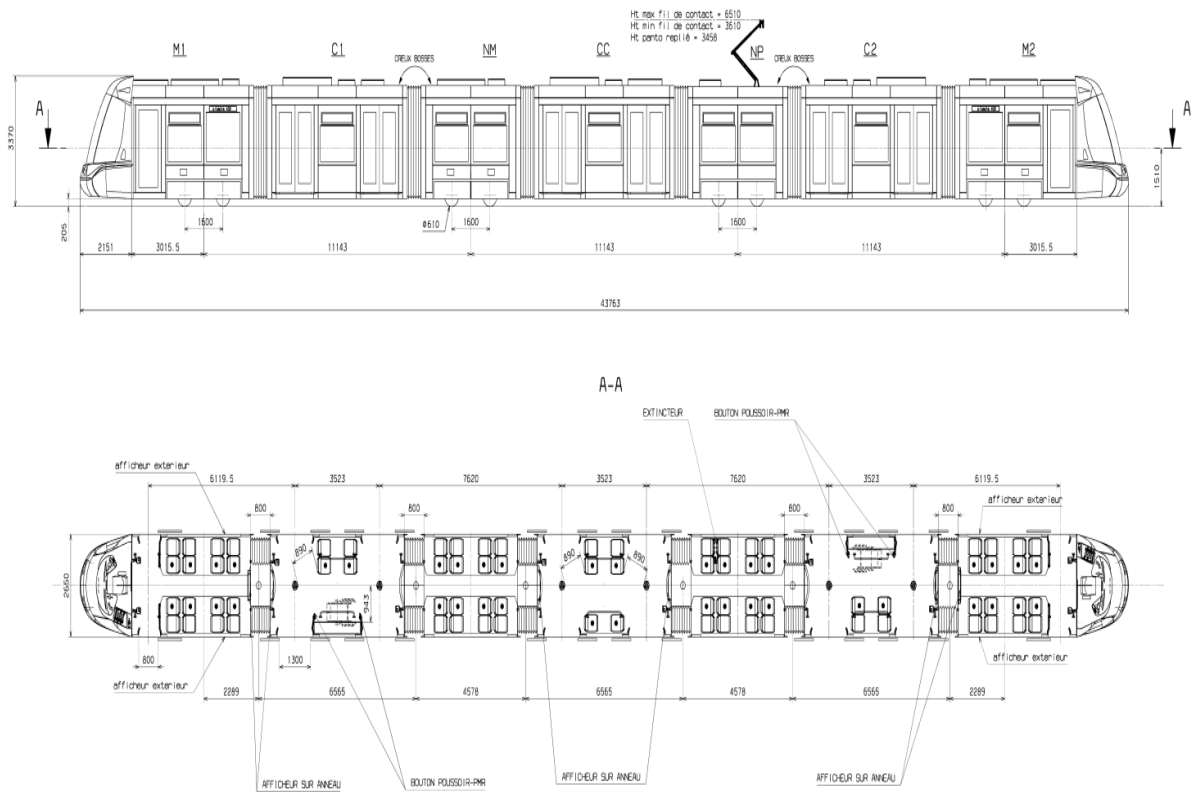


Figure 1. Données générales - matériel roulant Citadis 402

## ANNEXE 2

Tableau 1. Surlargeurs en courbe

<b>Rayons (m)</b>	<b>Surlargeur en ventre (intérieur)</b>	<b>Surlargeur en corne (extérieur)</b>
25	0.210	0.605
30	0.160	0.520
40	0.105	0.410
50	0.070	0.345
80	0.020	0.240
100	0.005	0.205
250	0.002	0.135
500	0.002	0.075
1000	0.002	0.040
2000	0.002	0.020
AD	0.000	0.000

Tableau 2 Sur-écartement en alignement droit

<b>Rayons (m)</b>	<b>Entraxe AD (poteaux latéraux, m)</b>	<b>Sur-écartement dans l'AD (m)</b>
25	3.40	0.25
30	3.40	0.25
40	3.35	0.20
50	3.25	0.10
80	3.20	0.05
100	3.20	0.05
250	3.20	0.00
500	3.15	0.00
1000	3.15	0.00
2000	3.15	0.00
AD	3.15	0.00

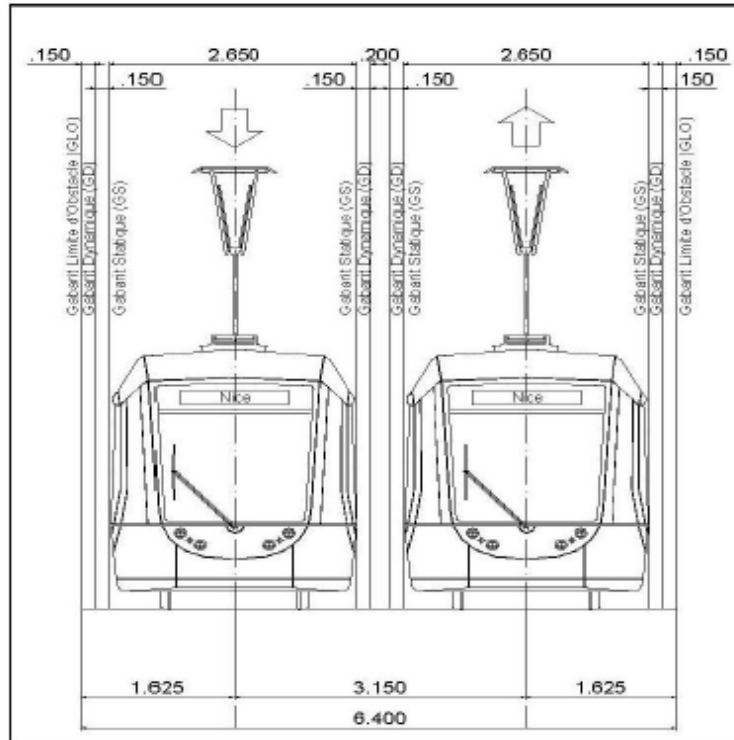


Figure 1. Voie double avec poteaux latéraux

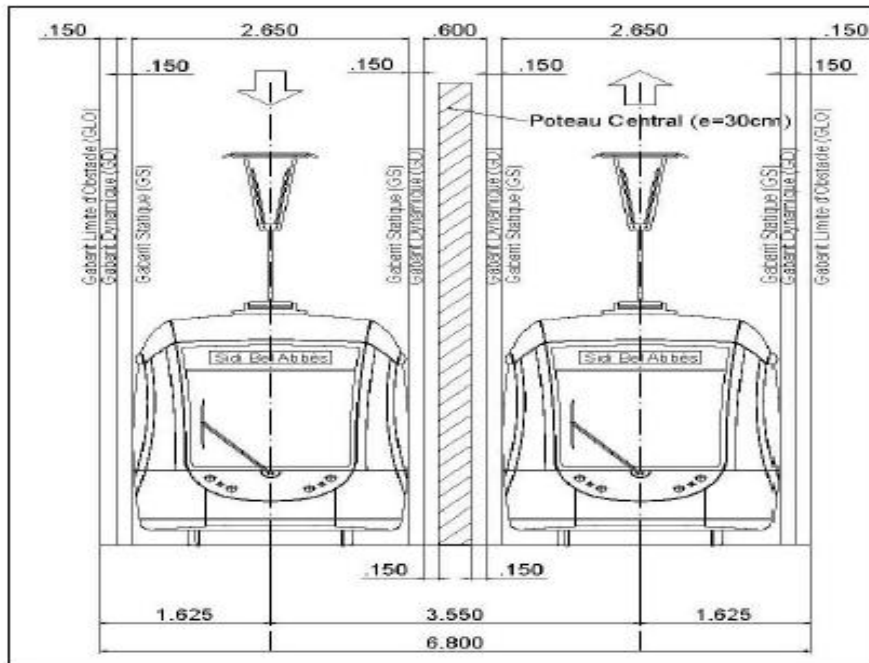


Figure 2. Voie double avec poteaux centraux

## Rapport de vérification des normes de conception de l'axe

Nom de l'axe : Axe en plan  
Listing d'axe en plan (Civil 3d)

---

### 1 Tangente

Abscisse  
curviligne de 0+000,00  
départ :

Abscisse  
curviligne de 0+154,55  
fin :

Longueur : 154,549m

---

### 2.1 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 0+154,55  
départ :

Abscisse  
curviligne de 0+354,55  
fin :

Longueur : 200,000m

A : 894,427m

---

### 2.2 Courbe circulaire

Abscisse  
curviligne de 0+354,55  
départ :

Abscisse  
curviligne de 0+376,87  
fin :

Rayon : 4 000,000m

---

### **2.3 Courbe : Clothoïde**

Abscisse  
curviligne de 0+376,87  
départ :

Abscisse  
curviligne de 0+576,87  
fin :

Longueur : 200,000m

A : 894,427m

---

### **3 Tangente**

Abscisse  
curviligne de 0+576,87  
départ :

Abscisse  
curviligne de 1+331,10  
fin :

Longueur : 754,222m

---

### **4.1 Courbe : Clothoïde**

Abscisse  
curviligne de 1+331,10  
départ :

Abscisse  
curviligne de 1+431,10  
fin :

Longueur : 100,000m

A : 223,607m

Contrôles de  
la norme de  
conception :

---

### **4.2 Courbe circulaire**

Abscisse  
curviligne de 1+431,10  
départ :

Abscisse  
curviligne de 1+719,98  
fin :

Rayon : 500,000m

---

#### **4.3 Courbe : Clothoïde**

Abscisse  
curviligne de 1+719,98  
départ :

Abscisse  
curviligne de 1+819,98  
fin :

Longueur : 100,000m

A : 223,607m

---

#### **5 Tangente**

Abscisse  
curviligne de 1+819,98  
départ :

Abscisse  
curviligne de 1+955,10  
fin :

Longueur : 135,116m

---

#### **6.1 Courbe : Clothoïde**

Abscisse  
curviligne de 1+955,10  
départ :

Abscisse  
curviligne de 2+055,10  
fin :

Longueur : 100,000m

A : 316,228m

---

## 6.2 Courbe circulaire

Abscisse  
curviligne de 2+055,10  
départ :

Abscisse  
curviligne de 2+405,89  
fin :

Rayon : 1 000,000m

---

## 6.3 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 2+405,89  
départ :

Abscisse  
curviligne de 2+505,89  
fin :

Longueur : 100,000m

A : 316,228m

---

## 7 Tangente

Abscisse  
curviligne de 2+505,89  
départ :

Abscisse  
curviligne de 2+655,27  
fin :

Longueur : 149,383m

---

## 8.1 Courbe : Clothoïde

Abscisse 2+655,27  
curviligne de

départ :

Abscisse  
curviligne de 2+705,27  
fin :

Longueur : 50,000m

A : 158,114m

---

## 8.2 Courbe circulaire

Abscisse  
curviligne de 2+705,27  
départ :

Abscisse  
curviligne de 2+873,63  
fin :

Rayon : 500,000m

---

## 8.3 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 2+873,63  
départ :

Abscisse  
curviligne de 2+923,63  
fin :

Longueur : 50,000m

A : 158,114m

---

## 9 Tangente

Abscisse  
curviligne de 2+923,63  
départ :

Abscisse  
curviligne de 2+978,45  
fin :

Longueur : 54,828m

---

### 10.1 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 2+978,45  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+008,45  
fin :

Longueur : 30,000m

A : 42,426m

---

### 10.2 Courbe circulaire

Abscisse  
curviligne de 3+008,45  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+107,96  
fin :

Rayon : 60,000m

---

### 10.3 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 3+107,96  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+137,96  
fin :

Longueur : 30,000m

A : 42,426m

---

### 11 Tangente

Abscisse 3+137,96  
curviligne de

départ :

Abscisse  
curviligne de 3+264,66  
fin :

Longueur : 126,692m

---

### 12.1 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 3+264,66  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+294,66  
fin :

Longueur : 30,000m

A : 173,205m

---

### 12.2 Courbe circulaire

Abscisse  
curviligne de 3+294,66  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+328,16  
fin :

Rayon : 1 000,000m

---

### 12.3 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 3+328,16  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+358,16  
fin :

Longueur : 30,000m

A : 173,205m

---

### 13 Tangente

Abscisse  
curviligne de 3+358,16  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+429,49  
fin :

Longueur : 71,331m

---

### 14.1 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 3+429,49  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+469,49  
fin :

Longueur : 40,000m

A : 141,421m

---

### 14.2 Courbe circulaire

Abscisse  
curviligne de 3+469,49  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+492,32  
fin :

Rayon : 500,000m

---

### 14.3 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 3+492,32  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+532,32  
fin :

Longueur : 40,000m

A : 141,421m

---

## 15 Tangente

Abscisse  
curviligne de 3+532,32  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+547,07  
fin :

Longueur : 14,741m

---

## 16.1 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 3+547,07  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+562,07  
fin :

Longueur : 15,000m

A : 67,082m

---

## 16.2 Courbe circulaire

Abscisse  
curviligne de 3+562,07  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+577,84  
fin :

Rayon : 300,000m

---

### **16.3 Courbe : Clothoïde**

Abscisse  
curviligne de 3+577,84  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+592,84  
fin :

Longueur : 15,000m

A : 67,082m

---

### **17 Tangente**

Abscisse  
curviligne de 3+592,84  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+866,77  
fin :

Longueur : 273,924m

---

### **18.1 Courbe : Clothoïde**

Abscisse  
curviligne de 3+866,77  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+916,77  
fin :

Longueur : 50,000m

A : 141,421m

---

### **18.2 Courbe circulaire**

Abscisse  
curviligne de 3+916,77  
départ :

Abscisse  
curviligne de 3+968,13  
fin :

Rayon : 400,000m

---

### **18.3 Courbe : Clothoïde**

Abscisse  
curviligne de 3+968,13  
départ :

Abscisse  
curviligne de 4+018,13  
fin :

Longueur : 50,000m

A : 141,421m

---

### **19 Tangente**

Abscisse  
curviligne de 4+018,13  
départ :

Abscisse  
curviligne de 5+252,27  
fin :

Longueur : 1 234,145m

---

### **20.1 Courbe : Clothoïde**

Abscisse  
curviligne de 5+252,27  
départ :

Abscisse  
curviligne de 5+302,27  
fin :

Longueur : 50,000m

A : 158,114m

---

## 20.2 Courbe circulaire

Abscisse  
curviligne de 5+302,27  
départ :

Abscisse  
curviligne de 5+391,75  
fin :

Rayon : 500,000m

---

## 20.3 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 5+391,75  
départ :

Abscisse  
curviligne de 5+441,75  
fin :

Longueur : 50,000m

A : 158,114m

---

## 21 Tangente

Abscisse  
curviligne de 5+441,75  
départ :

Abscisse  
curviligne de 5+848,85  
fin :

Longueur : 407,101m

---

## 22.1 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 5+848,85  
départ :

Abscisse 5+898,85  
curviligne de

fin :

Longueur : 50,000m

A : 67,082m

---

## 22.2 Courbe circulaire

Abscisse  
curviligne de 5+898,85  
départ :

Abscisse  
curviligne de 5+990,25  
fin :

Rayon : 90,000m

---

## 22.3 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 5+990,25  
départ :

Abscisse  
curviligne de 6+040,25  
fin :

Longueur : 50,000m

A : 67,082m

---

## 23 Tangente

Abscisse  
curviligne de 6+040,25  
départ :

Abscisse  
curviligne de 6+402,24  
fin :

Longueur : 361,993m

---

## 24.1 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 6+402,24  
départ :

Abscisse  
curviligne de 6+442,24  
fin :

Longueur : 40,000m

A : 44,721m

---

## 24.2 Courbe circulaire

Abscisse  
curviligne de 6+442,24  
départ :

Abscisse  
curviligne de 6+480,65  
fin :

Rayon : 50,000m

---

## 24.3 Courbe : Clothoïde

Abscisse  
curviligne de 6+480,65  
départ :

Abscisse  
curviligne de 6+520,65  
fin :

Longueur : 40,000m

A : 44,721m

---

## 25 Tangente

Abscisse  
curviligne de 6+520,65  
départ :

Abscisse 7+000,00  
curviligne de

fin :

Longueur : 479,347m

---

## Rapport sur l'incrément des abscisses curvilignes de PIV

### Listing de profil en long

Axe vertical : ligne rouge (Civil 3d)

Abscisse curviligne	Altitude	Pourcentage de pente (%)
0+020,00	725,281m	
0+040,00	725,158m	-0,61%
0+060,00	725,035m	-0,61%
0+067,28	724,990m	-0,61%
0+080,00	724,953m	-0,30%
0+100,00	725,057m	0,52%
0+103,85	725,100m	1,12%
0+120,00	725,362m	1,62%
0+140,00	725,866m	2,52%
0+140,42	725,879m	3,03%
0+160,00	726,474m	3,04%
0+180,00	727,083m	3,04%
0+200,00	727,691m	3,04%
0+220,00	728,300m	3,04%
0+240,00	728,909m	3,04%
0+260,00	729,517m	3,04%
0+280,00	730,126m	3,04%
0+300,00	730,734m	3,04%
0+320,00	731,343m	3,04%
0+340,00	731,951m	3,04%

0+360,00	732,560m	3,04%
0+380,00	733,168m	3,04%
0+400,00	733,777m	3,04%
0+420,00	734,385m	3,04%
0+440,00	734,994m	3,04%
0+460,00	735,603m	3,04%
0+480,00	736,211m	3,04%
0+500,00	736,820m	3,04%
0+520,00	737,428m	3,04%
0+540,00	738,037m	3,04%
0+560,00	738,645m	3,04%
0+580,00	739,254m	3,04%
0+600,00	739,862m	3,04%
0+620,00	740,471m	3,04%
0+640,00	741,079m	3,04%
0+660,00	741,688m	3,04%
0+680,00	742,296m	3,04%
0+700,00	742,905m	3,04%
0+720,00	743,514m	3,04%
0+740,00	744,122m	3,04%
0+760,00	744,731m	3,04%
0+780,00	745,339m	3,04%
0+800,00	745,948m	3,04%
0+820,00	746,556m	3,04%
0+840,00	747,165m	3,04%

0+860,00	747,773m	3,04%
0+880,00	748,382m	3,04%
0+900,00	748,990m	3,04%
0+920,00	749,599m	3,04%
0+940,00	750,208m	3,04%
0+960,00	750,816m	3,04%
0+980,00	751,425m	3,04%
1+000,00	752,033m	3,04%
1+020,00	752,642m	3,04%
1+040,00	753,250m	3,04%
1+060,00	753,859m	3,04%
1+080,00	754,467m	3,04%
1+100,00	755,076m	3,04%
1+120,00	755,684m	3,04%
1+140,00	756,293m	3,04%
1+160,00	756,902m	3,04%
1+180,00	757,510m	3,04%
1+200,00	758,119m	3,04%
1+220,00	758,727m	3,04%
1+240,00	759,336m	3,04%
1+260,00	759,944m	3,04%
1+280,00	760,553m	3,04%
1+300,00	761,161m	3,04%
1+320,00	761,770m	3,04%
1+340,00	762,378m	3,04%

1+360,00	762,987m	3,04%
1+380,00	763,596m	3,04%
1+400,00	764,204m	3,04%
1+420,00	764,813m	3,04%
1+440,00	765,421m	3,04%
1+460,00	766,030m	3,04%
1+477,64	766,566m	3,04%
1+480,00	766,638m	3,02%
1+500,00	767,208m	2,85%
1+520,00	767,717m	2,54%
1+540,00	768,165m	2,24%
1+553,08	768,424m	1,98%
1+560,00	768,551m	1,83%
1+580,00	768,875m	1,62%
1+600,00	769,138m	1,31%
1+620,00	769,339m	1,01%
1+628,52	769,406m	0,79%
1+640,00	769,489m	0,72%
1+660,00	769,633m	0,72%
1+680,00	769,778m	0,72%
1+700,00	769,922m	0,72%
1+720,00	770,066m	0,72%
1+740,00	770,211m	0,72%
1+760,00	770,355m	0,72%
1+780,00	770,499m	0,72%

1+800,00	770,643m	0,72%
1+820,00	770,788m	0,72%
1+840,00	770,932m	0,72%
1+860,00	771,076m	0,72%
1+864,29	771,107m	0,72%
1+880,00	771,097m	-0,06%
1+900,00	770,727m	-1,85%
1+902,05	770,667m	-2,95%
1+920,00	769,957m	-3,95%
1+939,81	768,800m	-5,84%
1+940,00	768,787m	-6,83%
1+960,00	767,421m	-6,83%
1+980,00	766,055m	-6,83%
2+000,00	764,689m	-6,83%
2+020,00	763,323m	-6,83%
2+040,00	761,956m	-6,83%
2+060,00	760,590m	-6,83%
2+080,00	759,224m	-6,83%
2+100,00	757,858m	-6,83%
2+120,00	756,491m	-6,83%
2+140,00	755,125m	-6,83%
2+160,00	753,759m	-6,83%
2+176,85	752,608m	-6,83%
2+180,00	752,394m	-6,79%
2+200,00	751,103m	-6,46%

2+220,00	749,926m	-5,88%
2+240,00	748,864m	-5,31%
2+244,86	748,623m	-4,96%
2+260,00	747,916m	-4,67%
2+280,00	747,082m	-4,17%
2+300,00	746,362m	-3,60%
2+312,87	745,960m	-3,13%
2+320,00	745,750m	-2,94%
2+340,00	745,161m	-2,94%
2+360,00	744,572m	-2,94%
2+380,00	743,983m	-2,94%
2+400,00	743,394m	-2,94%
2+420,00	742,805m	-2,94%
2+440,00	742,216m	-2,94%
2+460,00	741,627m	-2,94%
2+480,00	741,038m	-2,94%
2+500,00	740,449m	-2,94%
2+520,00	739,860m	-2,94%
2+540,00	739,271m	-2,94%
2+560,00	738,682m	-2,94%
2+580,00	738,093m	-2,94%
2+600,00	737,504m	-2,94%
2+620,00	736,915m	-2,94%
2+640,00	736,326m	-2,94%
2+660,00	735,737m	-2,94%

2+680,00	735,149m	-2,94%
2+700,00	734,560m	-2,94%
2+720,00	733,971m	-2,94%
2+733,24	733,581m	-2,94%
2+740,00	733,386m	-2,88%
2+760,00	732,864m	-2,61%
2+780,00	732,423m	-2,21%
2+787,05	732,286m	-1,94%
2+800,00	732,061m	-1,74%
2+820,00	731,779m	-1,41%
2+840,00	731,577m	-1,01%
2+840,86	731,570m	-0,80%
2+860,00	731,418m	-0,79%
2+880,00	731,260m	-0,79%
2+900,00	731,101m	-0,79%
2+920,00	730,943m	-0,79%
2+940,00	730,785m	-0,79%
2+960,00	730,626m	-0,79%
2+980,00	730,468m	-0,79%
3+000,00	730,309m	-0,79%
3+020,00	730,151m	-0,79%
3+040,00	729,992m	-0,79%
3+060,00	729,834m	-0,79%
3+080,00	729,675m	-0,79%
3+100,00	729,517m	-0,79%

3+120,00	729,358m	-0,79%
3+140,00	729,200m	-0,79%
3+160,00	729,042m	-0,79%
3+180,00	728,883m	-0,79%
3+200,00	728,725m	-0,79%
3+220,00	728,566m	-0,79%
3+240,00	728,408m	-0,79%
3+240,90	728,401m	-0,79%
3+260,00	728,280m	-0,63%
3+280,00	728,218m	-0,31%
3+300,00	728,224m	0,03%
3+311,88	728,258m	0,29%
3+320,00	728,295m	0,46%
3+340,00	728,434m	0,69%
3+360,00	728,639m	1,03%
3+380,00	728,911m	1,36%
3+382,87	728,956m	1,55%
3+400,00	729,225m	1,57%
3+420,00	729,540m	1,57%
3+440,00	729,855m	1,57%
3+460,00	730,170m	1,57%
3+480,00	730,484m	1,57%
3+500,00	730,799m	1,57%
3+520,00	731,114m	1,57%
3+540,00	731,429m	1,57%

3+560,00	731,744m	1,57%
3+580,00	732,058m	1,57%
3+600,00	732,373m	1,57%
3+620,00	732,688m	1,57%
3+640,00	733,003m	1,57%
3+660,00	733,318m	1,57%
3+680,00	733,632m	1,57%
3+688,08	733,760m	1,57%
3+700,00	733,929m	1,42%
3+720,00	734,135m	1,03%
3+740,00	734,240m	0,53%
3+753,07	734,255m	0,11%
3+760,00	734,245m	-0,14%
3+780,00	734,150m	-0,47%
3+800,00	733,955m	-0,97%
3+818,05	733,694m	-1,45%
3+820,00	733,661m	-1,68%
3+840,00	733,326m	-1,68%
3+860,00	732,991m	-1,68%
3+880,00	732,656m	-1,68%
3+900,00	732,321m	-1,68%
3+920,00	731,986m	-1,68%
3+940,00	731,651m	-1,68%
3+960,00	731,315m	-1,68%
3+980,00	730,980m	-1,68%

4+000,00	730,645m	-1,68%
4+020,00	730,310m	-1,68%
4+040,00	729,975m	-1,68%
4+060,00	729,640m	-1,68%
4+074,59	729,396m	-1,68%
4+080,00	729,309m	-1,59%
4+100,00	729,066m	-1,21%
4+120,00	728,943m	-0,62%
4+140,00	728,940m	-0,02%
4+149,59	728,981m	0,43%
4+160,00	729,056m	0,72%
4+180,00	729,292m	1,18%
4+200,00	729,648m	1,78%
4+220,00	730,123m	2,38%
4+224,59	730,249m	2,74%
4+240,00	730,682m	2,81%
4+260,00	731,245m	2,81%
4+280,00	731,808m	2,81%
4+300,00	732,370m	2,81%
4+320,00	732,933m	2,81%
4+340,00	733,495m	2,81%
4+360,00	734,058m	2,81%
4+380,00	734,621m	2,81%
4+400,00	735,183m	2,81%
4+420,00	735,746m	2,81%

4+440,00	736,308m	2,81%
4+460,00	736,871m	2,81%
4+480,00	737,434m	2,81%
4+500,00	737,996m	2,81%
4+520,00	738,559m	2,81%
4+540,00	739,122m	2,81%
4+556,84	739,595m	2,81%
4+560,00	739,684m	2,82%
4+580,00	740,260m	2,88%
4+600,00	740,856m	2,98%
4+620,00	741,472m	3,08%
4+640,00	742,108m	3,18%
4+660,00	742,763m	3,28%
4+679,15	743,410m	3,38%
4+680,00	743,439m	3,43%
4+700,00	744,135m	3,48%
4+720,00	744,851m	3,58%
4+740,00	745,586m	3,68%
4+760,00	746,342m	3,78%
4+780,00	747,118m	3,88%
4+800,00	747,914m	3,98%
4+801,45	747,972m	4,03%
4+820,00	748,721m	4,04%
4+840,00	749,528m	4,04%
4+860,00	750,335m	4,04%

4+880,00	751,143m	4,04%
4+900,00	751,950m	4,04%
4+920,00	752,757m	4,04%
4+940,00	753,564m	4,04%
4+960,00	754,372m	4,04%
4+964,96	754,572m	4,04%
4+980,00	755,174m	4,01%
5+000,00	755,962m	3,94%
5+020,00	756,734m	3,86%
5+039,96	757,488m	3,78%
5+040,00	757,490m	3,74%
5+060,00	758,230m	3,70%
5+080,00	758,955m	3,62%
5+100,00	759,664m	3,55%
5+114,96	760,184m	3,48%
5+120,00	760,358m	3,45%
5+140,00	761,048m	3,45%
5+160,00	761,737m	3,45%
5+180,00	762,427m	3,45%
5+200,00	763,116m	3,45%
5+220,00	763,806m	3,45%
5+240,00	764,495m	3,45%
5+260,00	765,185m	3,45%
5+280,00	765,874m	3,45%
5+300,00	766,564m	3,45%

5+320,00	767,253m	3,45%
5+340,00	767,943m	3,45%
5+360,00	768,632m	3,45%
5+380,00	769,322m	3,45%
5+400,00	770,011m	3,45%
5+420,00	770,701m	3,45%
5+440,00	771,390m	3,45%
5+459,19	772,052m	3,45%
5+460,00	772,079m	3,42%
5+480,00	772,634m	2,77%
5+500,00	772,938m	1,52%
5+506,78	772,985m	0,69%
5+520,00	772,993m	0,06%
5+540,00	772,797m	-0,98%
5+554,37	772,502m	-2,05%
5+560,00	772,361m	-2,50%
5+580,00	771,861m	-2,50%
5+600,00	771,361m	-2,50%
5+620,00	770,861m	-2,50%
5+625,26	770,730m	-2,50%
5+640,00	770,410m	-2,17%
5+660,00	770,135m	-1,38%
5+680,00	770,042m	-0,47%
5+686,67	770,051m	0,14%
5+700,00	770,130m	0,59%

5+720,00	770,400m	1,35%
5+740,00	770,852m	2,26%
5+748,08	771,086m	2,90%
5+760,00	771,454m	3,08%
5+780,00	772,070m	3,08%
5+800,00	772,687m	3,08%
5+820,00	773,303m	3,08%
5+840,00	773,920m	3,08%
5+860,00	774,536m	3,08%
5+880,00	775,152m	3,08%
5+900,00	775,769m	3,08%
5+920,00	776,385m	3,08%
5+940,00	777,002m	3,08%
5+960,00	777,618m	3,08%
5+980,00	778,234m	3,08%
6+000,00	778,851m	3,08%
6+020,00	779,467m	3,08%
6+040,00	780,084m	3,08%
6+060,00	780,700m	3,08%
6+080,00	781,316m	3,08%
6+100,00	781,933m	3,08%
6+101,31	781,973m	3,08%
6+120,00	782,501m	2,83%
6+140,00	782,961m	2,30%
6+151,31	783,172m	1,87%

6+160,00	783,311m	1,60%
6+180,00	783,552m	1,20%
6+200,00	783,684m	0,66%
6+201,31	783,689m	0,37%
6+215,61	783,738m	0,35%
6+220,00	783,748m	0,23%
6+240,00	783,658m	-0,45%
6+260,00	783,346m	-1,56%
6+277,70	782,884m	-2,61%
6+280,00	782,812m	-3,16%
6+300,00	782,055m	-3,78%
6+320,00	781,076m	-4,89%
6+339,79	779,888m	-6,00%
6+340,00	779,875m	-6,55%
6+360,00	778,565m	-6,55%
6+380,00	777,255m	-6,55%
6+400,00	775,945m	-6,55%
6+420,00	774,635m	-6,55%
6+438,99	773,391m	-6,55%
6+440,00	773,325m	-6,50%
6+460,00	772,235m	-5,45%
6+480,00	771,546m	-3,45%
6+481,94	771,500m	-2,35%
6+500,00	771,256m	-1,35%
6+520,00	771,366m	0,55%

6+524,89	771,454m	1,80%
6+540,00	771,762m	2,04%
6+560,00	772,170m	2,04%
6+580,00	772,578m	2,04%
6+600,00	772,986m	2,04%
6+620,00	773,394m	2,04%
6+640,00	773,802m	2,04%
6+660,00	774,210m	2,04%
6+680,00	774,618m	2,04%
6+700,00	775,026m	2,04%
6+720,00	775,434m	2,04%
6+740,00	775,842m	2,04%
6+760,00	776,250m	2,04%
6+780,00	776,659m	2,04%
6+800,00	777,067m	2,04%
6+819,03	777,455m	2,04%
6+820,00	777,475m	2,04%
6+840,00	777,861m	1,93%
6+860,00	778,207m	1,73%
6+880,00	778,513m	1,53%
6+889,95	778,650m	1,38%
6+900,00	778,779m	1,28%
6+920,00	779,005m	1,13%
6+940,00	779,191m	0,93%
6+960,00	779,337m	0,73%

6+960,87	779,343m	0,63%
6+980,00	779,461m	0,62%
7+000,00	779,586m	0,62%

Les tableaux des volumes sont présentés sur le logiciel Civil 3D.

## Tableaux des dévers

Rayons (m)	Longueurs de clothoïde (m)	Parametre A	Vitesse (km/h)	Dévers (mm)
<b>R<sub>1</sub> =4000</b>	<b>L<sub>1</sub> =200</b>	<b>A<sub>1</sub> =894.43</b>	<b>V<sub>1</sub> =70</b>	<b>d<sub>1</sub> =20</b>
<b>R<sub>2</sub> =500</b>	<b>L<sub>2</sub> =100</b>	<b>A<sub>2</sub> =223.61</b>	<b>V<sub>2</sub> =70</b>	<b>d<sub>2</sub> =120</b>
<b>R<sub>3</sub> =1000</b>	<b>L<sub>3</sub> =100</b>	<b>A<sub>3</sub> =316.23</b>	<b>V<sub>3</sub> =70</b>	<b>d<sub>3</sub> =60</b>
<b>R<sub>4</sub> =500</b>	<b>L<sub>4</sub> =50</b>	<b>A<sub>4</sub> =158.114</b>	<b>V<sub>4</sub> =70</b>	<b>d<sub>4</sub> =120</b>
<b>R<sub>5</sub> =60</b>	<b>L<sub>5</sub> =30</b>	<b>A<sub>5</sub> =42.426</b>	<b>V<sub>5</sub> =25</b>	<b>d<sub>5</sub> =130</b>
<b>R<sub>6</sub> =1000</b>	<b>L<sub>6</sub> =30</b>	<b>A<sub>6</sub> =173.205</b>	<b>V<sub>6</sub> =50</b>	<b>d<sub>6</sub> =30</b>
<b>R<sub>7</sub> =500</b>	<b>L<sub>7</sub> =40</b>	<b>A<sub>7</sub> =141.42</b>	<b>V<sub>7</sub> =50</b>	<b>d<sub>7</sub> =60</b>
<b>R<sub>8</sub> =300</b>	<b>L<sub>8</sub> =15</b>	<b>A<sub>8</sub> =68</b>	<b>V<sub>8</sub> =50</b>	<b>d<sub>8</sub> =100</b>
<b>R<sub>9</sub> =400</b>	<b>L<sub>9</sub> =50</b>	<b>A<sub>9</sub> =141.421</b>	<b>V<sub>9</sub> =50</b>	<b>d<sub>9</sub> =80</b>
<b>R<sub>10</sub> =500</b>	<b>L<sub>10</sub> =50</b>	<b>A<sub>10</sub> =158.114</b>	<b>V<sub>10</sub> =50</b>	<b>d<sub>10</sub> =120</b>
<b>R<sub>11</sub> =90</b>	<b>L<sub>11</sub> =50</b>	<b>A<sub>11</sub> =68</b>	<b>V<sub>11</sub> =30</b>	<b>d<sub>11</sub> =120</b>
<b>R<sub>12</sub> =50</b>	<b>L<sub>12</sub> =40</b>	<b>A<sub>12</sub> =44.72</b>	<b>V<sub>12</sub> =25</b>	<b>d<sub>12</sub> =150</b>

Tableau 1. Paramètres géotechnique.

U.G	Angle de frottement	Cohésion sans drainage	cohésion	Poids de volume sec	Poids de volume saturé	Module d'élasticité	Module de poisson	Indice des vides	perméabilité	Granulométrie %				
	$\varphi(^{\circ})$	Cu (KPA)	C' (KPA)	$\gamma_{sec}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	E (MPA)	$\nu$	e	k	<20	<5	<2	<0.4	<0.08
I. Remblai	24-26	-	5	1.5	1.8	10-15	0.35	0.79	10 <sup>-7</sup>	100	98	98	96	95
II. Alluvion granulé	30-32	-	0	1.75	1.9	15-20	0.32	0.6	10 <sup>-5</sup>	100	62	60	52	45
II. Alluvion cohésif	22-24	30-50	15	1.6	1.8	08	0.33	0.8	10 <sup>-7</sup>	Sans donnée				
III.a Tuf argileux (ferme)	24-26	50-100	20-25	1.65	1.95	10-15	0.33	0.76	10 <sup>-7</sup>	100	99	97	91	85
III.b Tuf argileux (très ferme)	26-28	100-150	25-30	1.65	2.0	20-30	0.33	0.53	10 <sup>-7</sup>	100	87	83	79	77
IV. Tuf	26-28	100-200	30-40	1.7	2.0	30-35	0.33	0.65	10 <sup>-6</sup>	100	88	83	75	66
V. Argile rougeâtre marneuse	26-28	150-200	25-35	1.6	1.95	25.35	0.33	0.63	10 <sup>-7</sup>	100	100	100	80	79
VI. Tuf calcaire (altéré)	26	200-250	40-45	1.7	2	40-45	0.33	0.58	10 <sup>-7</sup>	100	80	79	74	70
VI. Tuf calcaire	15-20	-	80-100		2.1	100	0.3	30	10 <sup>-5</sup>	Roche				
VII. Calcaire lacustre	20-25	-	150-200		2.2-2.4	2000-4000	0.28	5-11	10 <sup>-9</sup>	Roche				

Tableau 1. Calcul des débits

Nom Bassin	A (km <sup>2</sup> )	p (m/m)	Tc(h)	Pj(100)(mm)	Cr	It(100) (mm/h)	Q100 (m <sup>3</sup> /s)
<b>BASSINS URBAINS</b>							
U-01	1,311	0,02	1,03	156,891	0,9	40,63	13,32
U-02	0,641	0,02	0,72			50,00	8,01
U-03	0,25	0,02	0,45			65,71	4,11
U-04	0,329	0,04	0,36			74,18	6,10
U-05	0,56	0,06	0,39			71,51	10,01
U-06	0,212	0,02	0,41			68,92	3,65
U-06+U-02	0,853	0,02	0,83			46,03	9,82
U-07	0,112	0,02	0,30			82,93	2,32
<b>BASSINS PERIURBAINS</b>							
BV 1	2,122	0,05	0,83	156,891	0,4	46,09	10,87
BV 2	1,311	0,04	0,73			49,68	7,24

Tableau 2. Calcul des diamètres nominaux

Nom BV	Q <sub>(100)</sub> (m <sup>3</sup> /s)	I (pente)	Ks	Φ calculé (m)	Φ nominales (mm)	S(m <sup>2</sup> )	Qps(m <sup>3</sup> /s)	Vps(m/s)
<b>BASSINS URBAINS</b>								
U-01	13,32	0,03	60	1,56	1800	2,54	19,67	7,73
U-02	8,01			1,29	1500	1,77	12,10	6,85
U-03	4,11			1,00	1200	1,13	6,67	5,90
U-04	6,1			1,16	1500	1,77	12,10	6,85
U-05	10,01			1,40	1800	2,54	19,67	7,73
U-06	3,65			0,96	1200	1,13	6,67	5,90
U-06+U-02	9,82			1,39	1500	1,77	12,10	6,85
U-07	2,32			0,81	1000	0,79	4,10	5,22
<b>BASSINS PERIURBAINS</b>								
BV 1	10,89	0,03	70	1,44	1800	2,54	26,05	10,24
BV 2	7,24			1,24	1500	1,77	12,10	6,85

Tableau 3. Conditions d'auto curage

	<b>Q/Qps = 0.1</b>	<b>V&gt;0.6m/s</b>	<b>Q/Qps = 0.01</b>	<b>V&gt;0.3m/s</b>
Nom BV	<b>V= 0.638×Vps</b>		<b>V= 0.315×Vps</b>	
<b>BASSINS URBAINS</b>				
U-01	4,93	vérifié	2,43	vérifié
U-02	4,37	vérifié	2,16	vérifié
U-03	3,76	vérifié	1,86	vérifié
U-04	4,37	vérifié	2,16	vérifié
U-05	4,93	vérifié	2,43	vérifié
U-06	3,76	vérifié	1,86	vérifié
U-06+U-02	4,37	vérifié	2,16	vérifié
U-07	3,33	vérifié	1,65	vérifié
<b>BASSINS PERIURBAINS</b>				
BV 1	6,53	vérifié	3,22	vérifié
BV 2	4,37	vérifié	2,16	vérifié

**ANNEXE 5**



**Figure 1. Pose de voie, ligne 1, tramway de Constantine**

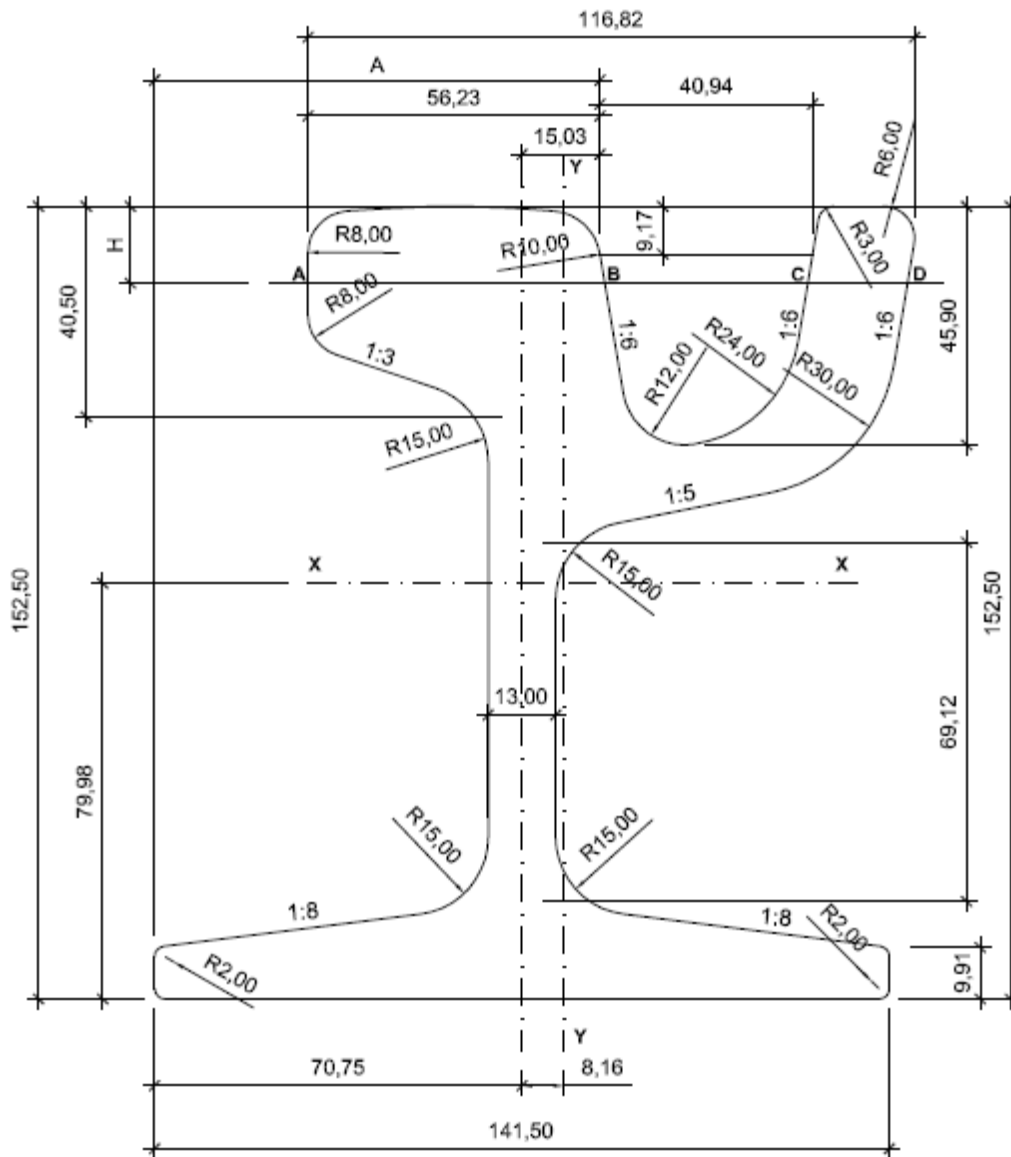
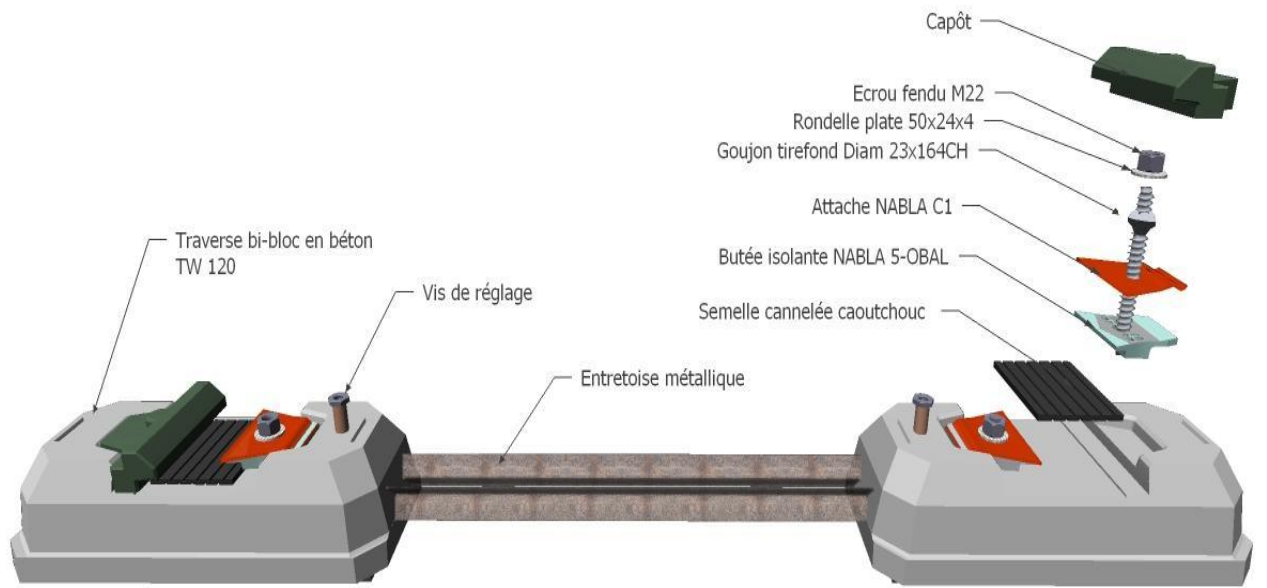


Figure 2. Détails de rail à gorge 55G2



**Figure 3. Détails de système d'attache Nabra**