République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État Filière :
Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de base

Thème

Étude en APD du dédoublement de la ligne minière Est – section Nord Annaba Bouchegouf tronçon : du PK 21+000 au PK 36+000 avec conception de la gare « Drean »

Présenté par :
- **SOBHI Houssem**
- **OURANADER Zied Moncef**

Encadré par :
- **Mr. OURANADER Yassine**

Co-Encadré par :
- **Mr. HAMADI Kamel**

Promotion 2023 / 2024

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

REMERCIEMENT :

Nous souhaitons d'abord exprimer notre gratitude envers Dieu pour nous avoir maintenus en bonne santé et permis de mener à bien ce modeste projet de fin d'études.

Nos remerciements les plus sincères vont à nos parents, source infinie d'amour et de soutien, qui nous ont toujours appuyés dans nos études et encouragés à les achever.

Nous tenons à remercier notre encadrant, M. OURANADER Yassin et M. HAMADI Kamel, pour leurs confiances et leurs acceptations de superviser ce mémoire. Nous sommes également reconnaissants envers M. MORSLI Rabah et M. OURANADER Siradj abd Raouf pour leurs précieux conseils et orientations.

Nous adressons nos remerciements à tous les enseignants et à toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à notre formation depuis nos premières lettres.

Enfin, nous remercions tous nos collègues. Nous avons eu la chance de rencontrer des amis formidables qui nous ont soutenus et encouragés durant ces trois années.

Nos remerciements vont aussi aux responsables du département DIB pour leur disponibilité et leur gentillesse.

Zied & Houssem

DEDICACE

Au nom d'ALLAH, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux, Je remercie ALLAH Tout-Puissant de m'avoir permis de réaliser ce travail modeste. J'exprime également ma profonde gratitude envers ma mère et mon père, qui m'ont toujours soutenu et encouragé dans l'atteinte de cet objectif.

Je dédie ce mémoire humble à tous ceux qui ont généreusement consacré leur temps pour mon bonheur et ma réussite. À ceux qui me sont les plus chers et proches, incarnant le courage et la tendresse : ma précieuse mère "Linda" et mon cher père "Aziz". À mon frère "Aymen" et ma sœur "Amel". À toute ma famille "SOBHI" et "MAOUI" sans exception. À tous mes amis, qu'ils soient de l'école ou d'ailleurs. Et en particulier :

À mon encadrant "M. OURANADER Yassine". Aux ingénieurs "REBAI Daoud" et "Mekita Takieddine Isak", ainsi qu'à tout le personnel de l'ANESRIF AOZ et AB.

DEDICACE

Au nom d'ALLAH, Je rends grâce au Tout-Puissant pour m'avoir accordé la possibilité d'accomplir ce travail humble. Je souhaite exprimer ma sincère reconnaissance envers mes parents, qui ont constamment soutenu et encouragé mes aspirations.

Je dédie ce modeste mémoire à tous ceux qui ont généreusement offert leur temps pour contribuer à mon bonheur et à mon succès. À ma chère mère, Djamila, et à mon cher père et mon encadrant, Yassine, symboles de courage et de bienveillance. À mes frères Raouf et ma sœur Maria, ainsi qu'à toute ma famille de OURANADER et de MIHOUB, sans exception. Mes amis, qu'ils soient de l'école ou d'autres horizons, méritent également ma gratitude.

En particulier, je tiens à remercier L'IMAM de la mosquée EL QUODS BOUSSATHA Ali et tous les gens de cette mosquée, ainsi que les ingénieurs Daoud Rebai et Mekita Takieddine Isak, et tout le personnel de l'ANESRIF AOZ et AB sans oublier M SOBHI Aziz.

Résumé

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude de la ligne minière Est – section Nord Annaba Bouchegouf tronçon : du PK 21+000 au PK 36+000.

Cette liaison stratégique aura un impact économique important et diminuera la charge sur le transport routier spécialement la **RN16** (sachant que notre pays souffre énormément des problèmes de trafic), et aussi permet d'offrir les meilleurs services pour le transport des personnes et des marchandises.

L'identification des caractéristiques techniques les plus appropriées pour la ligne ferroviaire projetée sera basée sur les recommandations ainsi que les pratiques qui sont suivies par la **SNTF** et les autres systèmes ferroviaires plus développés (normes **UIC**), la modélisation géométrique du projet a été exécutée sous logiciel COVADIS.

ملخص

يتمثل هذا المشروع أساساً في دراسة إزدواجية و عصرنة الخط المنجمي الشرقي - القسم الشمالي عنابة بوشقوف . الجزء: من النقطة الكيلومترية 21+000 إلى النقطة الكيلومترية 36+000.

سيكون لهذا الربط الاستراتيجي تأثير اقتصادي كبير وسيخفف العبء على النقل الطرقي، خاصةً الطريق الوطني رقم16 (مع العلم أن بلادنا تعاني بشدة من مشاكل المرور) ، كما سيسمح بتقديم أفضل الخدمات لنقل الأشخاص والبضائع.

سيتم تحديد الخصائص التقنية الأكثر ملاءمة لخط السكك الحديدية المقترح بناءً على التوصيات والممارسات التي تم .(UIC معايير) والأنظمة الحديدية الأخرى الأكثر تطو ر اً (SNTF) تتبعها الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع باستخدام برنامج Covadis.

Abstract

The present project essentially consists of studying the eastern mining line – northern section Annaba Bouchegouf segment : from PK 21+000 to PK 36+000.

This strategic link will have a significant economic impact and will reduce the load on road transport, especially the RN16 (knowing that our country suffers greatly from traffic problems), and will also allow for offering the best services for the transport of people and goods.

The identification of the most appropriate technical characteristics for the proposed railway line will be based on the recommendations as well as practices followed by the SNTF and other more developed railway systems (UIC standards). The geometric modeling of the project was carried out using COVADIS software.

SOMMAIRE

I. PRESENTATION DE PROJET : 3

I.1 INTRODUCTION : 3
I.2 PRESENTATION DU SITE : 3
I.2.1 Climat : 4
I.2.2 Sismicité : 4
I.3 PRESENTATION DU PROJET : 4
I.3.1 TRANSPORT (ROUTES) : 5
I.3.2 CARACTERISTIQUES DE BASE : 5
I.3.3 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA LIGNE : 6

II. TRACE EN PLAN 7

II.1 INTRODUCTION : 7
II.2 CONDITIONS ET REGLES DE TRACE : 7
II.3 LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN : 8
II.3.1 Alignements (R=∞) 8
II.3.2 Les courbes circulaires 8
II.3.3 La courbe de raccordement 8
II.4 VITESSE DE REFERENCE : 9
II.5 LE DEVERS : 9
II.5.1 Dévers théorique : 10
II.5.2 Le Dévers pratique : 10
II.6 DEVERS MAXIMUM ADMISSIBLE DMAX : 11
II.7 L'INSUFFISANCE DE DEVERS « I » : 11
II.8 L'EXCES DE DEVERS « E » : 12
II.9 RACCORDEMENT DE DEVERS : 12
II.9.1 La variation de dévers par rapport aux longueurs « dddl *» :* 13
II.9.2 La variation de dévers par rapport au temps « dddt*» :* 13
*II.9.3 La variation de l'insuffisance par rapport au temps «*dldt *» :* 13
II.10 LIMITE DA LA VARIATION DE DEVERS : 13
II.11 LIMITE DE LA VARIATION DE L'INSUFFISANCE DE DEVERS : 14
II.12 LES DOUCINES : 15
II.13 LONGUEUR MINIMALE DES ELEMENTS DE TRACE : 15
II.13.1 Courbes avec RP et doucines : 15
II.13.2 Courbes avec RP sans doucines : 15
II.13.3 Courbes sans RP : 16
II.14 LA LONGUEUR DE LA COURBE DE RACCORDEMENT PROGRESSIF: 16
II.15 DETERMINATION DU RAYON MINIMALE (RMIN) : 16
II.16 APPLICATION AU PROJET : 17
II.16.1 Calcule de Longueur minimal des alignements et courbes : 17
II.16.2 Calcul de rayon minimal selon la méthode française SNTF : 18
II.17 CONCLUSION : 23

III. PROFIL EN LONG : 25

III.1 INTRODUCTION : 25
III.2 ÉLEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG : 25
III.3 DECLIVITE : 25
III.4 LONGUEUR MINIMALE DES ELEMENTS DU PROFIL EN LONG : 26
III.5 RACCORDEMENTS CIRCULAIRES EN PROFIL EN LONG. 27
III.6 COORDINATION PROFIL EN LONG-TRACE EN PLAN : 28
III.7 CONCLUSION : 28

IV. ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE : 29

IV.1 INTRODUCTION : 29
IV.2 ETUDE HYDROLOGIQUE : 29
IV.2.1 PRESENTATION GENERALE : 29
IV.2.2 CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES : 30
IV.2.2.1 Températures : 30
IV.2.2.2 Humidité (les zones bioclimatiques) : 30
IV.2.2.3 Pluies annuelles : 31

IV.2.2.4 Précipitations Journalières : 33
IV.2.3 Bassins versants : 34
IV.2.3.1 Caractéristiques géomorphologiques : 34
IV.2.3.2 Calcul du débit des bassins versants (Méthode rationnelle) : 38
IV.2.3.3 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle 39
IV.2.3.4 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques : 39
IV.3 OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT LONGITUDINAUX : 43
IV.3.1 Dimensionnement des fosses : 43
IV.3.1.1 Calcule des débits d'apports : 43
IV.3.1.2 Debit de saturation : 44
V. ÉTUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE 46
V.1 INTRODUCTION : 46
V.2 L'ETUDE GEOLOGIQUES : 46
V.2.1 Introductions : 46
V.2.2 Contexte géologique régional : 46
V.2.2.1 Climat du site 47
V.2.2.2 Sismicité du site 47
V.3 ÉTUDE GEOTECHNIQUE : 47
V.3.1 Introduction : 47
V.3.2 Programme d'investigation géotechnique : 47
V.3.3 Essais in-situ : 48
V.3.4 Essai de laboratoire : 49
V.3.5 Les résultats des essais au laboratoire : 49
V.3.6 Lithologie affecter dans le couloir : 54
V.3.7 Contraintes Géotechniques : 54
V.4 UTILISATION DES MATERIAUX POUR LE REMBLAI : 57
VI. ASSISE FERROVIAIRE 60
VI.1 STRUCTURE D'ASSISE ET DIMENSIONEMENT DE LA COUCHE DE LA PLATEFORME FERROVIAIRE : 60
VI.1.1 CLASSIFICATION DU SOL SUPPORT UIC 60
VI.1.2 METHODE DE DIMENSIONNEMENT ADOPTEE 60
VI.1.3 CALCUL D'EPAISSEUR MINIMAL D'APRES LA FICHE UIC 719 R : 61
VI.1.4 EXIGENCES SUR LES CONSTITUANTS DE L'ASSISE 62
VI.1.4.1 Ballast : 62
VI.1.4.2 Couche de sous ballast 63
VI.1.4.3 Couche de fondation 63
VI.1.4.4 Couche de forme de qualité S3 63
VII. PROFIL EN TRAVERS : 64
VII.1 INTRODUCTION : 64
VII.2 PROFIL EN TRAVERS TYPE : 64
VII.3 PROFIL EN TRAVERS COURANT : 64
VII.4 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS : 64
VII.5 STRUCTURE DE LA VOIE FERREE : 64
VII.5.1 La Plate-forme : 64
VII.5.2 Profil type de notre projet : 64
VIII. TERRASSEMENT 66
VIII.1 DEFINITION : 66
VIII.2 STABILITE DE TALUS : 66
VIII.2.1 Application 67
VIII.2.1.1 Cas de Remblais : 67
VIII.2.1.2 Cas de déblais : 67
VIII.2.1.3 Interprétation : 69
VIII.2.1.4 Solutions possibles : 69
VIII.3 CALCULE DES CUBATURES : 70
VIII.3.1 OUVRAGE D'ART 70
VIII.3.1.1 Introduction : 70
VIII.3.1.2 Les croisements avec la route : 71
VIII.3.1.3 Liste des réseau divers rencontré dans le tracé : 71
VIII.3.1.4 Les ouvrages de notre projet : 72
VIII.4 CONCLUSION : 73
IX. LA SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE 74

IX.1 INTRODUCTION : 74
IX.2 CATEGORIES DE LA VOIE : 74
IX.3 LA SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE: 74
IX.3.1 Les Rails : 74
IX.3.2 Le type des rail : 74
IX.4 LA SUPERSTRUCTURE POUR NOTRE PROJET : 75
IX.4.1 ÉCARTEMENT DES RAILS : 76
IX.4.2 INCLINAISON DU RAIL : 76
IX.4.3 CONTRE-RAIL : 77
IX.4.4 ASSEMBLAGE DES RAILS : 77
IX.4.5 LES TRAVERSES : 78
IX.4.6 LES ATTACHES TRAVERS-RAIL : 80
IX.4.6.1 Fixation rigide : 80
IX.4.6.2 Fixation élastique : 80
IX.4.7 ROLE D'ATTACHE : 80
IX.5 LES APPAREILS DE VOIE : 81
IX.5.1 Définition : 81
IX.5.2 Types d'appareils de voie : 81

X. BIBLIOGRAPHICAL RESEARCH: 83

X.1 THE EVOLUTION OF OPTIMAL RAILWAY SHAPES: 83
X.2 PRIMARY WHEEL PROFILE IDEAS AND THE REASONING BEHIND THEM: 83
X.3 CONCLUSION: 88

XI. CONCEPTION DE LA GARE FERROVIAIRE DE DREAN : 89

XI.1 INTRODUCTION : 89
XI.2 AMENAGEMENT D'UNE GARE VOYAGEUR : 89
XI.2.1 DIMENSIONNEMENT DES QUAIS : 89
XI.3 APPAREIL DE VOIE : 91
XI.4 L'IMPLANTATION DES ADVS : 93
XI.4.1 Justificatif du choix d'implantation des ADVs de notre projet : 93
XI.4.1.1 Trace en plan : 93
XI.4.1.2 En profil en long : 94
XI.5 FUSEAUX DE VOIE : 95
XI.5.1 POUR LA GEOMETRIE DES VOIES : 95
XI.5.2 LA LONGUEUR UTILE : 95
XI.5.3 GARAGE FRANC : 96
XI.5.4 VOIE D'HEURTOIR : 97
XI.6 PROFILE EN TRAVERS : 98

XII. DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT DE LA GARE 100

XII.1 INTRODUCTION : 100
XII.2 CONSIDERATION GENERALES ET CONCEPTION DU SYSTEME : 100
XII.3 CALCULE DES DEBITES AFFLUENTES AU SYSTEME DE DRAINAGE LONGITUDINAL : 100
$\boldsymbol{Q = 0.278CIS}$ 100
XII.4 DIMENSIONNEMENT DES DIFFERENTS ORGANES : 101
XII.4.1 Dimensionnement des drains : 101
XII.4.2 Dimensionnement des Collecteurs : 103
XII.5 BASSIN DE DECANTATION : 104
XII.6 CONCLUSION : 104

XIII. SIGNALISATION FERROVIAIRE 105

XIII.1 INTRODUCTION : 105
XIII.2 EVOLUTION DES SYSTEMES DE SIGNALISATION : 105
XIII.3 OBJECTIF DE LA SIGNALISATION: 105
XIII.4 DIFFERENTES FONCTIONS DES SIGNAUX : 105
XIII.4.1 Signaux d'arrêt : 105
XIII.4.2 Signaux à distance : 106
XIII.5 IMPLANTATION DES SIGNAUX : 106
XIII.6 TYPES DE SIGNALISATION : 106
Itinéraires de contresens/ 112
XIII.7 PRINCIPE DE BASE DE CANTONNEMENT 113
XIII.7.1 Principe 113
XIII.8 CONCLUSION : 114

XIV. ETUDE DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 115

XIV.1 INTRODUCTION 115
XIV.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT : 115
XIV.3 ANALYSE DE L'ETAT INITIAL : 115
XIV.3.1 Milieu naturel : *115*
XIV.3.2 Milieu humain : *117*
XIV.3.3 Activité économique *117*
XIV.4 IMPACTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT ET MESURES PROPOSEES 118
XIV.5 IDENTIFICATION ET DESCRIPTION DES IMPACTS : 120
XIV.6 CONCLUSION : 120

XV. DEVIS ESTIMATIVE ET CONTITATIVE : 121

XVI. PLANIFICATION DES TERRASSEMENTS 123

XVI.1 INTRODUCTION 123
XVI.2 SECTIONS OBJET DE PLANIFICATION ET LE DECOUPAGE EN TACHES REALISABLES 123
XVI.3 MATERIAUX 123
XVI.4 ESTIMATION DES DUREES 124
XVI.5 PLANNING GANT 125

XVII. CONCLUSION GENERALE : 127

LISTE DES FIGURES

Figure I.I Localisation du projet 3
Figure I.II Etages bioclimatiques de la zone d'étude. 4
Figure I.III Présentation de l'axe de projet sur site. 5
Figure II.I Eléments géométriques de tracé en plan 8
Figure II.II Raccordement de dévers selon la SNTF. 13
Figure III.I Valeur de la déclivité en fonction de sa longueur. 26
Figure IV.I Présentation générale 29
Figure IV.II Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien (La carte au 31
Figure IV.III Extrait de la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord au 1/500 000 Région Est pour le projet de la Ligne Minière, Tronçon Nord Annaba – Bouchegouf et position des postes pluviométriques. 32
Figure IV.IV Ajustement de la pluie annuelle à la loi normale à la station d'Ain Berda 33
Figure IV.V Ajustement des pluies maximales journalières à la loi Gumbel, station d'Ain Berda. 33
Figure IV.VI Partie 1 36
Figure IV.VII Partie 2 36
Figure IV.VIII Partie 3 36
Figure IV.IX Partie 3 37
Figure IV.X fosse de forme trapézoïdale. 43
Figure V.I Tracé du contournement de Drean sur la carte géologique de Drean, au 1/50 000 46
Figure V.II Présentation de la zone inondable. Obtenu par la simulation de l'écoulement (HEC-RAS) 55
Figure V.III Profil transversal du remblai à construire dans zone inondable selon IN3278 56
Figure VI.I L'épaisseur des différentes couches 62
Figure VIII.I Résultats de stabilité dynamique du déblai à court terme 68
Figure VIII.II Résultats de stabilité statique du déblai à long terme 69
Figure IX.I Rail type vignole 75
Figure IX.II La géométrie du rail UIC 60 E1 75
Figure IX.III L'écartement entre les rails 76
Figure IX.IV Un contre-rail dans une partie de croisement 77
Figure IX.V Assemblage des rails par éclissage. 77
Figure IX.VI Les dimensions de traverse 79
Figure IX.VII L'attache de type NABLA. 80
Figure IX.VIII Appareil de vois -système de branchement simple. 81
Figure IX.IX Schéma illustrative de l'appareil de voie 82
Figure X.I First idea showcase 83
Figure X.II Second idea showcase 84
Figure X.III The issue with having the same diamater wheels go around different sized curves 84
Figure X.IV Sinusoidal wheel movement 85
Figure X.V The positioning of the axle during a turn 85
Figure X.VI Rail profile and its main parts 86
Figure X.VII Rail wear 86
Figure X.VIII Asymmetrical distribution of speed on the surface patch 87
Figure X.IX Creation of "second flange" 87
Figure X.X Rail wear and the convergence of the wheel 88
Figure XI.I Coupe transversale 90
Figure XI.II Longueur utile trains voyageurs 96
Figure XIII.I Espace du cantonnement 113
Figure XIII.II Figure explicatif du principe de cantonnement 113
Figure XIII.III schéma explicatif du principe de fonctionnement du cantonnement 114

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 Les valeurs de la courbure.....9
Tableau II.2 Conditions d'obligation de l'ajout des Rp.....9
Tableau II.3 Conditions de recommandation de l'ajout des Rp.....9
Tableau II.4 Les Valeurs Limite de Devers maximale.....11
Tableau II.5 Les Valeurs Limite L'insuffisance de dévers......11
Tableau II.6 Les Valeurs Limite de l'excès......12
Tableau II.7 Limite de la variation de devers.....14
Tableau II.8 Variation d'insuffisance de dévers par rapport au temps......15
Tableau II.9 Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes entre milieu de doucines.....15
Tableau II.10 Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes :.....16
Tableau II.11 Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes :.....16
Tableau II.12 Les valeurs calculées pour notre projet respectent les valeurs limites exigées (selon SNTF)..17
Tableau II.13 Calcul des rayons de projet :.....24
Tableau III.1 Valeurs de la longueur minimale des éléments (Source SNTF).....27
Tableau III.2 les valeurs du rayon minimal Selon la SNTF.....27
Tableau IV.1 Moyenne annuelles et mensuelles des températures au niveau des.....30
Tableau IV.2: Caractéristiques des stations hydroclimatiques utilisées dans le calcul hydrologique.....31
Tableau IV.3 valeurs des pluies annuelles selon les fréquences choisies......32
Tableau IV.4 valeurs des pluies journalières selon les fréquences choisies......33
Tableau IV.5 récapitulatif des caractéristiques géomorphologiques des bassins versants.....34
Tableau IV.6 valeurs du paramètre « a » de la zone de Annaba.....38
Tableau IV.7 Valeurs de Ks selon SETRA.....40
Tableau IV.8 Tableau Récuputilatif de l'étude hydrologique et hydrologie.....43
Tableau IV.9 Surfaces des sous bassins versants......44
Tableau IV.10 Débit d'apport.....44
Tableau IV.11 Dimensionnement du fossé proposé......45
Tableau V.1 Programme d'investigation géotechnique......48
Tableau V.2 L'ensemble des essais in-situ prévus pour le lot de la voie :.....48
Tableau V.3 les différentes essaies au laboratoire......49
Tableau V.4 Résultat des essaies physique et mécanique sur les puits de reconnaissance.....51
Tableau V.5 Résultat des analyses chimique sur les puits de reconnaissance.....52
Tableau V.6 Résultat des essaies physique et mécanique et chimique sur les sondages carottés.....53
Tableau V.7 Résultats du calcul de l'NPHE+0.5.....55
Tableau V.8 Tableau de calcul NPHE+0.5 des OA's.....56
Tableau V.9 Gites d'emprunt avec coordonnées.....57
Tableau VI.1 détermination de la classe de portance de la plate-forme (Fiche UIC 719)......60
Tableau VI.2 épaisseur des composantes de la nature d'assise.....62
Tableau VI.3 Fuseau granulométrique pour ballast (NFP 53-695).....62
Tableau VIII.1 Données géotechniques et piézométriques utilisées pour le calcul de la stabilité.....68
Tableau VIII.2 Résultats de calcul de stabilité.....69
Tableau VIII.3 Récapitulatif des volumes de terrassement......70
Tableau VIII.4 Récapitulatif des volumes des couches d'assises......70
Tableau VIII.5 Liste des déviations de route/passage supérieur de notre projet......71
Tableau VIII.6 Liste des contraintes de notre projet......72
Tableau VIII.7 Liste des ouvrages d'art de notre projet......72
Tableau VIII.8 Tableau des zones de cisaillement.....72
Tableau IX.1 Caractéristiques géométriques et mécaniques de rail UIC 60 E1.....76
Tableau IX.2 Type de branchement en fonction de domaines d'emplois......82
Tableau IX.3 Les caractéristiques géométriques des appareils de voie......82
Tableau XI.1 Dimensionnement des quais.....89
Tableau XI.2 L'implantation topographique des quais :.....91
Tableau XII.1 Les caractéristiques des sous-bassins versants pour dimensionner les drains.....100
Tableau XII.2 Les caractéristiques des sous-bassins versants pour dimensionner les collecteurs.....101
Tableau XII.3 Dimensions des drains avec la vérification des conditions d'autocurage.....102
Tableau XII.4 Dimensions des Collecteurs et vérification des conditions d'autocurage.....103
Tableau XIII.1 Liste des signaux lumineux avec leur signal mécanique et description.....107
Tableau XIV.1 Impacts du projet sur l'environnement et mesures proposées.....118
Tableau XVI.1 Les matériaux et opération utilisés et réalisé phase terrassement.....123
Tableau XVI.2 Les matériaux et opération utilisés et réalisé phase OH.....124
Tableau XVI.3 Estimation des durés pour les terrassements.....124
Tableau XVI.4 Estimation des durés pour OH.....124
Tableau XVI.5 Estimation des durés pour les murs en ailes (têtes coté amont/aval).....125

INTRODUCTION GENERALE :

INTRODUCTION GENERALE :

Au **XVIIe** siècle, l'exploitation des carrières et des mines a conduit à l'invention d'un nouveau moyen de transport. Les mineurs à cette époque utilisèrent en effet des barres de guidage en bois pour faire glisser les chariots chargés de matériaux, avant d'adopter par la suite des rails métalliques, la traction était généralement assurée par les chevaux.

La modernisation de ce système a donné lieu à la naissance du réseau ferroviaire et l'apparition du premier moyen de traction qui est la **« locomotive à vapeur ».** Cette innovation a garanti la liberté de déplacement des personnes et des biens, ce qui assure le développement économique, et participe au raffermissement des liens d'amitié et de fraternité entre les peuples.

Le transport ferroviaire produit de multiples bénéfices. Indéniablement, les avantages économiques les plus évidents et les plus significatifs sont le gain de temps, la réduction des coûts de transport et l'extension de la portée du travail et des achats, le transport d'un grand nombre de passagers et de marchandises, le poids important dans une flotte de très longues distances, sa capacité de transport de masse (marchandises et passagers) suscite la réduction de la congestion dans les zones urbaines, en offrant des choix de grand développement pour les passagers suburbains, les passagers interurbains et le transport de produits de base.

Le système comprend l'infrastructure et la superstructure. L'infrastructure est la plateforme de la voie ferrée portant la voie, le matériel roulant, et les procédures de gestion et d'exploitation **« signalisation, postes d'aiguillage, caténaires…ect »,** tandis que la superstructure est constituée par la voie ferrée proprement dite les rails et les traverses.

Sur le plan environnemental, le transport ferroviaire est actuellement le mode de transport le moins polluant dans les émissions de **dioxyde de carbone** et la consommation d'énergie par rapport aux autres moyens de transport.

Ces grands projets qui auront inévitablement des répercussions positives sur le développement des pays, surtout sur le plan économique et social.

Au niveau national, il convient de rappeler que le programme de développement des transports ferroviaires en Algérie est un secteur vital, qui enregistrait des déficits dans le domaine des infrastructures de transport, expliquant l'insuffisance des besoins de mobilité de la population.

L'Algérie a un plan ambitieux avec un budget de plus de **1000 milliards dinars** pour financer des projets dans le cadre des programmes spéciaux des Hauts plateaux et des régions du sud, qui vont changer la carte du réseau ferré national, À l'achèvement de l'ensemble du plan ferroviaire national, la longueur totale des voies atteindra **12500 km.**

Le programme ferroviaire national s'articule autour de plusieurs axes de développement :

Axe 01 : la rocade ferroviaire nord et ses dessertes.

Axe 02 : la rocade ferroviaire des hauts plateaux.

Axe 03 : ligne minière.

Axe 04 : pénétrante ouest.

Axe 05 : pénétrante EL GOURZI (au nord) – HASSI MESSAOUD (au sud).

Axe 06 : boucle sud-ouest.

Le projet vise à relier la ville de ANNABA de la Wilaya de ANNABA à la ville de BOUCHEGOUF de la wilaya de GUELMA qui rentre dans le cadre de dédoublement de la rocade ferroviaire EST (Annaba – Souk-Ahras – Tébessa – Djebel-Onk) et ses interconnexions.

Ce thème a été proposé par **la Société Techniques de L'Ingénierie de Rail « SETI-RAIL »** qui présente le bureau d'étude chargé de l'étude de ce projet assez important.

Les principaux acteurs de ce projet sont listés dans le tableau ci-dessous :

Entité		logos
Maitre d'Ouvrage	- **ANESRIF**	ANESRIF
Maitre d'œuvre	**Groupement SSSL :** - **SETS (Chef de file)** - **SEATI** - **SIDEM** - **LCTP**	SETS SAETI SIDEM L.C.T.P
Entreprises de réalisation	**Groupement GFBA :** - **COSIDER TP (Chef de file)** - **COSIDER OA** - **INFRARAIL** - **ENGOA** - **SERO Est** - **INFRAFER** - **GCB**	GFBA

CHAPITRE I :

PRESENTATION DE PROJET

I. PRESENTATION DE PROJET :

I.1 INTRODUCTION :

Le transport ferroviaire est une partie fondamentale des besoins des gens, notre projet consiste essentiellement à l'étude avant-projet détaillé **(APD)** d'un tronçon de **15 km** du dédoublement de la ligne ferroviaire « **ANNABA – BOUCHEGOUF »,** dans le cadre de développement de l'axe de la rocade ferroviaire de l'est.

Cette liaison stratégique permet de faciliter le transport de marchandise (transport de phosphate) vers le port de Annaba pour rendre l'économie plus fluide et en même temps cette liaison diversifie les transports communs des voyageurs.

La ligne **« ANNABA – BOUCHEGOUF »** est un linéaire de **56** kilomètres pour un trafic mixte à une vitesse maximale de **120 km/h** pour les trains de voyageurs et de **80 km/h** pour les trains de marchandises.

I.2 PRESENTATION DU SITE :

Dans le cadre de son programme pour le développement des transports ferroviaires inscrit au plan Quinquennal de l'année 2014, du secteur du transport de l'Etat Algérien, l'ANESRIF restructure le réseau ferroviaire national en modernisant la ligne minière ferroviaire (Annaba – Souk-Ahras – Tébessa – Djebel-Onk) et ses interconnexions. Pour l'augmentation des capacités du système ferroviaire Est, dont les principes généraux ont été largement débattus lors des différents entretiens avec les services concernés et les autorités compétentes, il parait utile à ce stade d'apporter un certain nombre de précisions et éclaircissements susceptibles de contribuer à la mise à niveau de la ligne en précisant le contenu et les modalités du développement de ces capacités pour les porter à environ 14 Millions de tonnes par an vers 2016 et 23 Millions de tonnes par an vers 2020.

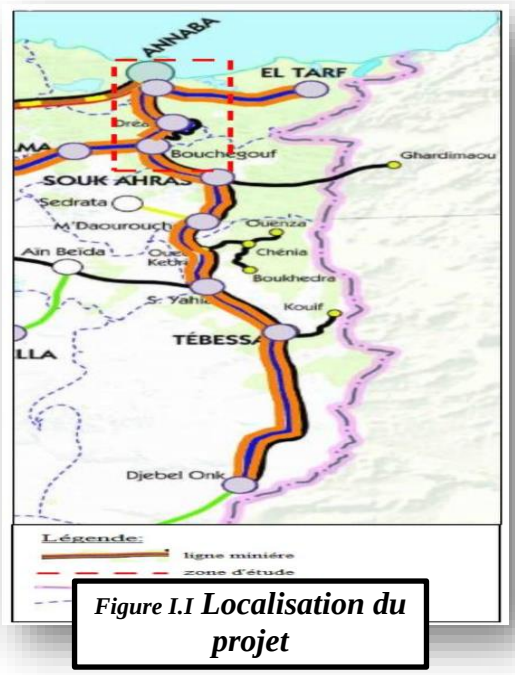


Figure I.1 ***Localisation du projet***

Dans la présente étude le tronçon qui sera étudié est : Annaba – Bouchegouf.

La ligne ferroviaire Annaba Tébessa appelée ligne minière situé à l'Est Algérien et qui traverse 5 wilaya : Annaba- El Taref- Guelma- Souk Ahras et Tébessa a été conçue pour le transport du minerai de fer des mines de l'Ouenza et de Boukhadra pour être exporté au départ du port de Annaba et le phosphate de la mine d'El-Kouif, puis à la suite de l'épuisement de cette dernière et la découverte et la mise en exploitation du gisement de phosphate du Djebel Onk, le prolongement de la ligne fut réalisée jusqu'à cette dernière localité et ce à la veille de l'indépendance de l'Algérie.

I.2.1 Climat :

La région d'étude, appartient à la région de Drean, située dans la wilaya de Taref, appartient au domaine bioclimatique humide à subhumide. Elle est caractérisée par des précipitations relativement abondantes, favorisant un développement végétal dense et diversifié. Les hivers y sont doux et humides, tandis que les étés sont modérément chauds et secs. Ces conditions climatiques permettent la culture de diverses plantes, y compris celles nécessitant une humidité régulière.

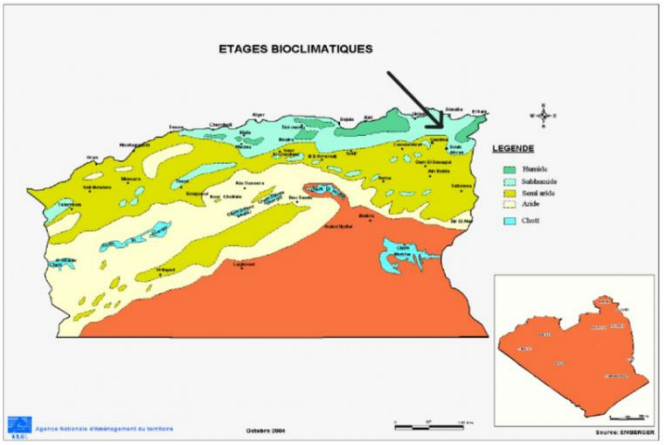


Figure I.II Etages bioclimatiques de la zone d'étude.

I.2.2 Sismicité :

D'après le RPOA2008 / version 2008 du ministère des travaux publics les règles parasismiques applicables au domaine des ouvrages d'art, Le document technique réglementaire cité ci-avant divise le territoire algérien en **5 zones** de sismicité croissante. La wilaya de ANNABA et EL TARF sont classées **zone « I »** ; c'est-à-dire **zone à sismicité faible.**

I.3 PRESENTATION DU PROJET :

Nous vous présentons dans ce travail notre thème de **Projet de Fin Études**, une étude en Avant-Projet détaillé « **APD »,** d'un dédoublement de la ligne ferroviaire reliant les villes **« ANNABA – BOUCHEGOUF »**, le tronçon étudié de ce projet commence à partir du **PK 21+000** jusqu'au **PK 36+000** sur un linéaire pour un transport mixte (voyageur, marchandise) d'environ **15 km** avec la conception de la gare voyageur de DREAN du **PK 25+600** au **PK 26+975.**

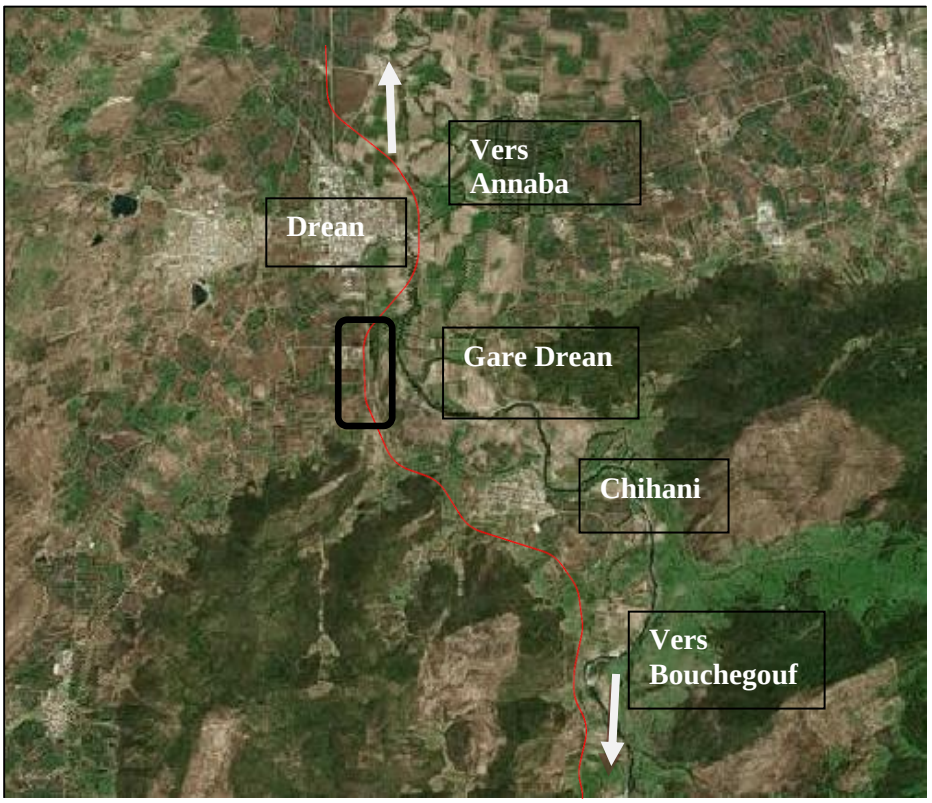


Figure I.III Présentation de l'axe de projet sur site.

I.3.1 TRANSPORT (ROUTES) :

Le réseau routier **« ANNABA-BOUCHEGOUF »** qui bénéficieront de la mise en œuvre de ce projet est composé essentiellement de :

- Route national **RN16** qui relie ANNABA vers TOUGOURT.
- Route national **RN16A** qui relie DREAN vers OUED FRAGHA.

I.3.2 CARACTERISTIQUES DE BASE :

Cette ligne est conçue comme une ligne mixte avec des caractéristiques de base comme suit :

- Caractéristiques géométriques selon le référentiel **SNTF** et les normes, **UIC et IN00272**.
- La longueur totale de projet est de **15 kilomètres.**
- Vitesse de tracé : **Vv =120 km/h – Vm =80km/h.**
- La gare de Drean est une gare mixte (voyageur/marchandise).

I.3.3 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA LIGNE :

- Écartement standard (1 435 mm en alignement).
- Charge à l'essieu : Infrastructure : 22,5 T Ouvrage d'art : 25,0 T
- Le rail utilisé sera du type 60 E1 (60,21 kg/m).
- Gabarit d'obstacle : selon UIC (y compris caténaire en 25 KV)
- Mode de traction : diesel / électrique
- Signalisation de type BAL.
- Électrification en 25 KV / 50 Hz
- La ligne ne comprend aucun passage à niveau. (Vv =120 km/h)
- Les traverses utilisées sont des traverses bi-bloc type V.A.X. U31.
- Entre axe : 5 m. (voie dédoublée tout en assurant la circulation des trains sur la voie existante lors des travaux)

CHAPITRE II : TRACE EN PLAN

II. TRACE EN PLAN

II.1 INTRODUCTION :

Le plan de la voie ferrée est une représentation orthogonale de tous les points sur un plan horizontal. Il se compose généralement d'une série de lignes droites et d'arcs de cercle reliés par des courbes de transition progressive. L'analyse géométrique du tracé vise à assurer un roulement optimal et sécurisé des véhicules. Dans le domaine ferroviaire, on distingue deux vitesses principales :

$\mathbf{V_v}$: vitesse des trains rapides (voyageurs).

$\mathbf{V_m}$: vitesse des trains lents (marchandises).

II.2 CONDITIONS ET REGLES DE TRACE :

Pour faire un tracé économique et technique, on doit respecter les règles suivantes :

- Comme c'est une étude APD on ne doit pas sortir du couloir choisi.
- Utiliser le maximum d'alignements droit (le plus petit AD dans notre projet est de 66 m).
- Tenter d'éviter le croisement des oueds et des routes autant que possible, ce qui impliquerait la construction d'ouvrages d'art. Si cela est inévitable, le franchissement se fera perpendiculairement à la direction d'écoulement ou à partir des points les plus étroits.
- Eviter le maximum les propriétés privées.
- Respecter les règlements recommandés par le réferentiel SNTF et la norme UIC.
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer les volumes des terrassements.
- Eviter le passage sur les zones de grande importance.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques et géotechniques.

II.3 LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

Un tracé en plan est constitué de trois éléments géométriques :

Une droite, un arc de cercle et une courbe de raccordement

- Alignement : R=∞
- Arc de cercle : R = Constante
- Courbe de raccordement : R =variable

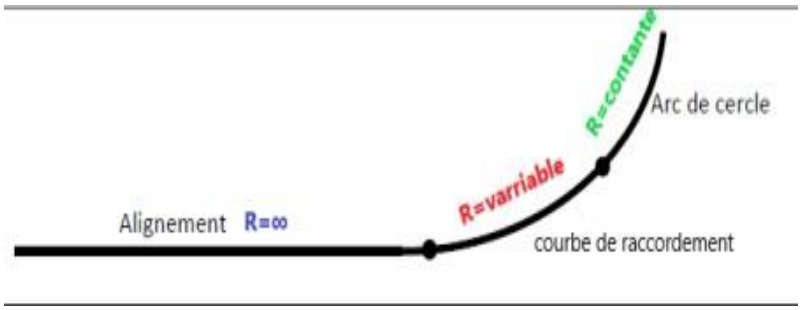


Figure II.I Eléments géométriques de tracé en plan

II.3.1 Alignements (R=∞)

C'est l'élément le plus simple et le plus favorable à l'exploitation, il représente le meilleur tracé qui convient aux voies ferrées sur le plan technique (la force centrifuge est nulle)

II.3.2 Les courbes circulaires

Dans les endroits où la topographie ne permet pas de réaliser les alignements, on a recours au raccordement circulaire ou le rayon sera le plus grand possible et sa valeur minimale.

II.3.3 La courbe de raccordement

C'est un élément géométrique qui assure le raccordement entre l'alignement et l'arc de cercle, dont la courbure varie progressivement d'un rayon R=∞ à la fin de l'alignement jusqu'à une valeur R constante au début de l'arc de cercle. Dans notre projet on a utilisé le raccordement progressif type clothoïde.

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par le calcul de la courbure **Δc :**

Tableau II.1 Les valeurs de la courbure

Alignement-courbe	**$\Delta c = 1000/R$**
Deux courbes de même sens avec $R_1 \neq R_2$	**$\Delta c = 1000/R_1 - 1000/R_2$**
Une courbe et contre courbe	**$\Delta c = 1000/R_1 + 1000/R_2$**

Tableau II.2 Conditions d'obligation de l'ajout des Rp

V≤ 100 km/h	**Δc > 9000/Vmax2**
100<V≤ 160 km/h	**Δc > 7000/Vmax2**
V >160km/h	**Δc > 4000/Vmax2**

Tableau II.3 Conditions de recommandation de l'ajout des Rp

Pour une vitesse	**Δc > 2000/Vmax2**

II.4 VITESSE DE REFERENCE :

La voie sera conçue pour accueillir un trafic mixte voyageurs et fret circulant aux vitesses projetées apparaissant ci-dessous :

Tableau II.5 les vitesses que le maitre d'ouvrage exige dans notre projet.

Pour les trains rapide (voyageurs)	**V=120 km/h**
Pour les trains des marchandises	**V=80 km/h**

II.5 LE DEVERS :

Le dévers représente la variation d'altitude entre les deux rails à un point donné de la voie. En courbe, les rails sont posés en dévers lorsque le rail extérieur (de grand rayon) est surélevé par rapport au rail intérieur (de petit rayon). Cette surélévation aide à compenser une partie de la force centrifuge qui pousse les trains vers l'extérieur de la courbe circulaire.

II.5.1 Dévers théorique :

Pour une vitesse V du train on établit le dévers nécessaire qui peut assurer **la stabilité sur la voie** et **le confort des voyageurs** (éliminations complètes de la force centrifuge).

La Formule pratique suivante :

$$dth = \frac{11.8 * V^2}{R}$$

- $\mathbf{d_{th}}$: dévers théorique en (mm).
- **V :** vitesse de train en (Km/h).
- **R :** rayon de courbe en (m).

II.5.2 Le Dévers pratique :

Le choix du dévers à mettre en voie est un compromis, car il doit permettre la circulation dans des conditions normales de sécurité et de confort, aussi bien des trains rapides de voyageurs que des trains lents de marchandise.

Ce dévers donné à la voie est appelé dévers pratique. Le dévers pratique se calcule par :

$$d_p = \frac{1000 * C}{R}$$

- **dp :** dévers pratique en (mm)
- **R :** rayon en (m).
- **C :** coefficient de dévers.

Selon le réglement **SNCF IN 00272** pour les voies ≤ **220 Km/h**. On peut calculer le coefficient de dévers avec l'expression suivantes :

$C = 0.006 \times \boldsymbol{V}v^2$ et : $\mathbf{d_p} = \frac{\mathbf{1000 * C}}{\boldsymbol{R}} \leq \mathbf{dp\ (max)}$

Ce dévers donné à la voie est en général compris entre : $\mathbf{0,\ 5d_{th} \leq\ dp \leq\ 0.7d_{th}}$

- **C :** doit être un multiple de **15.**
- **Vv :** la vitesse du train le plus rapide (voyageurs) exprimé en (km/h).

II.6 DEVERS MAXIMUM ADMISSIBLE DMAX :

Le dévers maximum est limité afin de ne pas perturber le confort des voyageurs et d'éviter le déplacement de marchandises lors de l'arrêt impromptu du train fret dans une courbe.

Tableau II.4 Les Valeurs Limite de Devers maximale

	Selon le référentiel SNTF	Selon la norme UIC
Valeur normale	160 mm	120 mm
Valeur maximale	/	150 mm
Valeur exceptionnelle	180 mm	160 mm

- **Remarque** : Pour notre projet la valeur de dévers maximum est selon le référentiel **SNTF.**

II.7 L'INSUFFISANCE DE DEVERS « I » :

C'est la différence entre le dévers théorique qui assure l'équilibre de train rapide et le dévers pratique, ce qui donne des efforts transversaux non compensés qui peuvent présenter un danger, c'est pourquoi la valeur de cette différence de dévers doit être limitée, on l'appelle l'insuffisance maximale.

Insuffisance de divers est exprimée par la formule :

$$I = d_{th(v)} - d_p$$

$$I = \frac{11.8 * Vv^2}{R} - d_p \leq Imax$$

- **I** : L'insuffisance de dévers (mm).
- $D_{th(v)}$: le dévers théorique des trains(voyageur) rapide (mm).
- **dp** : dévers pratique (mm).

Tableau II.5 Les Valeurs Limite L'insuffisance de dévers.

	Selon le référentiel SNTF	Selon la norme UIC
Valeur normale	150 mm	100 mm
Valeur maximale	/	120 mm
Valeur exceptionnelle	160 mm	150 mm

- **Remarque** : Pour notre projet la valeur du dévers maximum est selon le référentiel **SNTF.**

II.8 L'EXCES DE DEVERS « E » :

Le dévers théorique des trains de marchandises est inférieur au dévers pratique (dth < dp), ce type de train exerce sur la voie des efforts transversaux dirigés vers l'intérieur de la courbe.

Excès de divers est exprimé par la formule :

$$\mathbf{E = dp - dth(m) \rightarrow E = dp - \frac{11.8 * V_m^2}{R} < Emax}$$

- **E :** L'excès de dévers en (mm).
- **$D_{th(m)}$:** le dévers théorique des trains (marchandise) lent.
- **dp** : dévers pratique en (mm).

Tableau II.6 Les Valeurs Limite de l'excès.

	Selon le référentiel SNTF	**Selon la norme UIC**
Valeur normale	110 mm	70 mm
Valeur maximale	/	90 mm
Valeur exceptionnelle	130 mm	110 mm

Remarque : -Puisqu'il s'agit d'une ligne de grande charge de transport, on adopte E_{max}=70 mm selon UIC.

-Pour notre projet la valeur de dévers maximum est selon le référentiel **SNTF.**

II.9 RACCORDEMENT DE DEVERS :

Le passage d'un dévers nul en alignement à un dévers prévu en pleine courbe doit se faire d'une façon progressive pour conserver le confort des passagers et éviter la fatigue du matériel.

Cette progression se fait sur une longueur appelée « rampe de dévers », cette variation est accompagnée aussi de la variation de l'insuffisance et de l'excès de dévers. Son exécution se fait par la surélévation progressive du rail extérieur par rapport au rail intérieur.

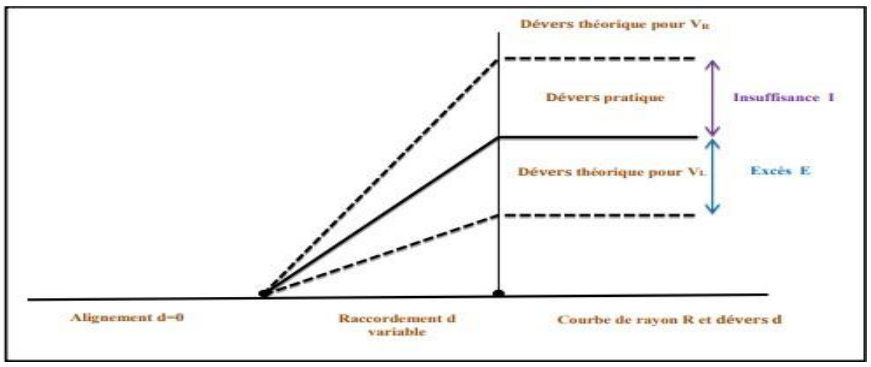


Figure II.II Raccordement de dévers selon le référentiel SNTF.

II.9.1 La variation de dévers par rapport aux longueurs « $\frac{d_d}{d_l}$ » :

La variation du dévers sur la longueur est constante sur toute la longueur de la rampe de dévers, et cela pour des raisons de facilité de pose, de contrôle et d'entretien. Cette variation est donnée par la formule suivante :

$$\frac{d_d}{d_l} = \frac{d_p}{L_{rp}}$$

II.9.2 La variation de dévers par rapport au temps « $\frac{d_d}{d_t}$» :

La variation du devers dans le temps est aussi limitée par une valeur maximale. Cette variation est donnée par la formule suivante :

$$\frac{dd}{dt} = \frac{dp * Vmax}{3.6 * Lrp}$$

II.9.3 La variation de l'insuffisance par rapport au temps «$\frac{d_l}{d_t}$» :

La variation du devers dans le temps est aussi limitée par une valeur maximale. Cette variation est donnée par la formule suivante :

$$\frac{d_l}{d_t} = \frac{I * V_{max}}{3.6 * L_{rp}}$$

II.10 LIMITE DA LA VARIATION DE DEVERS :

La variation de devers doits satisfaire les conditions suivantes :

Tableau II.7 Limite de la variation de devers

	Limite de la variation de devers par rapport à la longueur « $^{dd}/_{dl}$ »	Limite de la variation de devers par rapport au temps « $\frac{dd}{dt}$ »
Valeur maximale Normal	$\frac{180}{Vv}$	50 mm/s
Valeur maximale Exceptionnelle	$\frac{216}{Vv}$	60 mm/s

II.11 LIMITE DE LA VARIATION DE L'INSUFFISANCE DE DEVERS :

Lors du passage d'un train d'un alignement à la pleine courbe et si la vitesse du train est supérieure à la vitesse d'équilibre, le voyageur va subir peu à peu l'action de la force centrifuge non compensée dû à l'insuffisance de dévers. Le taux de variation d'insuffisance de dévers doit être limité pour permettre une adaptation progressive et si possible inconsciente du voyageur à ces effets.

La variation d'insuffisance de dévers se détermine par la formule :

- $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I \times V}{3.6 \times LRP}$ dans un RP entre alignement et courbe.
- $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{|I1 - I2| \times V}{3.6 \times LRP}$ dans un RP entre deux courbes de même sens.
- $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{|I1 + I2| \times V}{3.6 \times LRP}$ dans un RP entre deux courbes de sens contraire.

Avec : $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ = variation d'insuffisance de dévers (en mm/s).

- **I** = Insuffisance dans la pleine courbe (en mm).
- $\mathbf{I_1}$ = Insuffisance dans la courbe amont (en mm).
- $\mathbf{I_2}$ = Insuffisance dans la courbe aval (en mm).
- **V** = Vitesse du mouvement (en km/h),
- $\mathbf{L_{RP}}$ = Longueur du RP (en m).

Pour le mouvement le plus rapide, les valeurs limites sont :

Tableau II.8 Variation d'insuffisance de dévers par rapport au temps.

Valeur limite normale	**75 mm/s**
Valeur limite exceptionnelle	**90 mm/s**

II.12 LES DOUCINES :

Lorsque la vitesse des trains de voyageurs est **supérieure** ou égale à **60 km/h** et la variation de devers significative supérieur à **60/v** il est nécessaire d'insérer des doucines axées sur les extrémités des RP (raccordement progressive).

II.13 LONGUEUR MINIMALE DES ELEMENTS DE TRACE :

Les éléments de tracé (alignement et courbe) doivent avoir une longueur géométrique supérieur aux longueurs minimales, cette dernière varie selon l'ajout des doucines et des rayons progressifs.

II.13.1 Courbes avec RP et doucines :

Les doucines ont des longueurs normales comprises entre **30 et 40 m.** La longueur minimale peut-être exceptionnellement abaissée à **20 m.**

.

Tableau II.9 Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes entre milieu de doucines

Valeur limite normale	$\frac{Vmax}{2}$
Valeur limite exceptionnelle	$\frac{Vmax}{3}$

- **La longueur minimale des RP est de 60 m et exceptionnellement 50 m, pour l'insertion des doucines et pour bourrage.**

II.13.2 Courbes avec RP sans doucines :

Tableau II.10 Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes :

Valeur limite normale	$\frac{Vmax}{3}$
Valeur limite exceptionnelle	$\frac{Vmax}{5}$

- **Dans ce cas la longueur minimale des RP est de 30 m pour le bourrage.**

II.13.3 Courbes sans RP :

Tableau II.11 Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes :

Valeur limite normale	$\frac{Vmax}{2}$
Valeur limite exceptionnelle	$\frac{Vmax}{3}$

II.14 LA LONGUEUR DE LA COURBE DE RACCORDEMENT PROGRESSIF :

La longueur d'une courbe de raccordement progressif est définie par les caractéristiques limites suivantes à ne pas dépasser :

- Taux de variation de dévers en fonction de la longueur**.**
- Taux de variation de dévers en fonction du temps.
- Taux de variation de l'insuffisance de dévers en fonction du temps**.**

NB : La longueur du raccordement progressif doit être un multiple de 10 pour faciliter les travaux de la pose de voie.

II.15 DETERMINATION DU RAYON MINIMALE (R_{MIN}) :

Le rayon minimum admissible dépend de la vitesse du projet, il est limité pour assurer**, le confort des voyageurs** et **éviter que les efforts transversaux** sur la voie ne soient trop importants.

Le rayon minimum (normal et exceptionnel), sera défini à partir de l'insuffisance de dévers admissible pour les vitesses maximales et à partir de l'excès de dévers pour les vitesses minimales sans que le dévers maximum ne soit dépassé.

Le rayon minimum est calculé par les formule suivante :

$$d(\text{Rmin}) = \frac{\text{Emax} * \text{Vmax}^2 + \text{Imax} * \text{Vmin}^2}{\text{Vmax}^2 - \text{Vmin}^2}$$

$$\text{Rmin (m)} = \frac{11.8\ \text{Vmax}^2}{d(\text{Rmin}) + \text{Imax}}$$

Avec :

- **R** : Rayon de courbe (m).
- **V :** Vitesse (km/h).
- **I :** Insuffisance de dévers (mm).
- **E :** Excès de dévers (mm).
- $\mathbf{d_{(Rmin)}}$ **:** Dévers associer au rayon minimal (mm).

II.16 APPLICATION AU PROJET :

Tableau II.12 Les valeurs calculées pour notre projet respectent les valeurs limites exigées (selon le référentiel SNTF)

Paramètres	Valeur limite normale	Valeur-limite exceptionnelle
La variation de dévers par rapport aux longueur	$\frac{180}{V_V} = 1.5\ mm/m$	$\frac{216}{V_V} = 1.8\ mm/m$
La variation de dévers par rapport au temps	50 mm/s	60 mm/s
La variation de l'insuffisance de dévers	75 mm/s	90 mm/s

II.16.1 Calcule de Longueur minimal des alignements et courbes :

Etant donné que le projet subira la création des doucines.

- La valeur de la longueur minimale est donnée par :

Formule de : L_{min}	Application numérique	Résultat
Lmin = Vmax/ 2 (cas normale) Lmin = Vmax / 3 (cas exceptionnelle)	120 / 2 120 / 3	60 m 40 m

II.16.2 Calcul du rayon minimal selon le référentiel SNTF :

.

- La valeur du rayon minimal est donnée par :

Formule de : **Rmin**	**Application numérique**	**Résultat et arrondissement**
$\frac{\mathbf{11.8 \times Vmax^2}}{\mathbf{d(Rmin) + Imax}}$	$\frac{11.8 \times 120^2}{160 + 150}$	548,12 m on choisit R_{min} = **600 m**

- Le coefficient de dévers est donné par :

Formule de :C	**Application numérique**	**Résultat et vérification**
$\mathbf{C = 0.006 \times Vv^2}$	$C = 0.006 \times 120^2 = 86,4$	‘’**C**’’ est doit être multiple de **15 C = 90**

- **Vérification de l’emploi de RP :**

Δc=1000/R=1.66 ➔ $7000/V_{max}^2$ =0.48< 1.66➔ **un RP est obligatoire.**

<u>Application au projet pour R = 1000 m</u>

- **Vérification de l’emploi de RP :**

Δc=1000/R= 1> $7000/V_{max}^2$ =0.48< 1 ➔ un RP est obligatoire.

- **Devers Pratique :**

$dp = \frac{1000*90}{1000} = 90\ mm \leq 160mm$ ➔ vérifié.

On prend **dp=90mm**

- **Devers théorique (T. Voyageur) :**

Formule de : $d_{th\,V}$	Application numérique	Résultat
$\frac{11.8 * Vv^2}{R}$	$\frac{11.8 * 120^2}{1000}$	169.92mm

- **Devers théorique (T. marchandise) :**

Formule de : $d_{th\,m}$	Application numérique	Résultat
$\frac{11.8 * Vm^2}{R}$	$\frac{11.8 * 80^2}{1000}$	75.52mm

- **L'insuffisance et l'excès :**

Formule de : Insuffisance	Application numérique	Résultat et vérification
$I=d_{th(v)} - d_p$	169.92-90	79.92mm ≤ 150mm
Formule de : Excès	**Application numérique**	**Résultat et vérification**
$E=dp- dth(m)$	90 – 75.52	14.48mm ≤ 70mm

- **Calcule de la longueur du raccordement progressif :**

- Condition 01 :

Formule de : Lrp_{min}	Application numérique	Résultat et arrondi
$LRP_{min} \geq$ dp/dd/dl	$LRPmin \geq \frac{90}{\frac{180}{120}}$	$60m$ On prend **LRP=90m**

- Condition 2 :

Formule de : d_d/d_t	Application numérique	Résultat et vérification
$\frac{d_d}{d_t} = \frac{d_p * V_{max}}{3.6 * L_{rp}}$	$\frac{90 * 120}{3.6 * 90}$	$33.33mm/s \leq 50mm/s$

- Condition 3 : **(**Pour un alignement-courbe)

Formule de : $\frac{\Delta I}{\Delta t}$	Application numérique	Résultat et vérification
$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I * V_{max}}{3.6 * L_{rp}}$	$\frac{94.4 * 120}{3.6 * 90}$	$34.96mm/s \leq 75mm/s$

NB : On a pris la valeur 90m comme longueur pour la clothoïde pour montrer que la variation optimale du dévers est de 1mm/m.

Application au projet pour R = 600 Courbe en S

- **Vérification de l'emploi de RP :**

$\Delta c = 1000/R_1 + 1000/R_2 = 3.33$ ➔ $7000/V_{max}^2 = 0.48 < 3.33$ ➔ un Rp est obligatoire.

- **Devers Pratique :**

Puisque c'est le rayon minimum on prend dp=160mm

- **Devers théorique (T. Voyageur) :**

Formule de : $d_{th\ V}$	Application numérique	Résultat
$\frac{11.8 * Vv^2}{R}$	$\frac{11.8 * 120^2}{600}$	283.2mm

- **Devers théorique (T.marchandise) :**

Formule de : $d_{th\ m}$	Application numérique	Résultat
$\frac{11.8 * Vm^2}{R}$	$\frac{11.8 * 80^2}{600}$	125.86mm

- **L'insuffisance et l'excès :**

Formule de : Insuffisance	Application numérique	Résultat et vérification
$I=d_{th(v)} - d_p$	283.26-160	123.26mm ≤ 150mm ➔ on retient 150mm.
Formule de : Excès	**Application numérique**	**Résultat et vérification**
E=dp- dth(m)	160– 125.86	34.14mm ≤ 70mm

- **Calcule de la longueur du raccordement progressif :**

- Condition 01 :

Formule de : Lrp_{min}	Application numérique	Résultat et arrondi
LRP_{min} ≥ dp/dd/dl	LRPmin ≥ $\frac{160}{1.5}$	106.6m On prend **LRP=110m**

- Condition 2 :

Formule de : d_d/d_t	Application numérique	Résultat et vérification
$\frac{d_d}{d_t} = \frac{d_p * V_{max}}{3.6 * L_{rp}}$	$\frac{160 * 120}{3.6 * 110}$	$48.48mm/s \leq 50mm/s$

- Condition 3 : **(**Pour une courbe en S)

Formule de : $\frac{\Delta I}{\Delta t}$	Application numérique	Résultat et vérification
$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{(I_1 + I_2) * V_{max}}{3.6 * L_{rp}}$	$\frac{300 * 120}{3.6 * 220}$	$45.45mm/s \leq 75mm/s$

<u>Application au projet pour R = 350m à vitesse réduite :</u>

Due au fait de l'existence d'un pont autoroutier au PK 27+275 on est obligé de passer avec un rayon de 350m avec une vitesse réduite, les calculs des différents paramètres sont comme suit :

- **Vitesse :**

$$V_{max}= \sqrt{\frac{(d_p+I)R}{11.8}} \rightarrow \sqrt{\frac{(160+150)350}{11.8}} = 95.89 \text{ km/h}$$

⇨ On fixe la vitesse à une valeur de **95km/h**.

- **Vérification de l'emploi de RP :**

$\Delta c = 1000/R = 2.857$

$7000/V_{max}^2 = 0.77 < 2.857$

➔ **un RP est obligatoire.**

- **Devers théorique (T. Voyageur) :**

Formule de : $d_{th\,V}$	Application numérique	Résultat
$\frac{11.8 * Vv^2}{R}$	$\frac{11.8 * 95^2}{350}$	304.27mm

- **Devers théorique (T. Marchandise) :**

Formule de : $d_{th\,m}$	Application numérique	Résultat
$\frac{11.8 * Vm^2}{R}$	$\frac{11.8 * 80^2}{350}$	215.77mm

- **L'insuffisance et l'excès :**

Formule de : Insuffisance	Application numérique	Résultat et vérification
$I=d_{th(v)} - d_p$	304.27-160	144.27mm ≤ 150mm ➔ on retient 150mm
Formule de : Excès	**Application numérique**	**Résultat et vérification**
$E=dp- dth(m)$	160– 215.77	-55.77mm ≤ 70mm

NB : Puisque la valeur de l'excès est **négative**, pratiquement il n'existe pas, cela n'empêche pas que le train marchandise de rouler normalement. Théoriquement il y a une valeur d'insuffisance mais en réalité elle n'aura aucune influence.

➢ **Calcule de la longueur du raccordement progressif :**

- Condition 01 :

Formule de : Lrp_{min}	**Application numérique**	**Résultat et arrondi**
$LRP_{min} \geq$ dp/dd/dl	LRPmin ≥ 160/(180/95)	$84.44m$ On prend **LRP=90m**

➢ Condition 2 :

Formule de : d_d/d_t	**Application numérique**	**Résultat et vérification**
$\frac{d_d}{d_t} = \frac{d_p * V_{max}}{3.6 * L_{rp}}$	$\frac{160 * 95}{3.6 * 90}$	$46.91mm/s \leq 50mm/s$

➢ Condition 3 : **(**Pour un alignement-courbe)

Formule de : $\frac{\Delta I}{\Delta t}$	**Application numérique**	**Résultat et vérification**
$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I * V_{max}}{3.6 * L_{rp}}$	$\frac{150 * 95}{3.6 * 90}$	$43.98mm/s \leq 75mm/s$

Remarque : La longueur du rayon est de 43.21m qui est exceptionnel par rapport aux valeurs normales :

$$\frac{V_{max}}{3} = 31.66\text{m} < 43.21\text{m} < \frac{V_{max}}{2} = 47.5\text{m}$$

II.17 CONCLUSION :

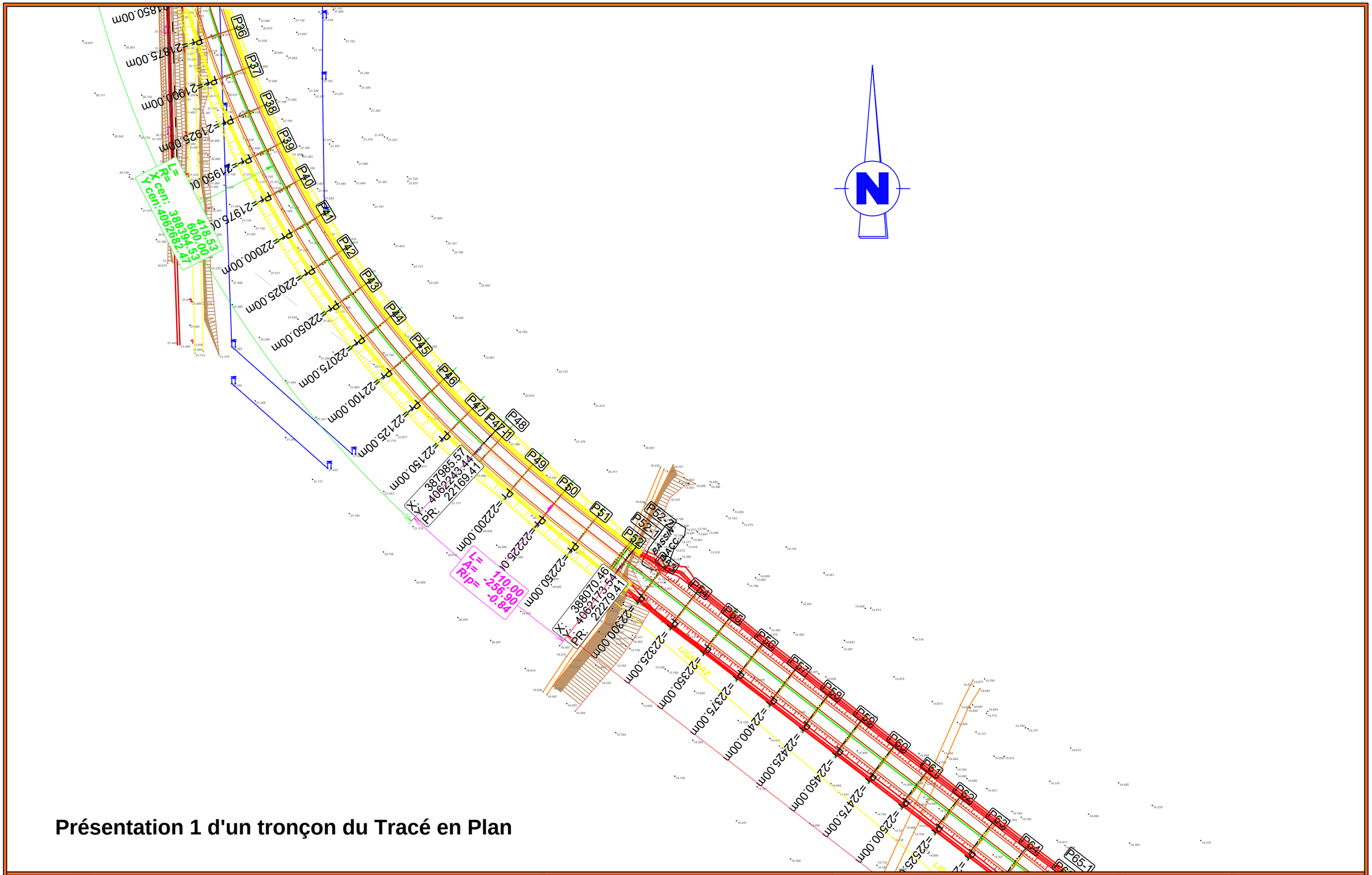
Dans ce chapitre nous avons débuté l'étude géométrique du tracé de notre projet et on l'a réalisé à l'aide du logiciel **AUTOCAD** at **COVADIS (présentation)**, vous trouverez les rayons importants dans le projet dans la page suivante :

Tableau II.13 Calcul des rayons de projet :

Rayon (m)	Obligation de RP	Dp (mm)	Dth_v (mm)	Dth_m (mm)	I (mm)	E (mm)	Lrp (m)
1) R=600	**Δc = 1.66 > 0.48** **Rp Obligatoire**	160	283.2	125.86	150	34.14	110
2) R= 1000	**Δc = 1 > 0.48** **Rp Obligatoire**	90	169.92	75.52	94.4	14.48	**90**
3) R= 600 en S	**Δc = 3.33> 0.48** **Rp Obligatoire**	160	283.2	125.86	150	34.14	110
4) R = 350m	**Δc = 2.85> 0.77** **Rp Obligatoire**	160	304.27	215.77	150	/	90

Remarque : Dans le rayon 600m de la gare, Pour respecter les règles d'implantation des ADVs et les longueurs utiles nous étions obligés d'utiliser une variation de dévers exceptionnel de $\frac{216}{V}$ pour assurer une longueur d'alignement maximale donc

$L_{rp}=\frac{d_p}{\frac{216}{V_{max}}}=\frac{160}{\frac{216}{120}}=$ 88.88m, donc on retient L_{rp}=90m.

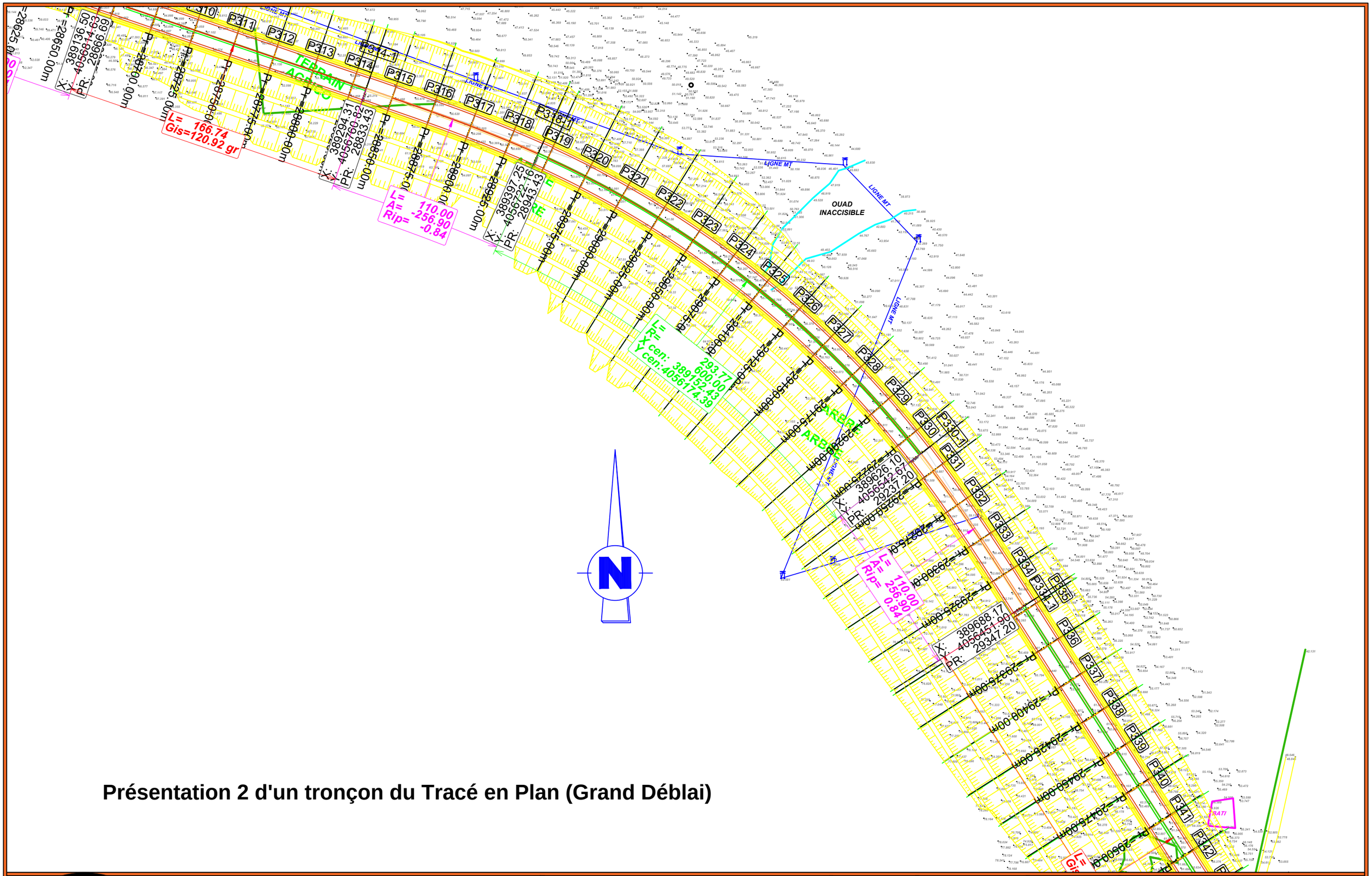


Présentation 1 d'un tronçon du Tracé en Plan

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Built and Ground Works Engineering

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Étude de la ligne minière Est - section Nord Annaba Bouchegouf tronçon : du PK 21+000au PK 36+000avec conception de la gare « Drean »	***OURANADER SOBHI***	***Y.OURANADER Co-Encadré par: K.HAMADI***	1/2000	***01***	2023/2024

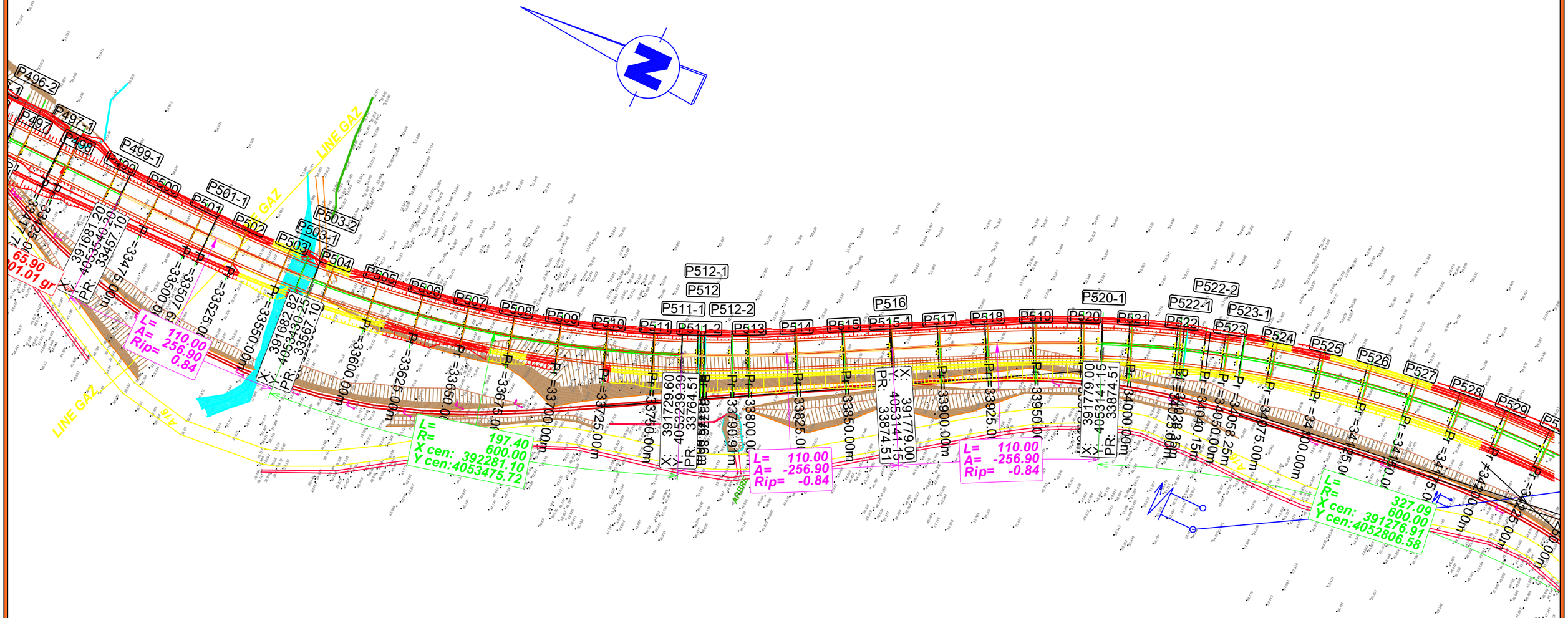


Présentation 2 d'un tronçon du Tracé en Plan (Grand Déblai)

ENSTP
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Built and Ground Works Engineering
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Étude de la ligne minière Est - section Nord Annaba Bouchegouf tronçon : du PK 21+000au PK 36+000avec conception de la gare « Drean »	***OURANADER SOBHI***	***Y.OURANADER Co-Encadré par: K.HAMADI***	1/2000	***02***	2023/2024


P496-2
P497
P497-1
P498
P499
P499-1
P500
P501
P501-1
P502
P503
P503-1
P503-2
P504
P505
P506
P507
P508
P509
P510
P511
P511-1
P511-2
P512
P512-1
P512-2
P513
P514
P515
P516
P515-1
P517
P518
P519
P520
P520-1
P521
P522
P522-1
P522-2
P523
P523-1
P524
P525
P526
P527
P528
P529
LINE GAZ
LINE GAZ
LINE GAZ
391681.20
4053540.20
33457.10
391682.82
4053430.25
33567.10
391729.60
4053239.39
33764.51
391779.00
4053141.15
33874.51
391779.00
4053141.15
33874.51
L= 110.00
A= -256.90
Rip= 0.84
L= 197.40
R= 600.00
X cen: 392281.10
Y cen:4053475.72
L= 110.00
A= -256.90
Rip= -0.84
L= 110.00
A= -256.90
Rip= -0.84
L= 327.09
R= 600.00
X cen: 391276.91
Y cen:4052806.58
ARBRE
ARBRE
ARBRE

CHAPITRE III :
PROFIL EN LONG

III. PROFIL EN LONG :

III.1 INTRODUCTION :

Le profil en long, un élément essentiel dans la conception d'une voie ferrée, se définit comme la projection horizontale de la cote la plus basse des rails (rail intérieur) sur un plan vertical traversant l'axe de la trajectoire.

Il se compose de diverses inclinaisons (pentes et rampes) reliées par des courbes circulaires ou paraboliques en cas de changement de pente, représentant ainsi la ligne directrice du projet.

À chaque point du profil en long, il est nécessaire de déterminer les caractéristiques suivantes :

- L'altitude du terrain naturel.
- L'altitude de projet
- La déclivité du projet ainsi que les distances partielles et cumulées.

III.2 ÉLEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG :

Le profil en long est l'ensemble d'alignements (paliers, pentes et rampes) et de courbes (convexes, concaves) qui représentent la ligne rouge.

Ces éléments constitutifs se définie comme suit :

- **Palier :** c'est la partie de la ligne rouge qui se trouve en horizontale.
- **Rampe :** c'est la partie du tracé qui définit la montée.
- **Pente :** c'est la partie du tracé qui définit la descente.
- **Courbe de raccordement verticale :** c'est des arcs de cercle qui assurent la liaison entre deux éléments de la ligne rouge.

III.3 DECLIVITE :

La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal, elle est dénommée « une pente » pour les descentes et « une rampe » pour les montées.

Ces dernières doivent respectés les recommandations exigées par le référentiel du **SNTF/RFF IN 0272** en raison de sécurité et de confort dont :

- En déclivité de longueur inférieure à **3000 m**, elle ne doit pas dépasser **16‰** et exceptionnellement **18‰.**
- En déclivité de longueur comprise entre **3 000** m et **15 000 m**, elle diminue graduellement pour passer de **16‰** à **13‰,** exceptionnellement de **18‰** à **15‰.**
- En déclivité de longueur supérieure à **15 000 m**, la déclivité ne doit pas dépasser **13‰** et exceptionnellement **15‰.**

La position des droites par rapport au terrain naturel dépend de plusieurs facteurs tel que :

- Eviter les terrassements inutiles.
- Equilibrer les remblais-déblais.
- Dans les zones inondables, il est obligatoire de passer avec un profil en remblais dont la hauteur est supérieure à **NPHE + 0.5m.**
- Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en déclivité.
- Respecter la longueur minimale des éléments de profil en long, afin d'éviter les oscillations des véhicules dues aux variations successives des déclivités.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

La déclivité admise varie en fonction de sa longueur, comme le montre la figure au-dessous :

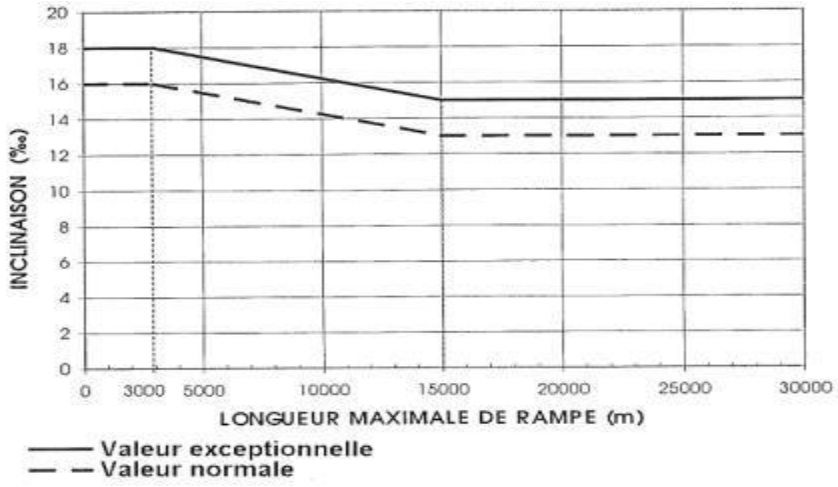


Figure III.I Valeur de la déclivité en fonction de sa longueur.

III.4 LONGUEUR MINIMALE DES ELEMENTS DU PROFIL EN LONG :

Lors du passage du train par deux déclivités successives de sens différents, ce dernier subit deux accélérations verticales brutales qui peuvent provoquer des oscillations très importantes aux véhicules, ce qui représente un malaise aux passagers ainsi que des dégâts possibles aux rails. Donc les éléments de profil en long doivent respecter les longueurs minimales suivantes :

Tableau III.1 Valeurs de la longueur minimale des éléments (Source SNTF)

Valeur minimale normale (m)	$V_{MAX}/2$
Valeur minimale exceptionnelle (m)	$V_{MAX}/2.5$

➢ Pour notre projet, longueur minimale des déclivités est pour **V=120km/h.**

Valeur minimale normale (m)	Lmin = 60m
Valeur minimale exceptionnelle (m)	Lmin = 48m

- **Condition :** La longueur minimale des déclivités **Lmin ≥ 30m.**

III.5 RACCORDEMENTS CIRCULAIRES EN PROFIL EN LONG.

C'est un arc de cercle qui assure la liaison entre deux déclivités de la ligne rouge, il permet d'assurer le confort et la sécurité des voyageurs en réduisant les accélérations centrifuge.

Le rayon minimum adopté pour le profil en long sera également limité pour ne pas dépasser cette accélération à la vitesse maximale de circulation.

Il en résulte ci-dessous les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil, exprimés en mètres, à respecter :

Tableau III.2 les valeurs du rayon minimal Selon la SNTF

Valeur normale (m)	0.35Vmax2
Valeur exceptionnelle (m)	0.25Vmax2
Points particuliers à des vitesses inférieures ou égales à 140 km/h (m)	0.15Vmax2

➢ Pour notre projet le rayon minimal se calculera comme suit :

Valeur normale (m)	Rv=6000 m
Valeur exceptionnelle (m)	Rv=3600 m

III.6 COORDINATION PROFIL EN LONG-TRACE EN PLAN :

Pour assurer une bonne coordination entre le profil en long et le tracé en plan, on doit vérifier certaine condition :

- Un raccordement de profil en long ne doit pas être sur la clothoïde du tracé en plan.
- Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en courbe ou bien en déclivité.

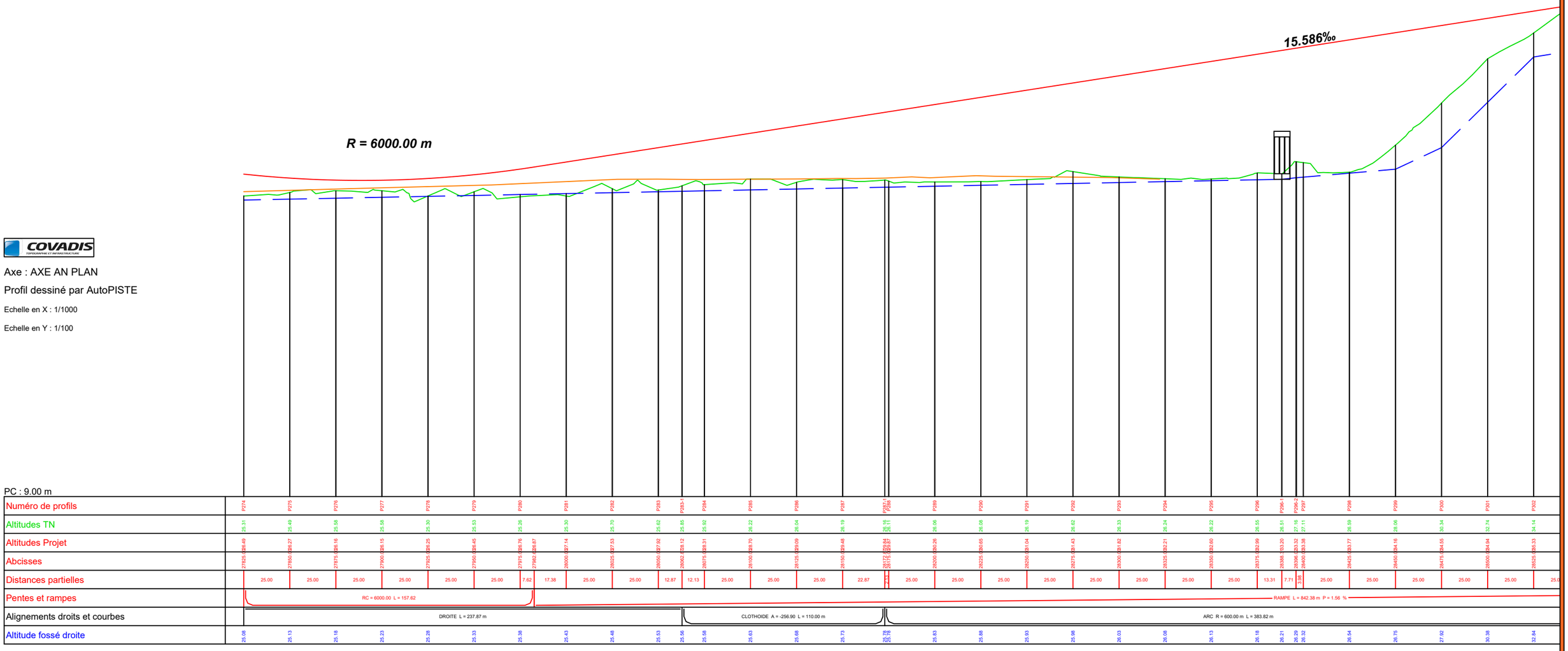
Le respect de ces conditions a pour but de :

- Garantir la sécurité des voyageurs et du matériel roulant
- Offrir du confort aux voyageurs.
- Réduction de l'interaction des accélérations verticales et horizontale

Remarque : Au point de changement de pente lorsque la différence algébrique des déclivités est inférieure à **2.5‰** (peut être portée à **4 ‰**) on ne fait pas le raccordement circulaire. (Norme **NTVB75)**

III.7 CONCLUSION :

Le profil en long est la tâche la plus considérable, par laquelle on peut évaluer un projet ferroviaire, soit sur le plan économique où paraitra l'importance des terrassements, soit sur le plan technique en voyant les déclivités, la coordination entre tracé en plan et profil en long et l'emplacement des gares. **(Présentation)**



COVADIS
TOPOGRAPHIE ET INFRASTRUCTURE

Axe : AXE AN PLAN

Profil dessiné par AutoPISTE

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100

PC : 9.00 m

| | | |

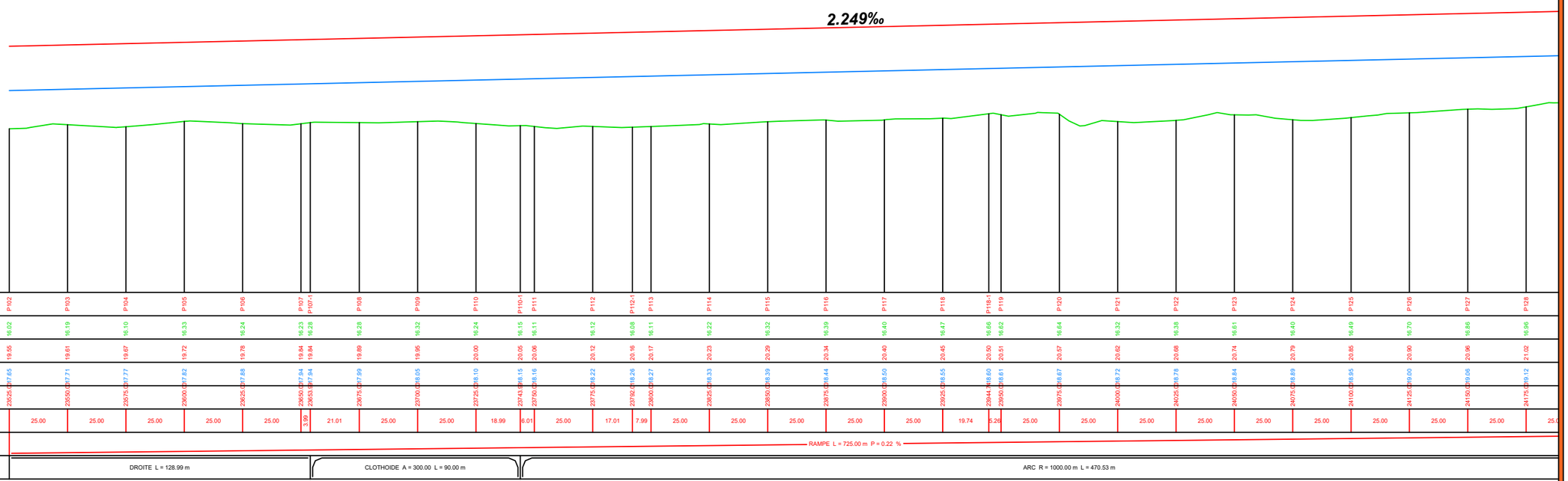
COVADIS
TOPOGRAPHIE ET INFRASTRUCTURE

Axe : AXE AN PLAN

Profil dessiné par AutoPISTE

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100



Présentation 2 d'une partie du Profil en Long (Zone Inondable)

C:\Users\pc\Desktop\cartouches ENSTP\logo.JPG	**Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger** **Fax :** (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz **Tel :** (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz	PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
		Étude de la ligne minière Est - section Nord Annaba Bouchegouf tronçon : du PK 21+000au PK 36+000avec conception de la gare « Drean »	*OURANADER SOBHI*	*Y.OURANADER* *Co-Encadré par:* *K.HAMADI*	1/2000	*01*	2023/2024

CHAPITRE IV :
HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

IV. ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE :

IV.1 Introduction :

La menace des crues majeures est un problème mondial auquel l'Algérie n'échappe pas. Ses conséquences peuvent être désastreuses, engendrant d'importants dégâts matériels et humains. Avec l'essor démographique, économique, urbain, agricole, industriel et touristique, le risque associé aux crues s'est accru de nos jours. En d'autres termes, ce risque de crues majeures en Algérie découle de la présence de cours d'eau susceptibles de déborder lors de précipitations intenses (aléa), ainsi que de biens vulnérables tels que des individus, des bâtiments, des infrastructures et des terres agricoles exposés à ces aléas.

Cette étude a pour but de répondre aux objectifs ci-dessous :

- Identification des bassins traversés par le tracé et leur délimitation, calcul du débit maximal de crue pour différentes périodes de retour.
- Dimensionnement et localisation des ouvrages de drainage transversal nécessaires pour les débits calculés.
- Dimensionnement du drainage longitudinal : caniveaux, regards de visite, conduites…

IV.2 Etude hydrologique :

L'hydrologie explore les eaux terrestres dans toute leur complexité : origines, flux, répartition, caractéristiques physiques et chimiques, interactions environnementales, et impact sur les activités humaines. Elle offre une clé de lecture essentielle pour appréhender les conditions climatiques et les précipitations d'une zone donnée.

IV.2.1 PRESENTATION GENERALE :

La région d'étude se situe à l'extrême Est algérien, sur le territoire de la wilaya d'Annaba, El Taref et Guelma. Elle est limitée au Nord par la mer méditerranée, à l'Ouest par la wilaya de Constantine et de Skikda, au sud et au sud-est par Oum El Bouaghi et Souk Ahras,et à l'Est par la frontière algéro-tunisienne. Du point de vue hydrologique, le projet de la Ligne Minière, Tronçon Chbeita Mokhtar Bouchegouf traverse la partie avale du grand bassin versant de l'oued Seybouse (fig. 01).

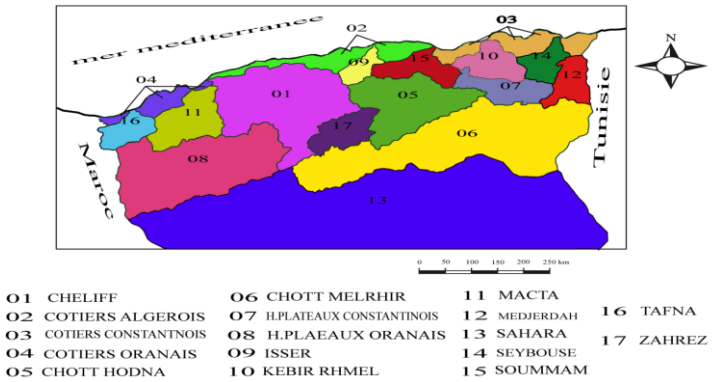


Figure IV.I Présentation générale

IV.2.2 CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES :

IV.2.2.1 Températures :

La région de l'étude est caractérisée par un climat méditerrané avec un été chaud et un hiver froid. Les températures moyennes annuelles oscillent entre 15,6°C et 17,6°C au niveau des deux stations de Guelma et de Souk Ahras, pour la période allant de 1978 jusqu'au 2004. La température moyenne annuelle au niveau de la station d'Annaba est estimée à 17,7°C pour la période de 1972 à 2005.

Tableau IV.1 Moyenne annuelles et mensuelles des températures au niveau des stations d'Annaba, Guelma et Souk Ahras.

Stations	sep	oct	Nov	dec	Jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout	moy
Annaba (1972-2005)	23,1	19,6	15,3	13,0	11,7	11,8	13,1	14,9	18,1	21,8	24,9	25,5	17,7

Source : ONM

Remarque : les températures utilisées dans cette partie ont été utilisées pour caractériser seulement le climat de la zone d'étude et n'entrent dans aucun calcul hydrologique.

IV.2.2.2 Humidité (les zones bioclimatiques) :

La combinaison des précipitations et des températures caractérise le rythme climatique à dominance méditerranéenne régnant à travers l'Est algérien : la saison froide et humide s'oppose à la saison chaude et sèche. Cette dernière s'accroît vers le Sud jusqu'à couvrir les douze mois de l'année en zone aride. Calculée en chaque lieu, cette combinaison pluviothermique permet de définir des domaines bioclimatiques. C'est grâce à un tracé sur un climagramme combinant Q (quotient pluviothermique d'Emberger) en ordonnée et m (moyenne des températures minimales du mois le plus froid) en abscisse, que sont définies les limites entre les quatre grands types de bioclimats méditerranéens :

- Humide (pluviométrie annuelle P supérieure à 900 mm) ;
- Forte humidité de l'air,
- Subhumide (P > 600 mm environ) ;
- Semi-aride (300-350 < P < 550-600 mm, net déficit hydrique) ;
- Subaride (P < 350 mm, nombre de mois secs > nombre mois humides) ;
- Aride (P < 150 mm, 12 mois biologiquement secs).

La carte au 1/ 1000 000 de Côte. M. (1998), réalisée suivant ce principe est corroborée à la connaissance des milieux naturels et particulièrement, des groupements végétaux, est illustrative : brutalité des contrastes et disposition en bandes zonales longitudinales rappellent celles du relief et des précipitations.

D'après cette carte la zone d'étude est caractérisée par un climat humide à subhumide (entre Chbeita Mokhtar et Bouchegouf).

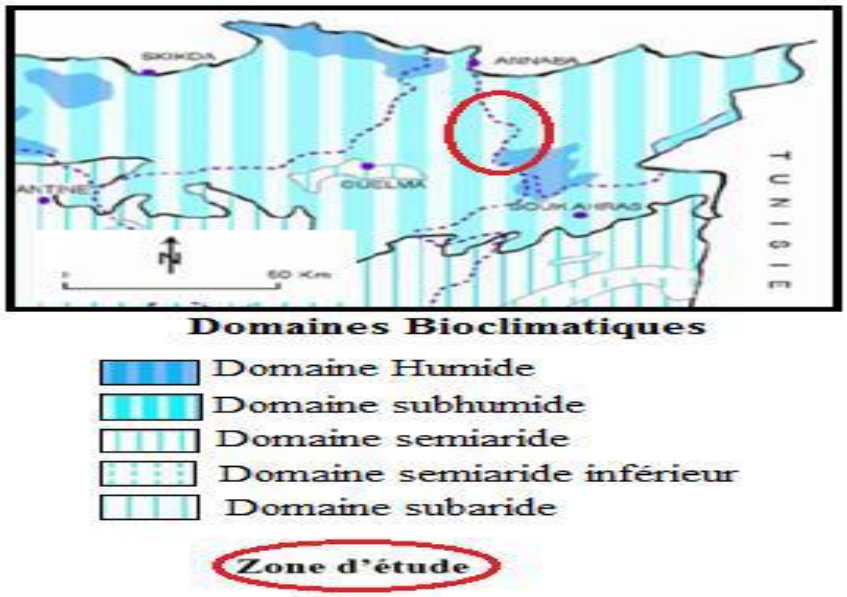


Figure IV.II Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien (La carte au 1/1000 000 établie par Côte. M. en 1998)

Pluviométrie :

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l ' Agence Nationale des Ressources en eau (A.N.R.H). Il s'agit d'observations journalières, à partir desquelles, nous avons reconstitué les valeurs de pluies mensuelles et annuelles.

Les valeurs requises concernent les stations pluviométriques ont été choisies à partir du réseau de surveillance hydroclimatologique distribué sur le territoire national. Il s'agit des stations suivantes :

Tableau IV.2: Caractéristiques des stations hydroclimatiques utilisées dans le calcul hydrologique

Station code	X (m)	Y (m)	Z (m)
Nechmeya	140605	367002	4052174 270
Ain Berda	140606	374726	4061545 73
Boukhamouza	140607	388065	4049354 40
Kef mourad	140611	391007	4062241 19
Pont Buchet	140631	388326	4075744 3

IV.2.2.3 Pluies annuelles :

D'après la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord au 1/500 000 établie par l'A.N.R.H, les valeurs des précipitations varient entre 700 mm et 1000 mm pour la zone touchée par le projet de la Ligne Minière, Tronçon d'Annaba – Bouchegouf.

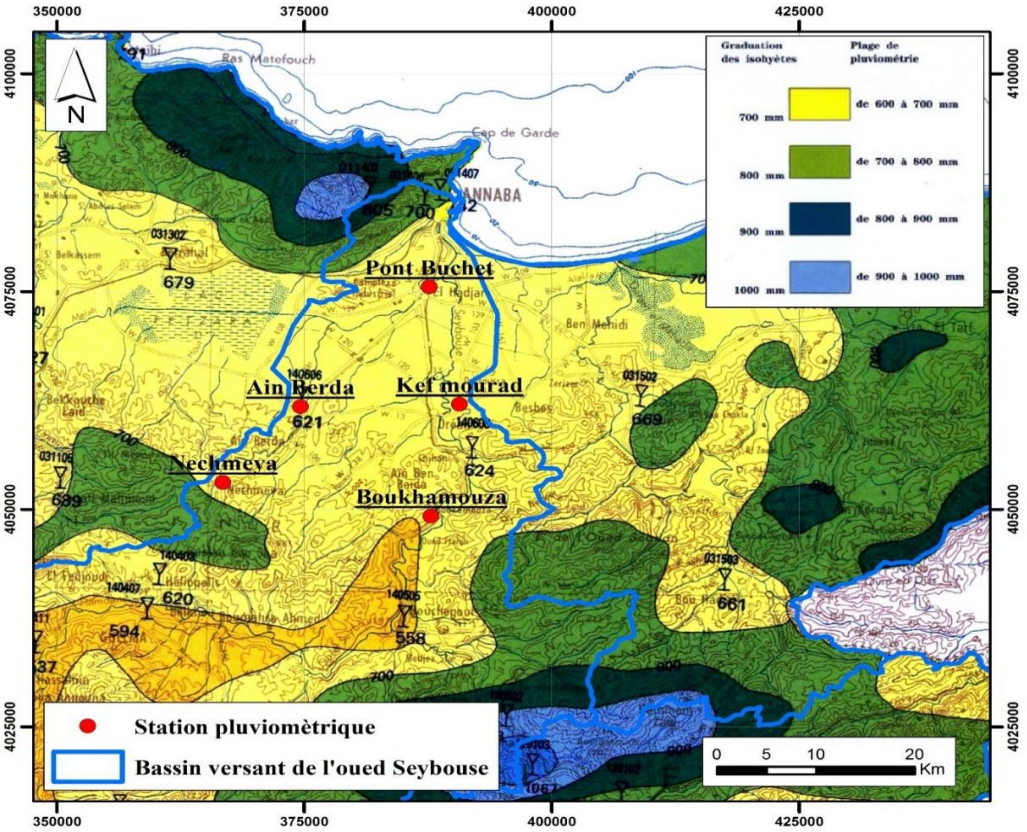


Figure IV.III Extrait de la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord au 1/500 000 Région Est pour le projet de la Ligne Minière, Tronçon Nord Annaba – Bouchegouf et position des postes pluviométriques.

L'ajustement à une loi normale des pluies annuelles des stations nous montre que les distributions statistiques dans notre région présentent un caractère symétrique. Dans le tableau suivant nous présentons les pluies annuelles pour différentes fréquences.

Tableau IV.3 valeurs des pluies annuelles selon les fréquences choisies.

Station	0,99	0,98	0,95	0,9
Ain Berda (140606)	960.6	920.4	860.0	806.4
Boukhamouza (140607)	1063.1	1012.3	936.2	868.6
Kef mourad (140611)	953.2	907.7	839.4	778.7
Pont Buchet (140631)	1018.5	973	904	844

.

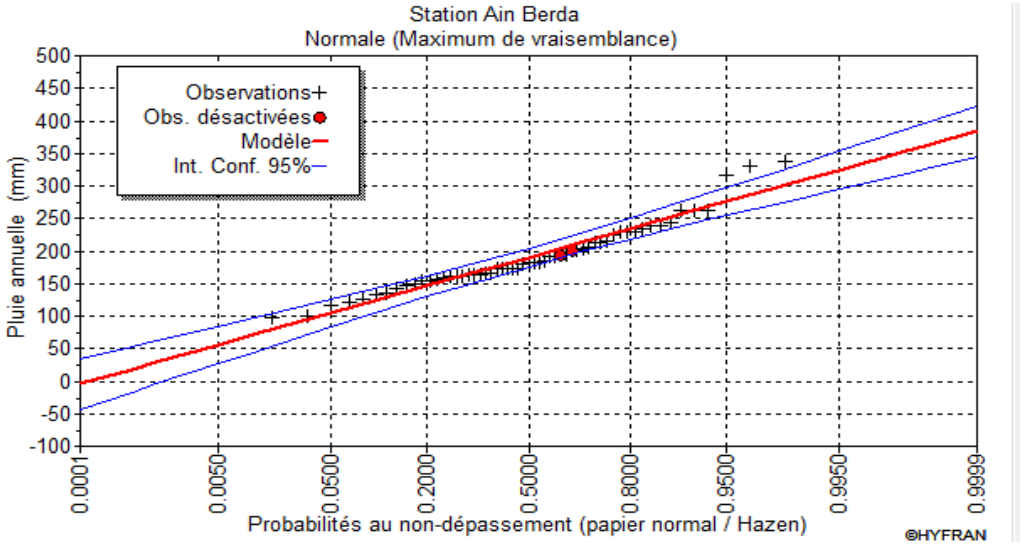


Figure IV.IV Ajustement de la pluie annuelle à la loi normale à la station d'Ain Berda

IV.2.2.4 Précipitations Journalières :

La protection contre les dégâts des eaux nécessite de s'intéresser aux pluies journalières maximales annuelles. Théoriquement les valeurs extrêmes s'ajustent à une loi des valeurs extrêmes, en Algérie, il est vérifié que les pluies journalières maximales annuelles s'ajustent à une loi de Gumbel. Dans le tableau suivant nous présentons les pluies max journalières enregistrées au niveau des stations choisies, pour différentes fréquences.

Tableau IV.4 valeurs des pluies journalières selon les fréquences choisies.

Station	0,99	0,98	0,95	0,9
Nechmeya (140605)	109	98.3	83.9	72.8
Ain Berda (140606)	116.9	105.4	89.9	78
Boukhamouza (140607)	148.8	133.5	113.0	97.1
Kef mourad (140611)	124.6	111.9	94.9	81.8
Pont Buchet (140631)	135.5	129.9	103.7	89.6

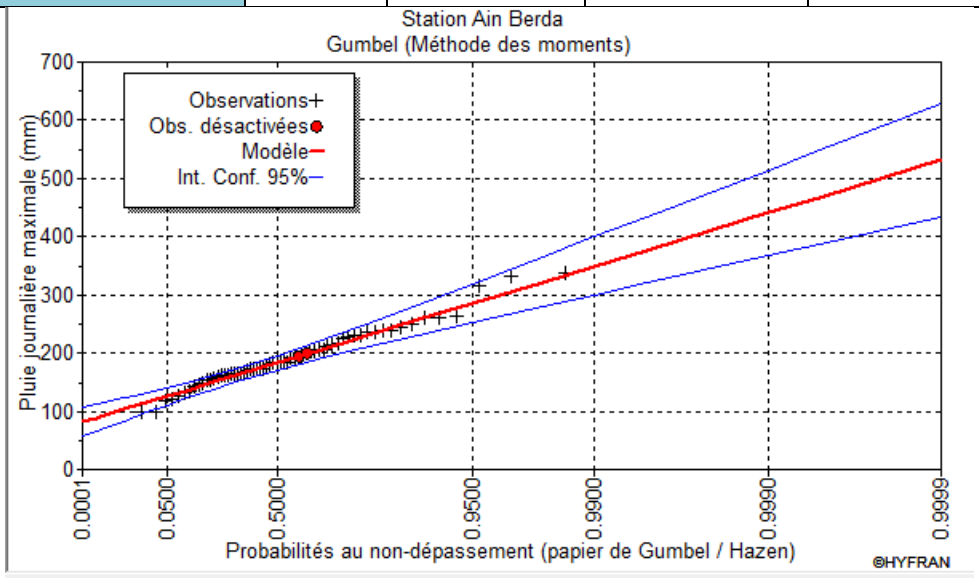


Figure IV.V Ajustement des pluies maximales journalières à la loi Gumbel, station d'Ain Berda.

IV.2.3 Bassins versants :

IV.2.3.1 Caractéristiques géomorphologiques :

Pour évaluer les débits de crues, il est nécessaire de déterminer les caractéristiques des bassins versants en calculant ou en estimant les paramètres explicatifs correspondants. Les paramètres physiques peuvent être calculés avec une précision suffisante et sans grandes difficultés

Les principaux paramètres requis pour la modélisation des bassins versants sont :

- La surface de bassin versant S (km^2)
- Périmètre P (km)
- Longueur de talweg L (km)
- L'altitude max H max (m)
- L'altitude min H min (m)
- La pente moyenne (m/m) ; I (m/m) m)=ΔHL
- Le coefficient de ruissellement.
- La vitesse de ruissellement (km/h).
- Temps de concentration T(h)
- Longueur du rectangle équivalent (km)

Tableau IV.5 récapitulatif des caractéristiques géomorphologiques des bassins versants

	N°BV	PK des BV	Surface (km^2)	P (km)	longeur de talweg (m)	Hmax (m)	Hmin (m)	H moy	I (pente)
	5	PK 22+325	0.539	3.5	405.85	16	15	15.5	0.0025
	6	PK 23+125	1.11	4.9	742.74	19	17	18	0.0027
OA	7	PK 24+350	5790.787	532216.83	987.52	778	758	768	0.0203
OA	8	PK 25+284.69	5790.78	529499.34	160408.4395	780	759	769.5	0.0001
	9	PK 26+913	0.568	3.65	987.52	44	25	34.5	0.0192
	10	PK 27+288	1.26	5.051	1864.1	130	26	78	0.0558
	11	PK 27+547	0.298	2.364	244.1	45	28	36.5	0.0696
	12	PK 28+388.316	6.17	11.67	4538.38	231	29	130	0.0445
	13	PK 29+750	4.71	8.57	2735.42	154	35	94.5	0.0435
	14	PK 30+906	0.33	2.497	460.94	111	53	82	0.1258
	15	PK 31+207	0.23	1.95	358.67	92	54	73	0.1059
	16	PK 31+880	1.16	5	1609.4	183	48	115.5	0.0839
	17	PK 32+250	0.102	1.75	91.69	54	42	48	0.1309
	18	PK 32+475	0.15	1.94	419.02	97	40.33	68.665	0.1352

19	PK 32+944.272	0.16	1.81	215.62	92	39.35	65.675	0.2442
20	PK 33+417.795	0.84	1.33	200.22	52	35.5	43.75	0.0824
21	PK 33+560.223	1.74	5.34	1643.74	146	33.4	89.7	0.0685
22	PK 33+773.392	0.041	0.77	125.56	55	32.7	43.85	0.1776
23	PK 34+040.152	0.069	1.19	265.06	90	35.36	62.68	0.2061
24	PK 34+300	0.228	2.107	404.38	94	35	64.5	0.1459
25	PK 34+850	0.557	3.183	966.78	163	39.62	101.31	0.1276
26	PK 35+083.952	0.45	3.033	1091.67	147	40.08	93.54	0.0979
27	PK 35+707.762	0.219	2.256	468.33	98	43.95	70.975	0.1154

NB : Les plans synoptiques des bassins versants de notre projet seront visibles dans les deux prochaines pages.

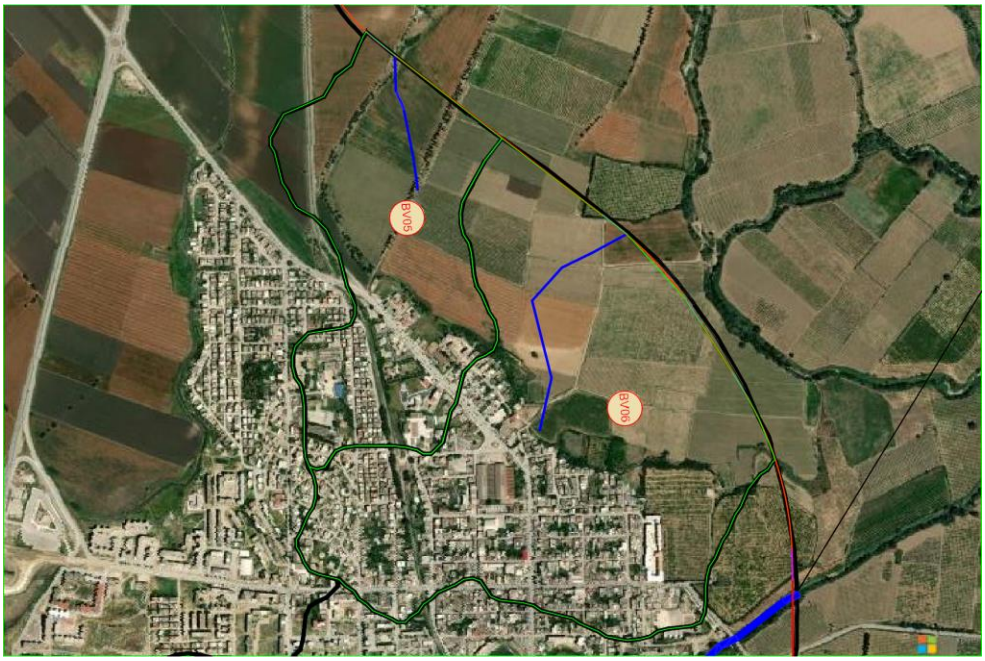


Figure IV.VI Partie 1

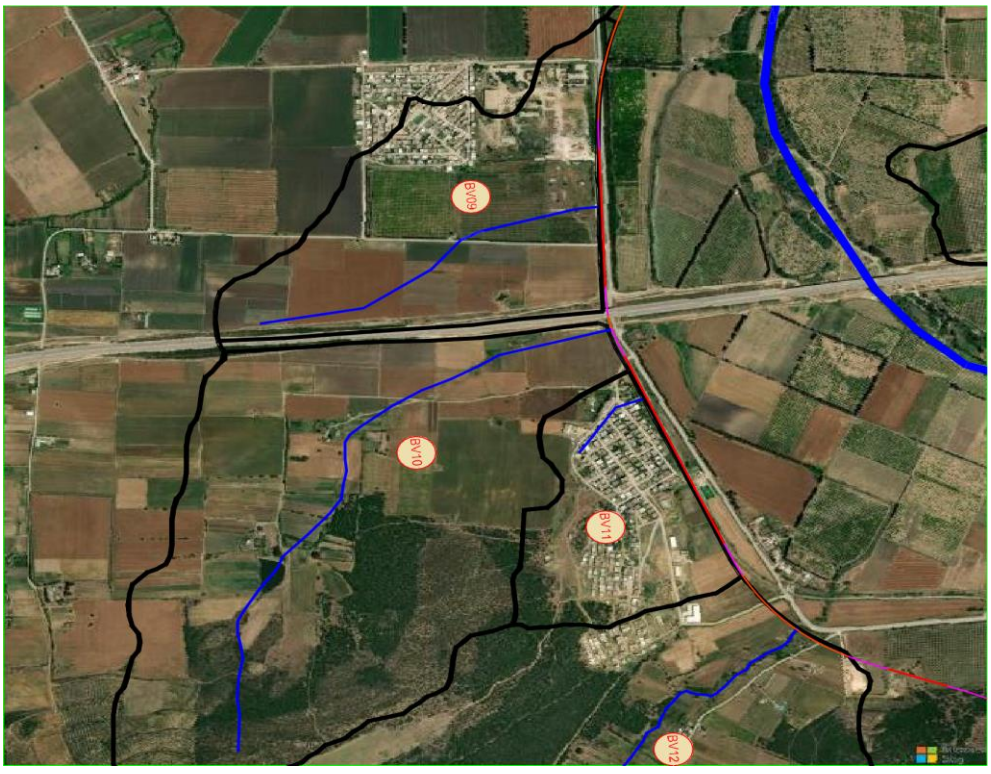


Figure IV.VII Partie 2

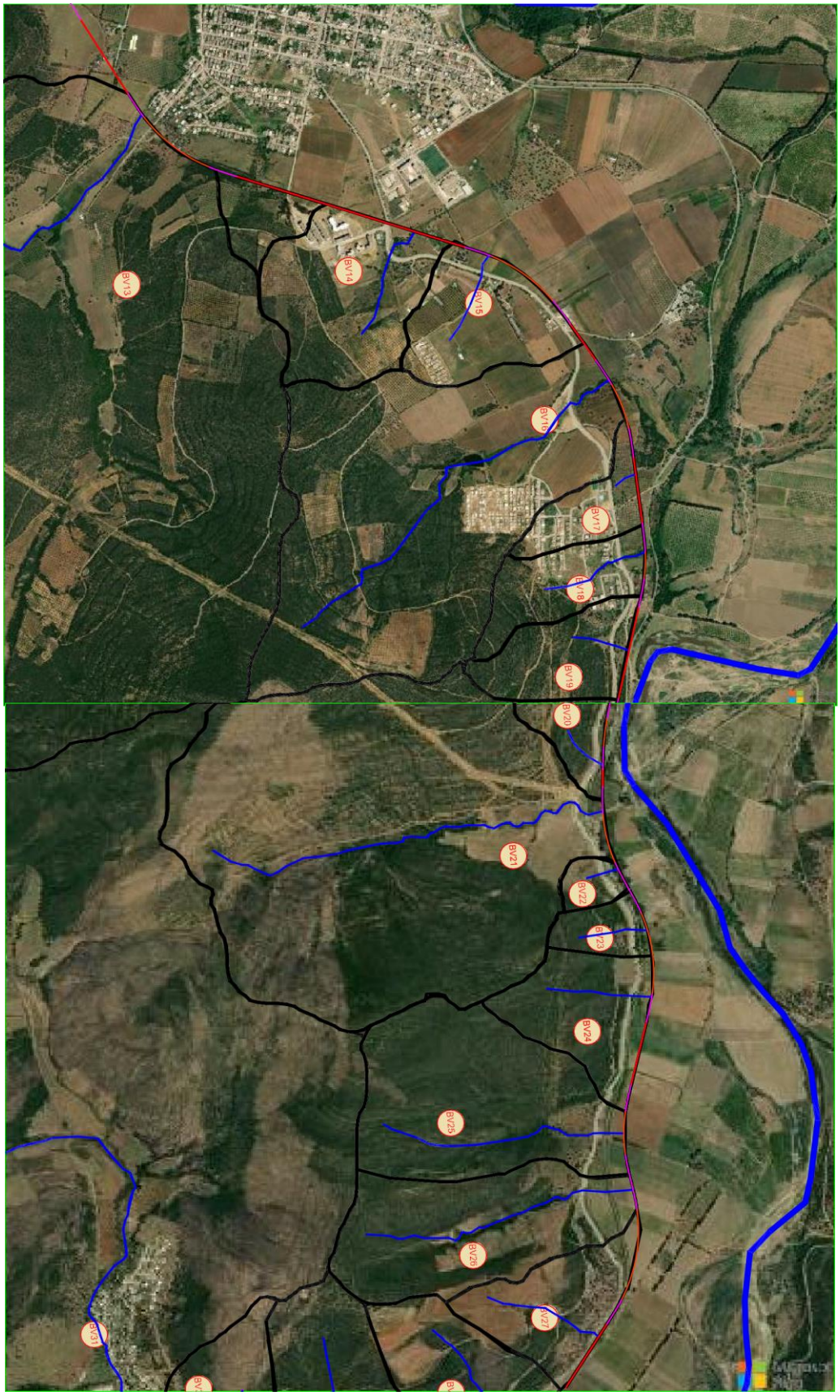


Figure IV.IX Partie 3

- **Temps de concentration Tc :**

On a travaillé par les deux formules suivantes :

- **Formule de Ventura (A< 5Km²) :**

$$\boldsymbol{Tc} = \mathbf{0.127}\sqrt{\frac{\boldsymbol{S}}{\boldsymbol{I}}}$$

AN BV1 : $\boldsymbol{Tc} = 0.127\sqrt{\frac{0.539}{0.0025}} = 1.88\text{h}$

- **Formule de Passini (5 Km² < A < 25 Km²) (BV12) :**

$$\boldsymbol{Tc} = 0.11\frac{\sqrt[3]{S\times L}}{\sqrt{L}} \rightarrow \text{AN BV12} : \boldsymbol{Tc} = 0.11\frac{\sqrt[3]{6.17\times 4.53838}}{\sqrt{0.0445}} = 1.58\text{h}$$

Avec:

-Tc [h] : temps de concentration.
-A [km2] : surface du bassin versant.
-I [m/m] : pente moyenne du bassin.
-L [km] : longueur de l'oued principal.

- **L'intensité de pluie :**

La relation Intensité - Durée - Fréquence est la suivante :

$$\mathbf{I} = \boldsymbol{a}.\boldsymbol{Tc}^{-\boldsymbol{b}}$$

-Intensité de la pluie (mm/h).
-Tc : Temps de concentration exprimé en heures.

Tableau IV.6 valeurs du paramètre « a » de la zone de Annaba

T (ans)	2	5	10	20	50	100
a(t) : Annaba	18,3	26,7 3	2,3	37 ,6	44,5	49,7

a et b : Paramètres climatiques (de Montana) pour une période de retour centennale (100 ans) selon l'ANRH sont : **a = 49.7** et **b = 0.6**

NB :

La valeur du coefficient **a** est choisis pour une période de retour de 100 ans, afin que la pérennité des ouvrages hydraulique soit la même que celle de l'infrastructure ferroviaire.

IV.2.3.2 Calcul du débit des bassins versants (Méthode rationnelle) :

$$\mathbf{Q_{100}} = \frac{\boldsymbol{C}\times\boldsymbol{I}\times\boldsymbol{A}}{\mathbf{3.6}}$$

-Q_{100} : Débit de point de crue pour 100 ans en (m3/s).
-i : Intensité de précipitation pour le temps de concentration du bassin versant (mm/h).
-A : Aire du bassin versant qui contribue pour la section objet d'étude (km2).
-Cr : Coefficient de ruissellement.

IV.2.3.3 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle

Les débits de pointes calculés par la méthode rationnelle pour une période de retour centennale, et cela pour les bassins versants dont la superficie est inférieure ou égale à 5Km² et un bassin dont la superficie $5Km^2 \leq A \leq 25Km^2$ sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.7 Résultats de calcul de débits, méthode rationelle.

N°BV	PK des BV	Cr	Tc (h)	I_{100} (mm/h)	Q_{100} (m^3/s)
5	PK 22+325	0.40	1.88	34.05	2.04
6	PK 23+125	0.40	2.58	28.15	3.47
7	PK 24+350	OUED SEYBOUS	OUED SEYBOUS	OUED SEYBOUS	OUED SEYBOUS
8	PK 25+284.69	OUED SEYBOUS	OUED SEYBOUS	OUED SEYBOUS	OUED SEYBOUS
9	PK 26+913	0.40	0.69	62.09	3.92
10	PK 27+288	0.45	0.60	67.29	10.60
11	PK 27+547	0.45	0.26	110.83	4.13
12	PK 28+388.316	0.55	1.58	37.72	35.56
13	PK 29+750	0.55	1.32	42.05	30.26
14	PK 30+906	0.65	0.21	128.37	7.65
15	PK 31+207	0.45	0.19	135.86	3.91
16	PK 31+880	0.45	0.47	77.95	11.30
17	PK 32+250	0.55	0.11	184.74	2.88
18	PK 32+475	0.55	0.13	166.18	3.81
19	PK 32+944.272	0.55	0.10	194.60	4.76
20	PK 33+417.795	0.45	0.41	85.42	8.97
21	PK 33+560.223	0.45	0.64	64.96	14.13
22	PK 33+773.392	0.55	0.06	266.12	1.67
23	PK 34+040.152	0.55	0.07	238.05	2.51
24	PK 34+300	0.55	0.16	149.94	5.22
25	PK 34+850	0.55	0.27	110.18	9.38
26	PK 35+083.952	0.45	0.27	108.49	6.10
27	PK 35+707.762	0.55	0.17	141.45	4.73

IV.2.3.4 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

Méthode de calcul « MANNING STRICKLER » :

$$Q = Ks.Sm.Rh^{2/3}.I^{1/2}$$

-I : Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).

-Rh : Rayon hydraulique = **Section mouillé/Périmètre mouillé**

-Sm : Section mouillée de l'ouvrage b x Hu (m2).

-b : Largeur de l'ouvrage (m).

-H u : Hauteur utile (m).

-H t : Hauteur totale (m).

-Ks : Coefficient de rugosité ; pour le béton Ks=70.

Tableau IV.8 ***Valeurs de Ks selon SETRA***

Nature de l'ouvrage	En terre	Buse Métallique	Maçonnerie	Béton (dalot)	Béton (buse préfabriquée)
Ks	30	40	50	70	

- **Vérification des conditions d'auto curages**

Pour vérifier ces conditions il faut vérifier :

.V > 0.6 m/s pour : Q = 0.1 Qps

.V > 0.3 m/s pour : Q = 0.01 Qps

.Vps < 4 m/s

On rayon vertical : Rv = V/Vps

Voilà les résultats du dimensionnement dans les tableaux ci-dessous :

- **Exemple de calcul :**

On prend la hauteur utile Hu = 0.80Ht, Pour l'écoulement au PK 35+707.762 on a :

Un débit d'apport de $\mathbf{Q_{100} = 4.73 m^3/s.}$

$$Ks = 70.$$

$$I = 0.005 \text{ m/m}$$

$$Sm = 0.8\ Ht \times b$$

$$Pm = 1.6\ Ht + b$$

$$Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{0.8Ht \times b}{b + 1.6Ht}$$

L'égalité entre le débit de saturation et celui de la crue centennale donne :

$$Ht = \frac{1}{0.8b}\left(\frac{Q}{K_S \times I^{\frac{1}{2}}}\right)^{3/5}(1.6Ht+b)^{2/5}$$

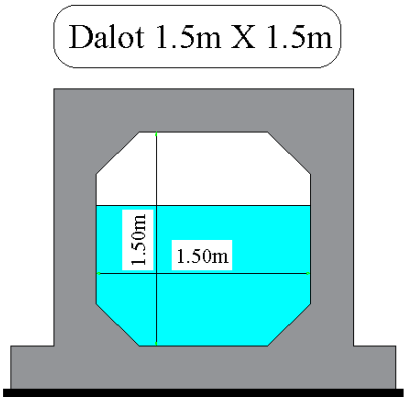
Après itérations et en imposant la largeur b = 1.5 m pour des raisons d'adaptation avec le lit de l'oued on trouve : Ht = 1.5 m.

Type de dalot pris : C1 **: dalot 1.5m × 1.5m**

$$Qsat = 70 \times 1.5 \times 0.8 \times 1.5 \times \left(\frac{0.8\times1.5\times1.5}{1.5+1.6\times1.5}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.005} = 5.32 m^3/s$$

$$\rightarrow \quad Q_{100} = 4.73 m^3/s < Qsat = Qps = 5.32 m^3/s$$

Donc le dalot projeté assure l'évacuation du débit de la crue centennale.



Vérification des conditions d'auto curages :

- Vps < 4m/s ➔Qps/S= 5.32/1.8=2.95m/s ➔ la condition est vérifiée
- Pour Q/Qps= Rq=0.01 il faut Vécoulement> 0.3 m/s

Rq = 0.01 ➔ Rv = 0.319 = V /VPS ➔ V = 0.319× 2.95 = 0.94 m/s.

V = 0.94 m/s > 0.3 m/s ➔ la condition est vérifiée.

- Pour Q/Qps= Rq=0.1 il faut que Vécoulement> 0.6 m/s.

Rq = 0.1 ➔ Rv = 0.638 = V/VPS ➔ V = 0.638 × 2.95= 1.88m/s.

V = 1.88 m/s > 0.6 m/s ➔ la condition est vérifiée.

Tableau IV.9 Tableau Récuputilatif de l'étude hydrologique et hydrologie

N° BV	PK	Qa=Q100	Ouvrage prévu (DEX)	H	B	Sm	Pm	Rh	I(‰)	Qs	Vérification (0,1)	Vérification (0,01)	Vps	
5	PK 22+325	2,04	Dalot Type 1	1	1	0,8	2,6	0,307692	10	2,552304	2,035462683	1,017731342	3,19038	
6	PK 23+125	3,47	Dalot Type 1	1	1,5	1,2	3,1	0,387097	10	4,461617	2,372093227	1,186046614	3,718014	
9	PK 26+913	3,92	Dalot Type 1	1	1,5	1,2	3,1	0,387097	10	4,461617	2,372093227	1,186046614	3,718014	
10	PK 27+288	10,6	Dalot Type 1	1,5	2,5	3	4,9	0,612245	5	10,70667	2,2769518	1,1384759	3,56889	
11	PK 27+547	4,13	Dalot Type 1	1	1,5	1,2	3,1	0,387097	10	4,461617	2,372093227	1,186046614	3,718014	Qs triple cellules
12	PK 28+388.316	35,56	Dalot Triple cellules	2	2,5	4	5,7	0,701754	5	15,63507	2,493793439	1,24689672	3,908767	46,90520575
13	PK 29+750	OA	OA	OA	OA	OA	OA	OA	OA	OA	OA	OA	OA	
14	PK 30+906	7,55	Dalot Type 1	1,5	2	2,4	4,4	0,545455	5	7,930489	2,108188457	1,054094228	3,304371	
15	PK 31+207	3,91	Dalot Type 1	1	1,5	1,2	3,1	0,387097	10	4,461617	2,372093227	1,186046614	3,718014	
16	PK 31+880	11,3	Dalot Type 2	2	2	3,2	5,2	0,615385	5	11,45946	2,284729613	1,142364806	3,581081	
17	PK 32+250	2,88	Dalot Type 1	1	1,5	1,2	3,1	0,387097	10	4,461617	2,372093227	1,186046614	3,718014	
18	PK 32+475	3,81	Dalot Type 1	1	1,5	1,2	3,1	0,387097	10	4,461617	2,372093227	1,186046614	3,718014	
19	PK 32+944.272	4,76	Dalot Type 1	1,5	1,5	1,8	3,9	0,461538	5	5,321011	1,886002741	0,943001371	2,956117	
20	PK 33+417.795	8,97	Dalot Type 1	1,5	2	2,4	4,4	0,545455	7	9,383482	2,494442222	1,247221111	3,909784	
21	PK 33+560.223	14,13	Dalot Type 2	2	2,5	4	5,7	0,701754	5	15,63507	2,493793439	1,24689672	3,908767	
22	PK 33+773.392	1,67	Dalot Type 1	1	1	0,8	2,6	0,307692	10	2,552304	2,035462683	1,017731342	3,19038	
23	PK 34+040.152	2,51	Dalot Type 1	1	1,5	1,2	3,1	0,387097	10	4,461617	2,372093227	1,186046614	3,718014	
24	PK 34+300	5,22	Dalot Type 1	1,5	1,5	1,8	3,9	0,461538	5	5,321011	1,886002741	0,943001371	2,956117	
25	PK 34+850	9,38	Dalot Type 1	1,5	2	2,4	4,4	0,545455	7	9,383482	2,494442222	1,247221111	3,909784	
26	PK 35+083.952	6,1	Dalot Type 1	1,5	1,5	1,8	3,9	0,461538	7	6,295905	2,231548538	1,115774269	3,497725	
27	PK 35+707.762	4,73	Dalot Type 1	1,5	1,5	1,8	3,9	0,461538	5	5,321011	1,886002741	0,943001371	2,956117	

IV.3 Ouvrages d'assainissement longitudinaux :

La conception générale du système de drainage longitudinal consiste à mettre en place des ouvrages techniques pour collecter, conduire, évacuer et drainer les eaux de ruissellement des deux côtés de la plateforme ferroviaire, ainsi que les eaux des talus et les eaux internes.

On adopte pour une conception générale du système de drainage longitudinal :

- Un fossé de forme trapézoïdale sera aménagé dans les zones de déblais et remblais, le long des accotements de la plateforme.

IV.3.1 Dimensionnement des fosses :

Le fossé adopté au tracé est un fossé de forme trapézoïdale tel qu'il est illustré dans la figure ci-dessous :

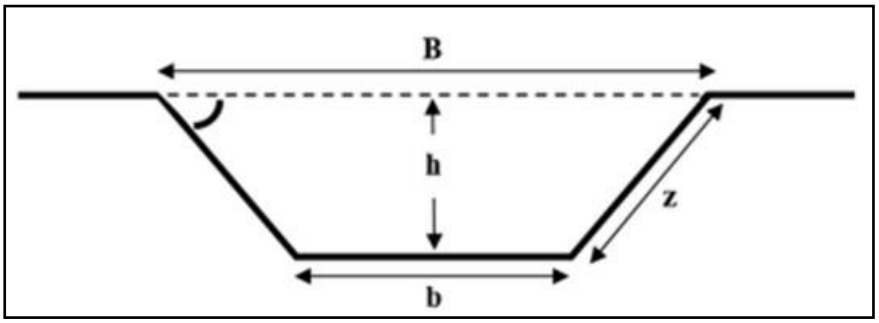


Figure IV.X ***fosse de forme trapézoïdale.***

IV.3.1.1 Calcule des débits d'apports :

La sélection du type de fossé dépend du débit à évacuer généré par la plateforme ferroviaire, les bermes et les talus.

$$Qa = Qpf + Qb + Qt$$

Pour le calcul des débits, on prend en compte le cas le plus défavorable, c'est-à-dire lorsque le remblai ou le déblai s'étend sur une grande longueur avec une hauteur importante. Chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle

$$Qmax = 0.278 \times Cr \times I \times S$$

- S : Surface du bassin versant considérer : la plate-forme / les bermes / les talus, en (km²).
- Q : Débit de crue correspondant au bassin versant, avec une période de retour T (m^3/s).
- C_r: Coefficient de ruissellement.
- I : Intensité de pluie (mm/h).

❖ **Surfaces des sous bassins versants :**

On va travailler selon le cas le plus défavorable :

- Déblai de la voie 28+ 650 jusqu'à 29+ 600.
- Remblai de la voie 34+375 jusqu'à 34+775.

Tableau IV.10 Surfaces des sous bassins versants.

	Remblai	Déblai
Bassin versant	**S (Km^2)**	**S (Km^2)**
Plate-forme	2.72×10^{-3}	6.53×10^{-3}
Talus	2.24×10^{-3}	0.0115

❖ **Débit d'apport :**

La valeur du débit utilise est celle calculée pour une période de retour de 10 ans.

L'intensité de la pluie de durée t et fréquence f est estimée par la relation Intensité-

durée - fréquence de forme suivant :

$$I = a \times T_c^{-b}$$

Le temps de concentration du bassin versant considérer est calculé à l'aide de la formule **Ventura (A< 5km^2)**

Avec : **a** et **b** sont les paramètres de Montana.

Tableau IV.11 Débit d'apport

	Remblai					Déblai				
Bassin Versant	**S (Km^2)**	**I (mm/h)**	**Cr**	**Qa (m^3/s)**	**$Q_{a\ tot}$ (m^3/s)**	**S $10^{-3}(km^2)$**	**I (mm/h)**	**Cr**	**Q_a (m^3/s)**	**$Q_{a\ tot}$ (m^3/s)**
Talus	2.24×10^{-3}	1182.60	0.6	0,473	0.676	0.0115	532,56	0.6	1,021	1.396
Plate-forme	2.72×10^{-3}	384.11	0.7	0,203		6.53×10^{-3}	295,31	0.7	0,375	

IV.3.1.2 Debit de saturation :

La capacité hydraulique (débit de saturation) de ces fossés est calculée en utilisant selon la formule de « Manning Strickler » sur un écoulement à surface libre :

$Q_S = Kst.\ Rh^{2/3}.i^{1/2}.Sm$

- **Kst :** Coefficient de rugosité Strickler **Ks = 70** (correspondant à des fossés consolidés, revêtement en béton grossier).
- **i :** Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m), égale à **0.002** au minimum
- **Rh :** Rayon hydraulique (m)
- **Rh** = Sm/Pm = Section mouillée /Périmètre mouillé

Les dimensions du fossé sont déterminées en égalant le débit d'apport au débit de saturation.

$$\mathbf{Q_{apport} = Q_s} \qquad \mathbf{Q_{apport} = Q_{max\ (10\ ans)}}$$

$$Q_a = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} = K_s \times (b + z.h).h \times \left[\frac{(b + z.h).h}{b + 2.h.\sqrt{1 + z^2}}\right]^{2/3} \times I^{1/2}$$

Prend $z = 1.5$; alors : $h_{i+1} = \left[\frac{Q_a}{K_s \times b \times \sqrt{I}}\right]^{3/5} \times \frac{\left[1+2\sqrt{2}\times\left(h_i/b\right)\right]^{2/5}}{1+\left(h_i/b\right)}$

On prend : **b = 0.60; Ks = 50 ; I = 0.005**

$h_0 = 1 \Rightarrow h_1 = 0.479$

$h_1 = 0.473 \Rightarrow h_2 = 0.568$

$h_2 = 0.568 \Rightarrow h_3 = 0.554$ $h_3 = 0.554 \Rightarrow h_4 = 0.553$

$h_4 = 0.553 \Rightarrow h_5 = 0.553$ Alors en prend **h= 0.6**m.

Tableau IV.12 Dimensionnement du fossé proposé.

B	H	Z	Sm(m²)	Pm(m)	Rh(m)	Ks	I(m/m)	Qs(m³/s)
0.6	0.6	3/2	0.9	2.76	0.33	70	0.005	2.127

Les dimensions retenues pour les fossés sont celles qui répondent à la condition suivante : Qa ≤ QS
➔ **1.396**≤ **2.127**m³/s qui est vérifiée.

CHAPITRE V :
GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

V. ÉTUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

V.1 INTRODUCTION :

L'étude géotechnique est une étape essentielle dans la conception d'un projet de voie ferrée. Elle analyse les caractéristiques du sol pour évaluer sa capacité à supporter les charges de la future infrastructure, minimisant ainsi les risques de tassement, déformation ou affaissement. Cette étude guide les choix techniques et les méthodes de construction, assurant la sécurité et la durabilité de l'ouvrage.

Ce chapitre illustre les caractéristiques géologiques et géotechniques des matériaux sur lesquels sera réalisée le dédoublement de la ligne ferroviaire du projet **ANNABA – BOUCHEGOUF,** le long du tronçon entre Le **PK 21+000** et **PK 36+000.**

V.2 L'ETUDE GEOLOGIQUES :

V.2.1 Introductions :

L'étude géotechnique est une étape essentielle dans la conception d'un projet de voie ferrée. Elle analyse les caractéristiques du sol pour évaluer sa capacité à supporter les charges de la future infrastructure, minimisant ainsi les risques de tassement, déformation ou affaissement. Cette étude guide les choix techniques et les méthodes de construction, assurant la sécurité et la durabilité de l'ouvrage.

V.2.2 Contexte géologique régional :

La région de Drean se situe à l'extrême Est algérien, sur le territoire de la wilaya d'El Taref. Elle est limitée au Nord par la mer méditerranée, à l'Ouest par la wilaya de Guelma et de Constantine, au sud par la wilaya de Souk Ahras, et à l'Est par la frontière Algéro-tunisienne.

La plaine de Annaba au niveau de Drean est constituée essentiellement par remplissage quaternaire. Ce remplissage correspond à :

- Des alluvions (A) actuelles du lit majeur des cours d'eau (oued Seybouse) ;
- Des alluvions limoneuses (a2) du fond des vallées (vallée de l'oued Seybouse) ;
- Alluvions des basses terrasses (q1), des moyennes terrasses (q,a) et des hautes terrasses (q,b) de la vallée de l'oued Seybouse.

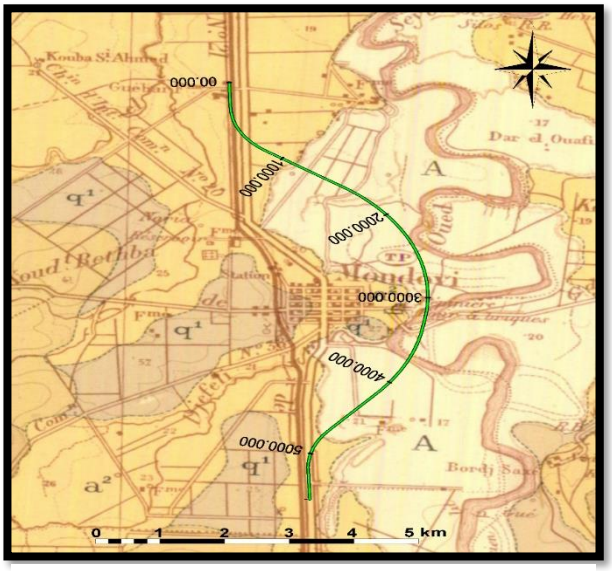


Figure V.I Tracé du contournement de Drean sur la carte géologique de Drean, au 1/50 000

.

V.2.2.1 Climat du site

À Drean, les étés sont très chauds, humides, secs et dégagés dans l'ensemble et les hivers sont long, frisquet, venteux et partiellement nuageux. Au cours de l'année, la température varie généralement de *6 °C* à *33 °C* et est rarement inférieure à *3 °C* ou supérieure à *37 °C*. La région présente une pluviométrie entre 700 et 1000 mm/an.

V.2.2.2 Sismicité du site

D'après le RPOA2008 / version 2008 du ministère des travaux publics les règles parasismiques applicables au domaine des ouvrages d'art, la wilaya de **El Tarf** est classée zone « I » ; c'est-à-dire zone à sismicité faible.

Si en considère que le projet fait partie du groupe 1, le coefficient d'accélération de zone « A » à prendre en considération pour le dimensionnement sera de : **A = 0.25**.

V.3 ÉTUDE GEOTECHNIQUE :

V.3.1 Introduction :

Les études géotechniques dans les voies ferrées peuvent comporter des investigations comme des forages, des essais de pénétration, des essais en laboratoire et des mesures sur site. Ces analyses fournissent des informations sur les propriétés physiques et mécaniques du sol, comme la densité, la résistance, la perméabilité et la compressibilité, essentielles pour la conception de la voie ferrée.

V.3.2 Programme d'investigation géotechnique :

Après l'observation du tracé projeté de la voie ferrée, nous proposons le plan d'investigation géotechnique de projet et l'objectif de ce programme sont :

- **Lot Terrassement :** Il s'agit de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques du sol pour la construction la plate-forme et assise ferroviaire.
- **Lot Ouvrage :** Il s'agit de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques du sol pour la construction d'ouvrage et notamment la définition de la fondation.

Tableau V.1 Programme d'investigation géotechnique.

Programme	**Type**	**Essais géotechniques**	
D'investigation géotechnique :	**D'ouvrage en terre**	**Essais in situ**	**Essais au laboratoire**
Lot Terrassement : (Dimensionnement de la plate-forme ferroviaire)	Remblais/ Déblais	- Puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche - Sondages carottés.	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Essais mécaniques. - Analyse chimique.
Lot ouvrage d'art : (Dimensionnement de fondations des ouvrages)	Remblais/ Déblais	- Sondages Pressiométriques. - Sondages carottés. - Essais pénétration standard. **SPT**	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Essais mécaniques. - Analyse chimique.

V.3.3 Essais in-situ :

Le tableau ci-dessous, présente l'ensemble des essais in-situ prévus pour le lot de la voie :

Tableau V.2 L'ensemble des essais in-situ prévus pour le lot de la voie :

Désignation	**Objectifs**
Sondage carotté	Distinction des types de formation. Prélèvement des échantillons.
Essais pénétration standard SPT	Détermination de la succession des différentes couches de sol. Capacité portante du sol.
Les puits de reconnaissance	Déterminer la portance du sol et caractériser les propriétés géotechniques des matériaux rencontrés.

V.3.4 Essai de laboratoire :

Pour les échantillons prélevés on prévoit la réalisation des essais suivants :

Tableau V.3 les différentes essaies au laboratoire.

Essais physiques	Essais mécaniques	Analyses chimiques
Analyse granulométrique	Cisaillement rectiligne	Teneur en carbonates
La teneur en eau naturelle	L'essai œdométriques	Teneur en matière organique
Limites d'Atterberg	Proctor modifié	Teneur en sulfate
Essai de bleu de méthylène	Essai CBR	
Densité apparente	Résistance à la compression simple	

V.3.5 Les résultats des essais au laboratoire :

Définitions des essais au laboratoire :

- **Densité (poids volumique) :** C'est le rapport entre le poids et le volume **(**ɤh poid volumique humide, et ɤd poids sec sure le volume humide).
- **Le degré de saturation du sol :** C'est une mesure qui indique le pourcentage d'eau présent dans les vides ou les pores d'un sol par rapport à sa capacité maximale à retenir de l'eau. Il est souvent exprimé en pourcentage.
- **L'essai de cisaillement de sol :** L'essai a pour objet de mesurer les caractéristiques de rupture d'un échantillon de sol fin saturé soumis à un cisaillement direct selon un plan imposé, à une vitesse constante. On a utilisé les 02 type, drainer (CD) et non-drainer (CU).
- **L'essai d'œdomètre :** Le but est de mesurer le tassement au cours du temps d'une éprouvette cylindrique placée dans une enceinte sans déformation latérale possible au fur et à mesure de l'application de différentes charges verticales constantes.
- **L'essai de granulométrie :** Consiste à déterminer les diamètres de chaque fraction granulaire
- **L'essai de valeur de bleu de méthylène (VBS) :** Evaluer la quantité et qualité de la fraction argileuse, à partir de la surface spécifique.
- **La teneur en eau (Wn) : Il** a le but de savoir la quantité de l'eau dans le sol naturel (échantillon).

- **Les limites d'Atterberg :** Cet essai est la détermination expérimentale de la limite de liquidité (WL) et de la limite de plasticité (WP).
- **L'essai Proctor :** Il s'agit d'identifier la teneur en eau optimale et la densité sèche maximal.
- **L'essai CBR (California Bearing Ratio) :** C'est un essaie de laboratoire pour déterminer la portance de sol dans les conditions optimale.

Les puits de reconnaissance : Un puits de reconnaissance géotechnique est un forage superficiel effectué dans le sol pour recueillir des informations géotechniques. Plusieurs importants essais sont effectués sur ces puit pour caractériser le sol, ce sont comme suit :

Les résultats des essais au laboratoire ont permis de classer le sol selon GTR et l'UIC :

Tableau V.4 Résultat des essaies physique et mécanique sur les puits de reconnaissance

PK	N° puits	Lithologie	Profondeur (m)		Analyse granulométrique		W (%)	Limites d'Atterberg		Proctor		VBS (%)	Classification	
			De	À	<2mm(%)	<80µ(%)		WL (%)	Ip (%)	gd (t/m3)	Wopm		GTR	UIC
PK 21+500	PR-21	Argile sableuse brune (très humide).	0	3	97,80	84,86	21,58	47	28	1,71	14,3	0,589	A1th	QS0
PK 22+450	PR-20	Argile sableuse brune.	0	3	99,85	77,33	7,66	27	15	1,93	11,4	1,8	A1ts	QS1
PK 23+425	PR-19	Argile sableuse brune à jaunâtre.	0	3	99,63	90,83	10,63	31	17	1,89	11,5	1,8	A1m	QS1
PK 23+925	PR-18	Argile sableuse brune.	0	3	99,98	66,65	6,80	27	13	1,90	12,1	1,2	A1ts	QS1
PK 24+400	PR-17	Argile sableuse brune (humide).	0	3	99,90	60,75	18,59	26	13	1,90	11,4	1,4	A1th	QS0
PK 24+900	PR-16	Argile sableuse brune (humide).	0	3	99,98	86,50	18,96	32	18	1,88	11,3	1,2	A1th	QS0
PK 25+300	PR-15	argile sableuse brune	0	3	99,93	60,80	6,1	25	9	1,92	9,8	2	A1ts	QS1
PK 25+700	PR-14	argile sableuse brune	0	3	99,98	74,85	11,76	28	13	1,97	8	1,8	A1th	QS0
PK 26+200	PR-13	argile sableuse brune	0	3	99,94	93,80	16,88	35	19	1,81	13	1,6	A1th	QS0
PK 26+700	PR-12	argile marneuse peu sableuse	0	3	99,82	90,48	15,99	48	28	1,70	13,9	1	A1h	QS0

Référence PUITS	PK	Profondeur (m)	Paramètres physiques	Limite d'Atterberg		VBS	Analyse granulométrique		ES	Essai Proctor		Classification		
			W (%)	WL (%)	Ip (%)	(%)	< 2mm	< 80µ	(%)	γ_{dmax} (t/m^3)	W_{opm} (%)	Classe de portance	GTR	UIC
PR-23	27+300	3	9,26	23,00	11,00	0,698	99,20	65,15	/	1,94	8,20	S3	A_1 h	QS0
PR-24	27+750	3	15,97	52,00	34,00	1,267	83,84	66,14	/	1,81	14,40	S4	A_3 m	QS1
PR-25	28+050	3	4,52	Non Mesurable		0,844	82,81	19,99	23,16	2,01	8,70	S2	B_2 S	QS2
PR-26	29+000	3	6,92	Non Mesurable		0,775	57,17	21,93	16,79	2,00	8,60	S2	B_4 S	QS2
PR-27	30+050	3	12,15	46,00	26,00	1,136	69,97	46,92	/	1,87	10,50	S4	B_4 h	QS0
PR-28	30+450	3	15,25	42,00	27,00	1,933	92,04	59,12	/	1,90	9,80	S4	A_3 th	QS0
PR-29	30+900	3	13,75	41,00	25,00	1,770	95,52	67,42	/	1,84	11,80	S4	A_2 h	QS0
PR-30	31+400	3	8,3	25,00	12,00	1,070	95,70	36,32	/	1,98	9,60	S3	B_2 S	QS2
PR-31	31+800	3	5,67	Non Mesurable		0,095	88,50	14,33	23,54	2,07	8,00	S0	B_2 S	QS2
PR-32	32+200	3	16,24	Non Mesurable		1,00	99,90	41,70	16,82	1,93	11,80	S2	B_2 th	QS0
PR-33	32+700	3	7,78	Non Mesurable		0,700	99,83	46,55	7,58	1,91	12,10	S3	B_2 S	QS2
PR-34	33+100	3	8,72	19,00	8,00	0,190	92,10	35,48	/	2,06		S3	B1	QS1

Exemple pour le **PR-29** Selon UIC719R on dit :

VBS > 0.2 : Le sol est sensible à l'eau.
Les dimensions des grains donnent une classe granulaire d'un sable fin argileux
D'après W_l et I_p on a un sol peu plastique, d'après ces derniers résultats du PR-29 la nature du sol est un sol sable fin argileux peu plastique sensible à l'eau.

Exemple : Classifications selon **GTR** pour **PR-29 au PK 30+900**

– Classe des sols :

Le passant à 80µm est de 67,42% ⇨ alors la sous classe de sol sera : Ai

12 < Ip = 25 ≤ 25 ⇨ donc la sous classe sera A2.

Classification selon l'état hydrique :

$10.62 \leq w_n = 13.75 < 15.34$ ➔ état humide donc selon classifications GTR le sol est de classe : **A2h**

- Classification selon **NF P 11 300 (voir ANNEXE G)** :

- Le sol est de classe QS0 (sol impropre).

➢ **Observations sur les résultats :**

- Les **IP** varient entre **8% et 34%** se qui atteste un sol peu plastique à plastique dans l'ensemble.
- La **Wn** varie entre **4.53% et 21.58%** le sol est donc légèrement humide à très humide.
- Les valeurs de **VBS** sont comprises entre **0.19% et 2.00%** caractérisant ainsi un mixte de sols insensibles et sensibles à l'eau.

➢ **Analyses chimiques :**

Les résultats des analyses chimiques sommaires du sol effectué sur les échantillons prélevés des puits sont donnés par le tableau suivant (%) :

Tableau V.5 Résultat des analyses chimique sur les puits de reconnaissance

N° Sondage	PK	Prof (m)		Analyse chimique				Classification selon NA 16002	Recommandation
				Sulfates	Chlorures	MO	PH		
		De	A	(Mg/Kg)		(%)	(%)		
PR-21	PK 21+500	00	3.00	**1978**	**0,21**	**6,82**	**6,2**	XA1	Pas de nécessité un béton CRS
PR-20	PK 22+450	00	3.00	**1566**	**0,14**	**4,38**	**6,81**	XA1	Pas de nécessité un béton CRS
PR-19	PK 23+425	00	3.00	**1813**	**0,25**	**3,72**	**6,53**	XA1	Pas de nécessité un béton CRS
PR-18	PK 23+925	00	3.00	**2266**	**0,18**	**3,7**	**7,01**	XA1	Pas de nécessité un béton CRS
PR-17	PK 24+400	00	3.00	**1936**	**0,28**	**4,75**	**6,94**	XA1	Pas de nécessité un béton CRS
PR-16	PK 24+900	00	3.00	**1813**	**0,11**	**4,22**	**7,2**	XA1	Pas de nécessité un béton CRS
PR-15	PK 25+300	00	3.00	**2142**	**0,21**	**2,93**	**7,47**	XA1	Pas de nécessité un béton CRS
PR-14	PK 25+700	00	3.00	**1483**	**0,14**	**5,63**	**7,96**	XA1	Pas de nécessité un béton CRS

Référence PUITS	PK	Profondeur (m)	analyses chimiques				Classe d'agressivité	Matière organique
			SO4- (Mg/Kg)	CL- (%)	MO (%)	PH		
PR-23	**27+300**	**3**	**2678,00**	**0,28**	**3,99**	**7,11**	XA2	FO
PR-26	**29+000**	**3**	**2184,00**	**0,39**	**3,49**	**6,80**	XA2	FO
PR-27	**30+050**	**3**	**2719,00**	**0,21**	**5,90**	**6,42**	XA2	FO
PR-28	**30+450**	**3**	**2019,00**	**0,35**	**5,32**	**6,23**	XA2	FO
PR-29	**30+900**	**3**	**2431,00**	**0,39**	**6,16**	**6,11**	XA2	FO
PR-30	**31+400**	**3**	**2472,00**	**0,32**	**3,36**	**7,75**	XA2	FO
PR-31	**31+800**	**3**	**2637,00**	**0,25**	**2,25**	**6,07**	XA2	NO
PR-32	**32+200**	**3**	**2884,00**	**0,14**	**3,25**	**7,01**	XA2	FO

Les Sondages Carottés : Les sondages carottés géotechniques sont une technique courante utilisée dans l'industrie de la construction pour étudier les caractéristiques du sol et de la roche sous la surface pour la conception et la réalisation.

Les résultats des essais au laboratoire effectués sur les échantillons prélevés des sondages carottés sont récapitulés dans les tableaux suivants :

Tableau V.6 Résultat des essaies physique et mécanique et chimique sur les sondages carottés

N° Sondage	PK	Prof (m)		W	Densité		Limites d'Atterberg			Analyse granulométrique%			Cisaillement UU		Cisaillement CD		Cisaillement CU		RC	Œdomètre			Analyse chimique				Classification	
							w_L	w_P	I_P	<2 mm	<80µm	<2 µm	C	φ	C	φ	C	φ					Sulfates	Chlorures	$CaCO_3$	PH	GTR	UIC
		De	à	(%)	δd(t/m3	δh(t/m3	(%)	(%)	-	(%)	(%)	(%)	(bar)	(°)	(bar)	(°)	(bar)	(°)	(bar)	CC%	P'c (Bar)	C_g%	(%)		(%)			
F-01-CC-D	PK 22+341	2,00	2,30	16	1,74	2,01	38	13	25	98	94	42			0,22	31,6				1,01	12,3	2,0	1,01	12,3	2,0		A2	QS1
		9,60	9,90	19	1,75	2,08	38	13	25	100	36	16			0,57	23,4				2,65	9,6	0,9	2,65	9,6	0,9		A2	QS1
		14,20	14,50	20	1,78	2,13	27	10	17	100	73	25			0,31	26,4				1,42	9,3	0,4	1,42	9,3	0,4		A2	QS1
F-01-CD	PK 22+725	2.25	2.57	19.05	1.53	1.82	42.29	23.37	17.92	96	85.56	-	23.49	0.33	-	-	-	-	-	1.12	20.87	3.76	Traces	0.28	11.00	1.10	A2	QS1
		3.70	3.40	17.52	1.61	1.89	41.65	22.41	19.24	98	90.90	-	-	-	17.04	0.47	-	-	-	1.16	18.72	3.88	-	-	-	-	A2	QS1
		14.20	14.50	-	2.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-02-CC-D	PK 22+963	3,75	4,07	13	1,71	1,93	32	11	21	100	88	31			0,14	29,5											B6	QS2
		8,00	8,50	25	1,58	1,97	-	-	-	97	72																-	-
F-04-CC-D	PK 24+277	3,60	4,00	15	1,80	2,08	37	13	24	100	91	50	0,70	36,9						1,59	13,6	2,2	1,59	13,6	2,2	3,0	A2	QS1
		6,85	7,20	15	1,75	2,02	31	14	17	100	94				0,16	29,1				3,00	3,7	0,7	3,00	3,7	0,7		A2	QS1
F-02- CD	PK 24+775	2.25	2.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.60				Traces	0.31	7.20	1.57	-	-
		4.00	5.00	-	2.56	-	33.16	16.33	16.83	57	95.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A2	QS1
		14.50	15.00	-	-	-	18.25	8.53	9.92	17	94.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A1	QS1
F-03- CD	PK 25+325	3.00	3.45	20.58	1.61	1.94	25.71	15.62	10.09	-	96.79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Traces	0.28	27.60	1.72	A1	QS1
		8.00	9.00	-	-	-	16.64	8.53	8.11	65	51.90	-	-	-	25.92	0.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A1	QS1
		14.00	14.50	-	-	-	15.22	9.20	6.20	58	16.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B5	QS2
F-04- CD	PK 25+695	1.25	1.50	18.45	1.81	2.04	32.01	19.00	13.18	-	61.90	-	-	-	-	-	26.02	0.14	-	-	-	-	Traces	0.28	18.12	1.32	A2	QS1
		2.60	2.90	25.97	1.51	1.96	33.18	20.00	13.18	-	57.79	-	-	-	24.61	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A2	QS1
		10.00	11.00	-	-	-	16.39	8.50	7.89	40	49.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A1	QS1
		15.00	16.00	-	-	-	17.07	9.10	7.97	40	71.90	-	-	-	38.47	0.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A1	QS1
F-05- CD	PK 26+935	4.00	4.35	24.87	1.48	1.85	41.58	23.20	18.38	-	75.22	-	21.58	0.21	-	-	-	-	-	1.84	27.96	3.65	Traces	0.31	22.80	1.20	A2	QS1
		6.70	7.00	17.15	1.63	1.91	30.24	18.00	12.24	-	26.71	-	-	-	26.66	0.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B6	QS2
		8.70	9.00	22.07	1.64	2.00	25.54	14.00	11.54	-	36.45	-	-	-	20.23	0.44	-	-	-	1.47	16.51	3.54	-	-	-	-	A1	QS1

Référence Sondage	PK	Profondeur (m)	Paramètres physiques				Limite d'Atterberg		VBS	Analyse granulométrique			Cisaillement à la boite				Rc	Essai Oedométrique			analyses chimiques					Classification	
			W (%)	γd (t/m³)	γh (t/m³)	Sr (%)	WL (%)	Ip (%)	(%)	< 2mm	< 80µ	< 63µ (%)	Cu (bars)	φu (°)	C' (bars)	φ' (°)	(bars)	Cc (%)	Pc (bars)	Cg (%)	SO4- (Mg/Kg)	CL- (%)	CACO3 (%)	MO (%)	PH	GTR	UIC
SC-05	28+333,415	5-5,2	12,08	1,88	2,11	79.61	19.00	10.00	1.00	100.00	54,71	27,36	0,32	30,63	0,19	35,46		11,63	0.82	0,89	1977.60	0.28	5.56			B2 S	QS2
SC-06	28+403,318	0,80-1,50					34.83	18.17		11.00	24.71	11.00									Traces	0.34	31.19	3.29	8.10	B2 S	QS2
		2,3-2,6	13,78	1,94	2,21	99,78	30.00	19.00	0,398	97.35	57,83	30.84	1.03	15.14	0,19	29,52		12,96	1,86	1,66	1936.40	0.18	2.78			B2 S	QS2
		3,00-4,00								41.00	83.54	35.00														B2 S	QS2
		8,00-8,30															179.10				2430.80	0.21	6.48			B2 S	QS2
SC-08	30+767,689	2,15-2,5	15,45	1,82	2,1	88.22	24.00	13.00	0,999	99.40	61,27	29.02	0.21	18.03	0,18	28,90		12,96	1,18	0,78	2513.20	0.18	4.63	93.30		A2 h	QS0
		4,7-5	12,44	1,91	2,15	85,09	35.00	22.00	1.59	97.20	47,98	29.70	0.65	24.37	0,23	28,52		11,29	0,7	1,99	2595.60	0.32	7.41	97.83		A2 h	QS0
		6,5-6,8	11,73	1,93	2,16	83,32	33.00	20.00	1.20	98.82	55,68	38.85	0.86	21.31	0,17	23,10		14,62	0,77	1,44	2513.20	0.28	4.63			A2 h	QS0
		8,6-8,9	12,76	1,89	2,13	84,09	28.00	17.00	1.37	97.42	44,40	27.88	1.35	15.56	0,16	21,57		13,62	1,34	2,57	2060.00	0.18	6.02			A2 h	QS0
SC-09	30+767,989	6-6,3	11,24	1,93	2,15	79,84	39.00	27.00	3.80	94.59	66.71	39.05	1.12	22.84	0,24	23,89		19,6	3,19	4,78	1895.20	0.21	15.28			A2 h	QS0
SC-11	32+585,524	3-3,35	6,24	2,11	2,24	64,61	32.00	22.00	1.60	88.99	52.23	33.18	1.10	17.19	0,17	19,44		41,19	5,09	3,45	1689.20	0.28	18.52	97.46		B2 S	QS2
		3,5-3,8	10,78	1,93	2,14	76,58	37.00	24.00	1.19	75,65	43,95	31,79	0,68	14,76	0,48	15,75		18,6	1,3	3,65	2636.80	0.14	8.80	96.96		B2 S	QS2
SC-12	33+844,436	2,2-2,55	17,66	1,79	2,11	97.41	43.00	28.00	0,800	86.32	67.75	42.54	0.36	21.06	0,19	25,52		17,27	1,81	4,07	2183.60	0.25	7.40	6.91		B1	QS1
SC-14	34+742,312	2,6-3	13,1	1,84	2,08	77.47	25.00	14.00	0,400	98.03	40,47	20.24	0.35	22.56	0,12	34,53		14,28	0,61	0,66	2142.40	0.25	4.63	97.85		B1	QS1

V.3.6 Lithologie affecter dans le couloir :

Argile sableuse plus ou moins marneuse :

Il s'agit des Argiles sableuse et graveleuse, cette formation est rencontrée tout le long du tracé, avec une profondeur plus au moins importante qui peut aller jusqu'à **14m**, elle est constituée essentiellement d'argile marneuse d'une consistance compacte, relevées du **PK 21+500** au **PK 22+20**, cette formation peut être marneuse par endroit dans le **PK 26+700.**

V.3.7 Contraintes Géotechniques :

- **Sol sensible à l'eau :**

Tant que le pourcentage de VBS est élevé dans des endroits du projet il y a un risque de gonflement en présence de l'eau.

Donc le traitement à la chaux doit être effectué aux sols dans ces endroit pour diminuer la sensibilité à l'eau.

- **Agressivité de sol :**

Le niveau d´agressivité du sol ou des eaux, c´est-à-dire les classes d´expositions Ai (attaques chimiques), peut être évalué selon les valeurs de la teneur en sulfates. Selon la norme (NA 16002) (2016) voir ANNEXE D, Les échantillons sont classés en catégorie XA0, XA1 et XA2 (sol d'agressivité faible à modérée). Pour cela, il y'a lieu de prendre les dispositions nécessaires (adaptation de la composition et la mise en œuvre aux conditions du milieu (dosage en ciment, catégorie de ciment, E/C, cure, adjuvants).

- **Zone inondable :**

Faisant suite à l'étude hydrologique une zone inondable a été identifiée au niveau du contournement de la ville de Drean de PK 22+650 au PK 25+564.

Une simulation a été faite, des profils transversaux ont été définis le long de la plaine alluviale de l'Oued Seybouse (voir figure ci-dessous). Pour chaque profil, la valeur du niveau des plus hautes eaux de l'Oued Seybouse a été spécifiée. Ces valeurs ont été comparées avec le relief naturel traversé par le tracé du contournement de Drean. Les résultats sont récapitulés dans le tableau. En se basant sur ces résultats, l'altimétrie de la ligne rouge du profil en long du projet de contournement de Drean et tous les ouvrages à projeter doit tenir en considération le niveau NPHE.

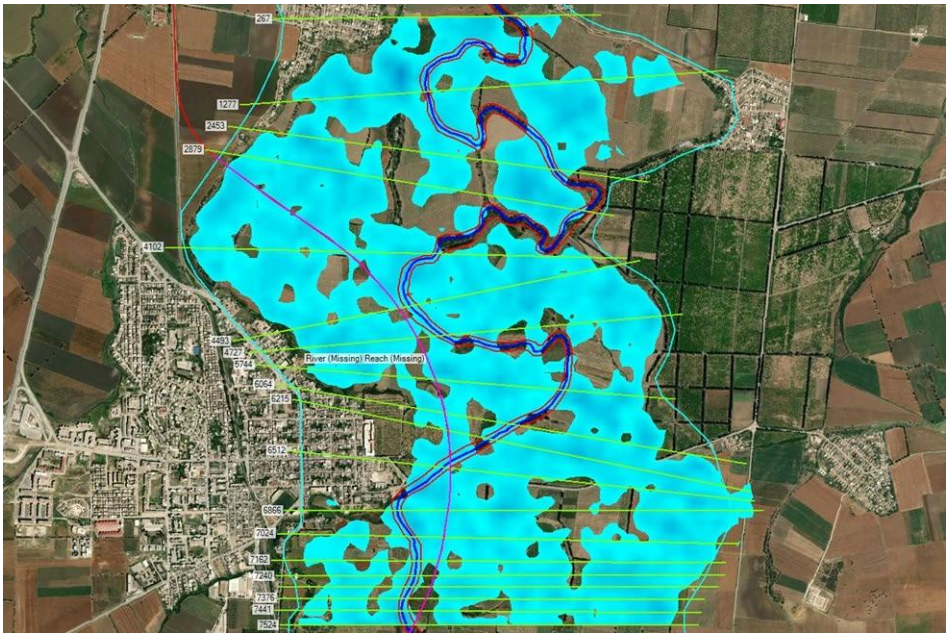


Figure V.II Présentation de la zone inondable. Obtenu par la simulation de l'écoulement (HEC-RAS)

Tableau V.7 Résultats du calcul de l'NPHE+0.5

PK	Cote TN	Cote NPHE+0.5	NPHE+0.5
22+629	PAS DE RISQUE D'INONDATION		
22+829	14.59	16.81	2.22
22+929	15.03	16.89	1.86
23+496	15.99	17.59	1.6
24+313	17.32	19.43	2.11
24+979	18.54	19.93	1.39
25+425	18.84	20.1	1.26

Pour les OA situé dans la zone inondable, voici un tableau qui définis le calcul du NPHE+0.5m :

Tableau V.8 Tableau de calcul NPHE+0.5 des OA's

PK	Cote TN	Cote NPHE	NPHE+0.5m
24+350	10.74	16.91	6.7
25+290	12.04	17.05	5.51

NB : Les calculs ont étés fait selon la méthode suivante :

NPHE+0.5= Cote NPHE – Cote TN + 0.5m.

*Lors de la réalisation du profil en long, on a fait en sorte que la ligne rouge du projet prend en considération les dimensions des OA (selon l'APD) et l'épaisseur de ballast et traverse-rail.

Les remblais des zones inondables, qui seront identifiés dans l'étude hydrologique, seront constitués à leur base de matériaux ZI jusqu'à une cote minimale située à 50 cm au-dessus du niveau des plus hautes eaux. Entre les matériaux d'enrochement pour zone inondable et les couches qui constituent le remblai, il devra être placé un géotextile anti contaminant (avec fonctions de séparation et filtration) du type non tissé, avec les caractéristiques suivantes :

- Masse surfacique (NF EN 965 – EN ISO 9864) ≥ 300 g/m2
- Résistance à la traction (NF EN ISO 10319) ≥ 20 kN/m
- Déformation à l´effort de traction maximale (NF EN ISO 10319) ≥ 50%
- Résistance au poinçonnement statique CBR (NF EN ISO 12236) ≥ 1.9 kN
- Pyrométrie (O90) (NF EN ISO 12956) 210 µm

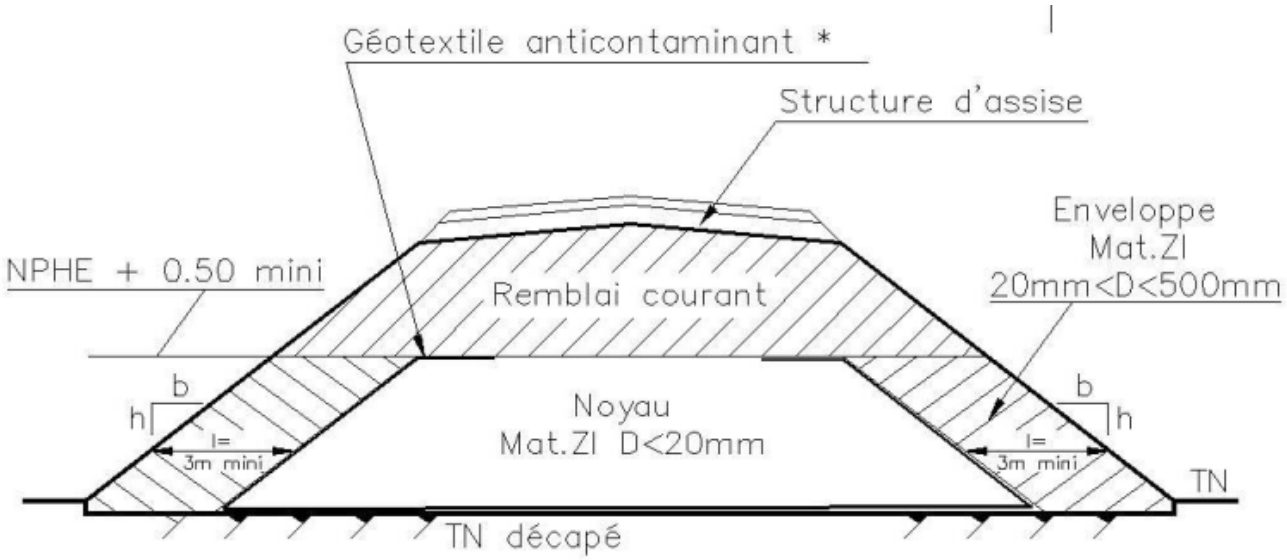


Figure V.III Profil transversal du remblai à construire dans zone inondable selon IN3278

- **Type de matériaux**

Conformément à la fiche n°7 de la norme ST590 :

Le matériau utilisé pour construire le talus (l'enrochement) immergé dans l'eau du remblai au niveau de la zone inondable doit être en matériau granulaire concassé ayant les propriétés (voir ANEXXE E).

Le matériau utilisé pour le noyau doit être constitué de matériaux granulaires ayant les propriétés (voir ANEXXE T).

Dans la zone de contact du matériau drainant avec les matériaux de remblai on devra mettre un géotextile de séparation.

- **Gîtes d'emprunts :**

Selon l'APD, aux abords du tracé, une recherche de matériaux d'emprunt a été effectuée en fonction de la géologie locale. En effet, sur la base de l'examen de la carte géologique et des observations de terrain, il a été constaté la présence de formations géologiques porteuses de gites d'emprunts pour matériaux de remblais de part et d'autre du tracé. Il s'agit de terrains sédimentaires formés de : Quaternaire continental (qt) constitué d'alluvions, regs, et terrasses, Pontien (Pt), et du Miocène continental antépontien (mc), Le tableau qui suit résume le détail technique de chaque gite.

Tableau V.9 Gites d'emprunt avec coordonnées

Zone	PK	Distance Localisation	Superficie estimé (m2)	Classe GTR	Classe UIC	Profondeur estimé (m)	Volume estimé (m3)	Localisation	
								X	Y
Zone d'emprunt N°1	5+500	Environ 1700,00 m	515 081	R32	Qs2	2.5m	2 060 324	390667	4058293
Zone d'emprunt N°1	5+500	8 200 m	143 909	B6	Qs2	4m	575 636	380389	4056266

V.4 Utilisation des matériaux pour le remblai :

- **Utilisation de matériaux de déblai en remblai :**

Dans l'ensemble de notre projet on a un site de déblai notable (du PK 28+650 au PK 29+600).

Par la classification GTR on a déterminer que les le type du matériau dans cette zone de déblais est : **B_4s et B_2s.** ce dernier est valable pour l'utilisation en remblais mais par condition :

- Condition d'utilisation de matériaux **B_{4S} et B_{2S}** selon le guide **GTR :**

Pour ces sols, il faut compenser l'insuffisance de la teneur en eau par un compactage intense, un arrosage ou une humidification. L'humidification dans la masse pour changer l'état est relativement facile à réaliser.

- **Utilisation de matériaux de gite en remblai :**

Les gites les plus proche de notre tronçon de projet étant déjà cité dans le tableau ci-dessus qui fournis successivement les matériaux suivants : **R32 et B6.**

- Condition d'utilisation de matériaux **R32** selon le guide **GTR :**

Marnes rocheuses ou roches argileuses, évolutives, dont la mise en remblai comporte un risque qu'il convient d'apprécier avant chaque chantier, les conditions d'utilisation proposées doivent être accompagnées d'une réflexion approfondie sur les méthodes d'extraction les plus appropriées en particulier en de la fragmentation, et sur la conception globale des remblais (couches drainantes, stabilisation des talus « Imperméabilisation » ...). Ces matériaux présentent d'autant moins de risque d'évolution qu'ils sont mieux fractionnés, bien compactés et humides à la mise en œuvre. L'étude spécifique préalable de ces roches est souvent nécessaire pour définir la conception du remblai, la granularité à obtenir les moyens nécessaire correspondants, et le mode de compactage.

- Condition d'utilisation de matériaux **B6** selon le guide **GTR :**

Ces sols ne posent pas de problème d'utilisation en remblai sauf par pluie forte, en l'absence de pluie, Ils présentent en général une bonne traficabilité du fait de la présence d'une fraction granulaire importante, cependant ils sont inutilisables dans l'état très sec et très humide.

V.5 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons identifié avec des essais en laboratoire deux classifications de sol :

- Selon le classement **GTR** :

Généralement, le sol est Argile marneuse plus au moins limoneuse **(A1, A2)** avec la présence de sable argileux peu silteux (**B1, B2, B6).**

- Selon le classement **UIC719R** :

La classe de qualité de sol support la plus souvent rencontrée le long du tracé est **QS1, QS2 et QS0.**

Pour les contraintes géotechniques on utilise des **matériaux spéciaux** dans les zones inondables pour le remblai tel que R2, R4, R6, CiB3, D3, R21, R22, R41 et R42 de la classification **GTR**.

Un traitement à la chaux doit être effectué aux sols sensibles à l'eau.

Une protection dans les surfaces de contactes des ouvrages d'art et hydraulique avec les endroits qui présente un pourcentage élevé de sulfate en utilisant **CRS (ciment résistant aux sulfates).**

CHAPITRE VI :
ASSISE FERROVIAIRE

VI. ASSISE FERROVIAIRE

VI.1 STRUCTURE D'ASSISE ET DIMENSIONEMENT DE LA COUCHE DE LA PLATEFORME FERROVIAIRE :

VI.1.1 CLASSIFICATION DU SOL SUPPORT UIC

Pour la classification des arases de terrassement on a adopté la classification élaborée par l'Union international du chemin de fer (UIC).

VI.1.2 METHODE DE DIMENSIONNEMENT ADOPTEE

Le dimensionnement de la couche d'assise et de l'épaisseur de la couche de forme a été effectué en suivant les indications de la fiche UIC 719R.

La définition de la classe de la plateforme suppose la classification préalable aussi bien de la qualité du sol support que de celle des matériaux constituant la couche de forme elle-même.

Dans ce contexte et pour homogénéiser la structure d'assise, nous considérons que le sol support est de type QS1 tout le long du tracé. (Voir le tableau suivant) :

Tableau VI.1 détermination de la classe de portance de la plate-forme (Fiche UIC 719).

Classe de qualité du sol	**Classe de portance de la plateforme**	**Couche de forme mettre en œuvre pour avoir cette portance**	
		Qualité	Épaisseurs min ef(m)
QS1	P1 P2 **P2** P3	QS1 QS2 **QS3** QS3	/ 0.50 **0.35** 0.5
QS2	P2 P3	QS2 QS3	/ 0.35
QS3	P3	QS3	/

VI.1.3 CALCUL D'EPAISSEUR MINIMAL D'APRES LA FICHE UIC 719 R :

Une plateforme ferroviaire est constituée généralement par un ensemble de sous couches à savoir :

Une couche de ballast, Une sous-couche qui comprend les couches de sous ballast, couche de fondation, couche anti-contaminant et géotextile. L'épaisseur de l'ensemble ballast +sous- couche est donnée par l'expression suivante :

$$\mathbf{e = E + a + b + c + d + f + g}$$

Avec :

- E = (classe de la plateforme P1, P2, P3),
- a = classe de la voie (groupe de 1 à 6 voir UIC 714).
- b = type et longueur de la traverse
- c = (type de dimensionnement)
- d = (la charge maximale à l'axe)
- g = Géotextile

Conformément à la fiche UIC 719, l'épaisseur requise de la couche d'assise se calcule selon la formule

$$e\,[m] = E + a + b + c + d + f + g$$

Avec:

E = 0,55 m pour une plate-forme de classe de

portance P2 a= 0 pour les groupes UIC 1.

b = 0.13 cm pour les traverses en béton de longueur

L = 2,24 m c = 0 pour un dimensionnement

normal.

d = +0,05 m (pour la charge nominal d'essieu de

22.5 ton/axe) f = 0 pour toutes les lignes

parcourue à V≤160 Km/h.

g = 0 (pas de géotextile lorsque la couche de forme

est en QS3). L'épaisseur des couches d'assise est

alors fixée à 0,73 m

Tableau VI.2 épaisseur des composantes de la nature d'assise

Couches	Épaisseur (cm)
Ballast	30
Sous-ballast	23
Couche de fondation	20
couche de forme de type QS3	35

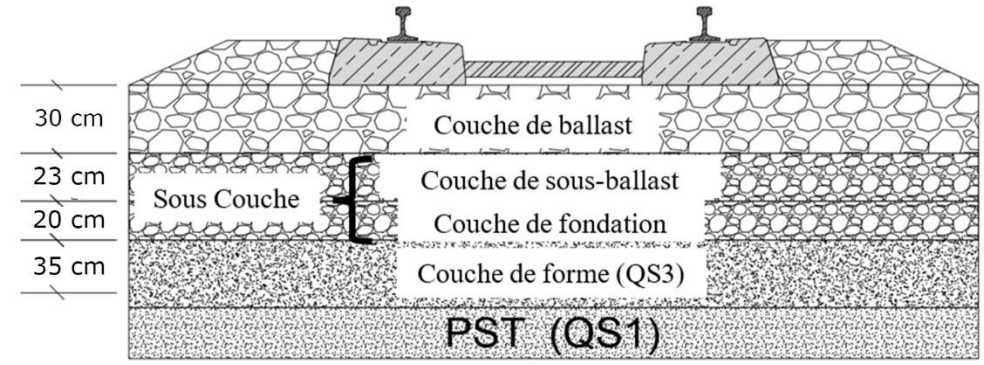


Figure VI.I L'épaisseur des différentes couches

VI.1.4 EXIGENCES SUR LES CONSTITUANTS DE L'ASSISE

VI.1.4.1 Ballast :

Le Ballast sera constitué par de la roche concassée. Les exigences suivantes devront être satisfaites (selon le référentiel technique SNTF et la norme NF P53-695) :

- Résistance à la fragmentation Los-Angeles : ≤ 19 %.
- Résistance à l'usure Micro deval : ≤ 6 %.
- La granulométrie doit être comprise dans le fuseau suivant (25/50mm) et devra respecter les limites mentionnées dans la catégorie « A » de la Norme Européenne CEN/TC/154 AD HOC Group Aggregates for Railway ballast, conformément au tableau suivant :

Tableau VI.3 Fuseau granulométrique pour ballast (NFP 53-695)

CEN/TC-154/SC-4	
MAILLE (mm)	% de la masse passante
63	100
50	70-100
40	30-65
31,5	0-25
22,4	0-3
31,5-50	50

- Résistance à la compression : RC ≥ 1200 kg/cm²
- Les éléments doivent avoir une forme polyédrique et à arêtes vives
- Propreté : les matériaux doivent être expurgés de toute matière impropre. La masse relative des éléments passant au tamis à maille carrées de 1.6mm ne doit pas excéder 0.5 %.

VI.1.4.2 Couche de sous ballast

Pour la construction du sous-ballast et conformément au document des spécifications techniques (ST590B) il est prévu l'emploi de grave propre entièrement concassée.
/31.5mm), bien graduée avec une valeur de propreté Vbg ≤1 et un coefficient de forme A ≤25. (ANNEXE U).

VI.1.4.3 Couche de fondation

La couche de fondation conformément à la spécification technique (ST590B), est exécutée en grave sableuse entièrement concassée, avec une valeur de propreté Vbg ≤1 et un cœfficient de forme A ≤25 et LA+MDE ≤ 50. Entre autres, les matériaux employés peuvent être issus soit des sous-produits des carrières à ballast, soit des alluvions d'oued (ANNEXE S).

VI.1.4.4 Couche de forme de qualité QS3

Conformément au document des spécifications techniques (ST590b). Elle est exécutée en grave 0/D. avec une résistance LA+MDE ≤ 60 et une valeur de propreté Vbg ≤2 (ANNEXE W). Le taux de compactage et le module de déformation minimale sont : γd ≥ 100% de l'OPM, EV2 ≥ 80 MN/m².

CHAPITRE VII :
PROFIL EN TRAVERS

VII. PROFIL EN TRAVERS :

VII.1 INTRODUCTION :

Le profil en travers Correspond à une coupe verticale perpendiculaire à l'axe en plan de la voie, il met en exergue les dévers reliés à la voie.

VII.2 Profil en travers type :

Est un profil unique pour chaque zone contenante et détaillant d'une manière précise toutes les dimensions et tous les détails constructifs.

VII.3 Profil en travers courant :

C'est un profil qui s'applique au PK indiqué uniquement, il reprend et mentionne la totalité des caractéristiques de la section transversale du PK.

VII.4 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :

- **Emprise :** C'est la surface du terrain naturel affecté à la voie, limitée par le domaine public.
- **Assiette :** C'est la surface de la voie délimitée par les terrassements.
- **Plate-forme :** C'est l'élément sur laquelle repose la voie.
- **La voie :** C'est la partie de la voie ferrée affectée à la circulation des trains.
- **La berme :** Supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations.).
- **Le fossé :** Un fossé est une tranchée creusée dans le sol pour le drainage ou la protection.

VII.5 STRUCTURE DE LA VOIE FERREE :

VII.5.1 La Plate-forme :

La plate-forme représente l'emprise au sol. Les spécifications applicables dans notre projet sont les suivantes :

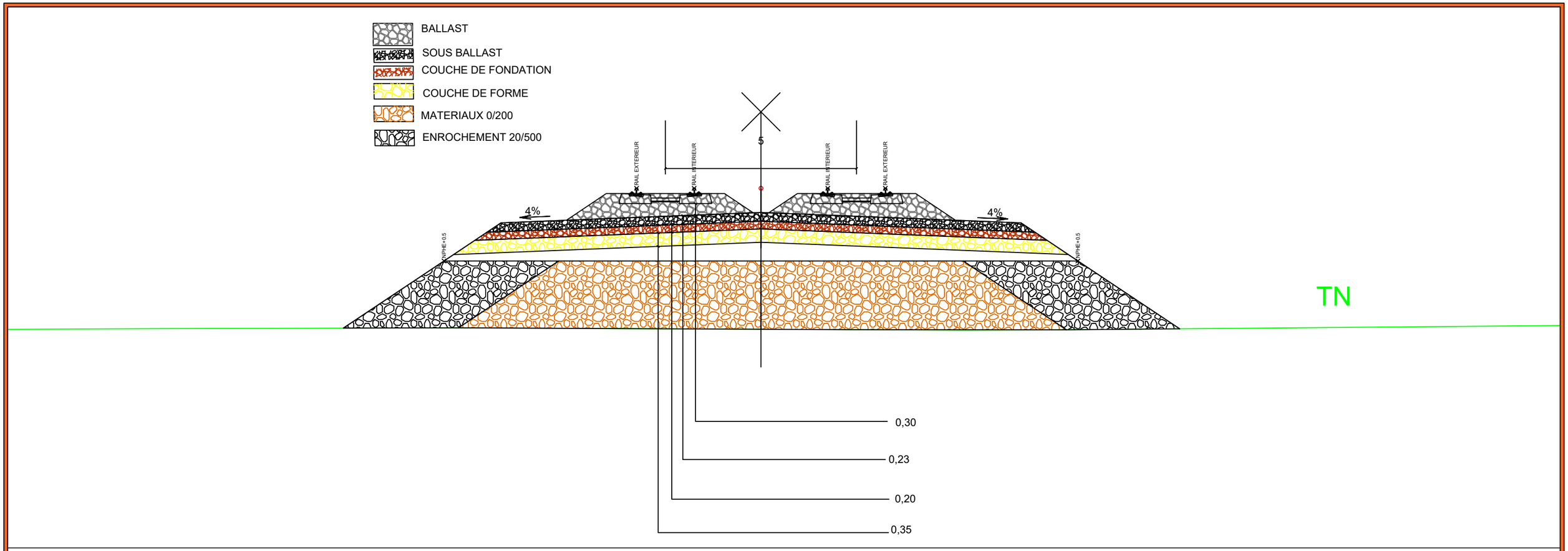
- La largeur de la plate-forme est fixée à **13.6 m** (voies doubles).
- Une bande **70 cm** sera prévue pour l'implantation des équipements de signalisation, télécommunications et électrification ; l'axe des poteaux caténaires devra se situer à un minimum de **3.25 m** de l'axe de la voie.
- Un cheminement de **70 cm** sera aussi implanté pour la circulation piétonnière.

VII.5.2 Profil type de notre projet :

Pour notre projet, on a opté pour les sections types exigées par la **SNTF (présentation)** :

PROFIL EN TRAVERS

- Largeurs de la plate-forme :13.6 m (doubles voies).
- Entre axe : 5m. (pour ne pas déranger la circulation des trains lors des travaux).
- Pente latérale de la plate-forme : 4%.
- Epaisseur du ballast : 30 cm.
- Epaisseur du sous-ballast : 23 cm.
- Epaisseur de la couche de fondation : 20cm.
- L'épaisseur de la couche de forme est de 35cm.
- Pente talus (déblai : 2H/1V et remblai : 3H/2V).



Présentation du Profil en travers plein voie (Profil zone inondable et zone mixte)

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Built and Ground Works Engineering

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Étude de la ligne minière Est - section Nord Annaba Bouchegouf tronçon : du PK 21+000au PK 36+000avec conception de la gare « Drean »	***OURANADER SOBHI***	***Y.OURANADER Co-Encadré par: K.HAMADI***	1/100	***06***	2023/2024

CHAPITRE VIII :
TERRASSEMENT

VIII. TERRASSEMENT

VIII.1 DEFINITION :

Le terrassement est le processus d'excavation, de déplacement, de nivellement et de compactage du sol dans le cadre de la préparation d'un terrain pour la construction.

Le processus de terrassement peut comprendre les étapes suivantes :

Décapage : Cette étape consiste à enlever la végétation, les débris et les couches de sol non désirées à la surface du terrain.

Déblais : Il s'agit de creuser le sol pour créer des tranchées, des fosses ou des excavations nécessaires à la réalisation du projet.

Remblais : des matériaux tels que du sable, du gravier ou du sol compacté sera ajoutés pour remplir les espaces vides et créer une surface de travail plane et stable.

Nivellement : Cette étape implique l'utilisation d'engins de terrassement pour répartir et lisser le sol afin d'obtenir la pente et l'inclinaison appropriées conformément aux plans du projet.

Compactage : Une fois que le sol a été nivelé, il est compacté à l'aide de rouleaux compresseurs ou d'autres équipements de compactage pour augmenter sa densité et sa stabilité. L'état de compactage exigé pour les remblais, ainsi que pour leur assise est celui correspondant à l'un des deux critères :

- % OPM ou, - essai à la plaque circulaire de 200 cm2.

VIII.2 STABILITE DE TALUS :

La stabilité d'un talus fait référence à sa capacité à résister à l'effondrement ou au glissement. Le calcul de stabilité concerne les grands ouvrages (remblais-déblais) avec des hauteurs importantes ($h \geq 6$ m). Plusieurs **facteurs** peuvent influencer la stabilité d'un talus, notamment :

- Angle de pente :

Les pentes de talus principalement utilisées selon le référentiel technique de **SNTF** chapitre 07.2.2 « OUVRAGES EN TERRE », et exprimées en fraction base (V) sur hauteur (H), sont :

En déblai : 1/2, 2/3, 1/1, 3/2, **2/1**, 2,5/1, 3/1.

En remblai : **3/2**, 2/1.

- Poids volumique γ.
- Cohésion C.
- Angle de frottement interne φ.

La stabilité des talus a été effectuée en utilisant la méthode de Fellenius / Petterson et à l'aide du logiciel GEO5 (équilibre limite), en se basant sur les données géométriques des profils en travers courants et les résultats de l'investigation géotechnique.

L'objectif est de vérifier si le facteur de sécurité Fs) le long d'un cercle de glissement donné respecte que :

- Fs ≥ 1.5 pour la stabilité à long terme (LT)
- Fs ≥ 1.3 pour la stabilité à court terme (CT)
- Fs ≥ 1 pour le cas sismique (S)

Dans le cas de séisme, étant notre zone classée en zone I (sismicité faible), selon le RPA 99 / Version 2003 (10.3 Stabilité Des Pentes) on a les coefficients suivants :

Le coefficient d'accélération de zone A = 0.25.

Les coefficients sismiques : Kh = 0.5A(%g) = 0.125, Kv = ±0.3Kh = 0.0375.
Représentant les forces horizontales contenues dans les plans verticaux de plus grande pente et dirigées vers l'aval et les forces verticales descendantes ou ascendantes.

VIII.2.1 Application

En tenant compte des résultats de l'investigation géotechnique, on a effectué le calcul de stabilité si il est nécessaire de le faire.

VIII.2.1.1 Cas de Remblais :

Dans l'ensemble de notre projet, on a que tous les remblais sont de hauteur inférieure à 6m. Ils ne nécessitent pas de vérification de stabilité, surtout que la majorité des remblais existent dans les zones inondables, donc ils sont basés sur un matériau grenu qui est plus stable que les matériaux ordinaires. Donc on adopte une pente de **2/3** pour tous les remblais.

VIII.2.1.2 Cas de déblais :

Dans notre projet on a un déblai important qui est de **20.3m** de hauteur avec une nature **sable / grave argileuse,** on pose une pente de **1/2,** les données utilisées pour le calcul seront indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII.1 Données géotechniques et piézométriques utilisées pour le calcul de la stabilité

PK	Profondeur (m)	Paramètres physiques				Analyse granulométrique			Cisaillement à la boite			
		W (%)	γd (t/m³)	γh (t/m³)	Sr (%)	< 2mm	< 80µ	< 63µ (%)	Cu (bars)	φu (°)	C' (bars)	φ' (°)
29+017,922	3,25-3,6	21,31	1,59	1,93	84,71	99.61	98,43	76.20	0,39	13,25	0.25	14.87
	6,6-6,85	11,51	1,77	1,97	61,35	89.12	73,75	48.10	0,30	28,92	0.18	29.07
	8,4-8,75	15,71	1.77	2.05	83.74	91.64	84,06	56.65	0,68	19,21	0.20	20.43
	11,6-11,85	11.63	1.85	2.07	71.27	89.96	80.12	56.41	0,24	24,82	/	/
	18,25-18,6	15,35	1,84	2,12	92,40	96.22	92,01	65.58	0,58	15,62	0.30	19.61
	20-20,2	16,85	1,75	2,04	86,82	97.52	94,05	70.54	0,38	21,13	0.21	21.11
	35,8-36,13			2.48								
	36,8-37,15			2.49								
	42,7-43,3			2.46								
	45,1-45,34			2.43								
	46,65-46,9			2.30								

Sondage	PK	Profondeur "m"	Niveau piézométrique relevé "m" à la date du				Moyenne
			27/09/2023	02/10/2023	06/10/2023	17/10/2023	
SC-07	29+033	10m	10m	5m	10m	10m	8.75m

Une étude de stabilisation a été effectuer pour ce talus. On adopte la méthode de fellenius (méthode des tranches) pour l'équilibre statique et dynamique.

On vérifie la stabilité en utilisant le logiciel Geo 5 :

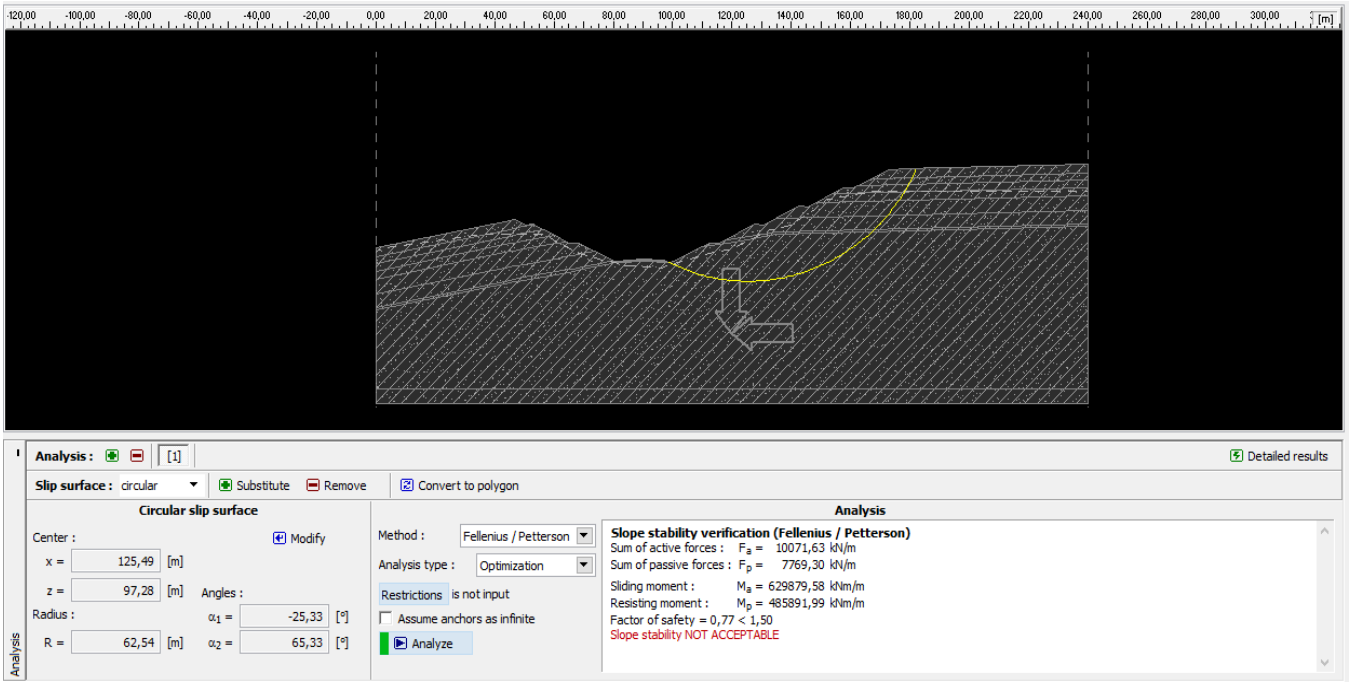


Figure VIII.I Résultats de stabilité dynamique du déblai à court terme

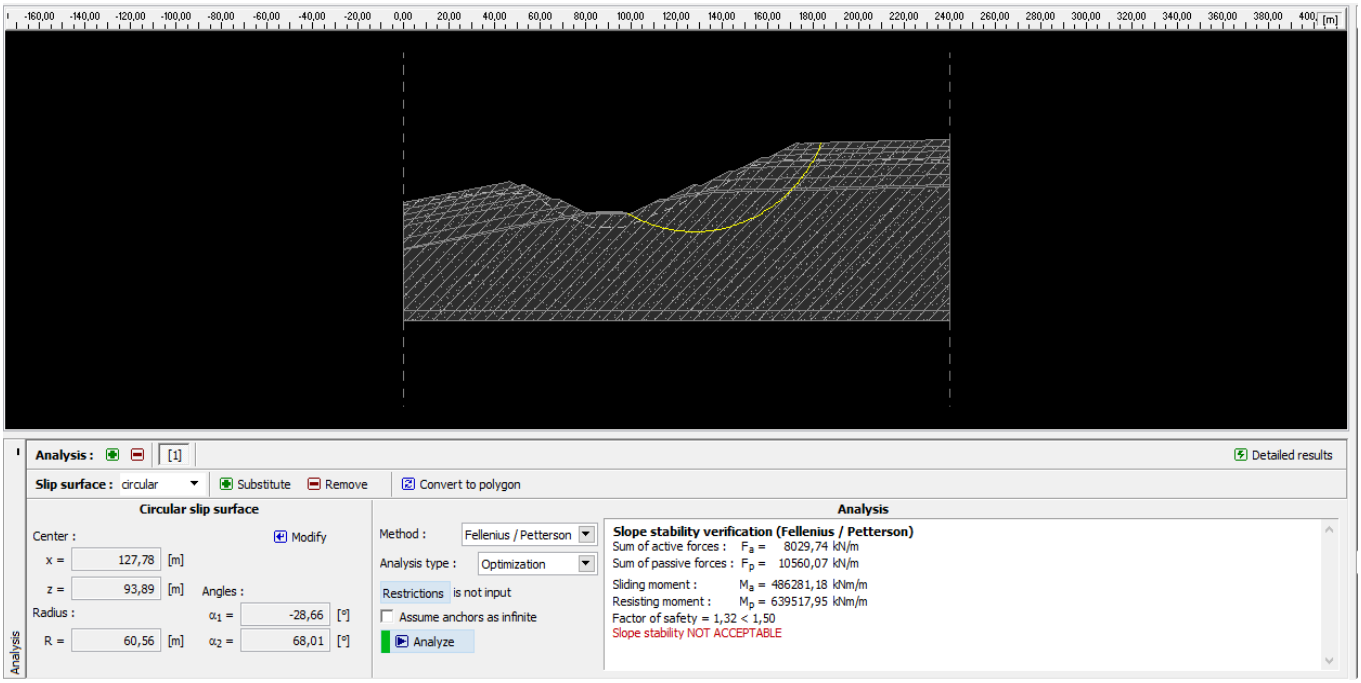


Figure VIII.II Résultats de stabilité statique du déblai à long terme

Les résultats numériques des autres cas sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII.2 Résultats de calcul de stabilité

Cas	Facteur de sécurité		Observation	
	Statique	Dynamique	Statique	Dynamique
Court terme	1.04	0.77	<1.3➔ Non Stable	<1➔ Non Stable
Long terme	1.32	0.97	<1.5➔ Non Stable	<1➔ Non Stable

VIII.2.1.3 Interprétation :

La différence entre les résultats court terme et long terme s'explique par l'existence de la nappe phréatique située à une profondeur moyenne de 8.75m, On remarque que dans tous les cas les facteurs de sécurités sont inférieurs aux valeurs exigées par le référentiel technique de la SNTF

Les causes principales sont : la présence de l'eau, la hauteur importante du talus et les paramètres intrinsèques des différentes couches de sols situés dans le profil étudié.

VIII.2.1.4 Solutions possibles :

Pour pouvoir stabiliser ce talus il est possible d'installer des tirants d'ancrage, les longueurs et les spécifications de ces derniers dépendra des caractéristiques intrinsèques des couche de sols où ils seront insérés afin d'éviter le cisaillement du sol.

VIII.3 CALCUL DES CUBATURES :

Les cubatures dans un projet ferroviaire font référence à la mesure et au calcul des volumes de terre déplacés lors de la réalisation. Ces calculs sont importants pour déterminer la quantité de matériau nécessaire pour la plateforme et les remblais et les déblais, ainsi que pour estimer les coûts et la planification des travaux.

Voici le tableau des résultats de terrassement de notre projet calculer par logiciel COVADIS :

Tableau VIII.3 Récapitulatif des volumes de terrassement.

Terrassement	Volume (m^3)
Décapage	136721.5
Déblais	1178946.0
Remblais	382744.1
Déblais réutilisable	33544.6
Noyau du matériaux ZI	68684.4
Enrochement de matériaux ZI	31221.0
Géotextile (m^2)	270660

Tableau VIII.4 Récapitulatif des volumes des couches d'assises.

Couche	Volume (m^3)
Ballast	70134.4
Sous-Ballast	45809.4
Couche de fondation	41700.9
Couche de forme	84025.0

VIII.4 Les différentes contraintes du projet :

VIII.4.1 OUVRAGE D'ART

VIII.4.1.1 Introduction :

La conception d'un bon tracé ferroviaire qui assure la perméabilité transversale de la ligne ferroviaire ainsi que le franchissement des différents obstacles et infrastructures tout en répondant aux exigences techniques et économiques, il faut donc doter notre tracé d'une série d'ouvrage qui se composent de :

a) **Pont rails :** (Pont sur Oued..)

b) **Ponts routiers :** (Passage supérieur)

c) **Les ouvrages hydrauliques :** dalots (ces derniers seront détaillés dans le chapitre hydraulique et assainissement).

VIII.4.1.2 Les croisements avec la route :

En général, les problèmes de croisements doivent prendre en considération la nature et le débit de la voie et analyser au cas par cas tout type de croisement selon la vitesse maximale, **3** solutions peuvent être envisagées :

- **Passage à niveau :** pour les routes de faibles débits (faible trafic).
- **Passage supérieur :** Cette solution est envisagée si la vitesse de notre train est supérieure à 100km/h et que la topographie et nature de la zone nous le permet.
- **Passage inférieur :** C'est très rarement envisagé, uniquement dans des cas topographiques très spécifique.

Tableau VIII.5 Liste des déviations de route/passage supérieur de notre projet.

Nature	Localisation (PK)	Nature	Localisation (PK)
Passage supérieur	21+800	Déviation routière	21+000 : 21+800
Passage supérieur	24+525	Déviation RN 16-A	26+325 : 27+525
Passage supérieur	27+437	Déviation A16	32+925 : 33+750
Passage supérieur	28+275	Déviation routière	35+500 : 35+850
Passage supérieur	28+462	Passage supérieur	31+650

VIII.4.1.3 Liste des réseau divers rencontré dans le tracé :

Vue que le projet traverse une zone peuplée, il est inévitable qu'il y ait des contraintes de réseau divers qui peuvent être : fibre optique, conduite de gaz, ligne d'électricité (MT ou HT) conduite d'eau potable...etc. En addition des bâtis privée qui devront être démolis après l'acquisition de ces derniers.

La liste de ces contraintes est tabulée dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII.6 Liste des contraintes de notre projet.

Contrainte	Localisation (PK)	Contrainte	Localisation (PK)
Démolition BATI	29+525	Ligne électrique MT	28+475
Démolition BATI	30+975	Ligne électrique MT	28+775
Démolition BATI	32+535	Ligne électrique MT	29+175
Démolition PARK	31+550	Ligne électrique MT	29+275
Ligne de GAZ	23+025	Ligne électrique MT	32+600
Ligne électrique MT	21+875	Ligne électrique MT	33+520
Ligne électrique MT	24+550	Ligne électrique MT	34+250
Ligne électrique MT	27+625	Ligne électrique MT	35+450
Ligne électrique MT	27+825	Ligne électrique MT	35+450
Ligne électrique MT	28+125	Ligne de GAZ	35+875

VIII.4.1.4 Les ouvrages de notre projet :

Tableau VIII.7 Liste des ouvrages d'art de notre projet.

Ouvrage d'art	Localisation (PK)
Ouvrage d'art (OUED Seybous)	Zone du PK 24+350 Zone du PK 25+275
Mur de soutènement avec enrochement	Zone du PK 33+375
Tunnel	Zone du PK 30+000
Ouvrage d'art (viaduc)	Zone du PK 29+675

VIII.4.1.5.1 Les zones de cisaillement : les zones de cisaillement sont les zones ou la voie projeté se croise avec la voie existante, ou il sera obligatoire d'arrêter les travaux sur un certain linéaire, puis faire une interception avec l'SNTF pour réaliser les travaux nécessaires dans les plus courts délais et raccorder les deux voies pour assuer la circulation du train.

Tableau VIII.8 Tableau des zones de cisaillement

Zone de cisaillement	PK
1	**26+475**
2	**33+350**

VIII.5 CONCLUSION :

Le couloir de tracé présente un terrain peu accidenté, les **remblais** ont des **H< 6 m** donc sont considérés tous comme stables, avec des pentes **de 3H/2V**

Avec des **déblais** qui **dépasses 6 m** de hauteur, mais après le calcul de stabilité on a trouvé que le déblai du PK 29 n'est pas stable, ce qui nécessite une étude approfondie sur les solutions possibles.

L'utilisation de matériaux de **remblai** est de **86%** des matériaux de déblais et le reste peut être récupéré de la zone de gite la plus proche.

CHAPITRE IX :
LA SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

IX. LA SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

IX.1 INTRODUCTION :

La superstructure de la voie est constituée par un assemblage d'éléments de caractéristique physiques et mécaniques différentes qui permettant la transmission à la plat forme (Infrastructure), les charges statiques et dynamiques des roues.

IX.2 Catégories de la voie :

Les voies sont classées en plusieurs grandes catégories, chacune réservé pour un objectif bien précis, on distingue ainsi :

- **Les voies principales :** affectées à la circulation des trains.
- **Les voies de service :** affectées aux manœuvres, elles sont constituées en général par des anciennes voies principales déclassées.
- **Les voies d'évitement (croisement) :** qui permettent à deux trains qui circulant à contre sens sur une voie unique de se croiser.
- **Les voies de garage :** affectées au stationnement du matériel roulant.

IX.3 LA SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE :

IX.3.1 Les Rails :

Les rails sont des longues barres d'acier profilées. Deux files parallèles de rails mis bout à bout forment la voie sur laquelle circule les véhicules ferroviaires, en particulier les trains et les tramways. Ils reposent sur des traverses (métalliques, en bois ou en béton), afin de conserver un écartement constant.

IX.3.2 Le type de rail :

a) **Rail Vignole (à patin) :** Qui est le plus couramment utilisé. Il est composé du patin qui repose sur la traverse et le champignon où prennent appui les roues des trains, et l'âme filet vertical qui relie le champignon au patin.

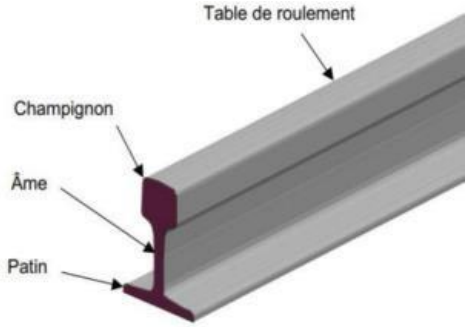


Figure IX.I Rail type vignole

IX.4 LA SUPERSTRUCTURE POUR NOTRE PROJET :

Type du rail utilisé : Vue son emploi universellement répondu, on a adopté pour notre ligne étudiée le rail Vignole **UIC 60 (60 kg/ml de rail).**

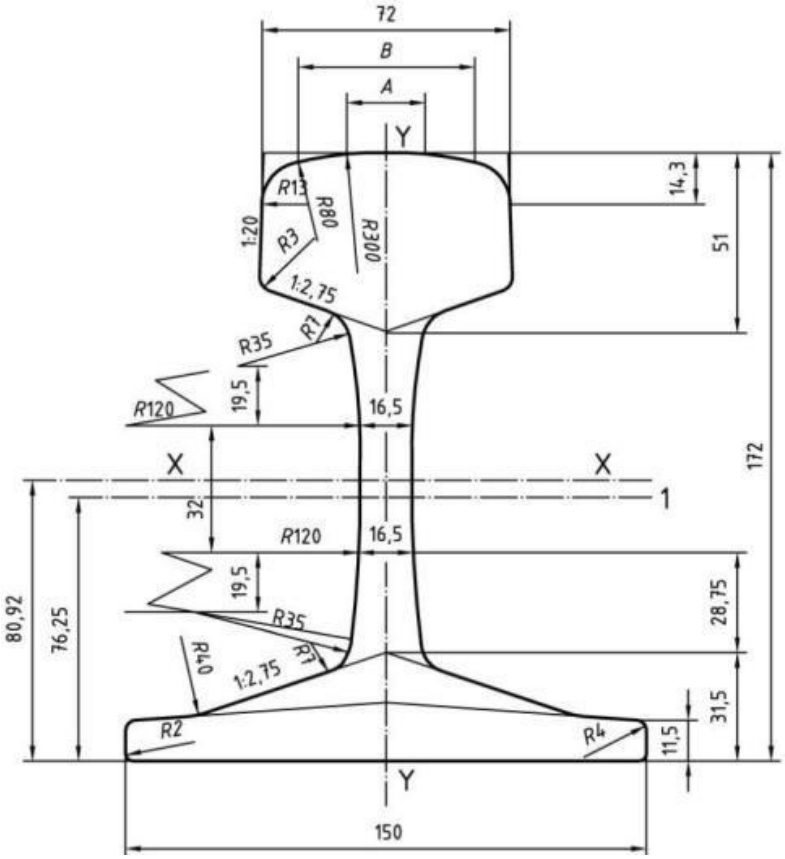


Figure IX.II La géométrie du rail UIC 60 E1

Les poses de rails neufs sont faites, en longs rails soudés **(LRS)**

Tableau IX.1 Caractéristiques géométriques et mécaniques de rail UIC 60 E1

Caractéristique	Valeur
Masse	60.34 kg/ml
Surface de la section	76.7 cm2
Hauteur du rail	172 mm
Largeur du champignon	72 mm
Épaisseur âme	16.5 mm
Largeur du patin	150 mm
Moment d'inertie (axe x-x)	3038.3 cm4
Moment d'inertie (axe y-y)	512.3 cm4
Résistance à la traction	R ≥ 880 N/mm2
Allongement	R ≥ 10%
Dressage	Classe A.
Nuance	260 (carbone-manganèse)

IX.4.1 ÉCARTEMENT DES RAILS :

L'écartement des rails c'est la distance qui sépare les flancs internes des deux files de rails d'une voie ferrée. Mesurée entre les bords intérieurs des champignons des rails et à **14 mm** sous le plan de roulement. L'écartement dans notre projet est de **1435 mm (**+/- 2 mm**).**

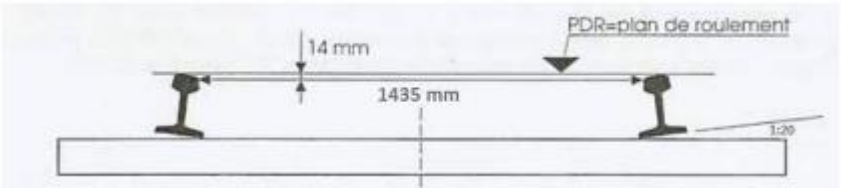


Figure IX.III L'écartement entre les rails

IX.4.2 INCLINAISON DU RAIL :

Afin de favoriser le centrage des roues du train, les rails sont inclinés vers l'intérieur selon une pente de **1/20** en voie normale et métrique excepté pour les réseaux de tramways touristiques. Cette pente est obtenue par entaillage incliné des traverses bois. **(Voir la Figure IX.IV)**

IX.4.3 CONTRE-RAIL :

Un contre-rail est placé dans la partie croisement d'un appareil de voie, qui comprend le cœur de croisement et les contre-rails. Ils permettent de guider les essieux d'un train et de protéger la pointe du cœur et afin d'éviter de faire un bi voie qui provoquerait un déraillement.



Figure IX.IV Un contre-rail dans une partie de croisement

IX.4.4 ASSEMBLAGE DES RAILS :

Il existe deux types d'assemblage : l'éclissage et la soudure

- **L'éclissage :**

C'est l'assemblage de deux rails consécutifs à l'aide de deux éclisses. Le rôle l'éclissage est :

- Assemblage des rails (ancienne technique)
- Travaillé comme un joint de dilatation
- Faciliter la maintenance de rail surtout dans les appareils de voie

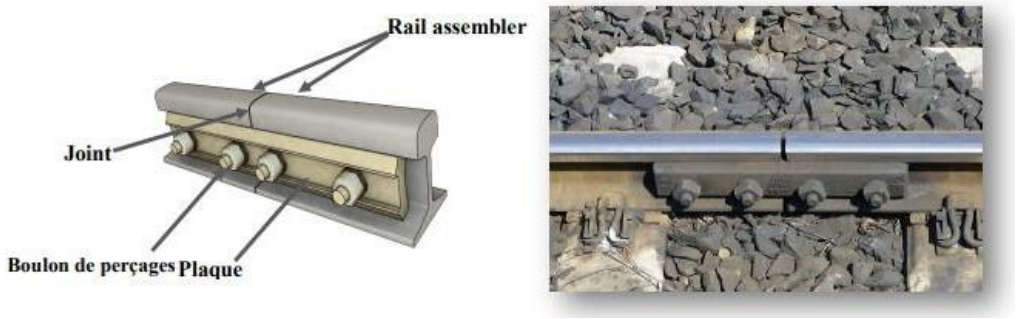


Figure IX.V Assemblage des rails par éclissage.

- **La soudure :**

Il y a deux types de soudures à savoir :

- **La soudure électrique** utilisée en atelier ou bien sur place aux niveaux de chantier qui permet de réaliser des longues barres soudées.
- **La soudure aluminothermique** réalisé en voie par réaction chimique très exothermique sur une charge de métal d'apport. Les rails de notre projet sera fourni en barres de 18 m, lesquelles seront soudées électriquement en atelier pour permettre l'obtention d'une barre continue de longueur de 288 m (dites « LRS »).

Les barres avec 288 m seront transportées et seront liées entre elles par des soudures aluminothermiques en voie.

IX.4.5 LES TRAVERSES :

Une traverse est un élément fondamental de la voie ferrée. C'est une pièce posée en travers de la voie, sous les rails, pour en maintenir l'écartement et l'inclinaison, et transmettre au ballast les charges des véhicules circulant sur les rails.

On distingue trois types de traverse principale :

- **Travers en bois :** leur problème est qu'ils sont de faible résistance aux l'atmosphère
- **Travers métalliques :** les travers métalliques, en acier, ne sont plus guère utilisés à cause des problèmes d'exploitation et de maintenance.
- **Travers en béton armé :** Les traverses en béton ont une durée de vie considérable (50 ans), leur poids important assure un bon ancrage de la voie dans le ballast. Il en existe deux types :
  - **Traverse bi-bloc :** Formées de deux blocs de béton, les blochets, reliés par une entretoise métallique, qui absorbe les efforts en milieu de traverse.
  - **Traverse monobloc :** Formée en un seul bloc En béton précontraint, amincie dans sa partie centrale, armée de fils à haute résistance.

POUR NOUTRE PROJET : Les traverses utilisées sont des traverses **bi-blocs V.A.X type U31 NAT** formées de deux blocs de béton, (blochets) en béton armé reliés par une entretoise métallique.

- **Caractéristiques des traverses** :
  - Le poids minimum : 185 kg

- Charge supportée : > 120 000 t/jours
- Durée d'utilisation espérée : 50 ans

Les dimensions :

- Longueur totale : 2244 mm
- Longueur de blochets : 680 mm
- Epaisseur sous rail : 220 mm
- Largeur à la base des blochets : 290 mm

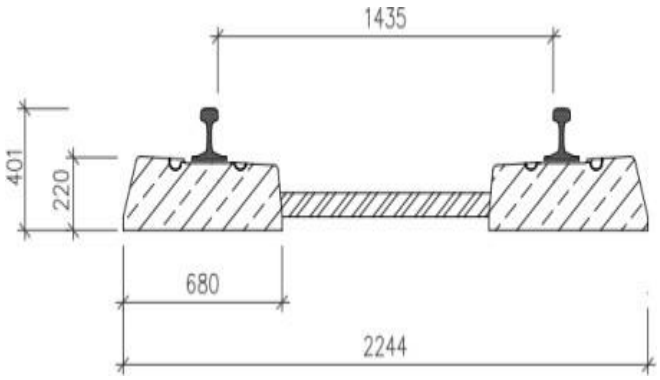


Figure IX.VI Les dimensions de traverse

Le travelage (c'est-à-dire le nombre de traverses au kilomètre) en Algérie est généralement maintenu à **1666 traverses / km** avec entraxe entre les traverses de **0,60 m** et une tolérance de **+/- 2 cm**.

IX.2 ROLE DES TRAVERSES :

Les traverses se situent perpendiculairement à l'axe des voies, sur lesquels sont posés les rails, elles doivent assurer les fonctions suivantes :

- Réalisation et maintien de l'écartement normal (1435 mm) des rails.
- Renforcement et renouvellement aisé du ballast.
- Répartition et transmission des efforts sur la couche de ballast.
- Permettent l'inclinaison de 1/20 aux rails.
- Amortissement des vibrations des rails.

IX.4.6 LES ATTACHES TRAVERS-RAIL :

Une attache et 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 l'empêcher de tout déplacement. On peut distinguer les types suivants :

IX.4.6.1 Fixation rigide :

Sont utiliser pour les systèmes d'attaches sur les travers en bois et les travers métalliques

IX.4.6.2 Fixation élastique :

L'attache dite « élastique » continue à assurer le maintien du rail lorsque celui-ci s'affaiblit sous la charge des circulations. Elle s'oppose donc à son cheminement longitudinal et peut être utilisée pour la pose de LRS.

Pour notre projet, l'attache utilisée est :

- **L'attache de type NABLA :**

Le système d'origine Nabla a fourni une fixation sûre et fiable sur les voies. La forme particulière de la lame Nabla génère un effort d'application dynamique stable sur le rail une fois l'écrou serrée. Le rail repose généralement sur une semelle cannelée en caoutchouc qui joue le rôle d'un amortisseur.



Figure IX.VII L'attache de type NABLA.

- **Remarque :** Il y a un très grand nombre des attaches de rail dans le monde selon plusieurs fonctions.

IX.4.7 ROLE D'ATTACHE :

- Assurer le serrage du rail sur la traverse avec un effort
- La course du serrage doit avoir une amplitude suffisamment importante pour pallier à un éventuel relâchement du dispositif de fixation.

- Les caractéristiques élastiques de l'attache doivent rester stables même après plusieurs montages et démontages.
- Encaisser les efforts longitudinaux et dynamiques au passage des trains.

IX.5 LES APPAREILS DE VOIE :

IX.5.1 Définition :

Les appareils de voie sont des dispositifs permettant au matériel roulant, soit de passer d'une voie sur une autre, soit de traverser une voie.

IX.5.2 Types d'appareils de voie :

On distingue deux catégories d'appareils de voies :

- **Les branchements** :
  - **Branchement simple :**

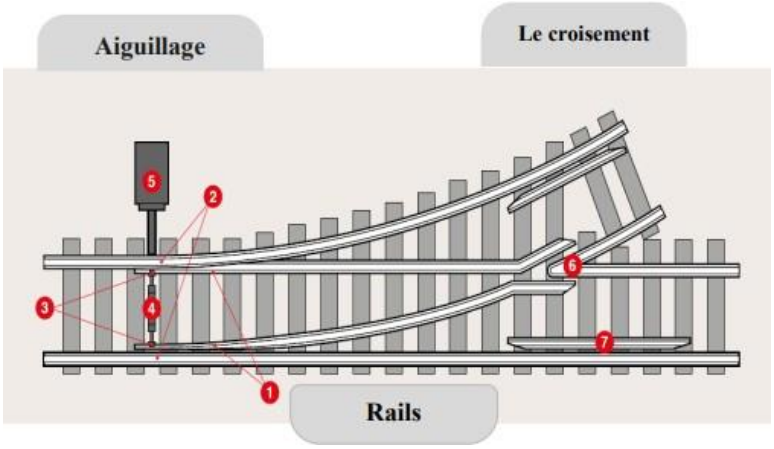


Figure IX.VIII Appareil de vois -système de branchement simple.

- **Branchement symétrique :** Sont des branchements comportant deux voies déviées divergentes de même rayon
- **Branchement double :** Ils sont utilisés uniquement lorsque la place disponible est limitée.

  Le choix de type d'appareil de voie utilisées dans notre projet dépend de son domaine d'emploi et la vitesse de franchissement de cet appareil comme indique le tableau suivant :

Tableau IX.2 Type de branchement en fonction de domaines d'emplois.

Type de branchement	Vitesse de branchement	Cas d'application
190-1 :9 (tg=0,111)	40km/h	Economie, voie en cul de sac
300-1 :9 (tg=0,111)	50km/h	Circulation dans la gare
500-1 :12 (tg=0,083)	70km/h	Entrée et de sortie des voies de quai par les trains

Tableau IX.3 Les caractéristiques géométriques des appareils de voie.

ADV (1/n)	R (m)	a (m)	b(m)	C(m)	V (km/h)
1/12	500	20.797	**20.797**	20.797	70
1/9	300	16.616	16.616	16.616	50
1/9	190	10.523	16.616	16.616	40

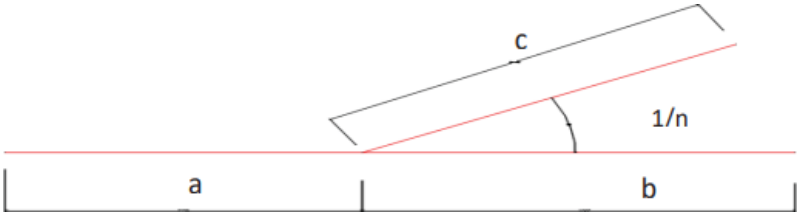


Figure IX.IX Schéma illustrative de l'appareil de voie

CHAPITRE X :
BIBLIOGRAPHICAL RESEARCH

X. BIBLIOGRAPHICAL RESEARCH:

Why are rails shaped like that?

X.1 The Evolution of Optimal Railway Shapes:

Modern railroads are the result of hundreds of years of innovation and like many kinds of innovation, the development of railroads was really just a series of solving problems for example, how can we move upwards of 100 tons per vehicle without tearing up the road in the process? Well, instead of compacted gravel, asphalt or concrete we can build the road out of steal, but steal is expensive, so rather than a ribbon, we can save cost by using two narrow steel rails directly below the wheels. But wooden or rubber tires have a lot of roiling resistance because they deform under load, and that resistance adds up with each individual train car. So, we use steel for the wheels too

The railway industry has undergone significant advancements over the past century, particularly in the design and optimization of railway profile shapes. The evolution of these profiles is not merely a tale of engineering ingenuity but also a narrative of safety, efficiency, and technological progress. The optimization of railway profiles has been driven by the need to enhance performance, reduce maintenance costs, and ensure the safety of rail operations. This essay explores how the optimal railway profile shape has improved over time, examining key developments and their implications for the modern rail industry.

X.2 Primary wheel profile ideas and the reasoning behind them:

- **First idea**: It would obviously be to simply put a couple of wheels over the railway, except there would be one major problem that could be easily overlooked and that would be the issue with turning, since there's no system that would keep the axle on its natural path.



Figure X.I First idea showcase

- **Second idea**: Following up with the first idea, adding flanges, a lip that project below the rail that would guide the wheel as it rolls along to stay on the rail might seem like the perfect solution, however unlike wheels, flanges have a bigger surface of contact with the rail consequently the forces of frictions would be very important to the point that it would cause a problem illustrated in the images below:

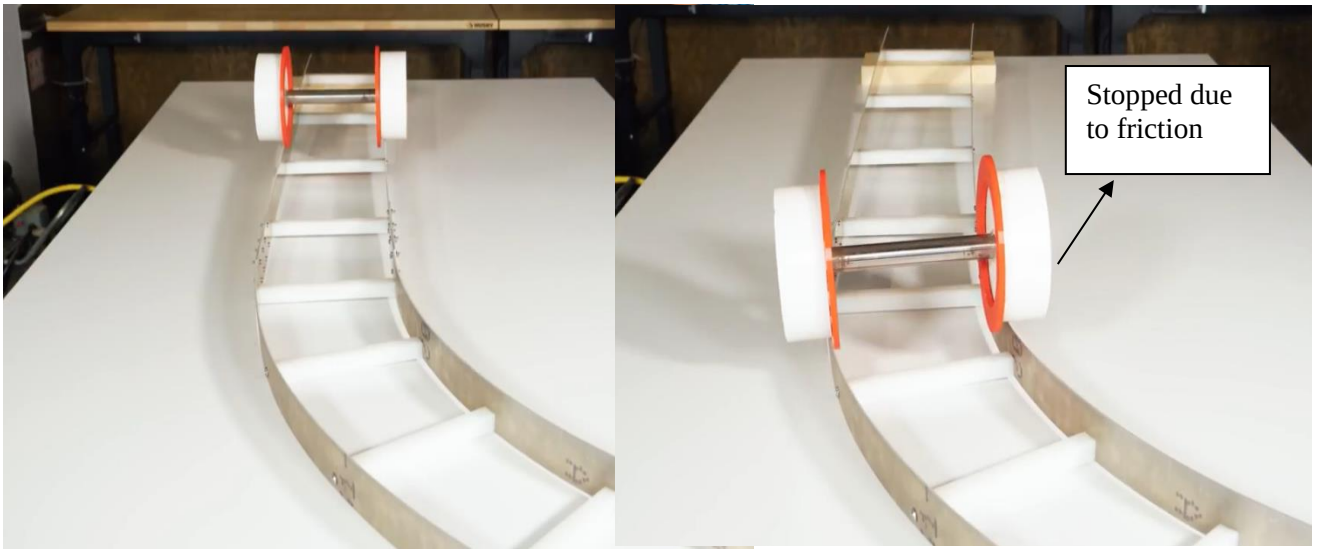


Figure X.II Second idea showcase

- **Third idea:** Railway cars use solid axles attached to both wheels called a wheelset, they need that design to withstand the incredible loads each axle carries, but it poses a problem around bends.
  A solid axle means both wheels turn at the same rate, but the length of the outer portion of track in any given curve is longer than the inside of the curve, two wheels of the same diameter spinning at the same rate will have to roll the same distance, since there's a mismatch between the distances the wheels need to travel, solid-axled wheelsets with cylindrical wheels would always experience some degree of slipping around a turn that would not only create a bunch of additional friction but also keep the wheels from following the curved path, and a flange can only do so much

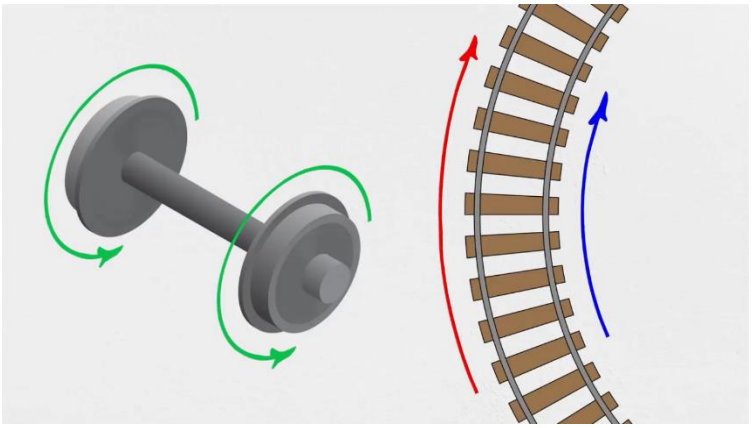


Figure X.III The issue with having the same diamater wheels go around different sized curves

The solution to this would be using conical shaped wheels, The profile of the wheel is wider on the inside next to the flange, and gently narrows toward the outside of the wheel. A wheelset with conical wheels will naturally tend to self-center itself between two rails. On a straight section of the track, a wheel that rides up higher on one rail will naturally fall back down, keeping the wheelset roughly centered on the road, in a sense, conical wheels want to stay on the tracks, there's always a little bit of wobble, so trains actually move down tracks in a sinusoidal side-to-side pattern that you can sometimes feel if you're paying attention, Incidentally, that helps the wheels wear evenly. But where **it really counts is on a curve:**



Figure X.IV Sinusoidal wheel movement

The turning forces on a train cause it to tend toward the outside track. This shifts the wheels over as well ride on the thicker part of its tread nearest to the flange, while the inner wheel will ride toward its edge, which has a smaller circumference. This way, the effective diameter of each wheel changes in a curve and solves the slip problem that cylindrical wheels would face, meaning that in a turn, the outside wheels would be rolling on the wider part, effectively increasing its diameter and thus distance traveled per rotation while on the other hand the inside wheel would ride on the its narrower part, and so it has a smaller diameter and travels a shorter distance per rotation

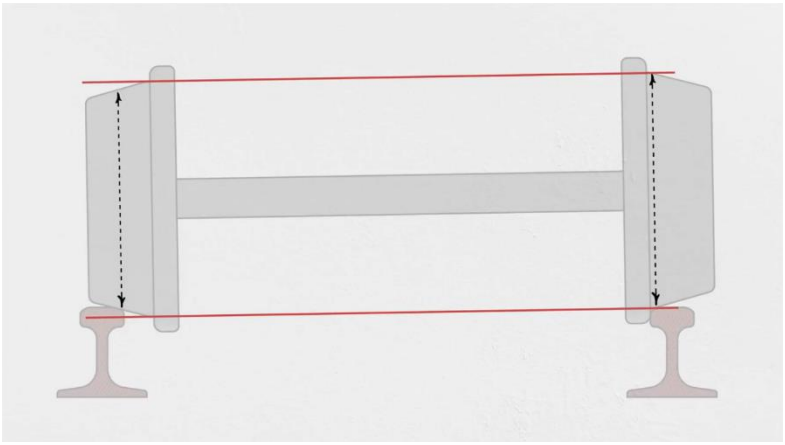


Figure X.V The positioning of the axle during a turn

When the simple sinusoidal motion created by the tapered wheels is amplified by the speed of the car, the oscillation can violently slam the trucks side-to-side on the walls on the rails. This is called hunting behavior. The violent motion can even cause a train to derail. It's worst with empty cars and usually only happens at higher speeds, so a lot of engineering goes into developing wheel profiles and truck designs that raise the hunting onset speed so it doesn't limit how fast a train can go.

- That's a lot of innovation on the wheel side, **but what about the rails?**

Just like all parts of railroad, the rails themselves have evolved over time, Modern railways are shaped the way they are for a reason. Weight is equivalent to cost for big steel structures, so there's nothing on these rails that isn't absolutely necessary. In a sense rail are I beams, a shape that is well-known for its strength and something we see in plenty of other heavy load bearing steel structures, But there's more to it than that:

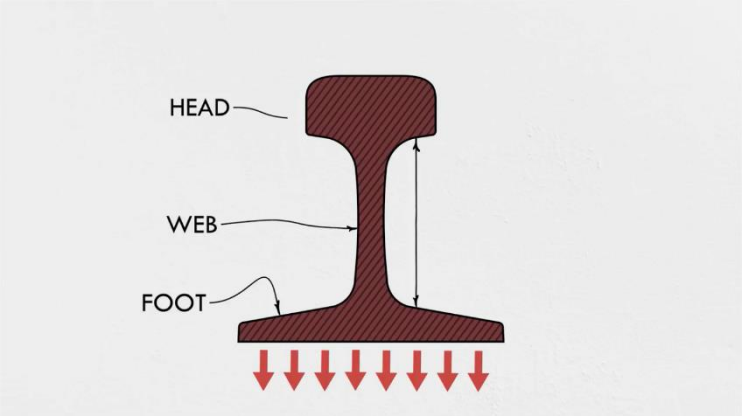


Figure X.VI Rail profile and its main parts

- The bottom part of the rail, called the foot, distributes enormous loads, converting the extreme contact pressure of a steel wheel into something that can be withstood by a wooden or a concrete tie.
- The web elevates the train above the ground, giving clearance for the flanges of the wheels and keeping everything clear of small debris that might end up on the track.
- The head of the rail is where the action happens. This thick rounded section of steel takes an awful lot of abuse over its life, and thus experiences the bulk of the wear that is illustrated in the image below.

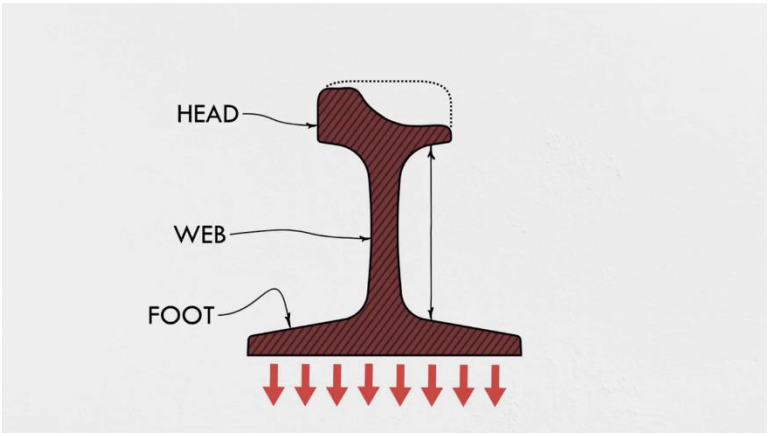


Figure X.VII Rail wear

An old rail section, especially on the high side of a curve, looks remarkably different than a newly forged rail. Here's why: Theoretically, the speed of a spinning wheel exactly matches the speed of the rail at a mathematically precise point, however, in reality rather than a point, there is

a small patch between the two. That tiny area, roughly the size of a small coin, carries all the weight of the train into the rail. But, because the contact patch is spread across the tapered wheel, the wheel is turning at many different speeds on the same piece of rail. Only the center of the contact patch actually moves at the exact speed of the train.

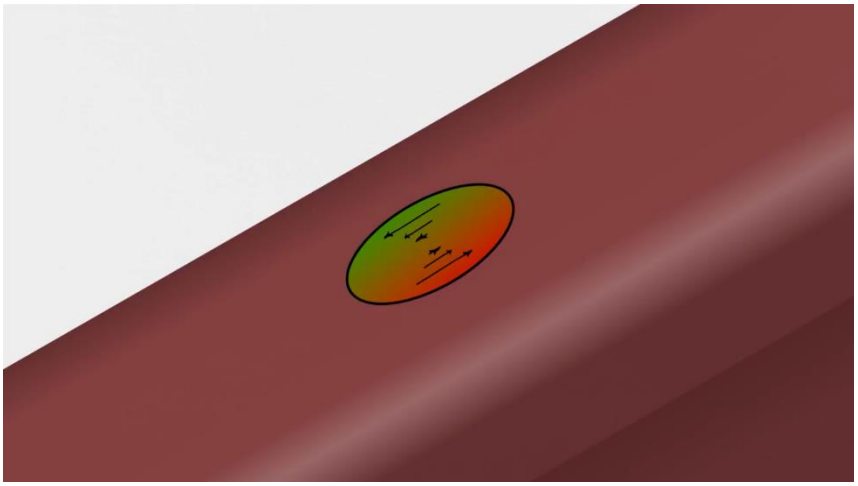


Figure X.VIII Asymmetrical distribution of speed on the surface patch

This results in a small amount of grinding as the train move along, slowly wearing down both the wheel and the rail, eventually they start to conform to each other, and that's mostly a bad thing. Wheels can wear down to get a vertical face that wants to climb up the rail or a hollow profile with a "second flange" that takes the wrong direction at a switch.

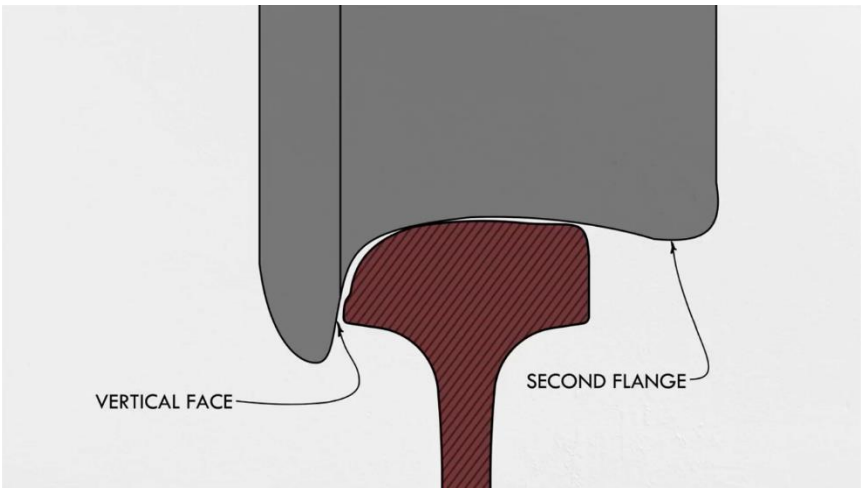


Figure X.IX Creation of "second flange"

The best way to reduce this wear is to use hardened materials and reduce the size of the contact patch by curving the top of the rail so that the wheel only touches a tiny part of it as it rolls by. After that, it's just a decision about how much wear you want before needing to replace the rail. The more metal you include in the rail head, the more it will cost, but the longer it will last.

In fact, not all rails are used on straight sections and small commuter service lines. The largest rails are used on curves and heavy-haul freight tracks, once they get worn down on the main line, they often get reinstalled for a second life in a yard or a siding where they can still bear train cars

And locomotives at slow speeds. So, rails are shaped the way they are for a reason, they're bulbous both to reduce the size of the contact patch and provide enough steel to wear away before needing to be replaced

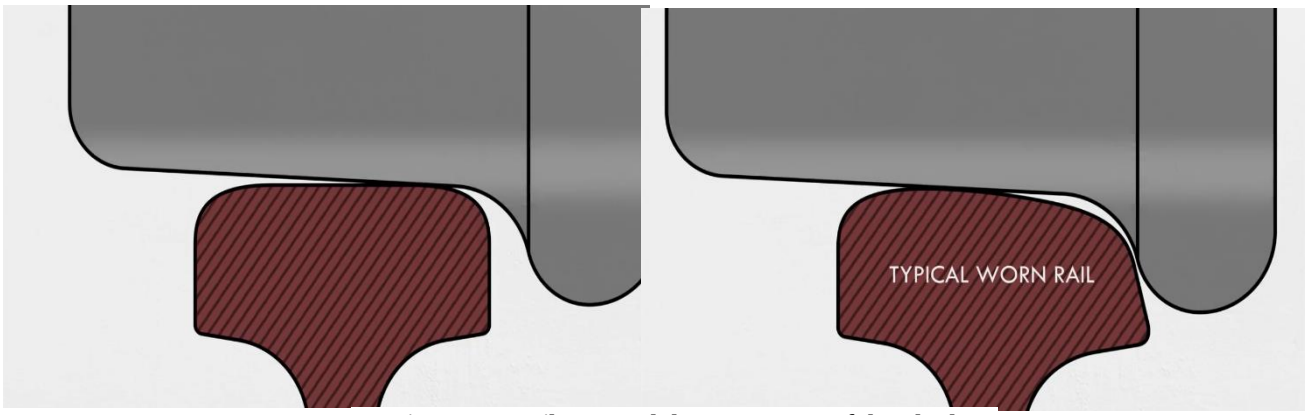


Figure X.X Rail wear and the convergence of the wheel

X.3 Conclusion:

From the rudimentary stone wheels and wooden tracks of ancient civilizations to the sophisticated steel wheels and precision-engineered rails of today, each advancement has contributed to the development of faster, more reliable, and more efficient transport systems. Innovations such as the flange wheel, conical wheel design, and the development of steel rails have been pivotal in enhancing stability, reducing friction, and increasing load capacity. The synergy between wheel and rail technology continues to evolve, propelled by advancements in materials science, engineering, and computer modeling. This dynamic progression not only reflects the technological ingenuity of human societies but also underscores the critical role of transportation infrastructure in economic growth and societal development.

CHAPITRE XI :
CONCEPTION DE LA GARE DREAN

XI. CONCEPTION DE LA GARE FERROVIAIRE DE DREAN :

XI.1 INTRODUCTION :

Une gare, ou gare ferroviaire, est un endroit où les trains s'arrêtent pour faire embarquer, descendre des passagers, ou charger et décharger des marchandises. Construites avec le développement du chemin de fer. Il existe différents types de gares : certaines sont spécialisées pour le transport de personnes, d'autres pour le transport de marchandises.

Notre gare est située du PK 25+600 au PK 26+975 proche de la ville DREAN.

XI.2 AMENAGEMENT D'UNE GARE VOYAGEUR :

Dans une gare ferroviaire, on peut trouver plusieurs installations et constructions selon le type, la conception et la catégorie de la gare.

- Les bâtiments à voyageurs (B.V) : Ces bâtiments permettent notamment aux voyageurs de passer de la voie publique vers les quais à voyageurs
- Les bâtiments à usages divers (B.U.D) : Qui comprennent des locaux de service exclusivement réservés aux agents du chemin de fer.
- Quais : C'est une bande parallèle à la voie ferrée qui permet l'accès aux trains.
- Auvents et abris : C'est une installation sur le quai qui a pour le but de protéger les voyageurs des intempéries.
- Abords : sont le premier élément fonctionnel de la Gare. Ils facilitent le passage du voyageur au transport ferroviaire depuis un autre mode. On y trouve donc :
  - Des parcs de stationnements.
  - Des gares routières.
  - Des stations de taxis.
  - Des stations de tramway ou de métro dans des villes de taille importante.
  - Des parkings à vélos...
- Passages sous terrain et les passerelles : ils sont construits dans les gares afin de permettre aux voyageurs de traverser la voie et de changer le quai en pleine sécurité
- Heurtoir (ou parfois butoir) : est un dispositif place à l'extrémité d'une voie ferrée en cul de sac, pour arrêter d'éventuels véhicules en dérive et les empêcher de continuer leur chemin en dehors de la voie.

XI.2.1 DIMENSIONNEMENT DES QUAIS :

Le nombre des quais est déterminé d'après l'importance de la gare, une grande gare est une gare avec beaucoup de voyageurs et c'est une gare avec nombre plus de quais.

On dimensionne les quais comme suit :

Tableau XI.1 Dimensionnement des quais

Caractéristiques	Description
Longueur	Grande ligne : 450m Service régional : 350m Banlieue : **225m**
Largeur	Quai intermédiaire : ≥ **8 m** Quai extérieur : ≥ **6 m**

- **Distance à l'axe de la voie et la hauteur :**
- **Voie Principale :**

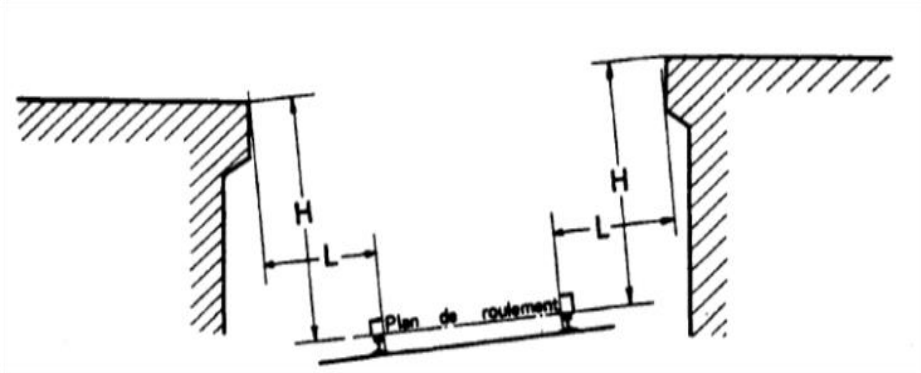


Figure XI.I Coupe transversale

Comme nos voies principales sont en rayon et encore déversé alors selon la norme IN 00163 des gares voyageurs les dimensions sont calculé comme suit : voir annexe IN 00163

- **Application au projet :**

Pour les QUAIS MI-HAUTS :

R_{V1}=597.5m ➔ R_{V2}=602.5m

L_1= 935+Se / Se= (7500/R_{V1}) -5 = 7.55 mm => on prend 8mm (les rayons de 600m à 556m on prend Se=Si=8mm) voir annexe 1 IN 00163.

=> L_1= 935+8 = 935 +8=943mm

L_1= 943mm

L_2= 935+Se / Se= (7500/R_{V2}) -5 = 7.44 mm => on prend 8mm (les rayons de 652m à 601m on prend Se=Si=7mm) voir annexe P IN 00163.

=> L_2= 935+7 = 935+7 = 943mm

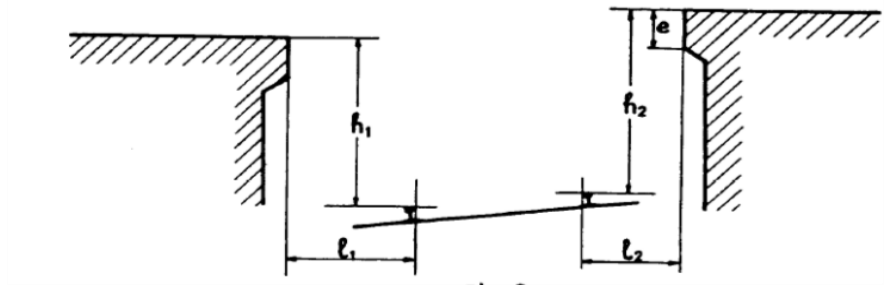
L_2= 942mm

H=550mm

d= 160mm

K=0.995 (pour$146 \leq d \leq 160$)

Tous ces paramètres seront nécessaires pour calculer les dimensions illustrées dans la figure ci-dessous :



Calculons les dimensions h_1 et l_1 et h_2 et l_2

$\mathbf{l_1}$=KL_1+H$\frac{d}{1500}$= $0.995 \times 943 + 550 \times \frac{160}{1500}$= 997mm

$\mathbf{h_1}$=KH-$L_1\frac{d}{1500}$= $0.995 \times 550 - 943 \times \frac{160}{1500}$=447mm

$\mathbf{h_2}$=KH+$L_2\frac{d}{1500}$=$0.995 \times 550 + 942 \times \frac{160}{1500}$=648mm

$\mathbf{l_2}$=KL_2-$385\frac{d}{1500}$=$0.995 \times 942 - 385\frac{160}{1500}$=897mm

⟹ donc la distance entre l'axe et le quai est :
pour $\mathbf{V_1}$: **L=1.616m** et pour $\mathbf{V_2}$: **L=1.713m.**

Voie de service : Puisque la voie de service doit être non déversé, on a fait en sorte qu'elle vérifie les conditions géométriques pour lesquelles elle n'aura pas besoin de ce dernier. (Tous rayon sont ≥ aux rayons des ADVs.
La distance nominale à l'axe de la voie selon la norme UIC 741 est fixée à :
L (mm)=1650+S
S (mm) = (3750/R) + ((I -1435) /2)
Tel que **L= 1.65638m, R=586.13m, I : l'écartement de la voie.**

L'implantation des quais de gare de DREAN :

- Il est préférable d'implanter les quais proches à la route pour faciliter l'accès.
- Il est préférable de placer les quais loin des courbes de la voie principale.
- Il est recommandé de placer les quais au milieu de la gare.

L'implantation topographique des quais :

Tableau XI.2 L'implantation topographique des quais :

Quais	Coordonnée X	Coordonnée Y
Quais extérieure	X=388447.9506	Y=4058975.8709
	X=388442.1361	Y=4058977.8059
	X=388367.3821	Y=4058766.9370
	X=388373.1172	Y=4058764.7775
Quais intermédiaire	X=388463.5334	Y=4058970.1682
	X=388455.8642	Y=4058972.9063
	X=388381.1310	Y=4058762.0957
	X=388388.8123	Y=4058759.3920

XI.3 APPAREIL DE VOIE :

Les appareils de voie sont des dispositifs permettant au matériel roulant, soit de passer d'une voie sur une autre avec une abréviation (ADV)

La géométrie l'ADV est caractérisée par :

- Un rayon non déversé ne contient pas de raccordement progressif.

- Une tangente qui sert comme ouverture pour l'ADV.

LA SUPERSTRUCTURE DE CET APPAREIL DE VOIE EST CARACTERISEE AVEC :

- Aiguillage : permis d'ouvrir et fermer l'appareil et donc guider le train vers la voie requis
- Cœur : assure le guidage des essieux vers la voie requis grasse a sa forme conique ce qui provoque un coup qui permet de placer la roue dans le rail de la voie requis
- Contre-rail : protège le train de déraillement qui pouvant provoquer par le coup de la roue avec le cœur
- Entretoise : maintenir la tangente de l'appareil de voie

ET ON DISTINGUE 4 POINTS CARACTERISTIQUE POUR CHAQUE APPAREIL DE VOIE :

- La pointe : c'est le point d'entrée de l'ADV
- Le cœur : c'est le point ou le train change de direction
- Le talon : c'est le point de sortie vers la voie lui-même
- Le talon dévié : c'est le point de sortie vers la voie déviée.

Les critères de choix de l'appareil de voix :

L'appareil de voie est un élément très couteux pas comme les autres éléments, est par l'amélioration de cet appareil on obtient une bonne vitesse de circulation des trains dans la gare. Donc les ADVs sont choisis à partir 2 critères (le cout et la vitesse fournit).

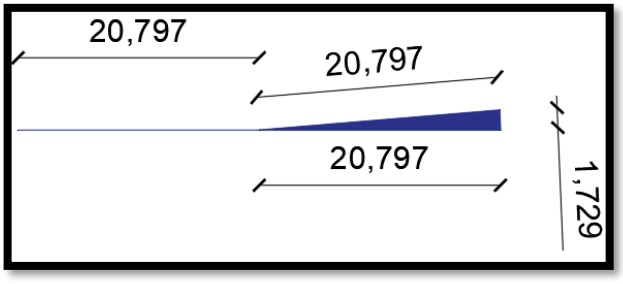
Un tableau récapitulatif qui montre les diffèrent appareil de voie utilisée dans l'ALGERIE et leur dimension :

L'ADV	Entre pointe et cœur (m)	Entre cœur et talon (m)	Entre cœur et talon déviée (m)
UIC 1200 1/18.5	32.45	32.409	33.49
UIC 500 1/12	20.797	20.797	20.797
UIC 300 1/9	16.616	16.616	16.616
UIC 190 1/9	10.523	16.616	16.616
UIC 120 1/7	13.503	13.503	13.503

Pour notre projet, on adopte pour :

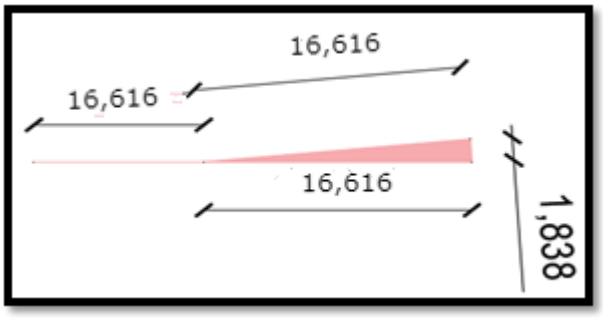
UIC 500 1/12 : dans l'entrée de la gare pour fournir une bonne vitesse. La vitesse se calculera comme suit :

$$\sqrt{\frac{(dp + Imax)xR}{11.8}} = \sqrt{\frac{(0 + 150)\ x\ 500}{11.8}} = 79.72\ km/h$$



UIC 300 1/9 : entre les fuseaux de voie, elle fournit une petite vitesse avec un faible cout mais elle bon pour son rôle. La vitesse se calculera comme suit :

$$\sqrt{\frac{(dp + Imax)xR}{11.8}} = \sqrt{\frac{(0 + 150)\ x\ 300}{11.8}} = 61.75\ km/h$$



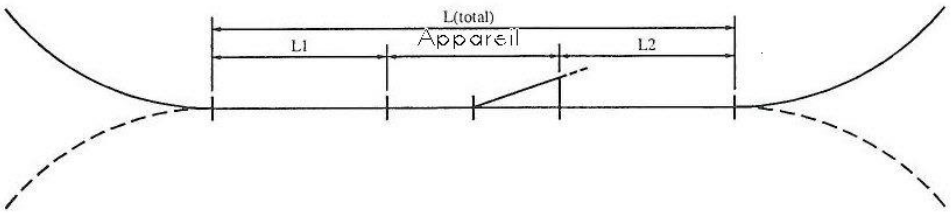
XI.4 L'implantation des ADVs :

XI.4.1 Justificatif du choix d'implantation des ADVs de notre projet :

XI.4.1.1 Trace en plan :

On a retenu un tracé de tel manière que les longueurs jusqu'au raccordement sont égales ou supérieur aux valeurs exigées par la SNTF :

En pointe : selon la norme SNTF la longueur d'alignement minimale (L_1) qui est $V_d/2$, V_d étant la vitesse exprimée en km/h de franchissement en voie dévié.
En talon de la branche déviée : selon la norme SNTF la longueur minimale devra être égale $V_d/2$.
En talon de la voie direct : la longueur minimale d'alignement L_2 à réserver doit être supérieur à 50 m.
Ouvrage d'art : On a vérifié que l'ouvrage d'art d'OUED Seybous se situe à une distance de 301m qui est largement supérieur à 50m qui est imposé par le référentiel SNTF. Voir ANNEXE O.



- Un alignement supérieur ou égale au L min qu'il doit être supérieur ou égale au 0.1xV et absolument supérieur au 6 m entre le talon dévié et une courbe.
- Entre appareil de voie, en doit garder un alignement minimal de Lmin=0.1xV et absolument supérieur au 6 m.

XI.4.1.2 En profil en long :

En profil en long, Les ADVs ne doivent pas se situer a moins de 100m d'un raccordement vertical ou d'un point de changement de déclivité

- L'implantation topographique des ADVs :

ADV	Point	Coordonnée X	Coordonnée Y
UIC 500 1/12 DD	Pointe	X=388837.35	Y=4059427.74
	Cœur	X=388829.71	Y=4059419.92
	Talon	X=388823.64	Y=4059412.10
	Talon déviée	X=388822.39	Y=4059413.30
UIC 500 1/12 DD	Pointe	X=388794.04	Y=4059385.92
	Cœur	X=388891.45	Y=4059393.57
	Talon	X=388807.75	Y=4059401.56
	Talon déviée	X=388809.00	Y=4059400.37
UIC 500 1/12 DG	Pointe	X=388372.66	Y=4059350.14
	Cœur	X=383755.87	Y=4059341.84
	Talon	X=388748.95	Y=4059334.50
	Talon déviée	X=388750.29	Y=4059333.42
UIC 500 1/12 DG	Pointe	X=388726.86	Y=4059301.73
	Cœur	X=388733.65	Y=4059310.03
	Talon	X=388740.57	Y=4059317.37
	Talon déviée	X=388739.22	Y=4059318.45
UIC 300 1/9 DG	Pointe	X=388698.24	Y=4059269.09
	Cœur	X=388692.83	Y=4059262.34
	Talon	X=388687.28	Y=4059256.59
	Talon déviée	X=388688.73	Y=4059255.47
UIC 300 1/9 DD	Pointe	X=388639.33	Y=4059184.66
	Cœur	X=388644.74	Y=4059191.41
	Talon	X=388650.29	Y=4059197.16
	Talon déviée	X=388648.83	Y=4059198.28
***UIC 300 1/9 DD**	Pointe	X=388380.26	Y=4050445.89
	Cœur	X=388379.62	Y=4058462.49
	Talon	X=388378.98	Y=4058479.10
	Talon déviée	X=388380.62	Y=4058479.07
UIC 500 1/12 DD	Pointe	X=388380.50	Y=4058439.86
	Cœur	X=388381.30	Y=4058419.08
	Talon	X=388382.10	Y=4058398.30
	Talon déviée	X=388380.37	Y=4058398.30
UIC 500 1/12 DD	Pointe	X=388379.41	Y=4058338.18
	Cœur	X=388378.61	Y=4058358.06
	Talon	X=388377.40	Y=4058379.75
	Talon déviée	X=388379.54	Y=4058379.74
UIC 500 1/12 DG	Pointe	X=388379.64	Y=4058332.19
	Cœur	X=388380.45	Y=4058311.40
	Talon	X=388381.25	Y=4058290.62
	Talon déviée	X=388382.97	Y=4058290.76
UIC 500 1/12 DG	Pointe	X=388388.55	Y=4058230.86
	Cœur	X=388387.75	Y=4058251.64
	Talon	X=388386.95	Y=4058272.43
	Talon déviée	X=388385.23	Y=4058272.29

XI.5 FUSEAUX DE VOIE :

Ainsi qu'un grand nombre de fuseaux de voie signifie à une importance de cette gare. Ces fuseaux sont caractérisés par une longueur utile, et cette dernière est située entre 2 garages franc dans la même voie,

XI.5.1 POUR LA GEOMETRIE DES VOIES :

Voies principales :

- La valeur nominale normal du rayon est de 200m exceptionnellement 150m.
- Tous rayon sont supérieur ou égale au rayon de l'appareil de voie d'où est sortie le fuseau.
- On applique les règles du tracé (longueur minimale des alignements et des arcs [Lmin=V/2] avec une longueur minimal absolu de 30 m pour l'insertion des engins (bourreuse)).
- La voie principale peut être déversée et peut contenir un raccordement progressif
- L'entraxe minimal entre eux est 5 m. Si les règles géométriques ne peuvent pas être respectées, une augmentation de ce paramètre résoudre le problème.

Voie de service : Selon la norme IN :

- La valeur normale minimale du rayon en voie de service est de 190m et exceptionnellement 150m.
- Les voies de service proprement dites sont posé à plats (dévers = 0)
- En déclivités les voies sur lesquelles des wagons ou voitures détèles de leurs engins de traction sont appelé à stationner doivent être établies en palier (0‰) ou quasi palier (1‰) pour ne pas risquer de dérives dangereuses.

❖ **Remarque :**

On a changé le gisement de l'alignement entre la clothoïde et le rayon de l'appareil de voie *UIC 1/9 300m pour assurer une longueur d'alignement, rayon et clothoïde supérieur ou égale à 30m.

XI.5.2 LA LONGUEUR UTILE :

C'est la longueur nécessaire permettant au train de se stationner sur la voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement voisines.



Sa longueur minimale est déterminée d'après le type de gare (notre gare est de type BANLIEUE)

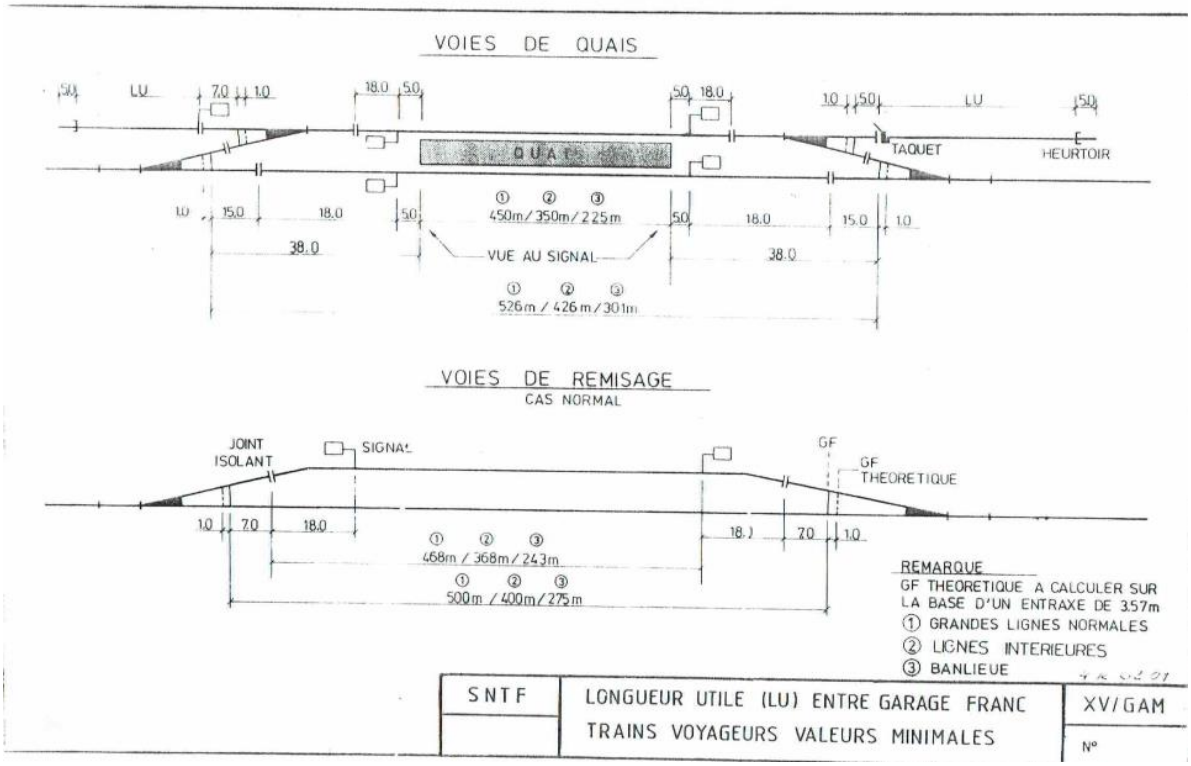


Figure XI.II Longueur utile trains voyageurs

Donc la longueur utile minimale est **301 m** entre 2 garages franc.

Un tableau récapitulatif qui montre les longueurs utiles pour chaque voie de notre gare :

Voie	Longueur Utile (m)
V1	1247
V2	1243
V3	835
Voie de Garage	317

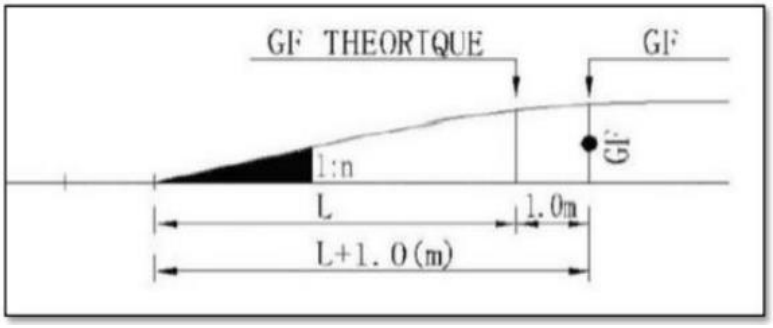
XI.5.3 GARAGE FRANC :

Le garage franc marque la limite de la partie de voie à occuper par les trains en gares. Le garage franc est implanté par rapport au cœur de l'appareil de voie à une distance D qui positionne l'élément GF :

En raison de sécurité, le garage franc sera installé à 1.0 m de distance du garage franc théorique, il est donné par :

$$GF = (3.57 \times N) + 1$$

N=1/ tan(α) : varie selon l'ouverture de l'appareil de voie



Un tableau récapitulatif présente les GF Pour nos ADV :

ADV	Garage Franc (m)
UIC 500 1/12	43.84
UIC 300 1/9	33.13

L'implantation topographique des Garages Francs :

GF	Coordonnée X	Coordonnée Y
GF1	X=388823.88	Y=4059418.06
GF2	X=388807.51	Y=4059395.60
GF3	X=388754.82	Y=4059335.52
GF4	X=388734.69	Y=4059316.3
GF5	X=388677.78	Y=4059242.97
GF6	X=388659.75	Y=4059210.73
GF7	X=388380.19	Y=4058495.67
GF8	X=388378.17	Y=4058402.81
GF9	X=388381.74	Y=4058375.22
GF10	X=388384.82	Y=4058295.40
GF11	X=388383.38	Y=4058267.65

XI.5.4 VOIE D'HEURTOIR :

Il s'agit de dispositifs placés à l'extrémité d'une voie ferrée pour arrêter les trains qui ne s'arrêtent pas à temps, ou en cas de dérive, pour les empêcher de quitter la voie.

Elle est utile aussi pour que la locomotive de train change de direction (il sort vert cette voie et laisse ses véhicules sur la voie courante, et puis il va dans l'autre voie et finalement récupère ses véhicules de l'autre coté)



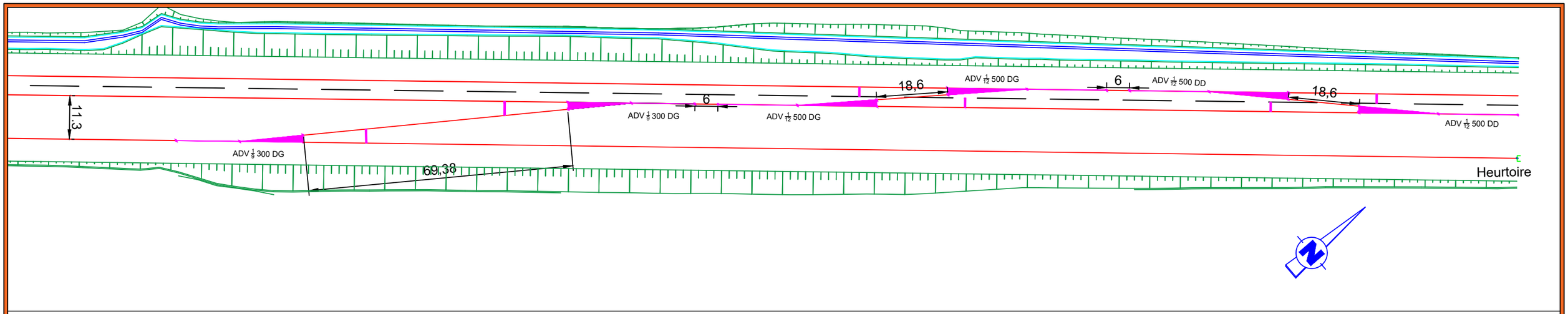
L'implantation topographique d'Heurtoir :

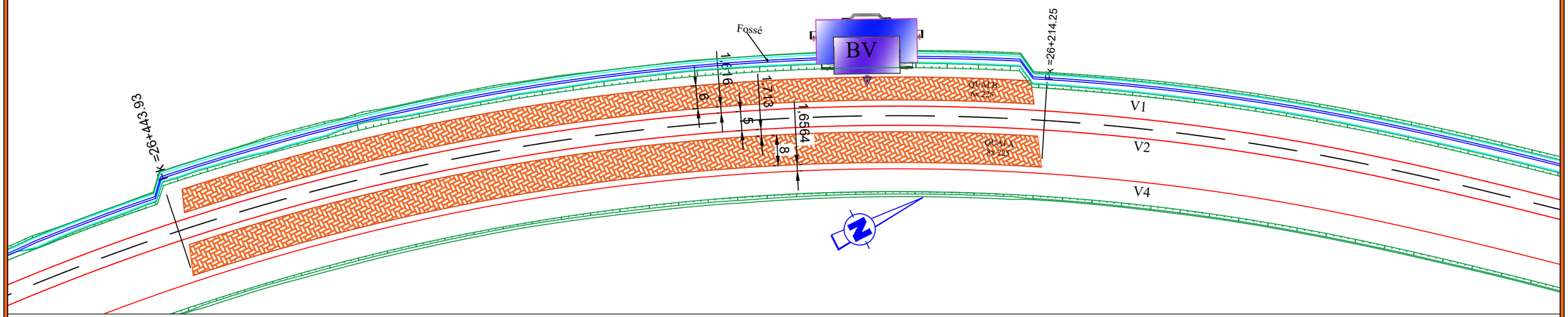
Heurtoir	Coordonnée X	Coordonnée X
Heurtoir	X=388859.5870	Y=4059435.9156

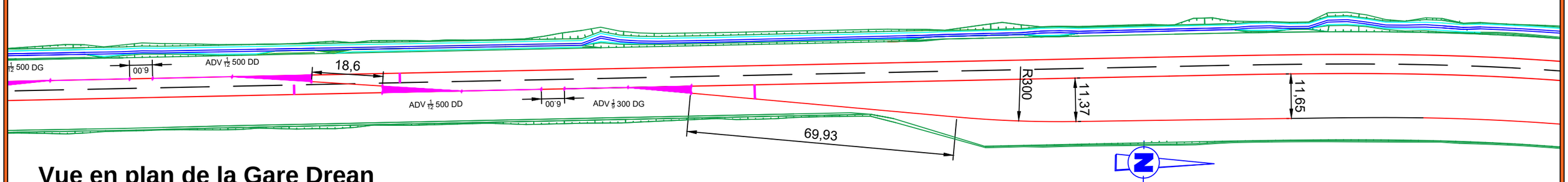
XI.6 PROFILE EN TRAVERS :

Dans les gares ferroviaires, une définition précise du profile en travers est très importantes pour répondre aux exigences spécifiques, qui sont :

- Assurer une largeur assez pour l'installation des caténaires
- Assurer la pente transversale de 4% pour évacuer les eaux
- Quand les axes de voie ne sont pas parallèles, un choix de la position de sommet pour la pente transversale est fait d'une maniéré de réduire la section du Ballast au maximum pour économiser le cout.
- Dans la section entre quais, un drain est mis entre voie (inverser le sens des pentes transversales vers le drain)
- Une pente transversale de 2% est mis aux quais pour évacuer les eaux vers les drains ou l'extérieur de la plateforme.





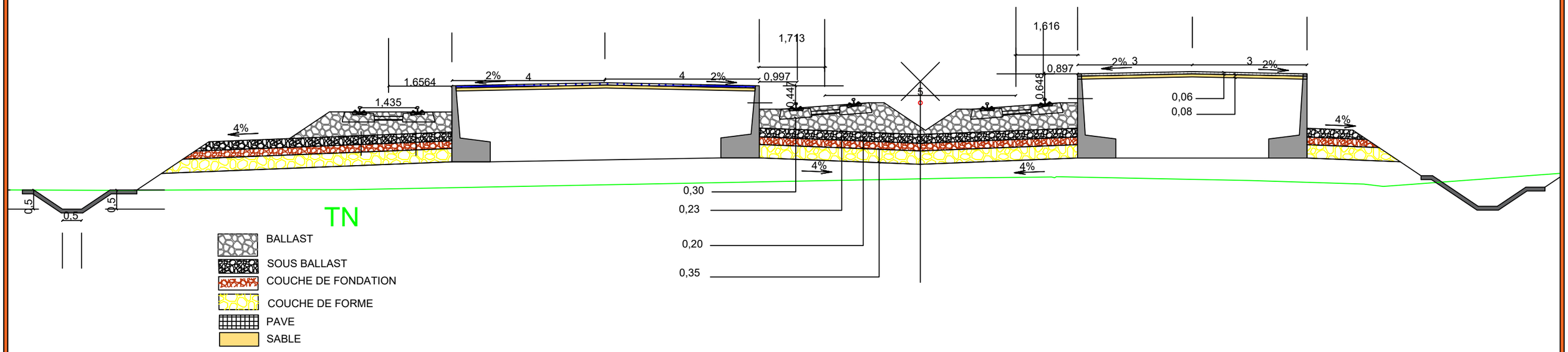


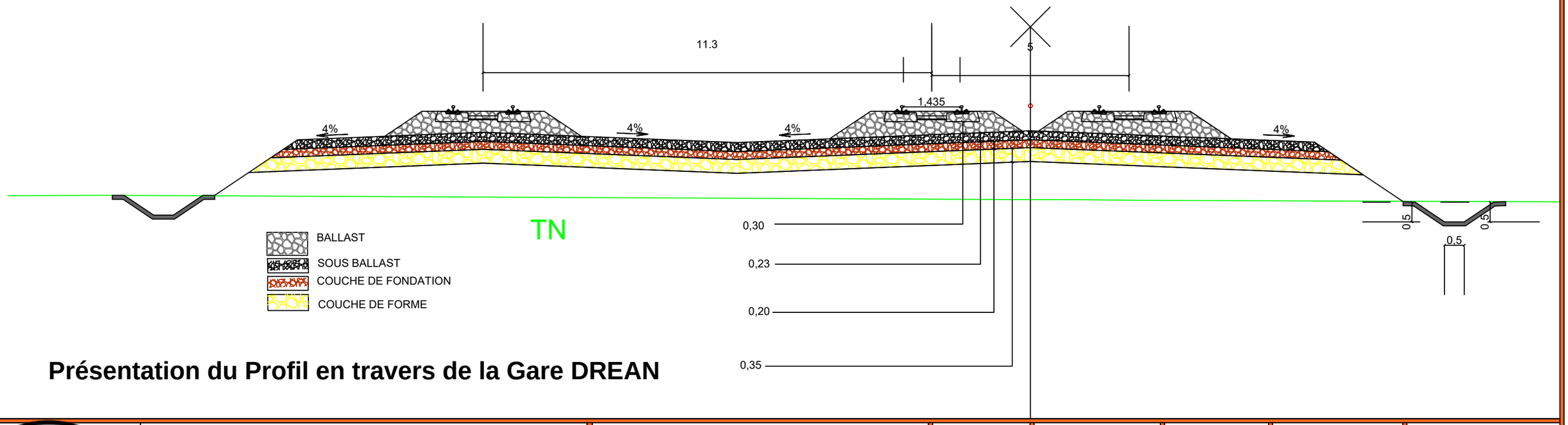
Vue en plan de la Gare Drean

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Built and Ground Works Engineering

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Étude de la ligne minière Est - section Nord Annaba Bouchegouf tronçon : du PK 21+000au PK 36+000avec conception de la gare « Drean »	SOBHI OURANADER	Y.OURANADER Co-Encadré par: K.HAMADI	$\frac{1}{1000}$	07	2023/2024





Présentation du Profil en travers de la Gare DREAN

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Built and Ground Works Engineering

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Étude de la ligne minière Est - section Nord Annaba Bouchegouf tronçon : du PK 21+000au PK 36+000avec conception de la gare « Drean »	*OURANADER SOBHI*	*Y.OURANADER Co-Encadré par: K.HAMADI*	1/100	*08*	2023/2024

CHAPITRE XII :
DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT DE LA GARE

XII. Drainage et assainissement de la gare

XII.1 Introduction :

Puisque la pente dans les gares ferroviaire est considérée comme nulle, et pour faciliter le processus de drainage des eaux pluviales, l'ingénieur doit concevoir un système de drainage pour ces dernières. Qui est représenté :

- Des drains perforé type PVC.
- Des collecteurs en béton.
- Des regards de nettoyage et de contrôle.

XII.2 Considération générales et conception du système :

Le drainage longitudinal permet la captation et l'acheminement des eaux qui accèdent à la plateforme de la voie ferrée, venant soit des écoulements des talus soit des pentes adjacentes.

Ce drainage sera formé par fosses, drains et collecteurs qui conduiront les eaux aux passages hydrauliques ou directement aux lignes d'eau existantes.

Dans la conception du système de drainage longitudinal. Et selon les mesures économiques et celles de la sécurité, on a opté pour une pluie de référence les considérations suivantes :

- Le système de drainage longitudinal a été dimensionne pour une période de retour de T= 10ans.
- Les tempes de concentration est considère égale à 15 minutes pour les drains et les collecteurs.
- La pente pour les drains est de 0.4%.
- La pente pour les collecteurs est de 0.5%

XII.3 Calcule des débites affluentes au système de drainage longitudinal :

Pour déterminer les débits de dimensionnement de chaque structure qui compose le système de drainage on a utilisé la formule Rationnelle :

$$\boldsymbol{Q = 0.278CIS}$$

OÙ :

- **Q** : Débit ($m^3.s^{-1}$).
- **C** : Coefficient d'écoulement. On a considéré les valeurs suivantes :
  - Pour surface des vois avec couche d'assise : C=0.7
  - Pour surface des quais (pavé) : C=0.9
- **I** : L'intensité de la pluie ($mm.h^{-1}$)
- **A :** La surface drainée par chaque structure (Km^2)

Pour déterminer les surfaces à drainer on analyse les profiles en travers et les caractéristiques du terrain naturel dans lequel le projet est implanté.

Tableau XII.1 Les caractéristiques des sous-bassins versants pour dimensionner les drains

BV QUAIS							
N°SBV	Surface (km²)	(Surface/2)(km²)	I (pente)	Cr	Tc (h)	I 10(mm/h)	Q10(m3/s)
QUAIS BV	0,000755	0,0003775	0,0020	0,90	0,25	74,21	0,007
QUAIS INTERMEDIERE	0,0009	0,00045	0,0020	0,90	0,25	74,21	0,008
PLATEFORME ENTRE LES QUAIS	0,00345	0,001725	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,025
						TOTAL	0,040

BV1						
N°SBV	Surface (km²)	I (pente)	Cr	Tc (h)	I 10(mm/h)	Q10(m3/s)
SBV1	0,001383	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,020
SBV2	0,001384	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,020
SBV3	0,001385	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,020
SBV4	0,001384	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,020
SVB5	0,001393	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,020
SBV6	0,001567	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,023
BV2						
N°SBV	Surface (km²)	I (pente)	Cr	Tc (h)	I 10(mm/h)	Q10(m3/s)
SBV1	0,001386	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,020
SBV2	0,00139	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,020
SBV3	0,00056	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,008

Tableau XII.2 Les caractéristiques des sous-bassins versants pour dimensionner les collecteurs

BUSES	Surface (km²)	I (pente)	Cr	Tc (h)	I 10(mm/h)	Q10(m3/s)	
BUSE BV1 (SBV1)	0,0006915	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,010	
BUSE BV1 (SBV1-SBV2)	0,0013835	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,020	
BUSE BV1 (SBV2-SBV3)	0,0013845	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,020	
BUSE BV1 (SBV3-SBV4)	0,0013845	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,020	
BUSE BV1 (SBV4-SBV5)	0,0013885	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,020	
BUSE BV1 (SBV5-SBV6)	0,00148	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,021	Qquai + QSBV
BUSE BV1-QUAIS (SBV6-BV QUAIS/2)	0,0007835	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,011	0,052
BUSE BV2-QUAIS (BV QUAIS/2-SBV1)	0,000693	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,010	0,050
BUSE BV2 (SBV1-SBV2)	0,001388	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,020	
BUSE BV2 (SBV2-SBV3)	0,001255	0,0040	0,70	0,25	74,21	0,018	

Remarque : Pour les sous bassins, chaque débit est calculé en considérant une moitié du débit du sous bassin amont et l'autre moitié est du sous bassin aval.

XII.4 Dimensionnement des différents organes :

XII.4.1 Dimensionnement des drains :

Chaque drain projeté est calculé à la base de la somme des débites des sous-bassins qui couvre la surface drainée.

Le calcul du débit de saturation est déterminé par la formule de Manning Strickler.

$$Q_S = K_S \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

A la saturation :

$$Q_{max} = Q_S = K_S \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Avec : $S_m = \pi . \frac{D^2}{4}$ $R_h = \frac{D}{4}$

$$Q_{max} = K_s \times \pi . \frac{D^2}{4} \times \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \times I^{1/2}$$

D'où :

$$D = \left[\frac{Q_{max\,(10)}}{K_S \times \pi \times \sqrt{I} \times \left(\frac{1}{4}\right)^{5/3}}\right]^{3/8}$$

Application numérique :

Pour le drain **SBV° 1** on a : **Qmax (10 ans) = 0.02 m³/s.**

On prend : **Ks= 90 ; I= 0.004**

Alors :

$$D = \left[\frac{0.05}{70\times 3.14\times\sqrt{0.005}\times\left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{5}{3}}}\right]^{\frac{3}{8}} = 0.241\text{m}$$

Alors on prend ∅ 250mm

Pour les autres différents drains voire le tableau ci-dessous

Tableau XII.3 Dimensions des drains avec la vérification des conditions d'auto curage

BV QUAIS								
N°S BV	Qa=Q10	Dcalculé	D	Qps	Vps	Vérification(0,1)	Vérification(0,01)	S commercial
1	0,040	0,2412	250	0,139127766	2,834822362	1,842634535	0,907143156	0,049078125
2	0,040	0,2412	250	0,139127766	2,834822362	1,842634535	0,907143156	0,049078125
BV1								
N°S BV	Qa=Q10	Dcalculé	D	Qps	Vps	Vérification(0,1)	Vérification(0,01)	S commercial
1	0,02	0,186	200	0,076733872	2,442975855	1,539074789	0,781752274	0,03141
2	0,02	0,186	200	0,076733872	2,442975855	1,539074789	0,781752274	0,03141
3	0,02	0,186	200	0,076733872	2,442975855	1,539074789	0,781752274	0,03141
4	0,02	0,186	200	0,076733872	2,442975855	1,539074789	0,781752274	0,03141
5	0,02	0,186	200	0,076733872	2,442975855	1,539074789	0,781752274	0,03141
6	0,023	0,196	200	0,076733872	2,442975855	1,539074789	0,781752274	0,03141
BV2								
N°S BV	Qa=Q10	Dcalculé	D	Qps	Vps	Vérification(0,1)	Vérification(0,01)	S commercial
1	0,02	0,186	200	0,076733872	2,442975855	1,539074789	0,781752274	0,03141
2	0,02	0,186	200	0,076733872	2,442975855	1,539074789	0,781752274	0,03141
3	0,008	0,1319	200	0,076733872	2,442975855	1,539074789	0,781752274	0,03141

XII.4.2 Dimensionnement des Collecteurs :

Le même comme nous l'avons fait pour les drains, mais cette fois le débit a été calculée par le cumul de l'ensemble des débites qu'arrive par des outres différentes parties du système de drainage.

Application numérique :

On prend par exemple la BUSE BV2-QUAIS (BV QUAIS/2-SBV1), avec un débit max de **$Q_{max\ (10\ ans)} = 0.05\ m^3/s$**

Et on prend : **Ks = 70 ; I= 0.005.**

$$D = \left[\frac{0.05}{70\times 3.14\times\sqrt{0.005}\times\left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{5}{3}}}\right]^{\frac{3}{8}} = \mathbf{0.276m}$$

Alors on prend : $\emptyset 300mm$

Pour les autres différentes buses voire le tableau ci-dessous

Tableau XII.4 Dimensions des Collecteurs et vérification des conditions d'autocurage

BUSES	Q_a=Q10	$D_{calculé}$	D	Qps	Vps	Verification(0,1)	Verification(0,01)
BUSE BV1 (SBV1)	0,010	0,151	300	0,196731697	2,783709326	1,809411062	0,890786984
BUSE BV1 (SBV1-SBV2)	0,020	0,196	300	0,196731697	2,783709326	1,809411062	0,890786984
BUSE BV1 (SBV2-SBV3)	0,020	0,196	300	0,196731697	2,783709326	1,809411062	0,890786984
BUSE BV1 (SBV3-SBV4)	0,020	0,196	300	0,196731697	2,783709326	1,809411062	0,890786984
BUSE BV1 (SBV4-SBV5)	0,020	0,196	300	0,196731697	2,783709326	1,809411062	0,890786984
BUSE BV1 (SBV5-SBV6)	0,021	0,200	300	0,196731697	2,783709326	1,809411062	0,890786984
BUSE BV1-QUAIS (SBV6-BV QUAIS/2)	0,052	0,280	300	0,196731697	2,783709326	1,809411062	0,890786984
BUSE BV2-QUAIS (BV QUAIS/2-SBV1)	0,050	0,276	300	0,196731697	2,783709326	1,809411062	0,890786984
BUSE BV2 (SBV1-SBV2)	0,020	0,196	300	0,196731697	2,783709326	1,809411062	0,890786984
BUSE BV2 (SBV2-SBV3)	0,018	0,188	300	0,196731697	2,783709326	1,809411062	0,890786984

XII.5 Bassin de décantation :

Le terme « bassin de décantation » est généralement utilisé pour désigner une structure qui permet de collecter et de filtrer les eaux de ruissellement provenant des voies ferrées.

Notre gare dispose d'une grande superficie de drainage efficace pour assurer l'évacuation de tous les débites. Pour cela, nous avons mis en place un système d'assainissement qui permet une répartition des débites vers des fosses spécifiques. Ces fosses assurant ensuite le transfert des eaux à l'extérieure de la gare.

En ce qui concerne le reste des débites d'eau, nous avons aménager un système d'assainissement supplémentaire qui utilise des drains et des collecteurs. Ces dispositifs permettent de collecter les eaux provenant de ces drains et de les acheminer vers un **bassin de décantation au PK 26+913.**

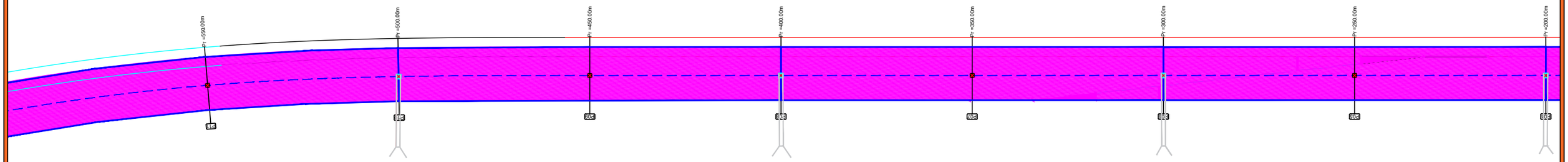
NB : Plan d'assainissement et de voie de la gare DREAN ci- joints en plan format A3.

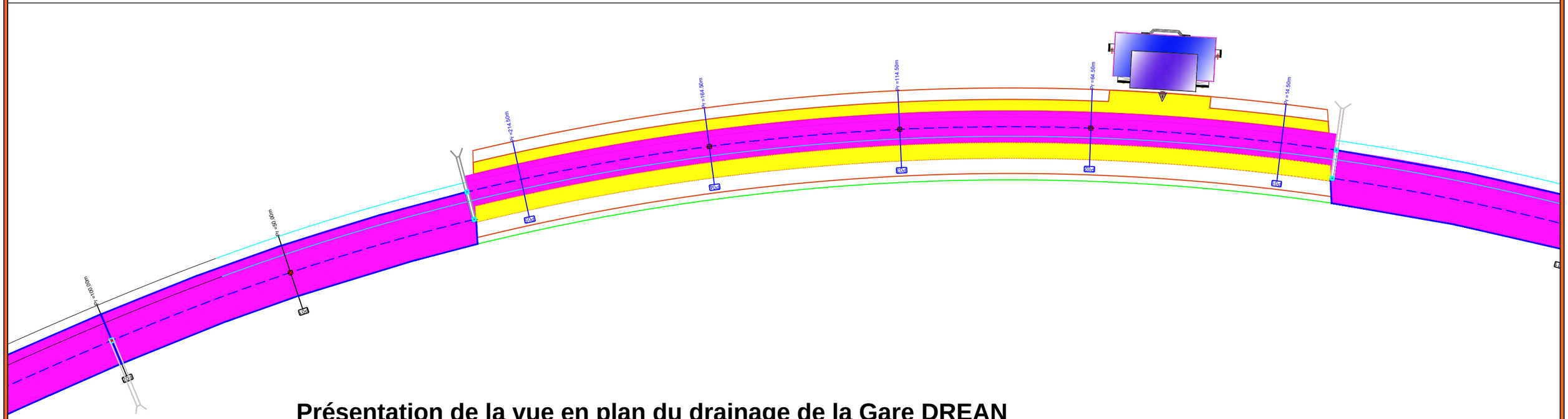
XII.6 Conclusion :

La gare est considérée comme un élément important de tout projet ferroviaire, et elle est très vulnérable aux accidentes d'inondation nous avons donc dû réduire ce risque, dans notre projet en complétant le système de drainage, qui est :

- Assainissement profond réalise par des drains de diamètre entre 200 mm et 250mm.
- Evacuation par buses de diamètre 300mm.
- Un bassin de décantation.

Le tracé de système de drainage est fait à l'aide de AUTOCAD 2018.



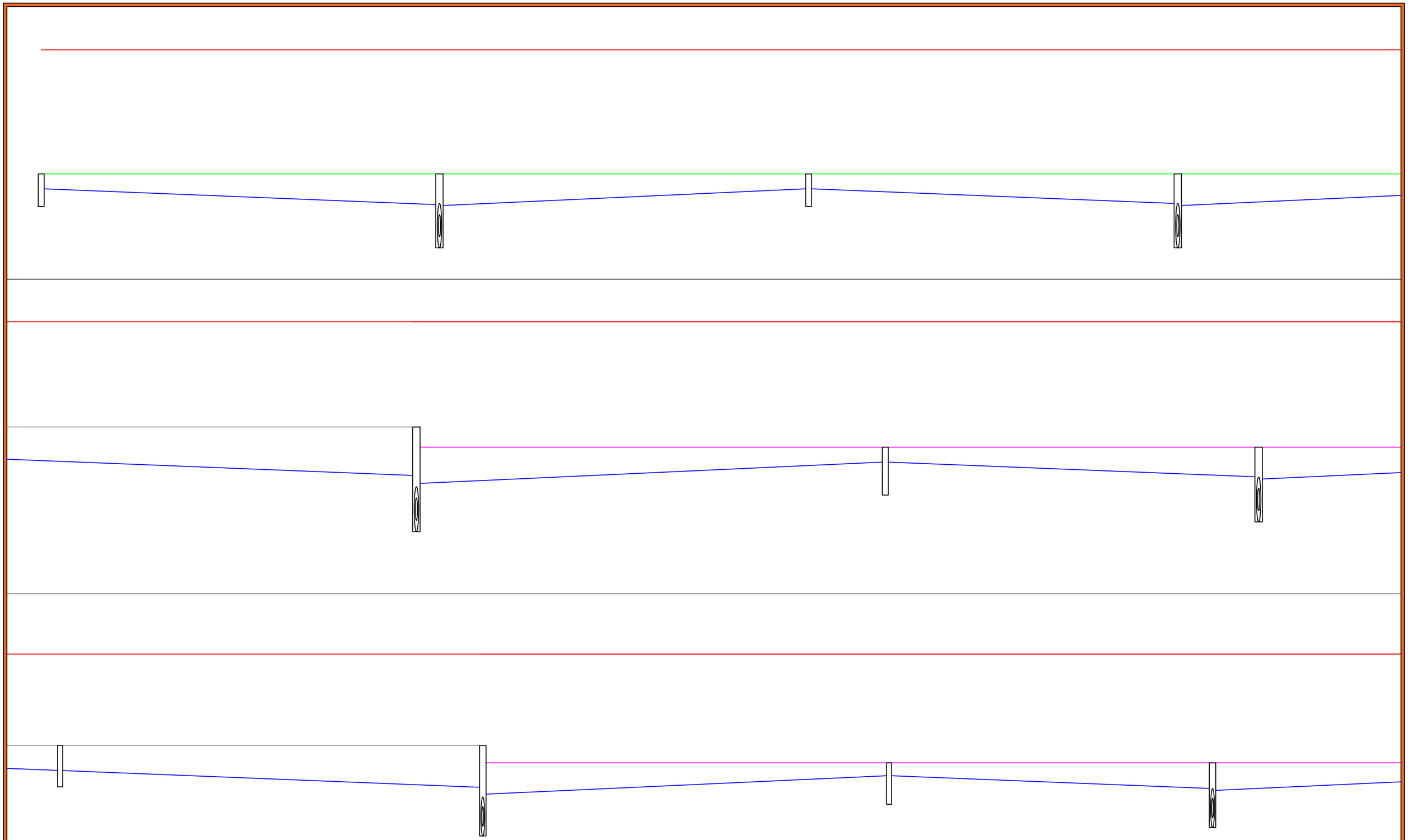


Présentation de la vue en plan du drainage de la Gare DREAN

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Built and Ground Works Engineering

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Étude de la ligne minière Est - section Nord Annaba Bouchegouf tronçon : du PK 21+000au PK 36+000avec conception de la gare « Drean »	*OURANADER SOBHI*	*Y.OURANADER Co-Encadré par: K.HAMADI*	1/1000	*09*	2023/2024



Présentation du profil en long du drainage de la Gare DREAN

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Built and Ground Works Engineering

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Étude de la ligne minière Est - section Nord Annaba Bouchegouf tronçon : du PK 21+000au PK 36+000avec conception de la gare « Drean »	*OURANADER SOBHI*	*Y.OURANADER Co-Encadré par: K.HAMADI*	1/1000	*10*	2023/2024

CHAPITRE XIII :
SIGNALISATION FERROVIAIRE

XIII. SIGNALISATION FERROVIAIRE

XIII.1 INTRODUCTION :

La signalisation ferroviaire est un système d'information destiné à informer les conducteurs du trafic ferroviaire, sous forme de codes, disposés le long de la voie ou à l'intérieur des véhicules, toutes les informations qui lui sont nécessaires afin de régler la marche de son convoi pour rouler en toute sécurité.

Les informations ainsi données peuvent être liées à des limitations de vitesse à respecter, à des arrêts de marche non planifiés à effectuer, à des informations sur la direction géographique du convoi, à des réglementations sur la traction électrique, etc.

La signalisation est un des éléments essentiels de **la sécurité ferroviaire.**

XIII.2 EVOLUTION DES SYSTEMES DE SIGNALISATION :

- Systèmes de signalisation à **blocs** (1850-1930).
- Les systèmes **ATP** (**A**utomatic **T**rain **P**rotection) (1980).
- Systèmes **ERTMS** (**E**uropéen **R**ailways **T**raffic **M**anagement **S**ystem).
- Block Automatique Lumineux BAL.

XIII.3 OBJECTIF DE LA SIGNALISATION :

Les installations de signalisation permettent de résoudre les cinq grands problèmes suivants :

- L'espacement des circulations pour éviter les rattrapages (cantonnement ou block).
- La protection des circulations dans les établissements (convergence, cisaillement...).
- La circulation, dans les deux sens, sur une même voie (nez à nez).
- Les risques de déraillement par excès de vitesse.
- Le franchissement des voies ferrées par des routes sur un même niveau (passages à niveau).

XIII.4 DIFFERENTES FONCTIONS DES SIGNAUX :

Les signaux sont appelés à remplir les rôles et les fonctions suivantes :

XIII.4.1 Signaux d'arrêt :

La catégorie des signaux d'arrêt peut être différenciée en trois parties :

- Signal de protection : protège l'accès à une aiguille, une zone de manœuvres, un passage à niveau... ;

- Signal de block : protège l'accès à une ligne séparant deux établissements.
- Signal de cantonnement (signal d'espacement) : protège l'accès à une section de ligne.

XIII.4.2 Signaux à distance :

- Signal annonceur : précède un signal d'arrêt.
- Signal d'arrêt différé : l'équivalent du signal annonceur, utilisé en block manuel.

XIII.5 IMPLANTATION DES SIGNAUX :

Pour que le mécanicien s'arrête (au point à protéger) avant le signal d'arrêt ou pour respecter la limite de vitesse dans la zone réglementée, il doit être alerté à une distance suffisante pour appliquer les freins. C'est le rôle du signal d'annonce à distance

Ces distances sont appelées respectivement :

- Distance d'arrêt
- Distance de ralentissement

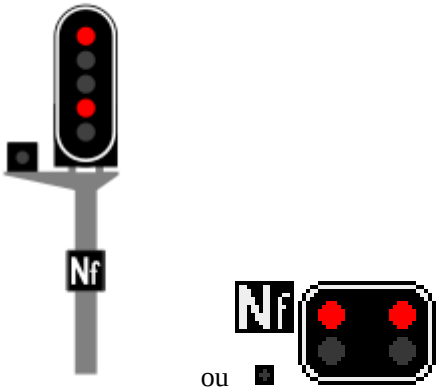
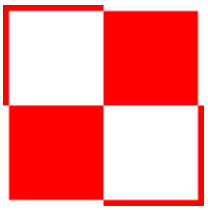
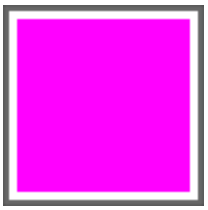
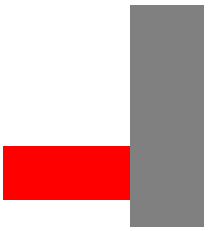
La distance d'implantation d'un signal à distance est en fonction :

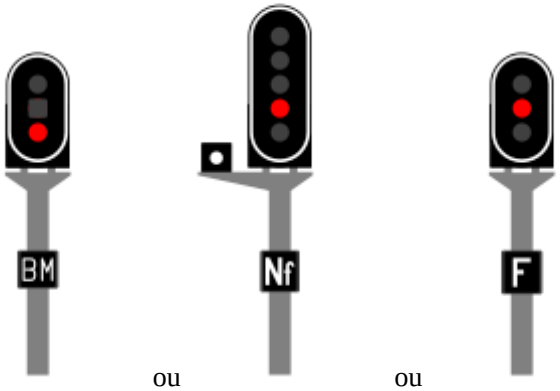
- Du profil moyen de la partie de la voie intéressée (déclivité moyenne).
- De la vitesse maximale à laquelle est abordé le signal à distance.
- Des caractéristiques de freinage des circulations.

XIII.6 TYPES DE SIGNALISATION :

- **Signalisation mécanique :** il est fait usage de signaux réalisés au moyen d'une aile ou d'une cocarde de couleur.
- **Signalisation lumineuse :** il est fait usage de panneaux portant un ou plusieurs feux de couleur, généralement disposés sur un écran noir bordé d'un liseré blanc de forme oblongue ou circulaire.
- **Signaux à main/mobiles** (lampes, drapeaux) ;
- **Signaux acoustiques** (pétards, coups de klaxon).

Tableau XIII.1 Liste des signaux lumineux avec leur signal mécanique et description

Signal lumineux	Signal mécanique	Description
		**Carré** Le carré commande l'arrêt et ne doit en aucun cas être franchi. C'est un signal de protection utilisé pour protéger des appareils de voie ou des parties de voie (aiguilles, traversées, zones de stationnement, ou pour l'arrêt des trains en ligne dans le cas de la surveillance des trains en marche) et donc éviter le nez à nez ou la prise en écharpe.
		**Carré violet** Équivalent au carré, il est installé sur les voies de service. Son ouverture seule n'autorise pas le départ en ligne.
		**Guidon d'arrêt** Le guidon d'arrêt est utilisé pour protéger des appareils de voie isolés ou des passages à niveau, à la place d'un signal d'arrêt à main. Ce signal commande l'arrêt.

 ou ou		**Sémaphore** Le sémaphore commande l'arrêt et peut être franchi en marche à vue après l'arrêt complet dans certains cas. C'est un signal de cantonnement : il sert à espacer les trains et donc à éviter le rattrapage. Si le feu rouge du sémaphore est affiché sur un panneau pouvant présenter l'indication "carré" avec plaque "Nf", un petit feu blanc (nommé « œilleton ») doit aussi être allumé pour confirmer que ce qui est affiché est bien un **sémaphore**, et non un **carré** dont l'un des feux rouges serait grillé.
	inexistant	**Feu rouge clignotant** Le feu rouge clignotant est une variante du sémaphore qui autorise la marche à vue sans arrêt préalable, à condition de ne pas dépasser les 15 km/h au franchissement du signal.

		**Disque** Le disque commande l'arrêt différé, c'est-à-dire marche à vue le plus tôt possible, suivi d'un arrêt obligatoire (même si les signaux rencontrés ensuite indiquent la voie libre) avant le premier quai ou appareil de voie rencontrés. La marche peut ensuite continuer après une autorisation verbale.
		**Avertissement** L'avertissement commande au conducteur d'être en mesure de s'arrêter avant le prochain signal. L'avertissement peut annoncer un signal affichant le carré/carré violet/feu rouge clignotant, un signal accidentellement éteint ou un heurtoir.
		**Ralentissement 30** Le ralentissement 30 annonce une aiguille ou une succession d'aiguilles à passer à une vitesse maximale de 30 km/h. Sauf cas particulier de succession de signaux, il précède le rappel 30.
	inexistant	**Ralentissement 60** Le ralentissement 60 annonce une aiguille ou une succession d'aiguilles à passer à une vitesse maximale de 60 km/h. Sauf cas particulier de succession de signaux, il précède le rappel 60.

	inexistant	**Feu jaune clignotant** Le feu jaune clignotant sert à annoncer un avertissement qui est à distance réduite du signal d'arrêt, c'est-à-dire à une distance inférieure à la distance normale de freinage.
	inexistant	**Feu vert clignotant** Équivalent au feu vert fixe pour les trains dont la vitesse limite ne dépasse pas 160 km/h, le feu vert clignotant commande au conducteur d'un train dont la vitesse limite est plus élevée de ramener sa vitesse le plus rapidement à 160 km/h et ce, avant le franchissement du signal suivant.
		**Rappel 30** Le rappel 30 précède une aiguille ou une succession d'aiguilles à passer à une vitesse maximale de 30 km/h. Dans une gare de voie unique ou dans une gare d'une section de ligne à une voie banalisée, cette limitation de vitesse concerne également l'aiguille de sortie. Dans certains cas particuliers, le ralentissement et le rappel peuvent être présentés alors même que l'aiguille n'est pas prise en déviation. Ce signal est toujours groupé et combiné avec le carré qui précède (et protège) l'aiguille. Si cela est nécessaire, l'emplacement de l'aiguille ou de la première aiguille est repéré par une pancarte chevron pointe en bas.

	inexistant	**Rappel 60** Le rappel 60 précède une aiguille ou une succession d'aiguilles à passer à une vitesse maximale de 60 km/h. Dans une gare de voie unique ou dans une gare d'une section de ligne à une voie banalisée, cette limitation de vitesse concerne également l'aiguille de sortie. Dans certains cas particuliers, le ralentissement et le rappel peuvent être présentés alors même que l'aiguille n'est pas prise en déviation. Ce signal est toujours groupé et combiné avec le carré qui précède (et protège) l'aiguille. Si cela est nécessaire, l'emplacement de l'aiguille ou de la première aiguille est repéré par une pancarte chevron pointe en bas.
	signal ouvert (parallèle à la voie sauf le sémaphore et le guidon d'arrêt)	**Feu vert** Le feu vert indique au conducteur que la circulation en marche normale est autorisée (« voie libre »), si rien ne s'y oppose.
 ou 	signal ouvert (parallèle à la voie)	**Feu blanc** Le feu blanc commande ou confirme la marche en manœuvre (ou la marche à vue lorsqu'il donne accès à une voie principale). Le conducteur ne doit pas dépasser la vitesse de 30 km/h sur les appareils de voie.

	inexistant	**Feu blanc clignotant** Le feu blanc clignotant commande la marche en manœuvre sur un parcours de faible longueur. Il interdit dans tous les cas le départ en ligne d'un train.

Itinéraires de contresens/

Sur certaines lignes, des itinéraires de contresens sont prévus pour permettre la circulation dans le sens inverse au sens normal. Cela peut permettre d'assurer la circulation des trains dans les deux sens sur une même voie lorsque la voie contiguë est en travaux, en incident ou tout simplement pour dépassement. Ce genre d'installation se nomme « IPCS » pour « installations permanentes de contresens ». Ces installations peuvent être temporaires et s'appellent dans ce cas « ITCS », pour installation temporaire de contresens. L'IPCS et l'ITCS utilisent la signalisation suivante :

Tableau	Définition réglementaire
	Le tableau d'entrée de contresens (TECS) (également TSCS en Alsace-Moselle, les trains circulant à droite) commande l'observation des signaux implantés à droite (ou à gauche en Alsace-Moselle). L'entrée en IPCS peut se faire sans pour autant changer de voie.
	Le tableau de sortie de contresens (TSCS) (également TECS en Alsace-Moselle, les trains circulant à droite) commande l'observation des signaux implantés à gauche (ou à droite en Alsace-Moselle). La sortie d'IPCS peut se faire sans pour autant changer de voie.

XIII.7 Principe de base de cantonnement

Le canton est une portion de voie ferrée qui est la base du système permettant l'espacement des trains, ce qui permet d'éviter les rattrapages

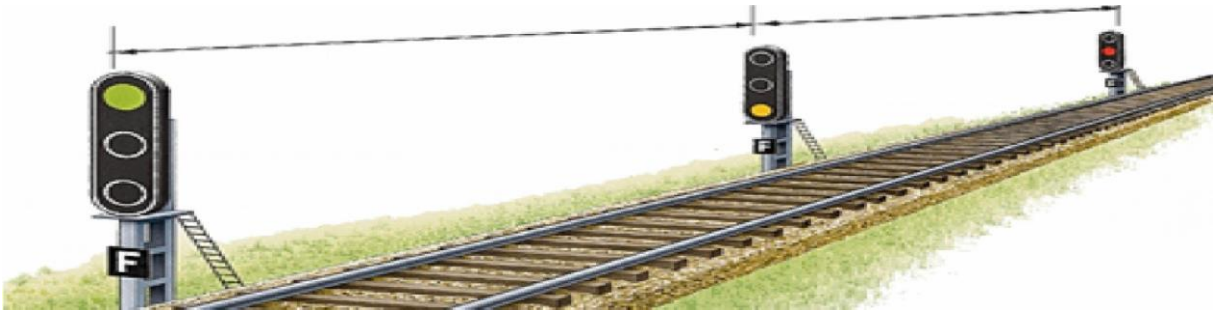


Figure XIII.I Espace du cantonnement

XIII.7.1 Principe

La ligne de chemin de fer est divisée en plusieurs secteurs que l'on appelle des cantons. Chaque canton, est protégé par un signal. Le cantonnement est le moyen généralement employé pour assurer l'espacement des trains circulant dans le même sens sur une même voie.

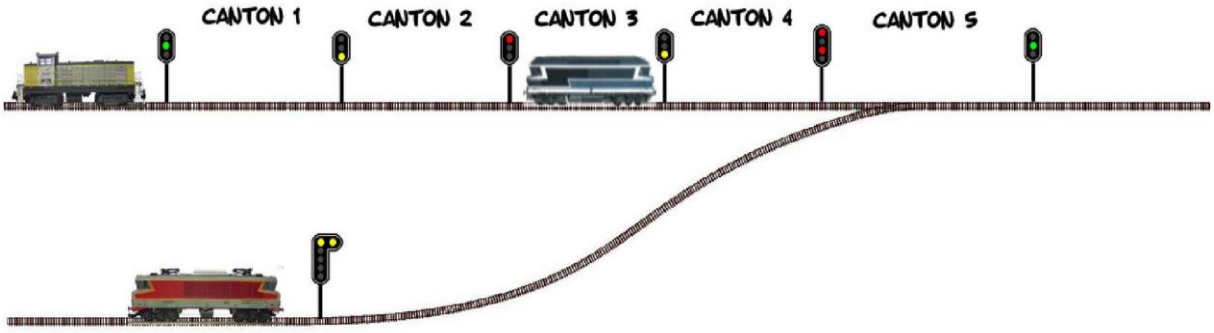


Figure XIII.II Figure explicatif du principe de cantonnement

Par principe, on n'admet que la présence d'un seul train dans un canton donné. Lorsqu'un train entre dans un canton, les essieux du train engendrent un court circuit entre les deux fils du rail. Cela provoque la fermeture du signal à l'entrée du canton, il présente donc un feu rouge. Lorsque le train pénètre dans le canton suivant, le signal protégeant présente à son tour un feu rouge, alors que le signal du premier canton présente désormais un feu orange. Lorsque le train pénètre dans le troisième canton, le signal le protégeant donne l'indication feu rouge. Le signal du second canton donne l'indication feu jaune, et le signal du premier canton donne désormais l'indication voie libre. (feu vert). Pour ce type de signalisation, il n'y a donc pas d'intervention humaine. C'est le train qui se protège lui-même.

Voilà un schéma explicatif du principe de fonctionnement du cantonnement :

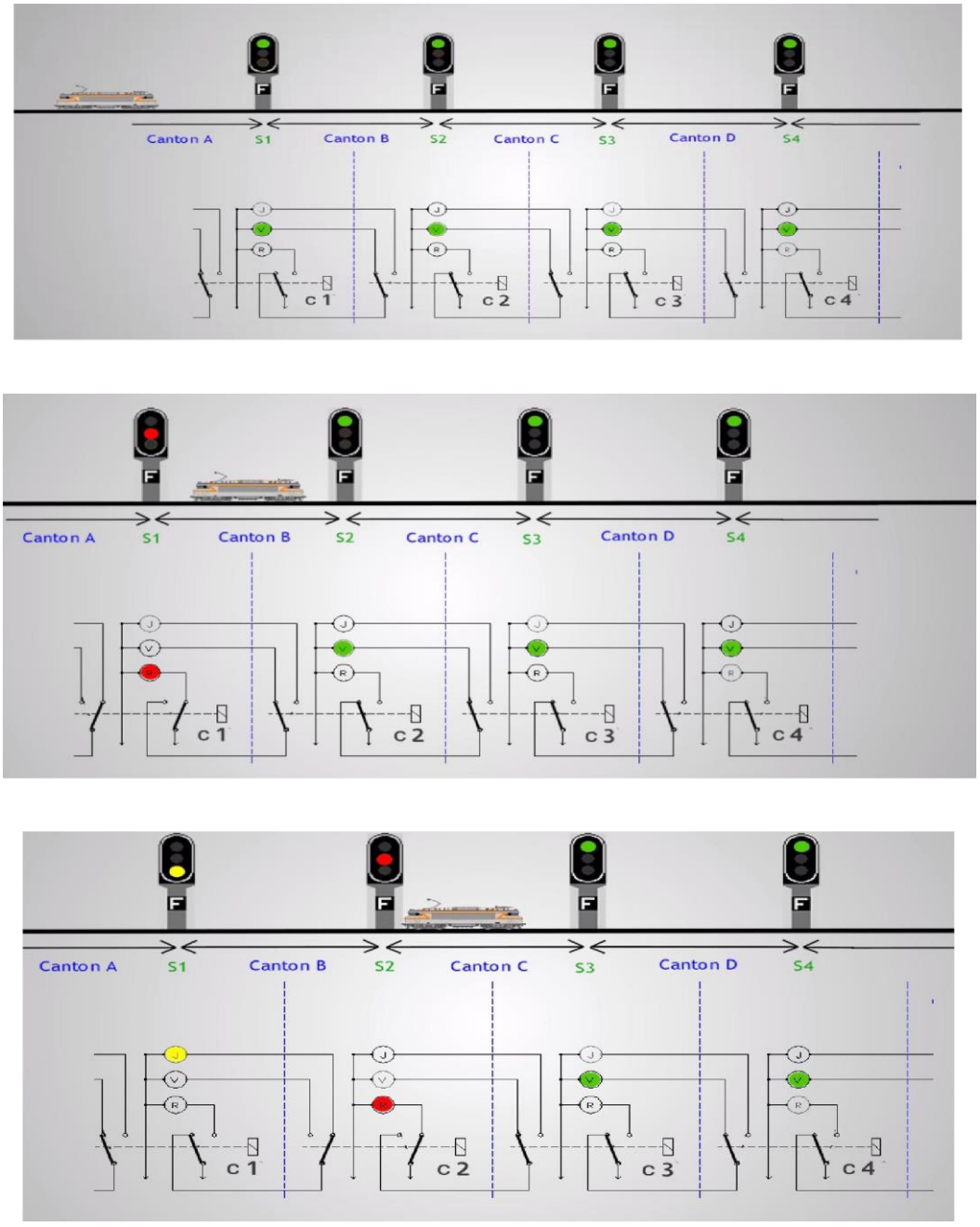


Figure XIII.III schéma explicatif du principe de fonctionnement du cantonnement

Cette technique peut être aussi réalisée manuellement par échange d'informations entre postes de cantonnement.

XIII.8 CONCLUSION :

Avec l'apparition des outils informatique de plus en plus performante, le domaine de la signalisation ferroviaire s'est beaucoup développé ces dernières années, contribuant ainsi avec une grande part dans la diminution des accidentes et la facilité de circulation du matériel roulant**.**

CHAPITRE XIV :
L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIV. ETUDE DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIV.1 INTRODUCTION

L'environnement est devenu une préoccupation globale, en effet à cause du délaissement des êtres humains et de la non prise au sérieux des enjeux écologiques, la dégradation de notre planète terre en est arrivé à un point de non-retour ou les atteintes à nos écosystèmes sont devenues irréversibles.

XIV.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT :

L'étude d'impact sur l'environnement a pour objet :

- D'évaluer de manière méthodique et préalable, les répercussions éventuelles, les effets directs et indirects temporaires et permanents du projet sur l'environnement.
- De poser des mesures contre les répercussions négatives du projet.
- De mettre en valeur et d'améliorer les impacts positifs du projet sur l'environnement.
- D'informer la population concernée sur les impacts négatifs du projet.

XIV.3 ANALYSE DE L'ETAT INITIAL :

XIV.3.1 Milieu naturel :

- **Environnement physique :**

Dans cette section, on décrit les caractéristiques principales de la zone d'étude

- **Le relief :** La ville de M'toussa se trouve dans la limite nord de la zone des hauts-plateaux, à une altitude moyenne de 850 mètres. La topographie de la ville est globalement plate.
- **Hydrologie :** : Réseau hydrographique intermittent et endoréique, composé d'un oued principal (Oued Mouilha) et d'une multitude de petits ruisseaux alimentés durant la saison des pluies. Les cours d'eau se jettent dans la zone humide de Garaet Et Tarf qui est un chott salé (33 460 ha). Il s'étend sur 20 km de long et 15 km de large dont seulement le ¼ est constituée eau. Les eaux du chott sont évacuées uniquement par évaporation.
- **Climatologie :** Domaine du semi-aride à fortes amplitudes thermiques avec des hivers froids et peu humides, et des étés chauds et secs.
- **Géologie et sismicité :** Croûte calcaire massive du Villafranchien et limon ancien du Quaternaire. Faible sismicité

- **Terrains traversés / occupation du sol :** Terrains agricoles.
- **Risques naturels** : Risques de crues, d'inondations, et de marécage.

➢ **Environnements biologiques :**

Faune : Les témoignages recueillis auprès des habitants font apparaître la présence d'une faune assez riche, pratiquement tout au long de ce tronçon vue son emplacement. On distinguera, à ce propos, Les grandes étendues de terres fertiles, cultivées (olivier, céréale, arbres fruitiers comme les figues, etc.) ou non (les Hautes Plaines d'El Taref) et le milieu aquatique représenté par les cours d'eaux (oueds Seybouse et les ruisseaux) et les régions montagneuses boisées de Guelma.

Pour la plaine d'El Taref, on fait état de la présence de sangliers, de renards, de belettes, de chacals, de lièvres, d'hyènes, de tortue aussi et de hérissons.

Parmi les oiseaux, on citera la cigogne (oiseau migrateur signalé en hiver), les chauves-souris, les hérissons, la perdrix, le héron garde-bœufs, l'étourneau (oiseau migrateur dont la présence est signalée en été), la colombe et les moineaux.

Flore : Pour le recensement de la flore présente dans le bassin de la Seybouse, 18 station ont été prospectés tout au long de l'oued.

Les espèces recensées ont été divisées en deux groupes :

Des espèces qui poussent dans les bords de l'oued ;

D'autres espèces qui poussent loin des bords.

Globalement le premier groupe contient les espèces suivantes : Apium nodiflorum (Apiaceae), Nasturtium officinale (Brassicaceae), Typha angustifolia (Typhaceae), Tamarix gallica (Tamaricaceae), Lythrum junceum (Lythraceae) Cyperus longus (Cyperaceae) et **Rumex algeriensis (Polygonaceae)**, **cette dernière est endémique en Algérie**.

Le deuxième groupe contient globalement une flore sauvage, des familles connues comme les Brassicaceae (Diplotaxis erucoides, Moricandia arvensis, Brassica sp…) ou des Fabaceae (Trifolium isthmocarpum, Trifolium repens, Hedysarum coronarium, Ononis spinosa…) et bien evidemment des Asteraceae (Galactites tomentosa, Anacyclus clavatus, Calendula arvensis, Silybum marianum…).

XIV.3.2 Milieu humain :

- **Population :** Selon, les résultats du recensement général de la population et de l'habitat de 2008 l'ensemble des communes de la wilaya de M'tossa a enregistré une population totale de **5996** habitants.

XIV.3.3 Activité économique

- **Agriculture :** La commune à vocation agricole dispose d'une surface agricole utile totale de l'ordre de 9700 hectares.
- **L'industrie :** : Pour rappel, les emplois du secteur industriel ont chuté depuis 1998. Le Plan d'Aménagement de la Wilaya de Khenchela ne recense qu'une entreprise privée dont les caractéristiques sont données comme suit :

  Notons qu'un certain nombre de projet ont été retenus par le CALPIREF (comité d'assistance à la localisation et à la promotion des investissements et de la régulation du foncier) (arrêté de Juin 2014),

XIV.4 Impacts du projet sur l'environnement et mesures proposées

Tableau XIV.1 Impacts du projet sur l'environnement et mesures proposées

Item	Localisation	Impact potentiel	Mesure d'atténuation
Risques sur les Ressources naturelle	-Le long de la ligne, en particulier aux voisinages de gare.	-Augmentation brusque de l'utilisation des ressources en eau -Augmentation des besoins en ressources naturelles du fait du développement socioéconomiques des régions.	-Rationnaliser l'utilisation de l'eau en particulier dans les zones touchées par la sécheresse.
Risques naturels	-Le long de la ligne.	-Anticiper les besoins pour éviter les pénuries.	-Mise en place de passages animaliers là où les ouvrages hydrauliques n'ont pas été prévus.
Risques sur la flore	Le long de la ligne, en particulier à proximité des zones boisées et de la zone humide.	-Destruction de la flore. -Génération de déchets.	-Eviter autant que possible la destruction et revégétaliser autant que possible.

Risques sur l'atmosphère	Le long de la ligne.	-Bruits. -Poussières -Pollution de l'air	-Mise en place de murs anti-bruit dans les zones habitées.
Sols / Eaux de surface / souterraines / Point de captage / forage / puits	Le long de la ligne.	Contamination des sites via les activités liées à la construction et par les produits de désherbage	-Traitement des eaux usées et gestion des déchets.
Milieux humain	Le long de la ligne, en particulier à proximité des zones urbaines.	Perturbation de la vie économique et la circulation routière, nuisances sonores. Expropriation	Eviter les points à fortes densité économiques, mettre en place un plan de gestion de la circulation avec les autorités locales
Milieux agricoles	Le long de la ligne, en particulier à proximité des zones urbaines.	Perturbation des activités agricole. -Isolement et morcellement des terres.	Tenir informés les agriculteurs sur les perturbations afin qu'ils prennent leurs dispositions.
Réseaux : eaux-électricité - Pipelines	Le long de la ligne.	Destruction des réseaux de conduite.	Tenir informés les agriculteurs sur les perturbations afin qu'ils prennent leurs dispositions.

XIV.5 Identification et description des impacts :

- **Les impacts positifs du projet :**

La réalisation de notre tracé de projet engendra un développement sur le plan sécuritaire, économique, et touristique à Les Willaya de Annaba et Guelma, les conséquences de celle-ci sont les suivantes :

- Le développement du réseau ferroviaire des Willayas.
- Une réponse aux besoins des habitants.
- Une contribution au développement touristique de la wilaya.
- Le développement et la croissance économiques des régions traversées par le projet.
- Création d'emplois.
- Fluidifier les échanges de marchandise a travers la ligne minière.

XIV.6 CONCLUSION :

L'étude d'impact sur l'environnement a montré que n'importe quel projet linéaire touche d'une manière ou d'une autre l'environnement, même si on est au milieu de désert.

La ligne ferroviaire certes influe et abimes-en quelque sorte l'environnement, mais elle donne d'autre part des avantages présentés essentiellement dans le gain du temps énorme qu'un individu gagne tout en diminuant la pollution des carburants de la voiture et l'insécurité routière.

CHAPITRE XV :
DEVIS ESTIMATIF ETQUANTITATIF

XV. DEVIS ESTIMATIVE ET CONTITATIVE :

N	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	QUANTITÉ	Prix Unitaire (DZD)	Montant Total (DZD)
1-INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					
1,01	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	1,00	171276730,00	171 276730,00
1,02	Repli du matériel et des installations du chantier	F	1,00	6810179,00	6 810 179,00
1,03	Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier	F	1,00	10 588 784,00	10 588 784,00
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					**188 675 693,00**
2- Étude d'exécution pose de voie de la ligne					
2.01	Étude d'exécution des terrassement	F	1,00	24 728 897,00	24 728 896,00
2.02	Étude d'exécution de drainage et assainissement	F	1,00	2 791 194,00	2 791 193,00
TOTAL Étude d'exécution pose de voie de la ligne					**27 520 089,00**
4 - TERRASSEMENTS GENERAUX					
4.01	Décapage de terre végétale	M3	136721,5	450,00	61 524 675,00
4.02	Déblais en terrain meuble mis en remblai	M3	33544,6	850,00	28 512 910,00
4.03	Fourniture et mise en œuvre de Matériau de remblais zone inondable		99905,4	4 200,00	419 602 680,00
4.04	Déblais mise en dépôt	M3	843401,1	487,00	410 044 748,00
4.05	Mise en remblai de terrain meuble issu de lieux d'emprunt	M3	53584,174	677,00	36 233 620,00
4.06	Fourniture et pose géotextile		270 660,00	1 700,00	460 122 000,00
4.07	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme	M3	84025	1 500,00	126 037 500,00
4.08	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation	M3	41700,9	4 500,00	187 654 050,00
4.09	Fourniture et mise en œuvre de la couche de s/ballast	M3	45809,4	1 900.00	870 378 860,00
TOTAL TERRASSEMENTS GENERAUX					**2 600 111 140,00**
5 - DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS					
5.01	Fourniture et mise en œuvre de caniveau trapézoïdal en béton armé élément préfabriqué.	ML	10 807,0	18 000,00	194 526 000,00
5.02	F/P Drain en PVC Ø 200 mm	ML	867	4000	3 468 000,0
5.02	F/P Drain en PVC Ø 250 mm	ML	229	5000	1 145 000,0
5,03	Dalot en béton armé	M3	970,91	38 000,00	36 894 580,00
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS - TRACE					**236 033 580,00**

6- TRAVAUX DE LA VOIE					
6,01	Ballastage	M3	70134,4	4 500,00	144 366 300,00
6,02	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m)	Tonne	2 600,0	121 250,00	315 250 000,00
6,03	Fourniture des traverses bi-bloc	U	51392,0	8 245,00	423 727 040,00
6,04	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	205568,0	523,80	108 087 655,00
6,05	Pose de la voie	ML	62304,0	5 626,00	350 522 304,00
6,06	Fourniture des appareils de voie simples UIC 60-500-1/12	U	8,0	15 899 976,16	127 199 810,00
6,07	Fourniture des appareils de voie simples UIC 60-300-1/9	U	3,0	12 626 324,23	37 878 974,00
6,08	Soudage électrique	U	3428,0	17 980,00	61 635 440,00
6,09	Soudage aluminothermique	U	50	19 200,00	960 000,00
6,10	Traverses de Garage Franc		11	40 891,56	449 809,00
6,11	Heurtoir	U	1,00	936 686,56	936 689,00
TOTAL TRAVAUX DE LA VOIE					**1 571 014 015,00**
Montant du projet HT					4 623 354 417,00
Montant du projet TVA (19%)					878 437 339,00
Montant du projet TTC					**5 501 791 756,00**

Montant total en DA TTC :

Cinq milliards cinq cent un millions sept cent quatre-vingt-onze mille sept cent cinquante-six dinars.

Chapitre XVI Planification des terrassements

XVI. Planification des terrassements

XVI.1 Introduction

Dans le but de produire un planning détaillé ; dans lequel on peut lire : quelle tache doit commencer ? quand ? comme bien de temps elle doit durer ? et qui s'en charge ? on va planifier la phase de terrassement dans une section de notre projet (du PK 30+900 au PK 31+000).

XVI.2 Sections objet de planification et le découpage en tâches réalisables

Début et Fin : du PK 30+900 au PK 31+000.

Travaux à réaliser :

- Démolition d'ancienne bâtisse située sur le tracé de la voie.
- Débroussaillage.
- Décapage de la terre végétale.
- Déblai/Remblai.
- Réalisation de couche de la forme.
- Réalisation de la couche de fondation
- Mise en place et compactage du sous ballast.
- Travaux de pose de voie.
- Les ouvrages hydrauliques :

Dalot 2m × 1.5m (PK 30+906).

- Excavation de son fond de fouille.
- Coulage du béton de propreté.
- Ferraillage, coffrage et bétonnage du radier.
- Ferraillage, coffrage et bétonnage des voiles.
- Coffrage, ferraillage et bétonnage de la dalle.

XVI.3 Matériaux

Tableau XVI.1 Les matériaux et opération utilisés et réalisé phase terrassement

Matériaux/ Opération	Quantité
Débroussaillage (m^2)	3692
Démolition de bâtisse (m^2)	2417.46
Décapage des terres végétales (m^3)	747.6
Remblais (m^3)	496.7
Déblais (m^3)	1400
Couche de fondation (m^3)	264
Couche de forme (m^3)	544
Sous ballast (m^3)	348
Pose de voie (m)	100

Tableau XVI.2 Les matériaux et opération utilisés et réalisé phase OH

Matériaux/ Opération	Quantité		
Excavation (m^3)	102.44		
Béton de propreté (m^3)	5.54		
Coffrage (m^2)	Radier	Voile	Dalle
	24.3	150	68.9
Ferraillage (Acier en Kg)	Radier	Voile	Dalle
	5478	4700	5450
Bétonnage (m^3)	Radier	Voile	Dalle
	22.5	22.5	15

XVI.4 Estimation des durées

Tableau XVI.3 Estimation des durés pour les terrassements

Taches	Durée (jr)
Débroussaillage	1
Démolition de bâtisse	2
Décapage des terres végétales	1
Remblais	1
Déblais	3
Couche de fondation	1
Couche de forme	1
Sous ballast	1
Pose de voie	7

Tableau XVI.4 Estimation des durés pour OH

Taches	Durée (jr)		
Excavation	1		
Béton de propreté	2		
Coffrage	Radier	Voiles	Dalle
	1	2	7
Ferraillage	Radier/Voiles		Dalle
	10		5
Bétonnage	Radier	Voile	Dalle
	1	1	1

Tableau XVI.5 Estimation des durés pour les murs en ailes (têtes coté amont/aval)

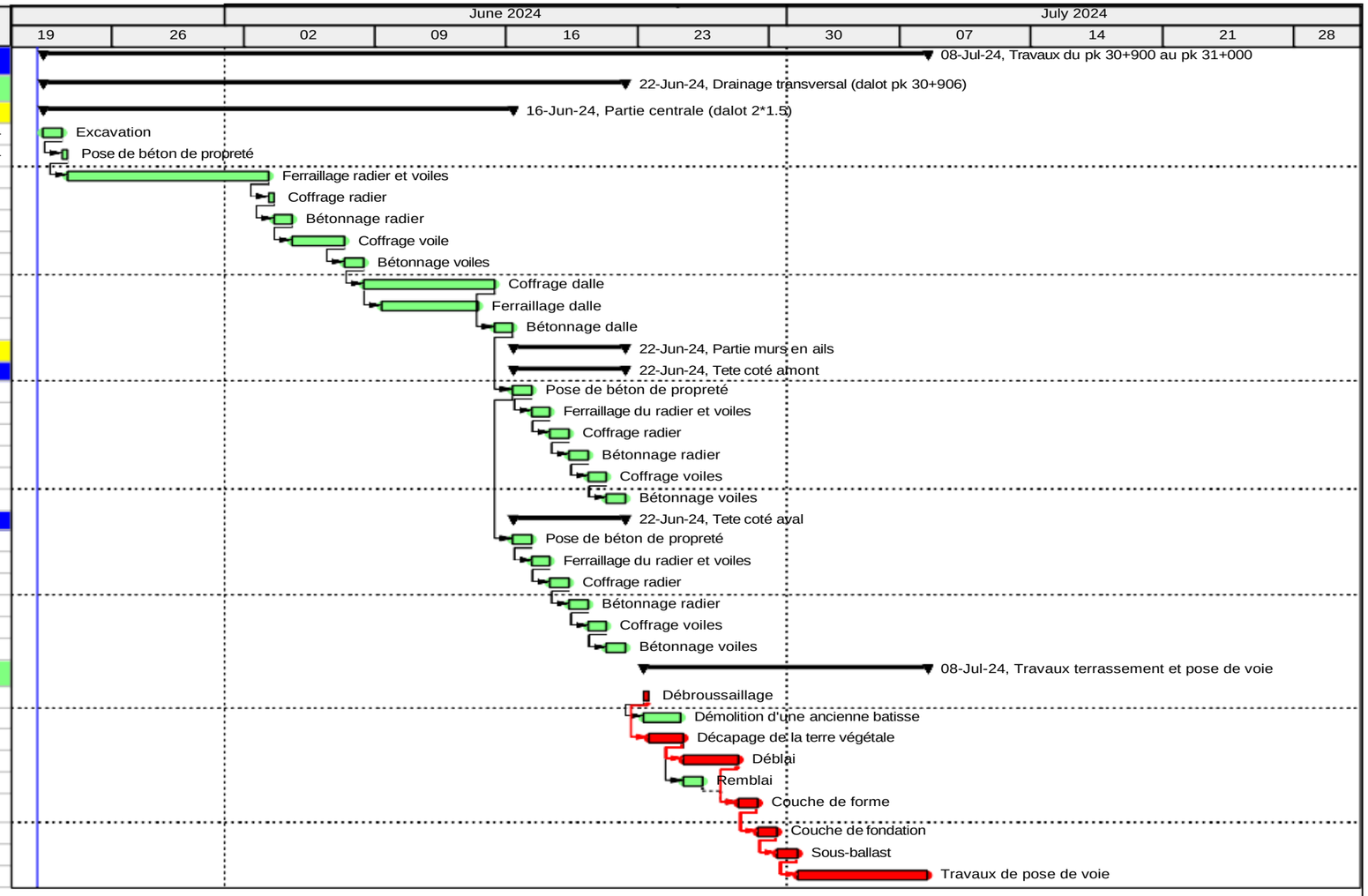
Taches	Durée (jr)	
Béton de propreté	1	
Coffrage	Radier	Voiles
	1	1
Ferraillage radier et voiles	1	
Bétonnage	Radier	Voile
	1	1

XVI.5 Planning GANT

A l'aide du logiciel Primavera le planning de GANT qui donne le résumé sur les dates de début et fin de chaque tâche, son réalisateur ainsi les détails de l'ordre chronologique entre eux est dans la figure suivante :

PLANIFICATION DES TERRASSEMENTS

Activity ID	Activity Name	Original Duration	Start	Finish
Travaux du pk 30+900 au pk 31+000		47	22-May-24	08-Jul-24
Drainage transversal (dalot pk 30+906)		31	22-May-24	22-Jun-24
Partie centrale (dalot 2*1.5)		25	22-May-24	16-Jun-24
A1110	Excavation	1	22-May-24	23-May-24
A1120	Pose de béton de propreté	1	23-May-24	23-May-24
A1130	Ferraillage radier et voiles	10	23-May-24	03-Jun-24
A1140	Coffrage radier	1	03-Jun-24	03- Jun-24
A1150	Bétonnage radier	1	03-Jun-24	04- Jun-24
A1160	Coffrage voile	2	04-Jun-24	07- Jun-24
A1170	Bétonnage voiles	1	07-Jun-24	08- Jun-24
A1180	Coffrage dalle	7	08-Jun-24	15-Jun-24
A1190	Ferraillage dalle	5	09-Jun-24	14-Jun-24
A1200	Bétonnage dalle	1	15-Jun-24	16-Jun-24
Partie murs en ails		6	16-Jun-24	22-Jun-24
Tete coté amont		6	16-Jun-24	22-Jun-24
A1220	Pose de béton de propreté	1	16-Jun-24	17-Jun-24
A1230	Ferraillage du radier et voiles	1	17-Jun-24	18-Jun-24
A1240	Coffrage radier	1	18-Jun-24	19-Jun-24
A1250	Bétonnage radier	1	19-Jun-24	20-Jun-24
A1260	Coffrage voiles	1	20-Jun-24	21-Jun-24
A1270	Bétonnage voiles	1	21-Jun-24	22-Jun-24
Tete coté aval		6	16-Jun-24	22-Jun-24
A1300	Pose de béton de propreté	1	16-Jun-24	17-Jun-24
A1310	Ferraillage du radier et voiles	1	17-Jun-24	18-Jun-24
A1320	Coffrage radier	1	18-Jun-24	19-Jun-24
A1330	Bétonnage radier	1	19-Jun-24	20-Jun-24
A1340	Coffrage voiles	1	20-Jun-24	21-Jun-24
A1350	Bétonnage voiles	1	21-Jun-24	22-Jun-24
Travaux terrassement et pose de voie		15	23-Jun-24	08-Jul-24
A1370	Débroussaillage	1	23-Jun-24*	23-Jun-24
A1380	Démolition d'une ancienne batisse	2	23-Jun-24	25-Jun-24
A1390	Décapage de la terre végétale	1	23-Jun-24	25-Jun-24
A1400	Déblai	3	25-Jun-24	28-Jun-24
A1410	Remblai	1	25-Jun-24	26-Jun-24
A1420	Couche de forme	1	28-Jun-24	29-Jun-24
A1430	Couche de fondation	1	29-Jun-24	30-Jun-24
A1433	Sous-ballast	1	30-Jun-24	01-Jul-24
A1440	Travaux de pose de voie	7	01-Jul-24	08-Jul-24



XVII. CONCLUSION GENERALE :

Le développement des infrastructures de transports est la pierre angulaire de toute politique d'aménagement du territoire. En effet, ce dernier qui est par définition, la meilleure répartition dans un cadre géographique des activités économiques en fonction des ressources naturelles et humaines, ne peut atteindre son objectif sans un développement harmonieux des infrastructures.

On désigne précisément le transport ferroviaire qui est la future solution de plusieurs problèmes que les autres modes (surtout le transport routier) n'ont pas trouvé à ces problèmes des solutions adéquates tel que les problèmes de circulation, le taux de croissance très élevé ; ce qui signifie un gaspillage des carburants qui influe sur la santé des citoyens, le problème du temps de parcours, etc.

L'état donc a cherché d'investir dans le domaine de chemin de fer par le lancement des programmes de modernisation des lignes ferroviaires le long de territoire national.

L'étude de la ligne minière Est – section Nord Annaba Bouchegouf tronçon : du PK 21+000 au PK 36+000 concernant le tracé en plan, profil en long, profil en travers, le dimensionnement des couches d'assise, l'assainissement …

Elle nous a permis d'utiliser toutes nos reconnaissances qu'on a pris durant toutes les 05 années, elle nous a permis aussi de combiner entre les conditions dans les normes (UIC, IN, SNTF, …) et les conditions exigées par la situation réelle, ce qui nous oblige dans certains cas (contraignantes) d'utiliser les cas exceptionnels selon les normes précédentes.

De plus, ce travail nous a permis de développer notre côté informatique, par l'utilisation des logiciels comme AUTOCAD, COVADIS, EXCEL, GEO 5 …

Bibliographie

[1] : SNCF, "Conception du tracé de la voie courante V<220km/h IN 0272.

[2] : SNTF, "Constituants de la voie," Référentiel technique. Chapitre 9 : SNTF, ed.,2005.

[3] : SNTF, "GEOMETRIIE DE LA VOIE," REFERENTIEL TECHNIQUE, 2005.

[4] : UIC, "Caractéristiques de tracé des voies parcourues par des trains de voyageurs rapides UIC 703R," Union Internationale des Chemins de fer, DE-Consult, ed., 01.01.89.

[5] : UIC, "ouvrage en terre et couche assise ferroviaire " 719 R, DE-Consult, ed., 1995

[6] : ANESRIF. "agence nationale et de suivi de la réalisation des investissement ferroviaires,"

[7] Cours voie ferrée de Mr.Morsli "enseignent à ENSTP "

[8] : Site web Chat GPT " chat.openai.com "

[9] : M. OURANADER Siradj Abderraouf M. MELIZI Abderraouf, 2023, Étude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique AIN EL BEIDA-KHANCHELA du PK 21+388 au PK 35+510 avec l'aménagement et la conception de la gare de M'TOUSSA.

[10] : M. HAMMOUD Anouar 2023, Etude en APD de la ligne à voie unique Tissemsilt – Boughezoul Tronçon Hassi EL Fedoul – Sidi Laadjel y compris la gare Hassi EL Fedoul du PK 44+675 au PK 57+000.

[11] : M. BOULHIA Abderrahim M. El FEKAIR Djouad Djaber, 2023, Conception et Étude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire Ain Beida-Khenchela du PK 00+000 au PK 10+345 à voie unique électrifie avec réaménagement de la gare Ain Beida en utilisant la technologie du BIM.

[12] MISSION C : « ETUDE DE PREPARATION A LA REALISATION » SOUS MISSION C4 « ETUDE ENVIRONNEMENTALE » SETIRAIL

[13] ETUDE D'EXECUTION PK 27+000 au PK 49+000 SYNTHESE GEOTECHNIQUE COSIDER

[14] ÉTUDE DE DÉDOUBLEMENT, MODERNISATION ET/OU RECTIFICATION DE TRACÉ POUR AUGMENTER LA CAPACITÉ DE LA LIGNE MINIÈRE EST SOUS MISSION B10 SECTION 1

[15] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Signalisation_ferroviaire_en_France

ANNEXE A : LISTING DE LAGEOMETRIE DE L'AXE EN PLAN.

Client : ENSTP — Préparé par : SOBHI/OURANADER
LOGICIEL : COVADIS — Date : Le 04/06/2024 à 18:12

Axe en plan : la ligne ferroviaire ANNABA BOUCHEGOUF
Description : Étude de la ligne minière Est – section Nord Annaba Bouchegouf
Plage d'abscisse : Début :PK PK 21+000, Fin : 36+000

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	197.99gr	640.879	21000.000	387771.990	4063358.985
Clothoïde 1	Paramètre	256.905	110.000	21640.879	387792.256	4062718.427
Arc 1	Rayon	600.000 m	418.530	21750.879	387799.089	4062608.680
	Centre X	388394.534 m				
	Centre Y	4062682.470 m				
Clothoïde 2	Paramètre	-256.905	110.000	22169.410	387985.573	4062243.437
Droite 2	Gisement	141.91gr	769.646	22279.410	388070.459	4062173.542
Clothoïde 3	Paramètre	-300.000	90.000	23049.055	388679.282	4061702.703
Arc 2	Rayon	-1000.000 m	258.243	23139.055	388749.636	4061646.588
	Centre X	388102.909 m				
	Centre Y	4060883.866 m				
Clothoïde 4	Paramètre	300.000	90.000	23397.298	388922.976	4061456.134
Droite 3	Gisement	164.08gr	166.687	23487.298	388972.238	4061380.823
Clothoïde 5	Paramètre	-300.000	90.000	23653.985	389061.383	4061239.976
Arc 3	Rayon	-1000.000 m	470.531	23743.985	389108.364	4061163.221
	Centre X	388240.182 m				
	Centre Y	4060666.975 m				
Clothoïde 6	Paramètre	300.000	90.000	24214.516	389238.995	4060715.695
Droite 4	Gisement	199.76gr	307.516	24304.516	389240.681	4060625.719
Clothoïde 7	Paramètre	-300.000	90.000	24612.032	389241.830	4060318.205
Arc 4	Rayon	-1000.000 m	633.632	24702.032	389240.817	4060228.219
	Centre X	388241.668 m				
	Centre Y	4060269.469 m				
Clothoïde 8	Paramètre	300.000	90.000	25335.663	389022.442	4059644.655
Droite 5	Gisement	245.83gr	630.900	25425.663	388964.131	4059576.110
Clothoïde 9	Paramètre	232.379	90.000	26056.564	388548.176	4059101.751
Arc 5	Rayon	600.000 m	365.053	26146.564	388490.563	4059032.637
	Centre X	388970.062 m				
	Centre Y	4058671.969 m				
Clothoïde 10	Paramètre	-232.379	90.000	26511.617	388370.461	4058693.847
Droite 6	Gisement	197.55gr	593.047	26601.617	388371.678	4058603.877
Clothoïde 11	Paramètre	177.482	90.000	27194.664	388394.522	4058011.270
Arc 6	Rayon	350.000 m	43.211	27284.664	388401.833	4057921.634
	Centre X	388746.958 m				
	Centre Y	4057979.847 m				
Clothoïde 12	Paramètre	-177.482	90.000	27327.876	388411.629	4057879.576
Droite 7	Gisement	173.32gr	644.998	27417.876	388444.676	4057795.934
Clothoïde 13	Paramètre	256.905	110.000	28062.874	388707.170	4057206.766
Arc 7	Rayon	600.000 m	383.815	28172.874	388754.968	4057107.738
	Centre X	389278.380 m				
	Centre Y	4057401.063 m				
Clothoïde 14	Paramètre	-256.905	110.000	28556.689	389033.557	4056853.285
Droite 8	Gisement	120.92gr	166.737	28666.689	389136.498	4056814.632
Clothoïde 15	Paramètre	-256.905	110.000	28833.426	389294.312	4056760.817
Arc 8	Rayon	-600.000 m	293.773	28943.426	389397.253	4056722.165
	Centre X	389152.430 m				
	Centre Y	4056174.386 m				
Clothoïde 16	Paramètre	256.905	110.000	29237.198	389626.105	4056542.668
Droite 9	Gisement	163.76gr	329.239	29347.198	389688.170	4056451.900
Clothoïde 17	Paramètre	256.905	110.000	29676.437	389865.618	4056174.572

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Arc 9	Rayon Centre X Centre Y	600.000 m 390401.358 m 4056452.087 m	311.084	29786.437	389927.683	4056083.804
Clothoïde 18	Paramètre	-256.905	110.000	30097.521	390172.439	4055897.473
Droite 10	Gisement	119.08gr	899.586	30207.521	390276.453	4055861.806
Clothoïde 19	Paramètre	-256.905	110.000	31107.107	391135.917	4055596.145
Arc 10	Rayon Centre X Centre Y	-600.000 m 391011.012 m 4055005.865 m	284.650	31217.107	391239.931	4055560.478
Clothoïde 20	Paramètre	256.905	110.000	31501.758	391468.008	4055394.651
Droite 11	Gisement	160.96gr	166.227	31611.758	391534.010	4055306.705
Clothoïde 21	Paramètre	-256.905	110.000	31777.985	391629.680	4055170.768
Arc 11	Rayon Centre X Centre Y	-600.000 m 391169.973 m 4054779.998 m	178.451	31887.985	391690.189	4055078.955
Clothoïde 22	Paramètre	256.905	110.000	32066.436	391754.960	4054913.379
Droite 12	Gisement	191.56gr	249.466	32176.436	391772.811	4054804.879
Clothoïde 23	Paramètre	-256.905	110.000	32425.902	391805.770	4054557.600
Arc 12	Rayon Centre X Centre Y	-600.000 m 391217.462 m 4054423.713 m	99.829	32535.902	391816.962	4054448.212
Clothoïde 24	Paramètre	256.905	110.000	32635.731	391812.740	4054348.587
Droite 13	Gisement	213.83gr	354.078	32745.731	391792.335	4054240.538
Clothoïde 25	Paramètre	300.000	90.000	33099.810	391716.030	4053894.779
Arc 13	Rayon Centre X Centre Y	1000.000 m 392683.166 m 4053635.264 m	111.393	33189.810	391697.957	4053806.621
Clothoïde 26	Paramètre	-300.000	90.000	33301.202	391685.015	4053696.041
Droite 14	Gisement	201.01gr	65.899	33391.202	391682.242	4053606.091
Clothoïde 27	Paramètre	256.905	110.000	33457.101	391681.200	4053540.201
Arc 14	Rayon Centre X Centre Y	600.000 m 392281.095 m 4053475.722 m	197.404	33567.101	391682.821	4053430.254
Clothoïde 28	Paramètre	-256.905	110.000	33764.505	391729.601	4053239.388
Clothoïde 29	Paramètre	-256.905	110.000	33874.505	391779.004	4053141.152
Arc 15	Rayon Centre X Centre Y	-600.000 m 391276.913 m 4052806.583 m	327.095	33984.505	391828.408	4053042.917
Clothoïde 30	Paramètre	256.905	110.000	34311.600	391871.018	4052722.680
Droite 15	Gisement	214.77gr	254.662	34421.600	391849.020	4052614.944
Clothoïde 31	Paramètre	256.905	110.000	34676.262	391790.476	4052367.103
Arc 16	Rayon Centre X Centre Y	600.000 m 392362.583 m 4052175.463 m	168.605	34786.262	391768.478	4052259.367
Clothoïde 32	Paramètre	-256.905	110.000	34954.867	391768.513	4052091.316
Clothoïde 33	Paramètre	-256.905	110.000	35064.867	391790.554	4051983.589
Arc 17	Rayon Centre X Centre Y	-600.000 m 391218.526 m 4051791.714 m	366.040	35174.867	391812.596	4051875.862
Clothoïde 34	Paramètre	256.905	110.000	35540.907	391753.642	4051520.326
Droite 16	Gisement	235.72gr	294.814	35650.907	391698.009	4051425.479
				35945.721	391541.153	4051175.857
Longueur totale de l'axe 14945.721 mètre(s)						

ANNEXE B: LISTING DE LA GEOMETRIE DE PROFIL EN LONG.

Client : ENSTP — Préparé par : SOBHI/OURANADER
LOGICIEL : COVADIS — Date : Le 04/06/2024 à 18:12

Axe en plan : la ligne ferroviaire ANNABA BOUCHEGOUF
Description : Étude de la ligne minière Est – section Nord Annaba Bouchegouf
Plage d'abscisse : Début :PK PK 21+000, Fin : 36+000

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	0.11 %	310.457	21000.000	21.248
Pente 2	Pente	-0.06 %	632.161	21310.457	21.600
Cercle 1	Rayon	-7200.000 m	61.004	21942.618	21.197
	Sommet Absc.	21938.021 m			
	Sommet Alt.	21.198 m			
Pente 3	Pente	-0.91 %	284.024	22003.622	20.899
Cercle 2	Rayon	7000.000 m	73.919	22287.646	18.311
	Sommet Absc.	22351.425 m			
	Sommet Alt.	18.021 m			
Pente 4	Pente	0.14 %	467.402	22361.564	18.028
Pente 5	Pente	0.09 %	100.039	22828.967	18.705
Pente 6	Pente	0.12 %	566.994	22929.006	18.797
Pente 7	Pente	0.22 %	817.002	23496.000	19.489
Pente 8	Pente	0.08 %	622.327	24313.002	21.327
Cercle 3	Rayon	9000.000 m	87.339	24935.329	21.803
	Sommet Absc.	24928.451 m			
	Sommet Alt.	21.800 m			
Pente 9	Pente	1.05 %	211.369	25022.668	22.293
Cercle 4	Rayon	-6000.000 m	62.538	25234.038	24.506
	Sommet Absc.	25296.849 m			
	Sommet Alt.	24.835 m			
Pente 10	Pente	0.00 %	1786.782	25296.576	24.835
Cercle 5	Rayon	6000.000 m	63.975	27083.357	24.916
	Sommet Absc.	27083.084 m			
	Sommet Alt.	24.916 m			
Pente 11	Pente	1.07 %	275.402	27147.332	25.260
Cercle 6	Rayon	-12000.000 m	271.990	27422.734	28.209
	Sommet Absc.	27551.230 m			
	Sommet Alt.	28.897 m			
Pente 12	Pente	-1.20 %	122.647	27694.724	28.039
Cercle 7	Rayon	6000.000 m	165.254	27817.371	26.573
	Sommet Absc.	27889.118 m			
	Sommet Alt.	26.144 m			
Pente 13	Pente	1.56 %	1889.859	27982.625	26.872
Cercle 8	Rayon	-8000.000 m	130.745	29872.484	56.328
	Sommet Absc.	29997.159 m			
	Sommet Alt.	57.300 m			
Pente 14	Pente	-0.08 %	1635.953	30003.229	57.298
Cercle 9	Rayon	-8000.000 m	121.838	31639.183	56.056
	Sommet Absc.	31633.113 m			
	Sommet Alt.	56.059 m			
Pente 15	Pente	-1.60 %	569.367	31761.020	55.036
Cercle 10	Rayon	8000.000 m	64.795	32330.387	45.932
	Sommet Absc.	32458.295 m			
	Sommet Alt.	44.909 m			
Pente 16	Pente	-0.79 %	438.607	32395.182	45.158
Cercle 11	Rayon	9000.000 m	69.262	32833.789	41.698
	Sommet Absc.	32904.791 m			
	Sommet Alt.	41.418 m			
Pente 17	Pente	-0.02 %	300.866	32903.051	41.418

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Cercle 12	Rayon	-6000.000 m	94.976	33203.917	41.360
	Sommet Absc.	33202.756 m			
	Sommet Alt.	41.360 m			
Pente 18	Pente	-1.60 %	300.023	33298.892	40.589
Cercle 13	Rayon	6000.000 m	133.599	33598.915	35.782
	Sommet Absc.	33695.051 m			
	Sommet Alt.	35.011 m			
Pente 19	Pente	0.62 %	816.571	33732.514	35.128
Pente 20	Pente	0.61 %	289.984	34549.085	40.227
Cercle 14	Rayon	-13000.000 m	63.663	34839.069	42.005
	Sommet Absc.	34918.768 m			
	Sommet Alt.	42.249 m			
Pente 21	Pente	0.12 %	432.178	34902.732	42.239
Cercle 15	Rayon	13000.000 m	134.584	35334.909	42.772
	Sommet Absc.	35318.873 m			
	Sommet Alt.	42.762 m			
Pente 22	Pente	1.16 %	247.477	35469.493	43.635
Cercle 16	Rayon	-6000.000 m	160.526	35716.971	46.503
	Sommet Absc.	35786.488 m			
	Sommet Alt.	46.905 m			
Pente 23	Pente	-1.52 %	66.981	35877.497	46.215
				35944.478	45.199
Longueur totale de l'axe 14944.478 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 14944.981 mètre(s)					

ANNEXE C : Canalisation circulaires partiellement remplie

Q / Q p s	V / V p s	h /D	Q / Q p s	V / V p s	h /D
0, 0 0 1	0,1 4	0,0 2	0, 5 3 4	1, 0 2	0, 5 2
0, 0 0 3	0,2 2	0,0 4	0, 5 6 8	1, 0 3	0, 5 4
0, 0 0 7	0, 2 9	0,0 6	0, 6 0 3	1, 0 5	0, 5 6
0, 0 1 3	0, 3 5	0,0 8	0, 6 3 7	1, 0 6	0, 5 8
0, 0 2 1	0, 4 0	0,1 0	0, 6 7 2	1, 0 7	0, 6 0
0, 0 3 1	0, 4 5	0,1 2	0, 7 0 6	1, 0 8	0, 6 2
0, 0 4 2	0, 5 0	0,1 4	0, 7 4 0	1, 0 9	0, 6 4
0, 0 5 6	0, 5 4	0,1 6	0, 7 7 3	1, 1 0	0, 6 6
0, 0 7 1	0, 5 8	0,1 8	0, 8 0 6	1, 1 1	0, 6 8
0, 0 8 8	0, 6 2	0,2 0	0, 8 3 7	1, 1 2	0, 7 0
0, 1 0 6	0, 6 5	0,2 2	0, 8 6 8	1, 1 3	0, 7 2
0, 1 2 6	0, 6 8	0,2 4	0, 8 9 8	1, 1 3	0, 7 4
0, 1 4 8	0, 7 2	0,2 6	0, 9 2 6	1, 1 4	0, 7 6
0, 1 7 1	0, 7 5	0,2 8	0, 9 5 3	1, 1 4	0, 7 8
0, 1 9 6	0, 7 8	0,3 0	0, 9 7 7	1, 1 4	0, 8 0
0, 2 2 2	0, 8 0	0,3 2	1, 0 0 0	1, 1 4	0, 8 2
0, 2 4 9	0, 8 3	0,3 4	1, 0 2 1	1, 1 4	0, 8 4
0, 2 7 7	0, 8 6	0,3 6	1, 0 3 9	1, 1 4	0, 8 6
0, 3 0 7	0, 8 8	0,3 8	1, 0 5 4	1, 1 3	0, 8 8
0, 3 3 7	0, 9 0	0,4 0	1, 0 6 6	1, 1 2	0, 9 0
0, 3 6 8	0, 9 2	0,4 2	1, 0 7 3	1, 1 2	0, 9 2
0, 4 0 0	0, 9 4	0,4 4	1, 0 7 6	1, 1 0	0, 9 4
0, 4 3 3	0, 9 6	0,4 6	1, 0 7 1	1, 0 9	0, 9 6
0, 4 6 6	0, 9 8	0,4 8	1, 0 5 7	1, 0 6	0, 9 8
0, 5 0 0	1, 0 0	0,5 0	1, 0 0 0	1, 0 0	1, 0 0

ANNEXE D : classification de l'agressivité selon la norme :

la norme relative à la classification des environnements agressifs (NA 16002) (2016)

Classe d´agressivité	Spécifications mg/kg	Environnement chimique
XA1	<2000	Non agressif
XA2	>3000 et ≥12000	Agressivité modérée
XA3	>12000 et ≤24000	Forte agressivité

ANNEXE E : matériaux zone inondable.

SPECIFICATION TECHNIQUE N° 590B	CHAPITRE 2	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	EDITION mars-99	PAGE 37

ARTICLE 9	SPECIFICATIONS

Fiche n° 18 : Enrochements

Type de matériau : R2 , R4 , R6

désignation		enrochements	Observations
Caractéristiques intrinsèques			
résistance	LA+MDA	<= 50	[1]
Caractéristiques de fabrication			
dimensions nominales		voir catégories § 7.2.2	
granularité		voir § 7.2.2	
angularité		entièrement concassés	
forme	l+g/2e	1 à 3	
	l/e	<= **3**	
Caractéristiques complémentaires			
indice de continuité	IC	>= 0,75	[4]
porosité	n	<= 5 %	[2]
sensibilité au gel		non gélif	[3]
dégradabilité	Dg	non mesurable	
résistance à la compression simple	Rc	>= 60 MPa	
granulats artificiels			

[1] pour la sélection de la carrière

[2] si 2 < n <= 5, il faut vérifier que le granulat est insensible au gel

[3] vérification si 2 < n <= 5

[4] Pour les roches d'origine éruptive

R1

ANNEXE F : classification des sols selon UIC 719R.

Classe de qualités des sols	**Classification des sols (identification géotechnique)**
QS0 : Sols impropres	0.1 sols organiques. 0.2 sols fins (comportant plus de 15% de fines) foisonné, humides et donc non compactables. 0.3 sols comportant des matériaux solubles (sel gemme ou gypse) 0.5 sols comportant des matériaux polluants (déchets industriels par exemple). 0.6 sols mixtes « minéraux organique ».
QS1 : Sols médiocres	1.1 Sols comportant plus de 40 % de fines (sauf sols0.2). 1.2 Roches très évolutives par exemple : - Craies de ρd <1.7t/m^3 et de friabilité forte – Marnes - Schistes altérés. 1.3 Sols comportant de 15 à 40 % de fines (sauf sols 0.2). 1.4 Roches évolutives par exemple : - Craies de ρd < 1.7 <t/m3 et de friabilité faible - Schistes non altérés. 1.5 Roches tendres par exemple : Si Microdeval en présence d'eau (MDE)>40 et Los Angeles LA>40.
QS2 : Sols moyens	2.1 Sol comportant de 5 à 15% de fines. 2.2 Sols comportant moins de 5% de fines mais uniformes (Cu≤6). 2.3 Roches moyennement dures par exemple : Si 25<MDE≤40 et 30<LA<40.
QS3 : Bons sols	3.1 Sols comportant moins de 5% de fines 3.2 Roches dures par exemples : Si MDE≤25 et LA≤30

ANNEXE G : Classification UIC selon classification GTR

Classification de la norme NF P 11 300			Classe de qualité des sols (voir tableau 3 - page 15)			
Classe	**Désignation**	**Sous-classe**	**QS 0**	**QS 1**	**QS 2**	**QS 3**
A	*Sols fins*	**A1**	A1h	A1m & A1s	A1s B.C. Hydro. saison sèche	
		A2	A2h	A2m & A2s	A2s B.C. Hydro. saison sèche	
		A3	A3h	A3m & A3s		
		A4	A4h	A4m & A4s[a]		
B	*Sols sableux et graveleux avec fines*	**B1**				
		B2	B2h	B2m	B2s B.C. Hydro.	
		B3				Propre et bien gradué Dureté élevée
		B4	B4h	B4m	B4s	Propre et bien gradué Dureté élevée
		B5	B5h	B5m	B5s	
		B6	B6h	B6m	B6s B.C. Hydro.	
C	*Sols comportant des fines et de gros éléments*	**C1**	La classe de qualité est celle de la fraction 0/50			
		C2	fraction 0/50 de classe de qualité QS0 $w \geq 1{,}25$ wopn	fraction 0/50 de classe de qualité QS0 $w < 1{,}25$ wopn	fraction 0/50 de classe de qualité QS1	Propre et bien gradué Dureté élevée
D	*Sols insensibles à l'eau*	**D1**			Assurer la traficabilité Planche d'essai	
		D2		Dureté faible	Dureté moyenne	Propre et bien gradué Dureté élevée
		D3		Dureté faible	Dureté moyenne	Propre et bien gradué Dureté élevée

ANNEXE H : Les paramètres de dimensionnement E, a, b, c, d, f et g

E	= 0.70 m = 0.55 m = 0.45 m	Pour les plates-formes de classe de portance P1 Pour les plates-formes de classe de portance P2 Pour les plates-formes de classe de portance P3
a	= 0 = -0.05 m = -0.10 m = -0.15 m	- Pour les groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V > 160 km/h quel que soit le - groupeUIC) -Pour les groupes UIC 3 et 4 -Pour les groupes UIC 5, 6 et 7, 8, 9 avec voyageurs -Pour les groupes UIC 7, 8, 9 sans voyageur
b	= 0 = (2,50 – L) /2	-pour les traverses bois de longueur 2,60 m - avec L est la longueur des traverses (b en m. L en m, b peut être négatif siL > 2,50 m)
c	= 0 = -0.10 m = -0.05 m	-pour un dimensionne ment normal - à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes degroupe UIC "7, 8, 9 sans voyageur" -à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de Groupe UIC autre que"7, 8, 9 sans voyageur"
d	= 0 = +0.05 m = +0.12 m	- Lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas200 KN - Lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 225 KN -Lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 250 KN
f	= 0 = +0.05 m = +0.10 m	- Pour toutes les lignes à V ≤ 1 60 km/h et pour les plates-formes de portancePF3 des lignes à grande vitesse. -Pour les plates-formes de classe de portance PF2 des lignes à grande vitesse. -Pour les plates-formes de classe de portance PF1 des lignes à grande vitesse
g	= + = 0	- géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2 - (Pas de géotextile), lorsque la couche de forme est en sol QS3

ANNEXE O : Condition d'implantation d'ADV dans les zones situées près d'un OA

Distances minimales	Longueur de l'appareil
≥ 20m	L ≤ 30 m
≥ 50 m	30 m < L ≤ 90 m
≥ 50 m	L> 90 m depuis le côté opposé à l'appareil de dilatation

ANNEXE P : Les valeurs de saillies

Les saillies données par le présent tableau sont applicables à la fois aux parties basses et aux parties hautes.

R ⩾ 250 m				250 > R ⩾ 150 m			
de R (m)	à R (m)	$S_i = S_e$ (mm)		R (m)	S_i (mm)	S_e (mm)	
∞	7501	0	$\frac{3,75}{R}$ (m)	250	25	25	$S_i = \frac{50}{R} - 0,175$ (m)
7500	2501	1		245	29	30	
2500	1501	2		240	33	35	
1500	1072	3		235	38	40	
1071	834	4		230	42	46	
833	715	5		225	47	52	
714	653	6		220	52	58	$S_e = \frac{60}{R} - 0,215$ (m)
652	601	7		215	58	64	
600	556	8		210	63	71	
555	518	9		205	69	78	
517	484	10		200	75	85	
483	455	11		195	81	93	
454	429	12		190	88	101	
428	406	13		185	95	109	
405	385	14		180	103	118	
384	366	15	$\frac{7,5}{R} - 0,005$ (m)	175	111	128	
365	349	16		170	119	138	
348	334	17		165	128	149	
333	320	18		160	138	160	
319	307	19		155	148	172	
306	296	20		150	158	185	
294	284	21					
283	273	22					
272	264	23					
263	255	24					
254	250	25					

(*) L'écartement de la voie, pour un rayon donné varie selon l'état d'entretien de la voie et selon qu'elle a été renouvelée avant ou à partir de 1969.

Le surécartement intervient dans le présent tableau de saillies selon une valeur moyenne forfaitaire.

ANNEXE Q : Implantation des quais mi-hauts

IMPLANTATION DES QUAIS MI-HAUTS ET DES QUAIS HAUTS A VOYAGEURS



FIG. 1

REMARQUE IMPORTANTE

La distance L par rapport au bord intérieur du rail (fig. 1) est mesurée suivant la parallèle au plan de roulement. Les parties de quai ou les installations rigides diverses telles que marches le long des quais mi-hauts, câbles, ...) se trouvant à plus de 400 mm au-dessus du plan de roulement ne doivent pas dépasser la perpendiculaire à celui-ci située à la distance L du bord intérieur du rail. En dessous de 400 mm, le gabarit limite des obstacles bas de la voie (planche 1 A de la NG EF 1 C 3 n° 1) est à considérer.

QUAIS MI-HAUTS.

H = 550 mm (Cote nominale)
ou 500 mm (Cotes exceptionnelles) } unir entre elle
600 mm
L = 935 mm + S_i ou S_e (1) (2)

QUAIS HAUTS.

H = 760 à 1 000 mm (3) (à fixer par cas d'espèce selon le ou les matériels utilisés)
L = voir tableau ci-dessous

	V ≤ 90 km/h	90 < V ≤ 120 km/h	V > 120 km/h
Quais en alignement Quais convexes	935 mm + S_i	950 + $[S_i - 15]_{>0}$	965 mm
Quais concaves	935 mm + S_e	965 mm + S_e	980 mm + S_e

TOLÉRANCES D'IMPLANTATION

Compte tenu de la double nécessité de ne pas réduire les marges de sécurité entre les quais et le matériel roulant et d'assurer des emmarchements corrects, les tolérances d'implantation sont limitées aux valeurs suivantes :

1°) lors de l'implantation des bordures de quais ou de renouvellement de voies :
(+ 0 — 10 mm) sur H
(+ 10 mm — 0) sur L

2°) lors des opérations d'entretien et des vérifications périodiques :
(+ 0 — 30 mm) sur H
(+ 30 mm — 0) sur L

(1) Pour la valeur des saillies S_i ou S_e, se reporter à l'Annexe 1.
(2) Au droit du joint de pointe d'un appareil de voie, la distance L doit être majorée de la saillie supplémentaire S" provenant des sections extrêmes des véhicules ou changements lorsque ceux-ci empruntent la déviation de l'appareil. La valeur de S" et son domaine d'application sont donnés à l'Annexe 2.
(3) Cote maximale compte tenu des portes de certains matériels ouvrant vers l'extérieur.

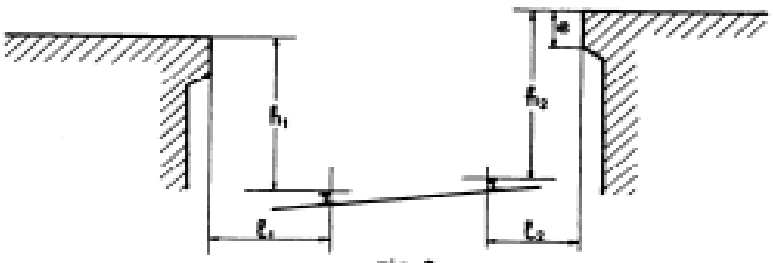


FIG. 2

Les cotes H et L (Fig. 1) sont données perpendiculairement et parallèlement au plan de roulement. Selon la méthode utilisée pour l'implantation ou la vérification des bordures de quais, il peut être avantageux de connaître les cotes h et *f* (Fig. 2) par rapport à l'horizontale et à la verticale liées au bord intérieur du rail le plus proche ou de retrouver les cotes H et L à partir des cotes h et *f* mesurées.

H, L, h et *f* sont liées par les relations suivantes :

	(implantation)	(vérification)
— côté rail bas	$h_1 = KH - L\dfrac{d}{1500}$	$H = Kh_1 + f_1\dfrac{d}{1500}$
	$f_1 = KL + H\dfrac{d}{1500}$	$L = Kf_1 - h_1\dfrac{d}{1500}$
— côté rail haut	$h_2 \simeq KH + L\dfrac{d}{1500}$ (1)	$H = Kh_2 - f_1\dfrac{d}{1500}$
	$f_1 = KL - (H - Ke)\dfrac{d}{1500}$ * ou $f_2 = KL - 385\dfrac{d}{1500}$ **	$L = Kf_2 + (h_2 - e)\dfrac{d}{1500}$ * ou $L = \dfrac{1}{K}\left(f_2 + 385\dfrac{d}{1500}\right)$ **

(*) Si le quai comporte un « nez » d'épaisseur e.
(**) S'il n'y a pas de « nez » de quai.

d étant le dévers en millièmes et K un coefficient tel que (2) :

K = 1	pour	0 ≤ d ≤ 50
K = 0,999	pour	51 ≤ d ≤ 85
K = 0,998	pour	86 ≤ d ≤ 105
K = 0,997	pour	106 ≤ d ≤ 125
K = 0,996	pour	126 ≤ d ≤ 145
K = 0,995	pour	146 ≤ d ≤ 160

EXEMPLE — Quai mi-haut de 550 mm construit avec bordures préfabriquées, sans « nez » de quai :

R = 1 000 m $S_1 = S_2 = 4$ mm
d = 90 mm
$h_1 = (0{,}998 \times 550) - (939 \times 0{,}06) \simeq 493$ mm
$f_1 = (0{,}998 \times 939) + (550 \times 0{,}06) \simeq 970$ mm

H = 550 mm
L = 885 + 4 = 939 mm
$h_2 = (0{,}998 \times 550) + (939 \times 0{,}06) \simeq 605$ mm
$f_2 = (0{,}998 \times 939) - (385 \times 0{,}006) \simeq 916$ mm

(1) La valeur de h_2 donnée par cette formule est très proche des valeurs théoriques exactes :

$$h_2 = KH + L\frac{d}{1500} + e\left(\frac{d}{1500}\right)^2 \quad \text{ou} \quad h_2 = \frac{1}{K}\left[H - 385\left(\frac{d}{1500}\right)^2\right] + L\frac{d}{1500}$$

(2) δ étant l'angle correspondant au dévers, $\dfrac{d}{1500}$ est la valeur de $\sin\delta$.

On a alors $\cos\delta = K = \sqrt{1 - \left(\dfrac{d}{1500}\right)^2}$ dont la valeur arrondie à 3 décimales est donnée ci-dessus.

ANNEXE S

Fiche n° 2 : Sous-couche pour couche de fondation

*Type de matériau : B5 , D , **R21 , R41 , R61***

		lignes parcourues à grandes vitesses V > 160 km/h	autres lignes	Observations
désignation		Grave sableuse		
Caractéristiques intrinsèques				
résistance	LA+MDE	<= 50		
Caractéristiques de fabrication				
dimensions nominales	d	0		
	D	20 à 40		
granularité	P[2D]	100		
(fuseau de spécification)	P[1,58D]	100 - 99		
	P[D]	99 - 85		
	P[D/2]	88 - 66		
	P[D/5]	67 - 46		
	P[D/10]	54 - 35		
	P[D/20]	46 - 27		
	P[D/50]	38 - 19		
	P[D/100]	30 - 13		
	P[D/200]			
	P[0,08]	14 - 5		
angularité		Entièrement concassée	>= 95 sur fraction 6,3/10)	voir § 7.4
forme	A	<= 25		-
propreté	Vbg	<= 1		voir § 7.6.1
Caractéristiques complémentaires				
compacité		>= 82 %	>= 80 %	
sensibilité au gel		non gélif		voir § 8.2.3
granulats artificiels		[1]		

[1] utilisation possible de matériaux de démolition : F71 , sous réserve des recommandations des annexes 1 et 2

ANNEXE T

ST590 Ind.B

Fiche n° 7 : Matériaux de zone inondable

Type de matériau : CiB3, D3, R21, R22, R41, R42, R61, R62, F31, F71

désignation		Grave 0/D	Observations
Caractéristiques intrinsèques			
résistance	LA + MDA	<= 80	
Caractéristiques de fabrication			
dimensions nominales	d	0	
	D	63 à 500	
granularité	P[Dmax]	>= 99%	
(fuseau de spécification)	P[D]	[1]	
	P[D/20]		
	P[0,08]	<= 5%	[2]
angularité			
forme			
propreté			
Caractéristiques complémentaires			
sensibilité au gel		non gélif	
dégradabilité		non mesurable	
granulats artificiels		[3]	

[1] si D <= 200 mm : P[D] = 99 à 85 % (Dmax = 1,25 D)
si D > 200 mm : P[D] >= 99 % (D = Dmax)
[2] mesuré sur la fraction 0/50
[3] voir recommandations d'emploi en annexes 1 et 2

ANNEXE U

Fiche n° 1 : Sous-couche pour couche "sous-ballast"

Type de matériau : D2 , D3 , R21 [1], ***R41 , R61***

		lignes parcourues à grandes vitesses V > 160 km/h	autres lignes	Observations
désignation		Grave 0 / 31,5 bien graduée		voir § 7.3.2
Caractéristiques intrinsèques				
résistance	LA+MDE	<= 40	<= 50	
Caractéristiques de fabrication				
dimensions nominales	d	0		
	D	31,5	31,5 (ou 40)	
granularité	P[2D]	100		[2]
(fuseau de spécification)	P[1,58D]	100 - 99	*fuseau de la courbe moyenne*	
	P[D]	99 - 85		
	P[D/2]	81 - 55		
	P[D/5]	57 - 31	*P[D/2] : 73 - 65*	
	P[D/10]	45 - 25	*P[D/5] : 52 - 42*	
	P[D/20]	36 - 17	*P[D/10] : 40 - 31*	
	P[D/50]	26 - 11	*P[D/20] : 31 - 22*	
	P[D/100]	19 - 8	*P[D/50] : 23 - 16*	
	P[D/200]	13 - 6	*P[D/100] : 15 - 12*	
	P[0,08]	8 - 4	*P[D/200] : 10 - 8*	
angularité		Entièrement concassée	>= 95 nbr. (ou fuseau 62/10)	voir § 7.4
forme	A	<= 25		
propreté	Vbg	<= 1		voir § 7.6.1
Caractéristiques complémentaires				
compacité		>= 82 %	>= 80 %	
sensibilité au gel		non gélif		voir § 8.2.3
granulats artificiels			[3]	

[1] L'utilisation de granulats calcaires d'origine géologique autre que "Primaire" doit être soumise à l'accord du Département IG-LG

[2] La limite inférieure du fuseau de spécification est la même que la limite inférieure du fuseau des graves non traitées routières 0 / 31,5 dures (Norme P 98-129)

[3] utilisation possible de matériaux de démolition : F71 , sous réserve des recommandations des annexes 1 et 2

ANNEXE V : Listing NPHE

Abscisse	Altitude	Longueur Horizontal
22629,0131	16,6212534	
		299,992932
22929,006	16,8971781	
		566,994194
23496,0002	17,5894632	
		817,002269
24313,0025	19,427172	
		665,997375
24978,9998	19,9361076	
		311,068436
25290,0683	19,3028238	
		151,910185
25441,9785	20,0996967	
		114,443467
25556,4219	20,0256532	

ANNEXE W

Fiche n° 4 : couche de forme de qualité S3 ou Rt3

Type de matériau : B3 , CiBi , D2 , D3 , R21 , R41 , R61 , F31 , F71

désignation		Grave 0 / D	Observations
Caractéristiques intrinsèques			
résistance	R [1]	<= 60	
Caractéristiques de fabrication			
dimensions nominales	d	0	
	D	20 à 125	
granularité	P[2D]	100	
(fuseau de spécification)	P[Dmax]	100-99	
	P[D]	99 - 85	
	P[D/2]	84 - 55	
	P[D/5]	60 - 31	
	P[D/10]	49 - 23	
	P[D/20]	40 - 17	
	P[D/50]	30 - 11	
	P[D/100]	22 - 8	
	P[D/200]	16 - 6	
	P[D/500]	9 - 3	
	P[D/1000]	6 - 2	[2]
angularité			
forme	A	<= 25	
propreté	Vbg	< 2	voir § 7.6.1
Caractéristiques complémentaires			
compacité		>= 80 %	
sensibilité au gel		[3]	voir § 8.2.3
granulats artificiels		[4]	

[1] R = LA+MDE si D < 50
R = LA+MDA si D >= 50

[2] à prendre en compte si D >= 63

[3] Selon la situation géographique il n'est pas toujours nécessaire de vérifier que les granulats utilisés en couche de forme rapportée Rt 3 soient "non gélifs".