

REPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTÉ DE GÉNIE DE LA CONSTRUCTION
DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL



Mémoire de fin d'étude

En vue d'obtention du Diplôme
De Master en Travaux Publics,
Option : Voies et Ouvrages d'Arts

Thème

Étude du tracé de la nouvelle ligne ferroviaire
entre
el Affron (Blida) et port centre – Cherchelle
(Tipaza) du PK19+000 au PK29+000

Proposé par : STI RAI

Réalisé par

-
- *Melle Hamidani Celia*
 - *Melle Mahiou Thiziri*

Encadré par :

-
- Mr Rahmouni ouassim
 - Mr : Boulifa Djaffar

Années 2021-2022

REMERCIEMENT

Au premier lieu, nous tenons à remercier Dieu qui nous a donné le courage et la volonté pour terminer ce travail.

Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui nous ont aidés à élaborer ce projet et en particulier notre promoteur Mr Boulifa pour sa disponibilité permanente, pour son aide et ces orientations précieuses, tout le long de ce projet.

Nous remercions chaleureusement tous les enseignants et le personnel d'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou de la faculté de génie de la construction département de génie civil.

Nous tenons également à remercier les honorables membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous ont accordés en acceptant d'évaluer notre travail.

Le groupe de SETI-RAIL pour leurs contributions à l'acquisition des données du projet spécialement : BILLEL, HAMZA, IBRAHIM, ADEM.

Que tous ceux ou celles qui nous ont apportés leur soutien et qui nous ont aidé de loin ou de près pour l'achèvement de ce projet trouvent ici l'expression de notre vive et sincère reconnaissance, en particulier Saim Lynda et Zadoud Slimane nos parents, nos familles.

Mahiou----Hamidani

DEDICACE

Au nom dieu, le très Miséricordieux

Je remercie dieu le tout Puissant, clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail, ensuite je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de formation.

Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère, qui m'a accompagné durant les moments les plus pénibles de ce long parcours de mon éducation, , donc je devais incessamment être de grande compétence et motivation. Cependant je prie dieu le Miséricordieux qu'il te portera récompense, car la mienne ne sera guère complète, Et te protège et te garde en bonne santé.

A mon père qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans le parcours de l'enseignement. Celui qui a toujours resté à mes côtés dans les moments rudes de ma vie. Mes chères sœurs ; mon chère fiancée Sofiane.

A mon binôme et confrère : Mahiou Thiziri

Tous mes Amis sans exception

Spécifiquement Slimane et Lynda.

A tout ceux qui me connaisse de près ou de loin.

Hamidani celia

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

À celle qui m'a transmis la vie, celle qui s'est sacrifiée pour me voir grandir et réussir, à celle qu'aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection et l'amour que je lui éprouve,

À toi ma chère Maman

A la mémoire de mon cher père, qui a toujours été dans ma pensées et dans mon cœur, le guide de ma vie, celui qui n'a jamais cessé de me soutenir Je lui dédie mon succès d'aujourd'hui. Que dieu vous bénisse dans son éternité .

À toute ma famille, mes amis en particulier Saim Lynda et Zadoud Sliman, et à Hamidani Celia et Massy à tous ceux qui ont contribué de près ou loin pour que mon succès soit possible.

Mahiou thiziri

Résumé

Le présent mémoire porte sur une étude du tracé un tronçon de 10 km de la ligne ferroviaire El Affroune Tipaza (du Pk 19.00 jusqu'au Pk 29.00) avec aménagement de la gare de Hadjout.

Ce projet a été réalisé suivant les normes de l'union internationale de chemin de fer (UIC) et les recommandations de la Société nationale de transport ferroviaire (SNTF).

Les logiciels de modélisation et de calcul utilisé dans le projet sont : AutoCAD 2018, Covadis

2016, Google earth.

Mots clés : Covadis, Ballast, couche d'assise, appareille de voie, bassins versants

Abstract

This memory involve the a study of the route a section of 10 km of the railway line El Affroune and Tipaza between (Pk 19.00 and Pk 29.00) with the construction of Hadjout station.

This project was realised according to International Railway Union standards (UIC) and the Algerian national railway company recommendations of the (SNTF).

Modeling softwares used in this project are: AutoCAD 2018, Covadis 2016, Google earth.

Key words: Covadis, Ballast. base layer, switches, watersheds

Les listes de figures

Figure I. 1.Évolution du chemin de fer de la traction animale à la vapeur [1]	4
Figure. I. 2Evolution des locomotives : de la vapeur à l'électricité [2]	5
Figure I. 3.Réseau ferroviaire algérien durant la période coloniale [2]	5
Figure. I. 4.Historique des pont-rail Algérie [2]	6
Figure. I. 5.Le programme du développement ferroviaire algérien [2]	8
Figure. I. 6 Les constituants de la voie ferrée [5].....	9
FIGURE 7 LE RAIL VIGNOLE (UIC 60). [5]	10
FIGURE I. 8. RAIL A GORGE. [5]	10
Figure .I. 9 Rail à double champignon [5].....	11
FIGURE .I.10. SECTION DU RAIL VIGNOLE 60E1 [5]	12
FIGURE 11 ÉCARTEMENT DE LA VOIE [5].....	12
Figure 12 Eclissage des rails. [5]	13
FIGURE I.13LONG RAIL SOUDE (LRS). [5]	13
FIGURE 14TRAVERSE BI-BLOC EN BETON ARME. [5]	14
Figure 15les dimensions de traverses V.A.X TYPE U31 NAT. [5]	15
Figure I. 16 .Semelles en élastomère [5]	15
Figure .I. 17les Types des attaches [5]	16
Figure .I.18.les attaches nabla utilisees dans notre projet [5].....	16
Figure 19:Assemblage des constituants [5]	16
Figure. I. 20Composantes des voies ferrées ballastées [5]	17
Figure 21: photos d'un ballast [6]	18
Figure 22 Granulométrie de ballast utilisé [4]	18
Figure. I. 23 Répartirions des charges à travers la superstructure	20
Figure. I. 24 Schéma d'une voie de LGV (Alias & Gentil, 1984) [1].....	24
Figure 25 L'épaisseur minimale 'e' des couches d'assise.....	25
Figure II. 1. force centrifuge et devers	34
Figure. II. 2. Schéma de raccordement de devers.	37
Figure II. 3 .Eléments géométriques du profil en long.....	38
Figure. II. 4.Les éléments du profil en travers	41

Figure .III.1 présentation la zone étude	44
Figure. III 2. Vue synoptique [1].....	45
Figure .IV. 1: Extrait de la carte géologique du Hadjout 1/50000 ème.....	52
Figure .IV.2: extrait de la carte géologique de Tipaza au 1 /50000 ème.....	52
Figure. IV. 3. Photos de sondage SC11.1-AT (source : rapport géotechnique)	56
Figure. IV. 4. Pénétromètre dynamique lourd	58
Figure. IV. 5.Profil d'essai au pénétromètre dynamique lourd (PK 21+150) (Société d'études techniques de Sétif, Février 2019).....	60
Figure. IV.6 photos puits de reconnaissance PU17-AT (source : rapport géotechnique)	61
Figure. IV.7. Exécution de puits de reconnaissance à l'aide d'un retro-chargeur....	61
Figure. IV. 8. Préssiométrie Menard.....	63
Figure .IV.9. Profil préssiométrique de l'essai SP PK 20+050. (Société d'études techniques de Sétif, Février 2019)	64
Figure. IV. 10.les différentes couches de la structure d'assises	73
Figure. IV. 11 Schéma d'une structure d'assise normale.....	78
Figure. IV. 12. Schéma d'une structure d'assise avec une couche de forme rapportée.....	79
Figure IV 13Profil en travers des Couches d'assises.....	82
Figure IV14les cercles de rupture pour les déblais au PK 28+380 condition statique. (Logiciel TALREN V5).....	87
Figure. IV. 15. Les cercles de rupture pour les remblais au PK 23+240 condition statique. (Logiciel TALREN V5).....	91
Figure IV 16les cercles de rupture pour les remblais au PK 26+025 condition sismique. (Logiciel TALREN-V5V.....	92
Figure. IV.17Structure d'un remblai courant.....	93
Figure IV 18 Structure d'un remblai en zone inondable. (Selig and Waters 1994)	94

Figure.V. 1Parcours-station de variante N°1	98
Figure .V. 2 Parcours de variante N°2	99
Figure V.3.Garage franc.....	102
Figure V. 4.Longueur utile de stationnement et garage franc	103
Figure.V. 5un heurtoir	104
Figure .V.6hauteur de quoi et la distance entre le bout de quoi et l'axe de la voie	105
Figure.V. 7implantation d'un appareil de voie sans contraintes	107
Figure. V.9Localisation de la gare D'EL HADJOUT	108
Figure .V. 10Les appareils de voie type UIC 60E1 500 1/12.....	109
Figure.V. 11Les appareils de voie type UIC 60E1 300 1/9.....	110
Figure . V. 12.Schéma de la gare de Hadjout	110
Figure .V. 13Coupe transversale de la gare de Hadjout.....	111
Figure .V. 14schéma de la Bifurcation Nador.....	112
Figure .V. 15 Zone occupée par les variantes.	113
Figure.VI. 1.les éléments de courbe avec clothoïde. [5]	119
Figure VI. 2.les éléments d'un raccordement en long. [5]	126
Figure. VI. 3. Profil en travers type du projet (profil mixte).	130
Figure.VI. 4.Un passage supérieur (routier).....	132
Figure.VI. 4.Un passage supérieur (routier).....	132
Figure. VII. 5. Situation de la nouvelle ligne ferroviaire EL AFFROUN-CHERCHELL sur la carte du grand bassin côtier Algérois. [16].....	134
Figure. VII. 6délimitation BV et localisation des points de franchissement des oueds sur la carte des. [15]	135
Figure.VI. 7.Valeurs de Ks selon SETRA. [15].....	142
Figure. VII. 8. Dimensions du dalot. [5]	144
Figure. VII. 9. Fosse de forme trapézoïdale. [5]	147
Figure VI 10LE SYSTEME EUROPEEN DE CONTROLE DES TRAINS (ERTMS) niveau1. [17]	150
Figure VII. 11.Une balise installée sur la voie. [5]	151
Figure VII.12. L'interface homme Machine ERTMS (source : norme SNTF chap. 10) [17]	152

Liste des tableaux

Tableau I.1. Classification de portance des plateformes selon uic719 (2021/2022)	26
Tableau I.2. Détermination de la classe de la portance (2021/2022).....	27
Tableau I.3. Le dimensionnement des couches d'une plateforme normale (2021/2022)	31
Tableau II.1. Valeurs des rayons verticaux de raccordement minimaux à respecter.....	40
Tableau III.1. Pendant la phase actuelle traversent les localités	44
Tableau III.2. Catégories de trafic UIC (703 R).....	47
Tableau IV.1. Les zones de sismicité.....	50
Tableau IV.2. Programme de reconnaissance géotechnique (essai in situ).	53
Tableau IV.3. Programme de reconnaissance géotechnique (Essais au la boratoire).....	55
Tableau IV.4. Implantation et description des sondages carottés (Société d'études techniques de Sétif, Février 2019).....	58
Tableau IV.5. Récapitulation des résultats du PDL	60
Tableau IV.6. Localisation des puits de reconnaissance et description lithographique.....	62
Tableau IV.7. Implantation et description des sondages préssiometrique	65
Tableau IV.8. Très compressible	68
Tableau IV.9. Résultats des essais au laboratoire (1). (Société d'études techniques de Sétif, Février 2019)	70
Tableau IV.10. Résultats des essais au laboratoire (2). (Société d'études techniques de Sétif, Février 2019)	71
Tableau IV.11. Résultats de classification des sols	72
Tableau IV.12. Classification de portance des plateformes selon UIC719	77
Tableau IV.13. Epaisseur de couche de forme et de la sous couche (UIC 719R).	81
Tableau IV.14. Epaisseurs des couches	82
Tableau IV.15. Les caractéristiques mécaniques des déblais.	84
Tableau IV.16. Les caractéristiques mécaniques des déblais. (Société d'études techniques de Sétif, Février 2019)	86

Tableau IV.17.	Récapitulatif des résultats de vérification de stabilité des talus en remblais .	86
Tableau IV.18.	Les zones déblais rencontrés le long du tracé.....	87
Tableau IV.19.	Utilisation des matériaux en remblai et en couche de forme	88
Tableau IV.20.	Les principales zones de remblais entre PK19+000 et PK 29+000.....	89
Tableau IV.21.	Les caractéristiques mécaniques des remblais.....	90
Tableau IV.22.	Récapitulatif des résultats de vérification de stabilité des talus en remblais .	91
Tableau IV.23.	Les épaisseurs et volume de la terre végétale	95
Tableau IV.24.	Récapitulatif des volumes de terrassement.....	96
Tableau IV.25.	Récapitulatif des volumes des couches d'assis.....	96
Tableau V.1.	Spécifications et dimensions des appareils de voie type UIC 60E1.....	106
Tableau V.2.	Caractéristiques des appareils de voie de la gare de Hadjout.....	111
Tableau V.3.	Caractéristiques des appareils de voie de la Bifurcation Nador	112
Tableau VI.1.	Paramètres géométrique du tracé	115
Tableau VI.2.	Paramètres géométrique du tracé	117
Tableau VI.3.	Les données de l'arc choisi pour l'exemple.....	121
Tableau VI.4.	Description du tracé et les contraintes rencontrées.....	124
Tableau VI.5.	Les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil, exprimés en mètres, à respecter (la vitesse V est exprimée en km/h).....	125
Tableau VI.6.	Les coordonnées des points de profil en long (exemple).....	127
Tableau VI.7.	Constituants du profil en travers type	129
Tableau VI.8.	Récapitulatif des volumes de terrassement.....	130
Tableau VI.9.	Récapitulatif des volumes des couches d'assise	131
Tableau VI.10.	Températures moyennes mensuelles (°C), période (1980 -1992). (Sétra, Octobre 2006)	134
Tableau VI.11.	Vents moyens mensuels (m/s), période (1980 -1992). (Sétra, Octobre 2006) ...	134
Tableau VI.12.	Précipitations moyennes mensuelles (période 1978- 2016) (Sétra, Octobre 2006)	134
Tableau VI.13.	Les caractéristiques des paramètres de bassins versants entre PK 19+000 ET PK 29+000.	136

Tableau VI.14. Valeurs des paramètres de Montana pour différentes périodes. (SETS,) ...	138
Tableau VI.15. Désignation des Coefficient de ruissellement par zones.	139
Tableau VI.16. La vérification hydraulique des ouvrages d'assainissement transversaux...	144
Tableau VI.17. Dimensions des ouvrages d'assainissement traversant le projet.....	145
Tableau VI.18. Calcul hydraulique des ponts de tracé étudié.....	146
Tableau VI.19. Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai	148

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralités sur cheminée de fer en Algérie	
I.1. Introduction.....	3
I-2 Histoire	4
I-2-1 Historique du chemin de fer	4
I-2-2 Historique du chemin de fer en Algérie.....	6
. I.2.3. AVANTAGES DE CHEMIN DE FER.....	8
I.3.Réseau ferroviaire algérien	8
I.4. Voies ferrées ballastées.....	9
I.4.1. Introduction sur l'assise de la voie ferrée.....	9
I .4.2.Description d'une voie de chemin de fer : (VOIES FERREES BALLASTEES).....	10
I.4.3. LES CONSTITUANTS DE LA VOIE FERRÉE	10
I.4.3.1. Le rail.....	11
I.4.4. ASSEMBLAGE DES CONSTITUANTS	18
I.4.5. Les différentes couches de la structure d'assise.....	20
I.4.5.1. Définition le ballast	20
I.4.5.2. MATERIAU BALLAST:	21
I.4.5.3. Epaisseur du ballast :	22
I.5.Dimensionnement de la plateforme ferroviaire	23
I.5.1Règles de dimensionnement.....	23
I.5.2. Qualité de la plateforme	24
I.5.2.3. Classification des sols pour la plateforme	25
I.5.2.4. Classe de portance de la plateforme	27
I.5.3. Epaisseur minimale de la structure d'assise.....	28
I.5.3.1 Dimensionnement des couches.....	30
I.6.CONCLUSION.....	31
Chapitre II : Paramètres géométrie de la voie ferrée	
II.1. Introduction	33
II.2. Tracé en plan	33
II .2.1 Paramètres de conception	33
II.2.2.Le dévers.....	34
II.2.3 Insuffisance de dévers	35

II.2.4. Variation d'insuffisance de dévers	35
II.2.5. Excès de dévers	36
II.2.6. Rayon minimal des courbes circulaires	36
II.2.7. Raccordement de dévers	37
II.2.8. Variation en l'insuffisance de dévers ($\Delta d/\Delta t$)	37
II.3. Tracé en profil	38
II.3.1 Règles à respecter dans le Profil en Long	38
II.3.2-Déclivité :	39
II.3.3. Le raccordement en profil en long	39
II.4. Profil en travers	40
II.4.1. Définition	40
II.4.2. LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS	40
II.4.3. CONSTITUANTS DU PROFIL EN TRAVERS TYPE	41
II.5. CONCLUSION	42
Chapitre III : Présentation de projet	
III.1. Introduction	43
III.2. Présentation zone d'étude Hadjout-Sidi Amer	43
III.2.1. Situation du projet	44
III.3. État actuel de la ligne existante :	45
III.4. Caractéristique technique du projet	46
III.5. BUT DU PROJET	46
III.6. CHOIX DE CATÉGORIE DE TRAFIC	47
III.7. Intérêts sociaux économiques	48
III.7.1. Analyse financière	48
III.7.2. Analyse économique	49
III.8. Conclusion	49
Chapitre IV: Etude géotechnique, étude géologique, terrassement et dimensionnement de la structure d'assise	
IV.1. ETUDE GÉOLOGIQUE	50
IV.1.1. INTRODUCTION	50
IV.1.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL DE LA RÉGION	50
IV.1.3. CADRE SISMIQUE	50
IV.1.4. CONTEXTE GÉOLOGIQUE DE NOTRE TRONCON	51

IV.2. ETUDE GÉOTECHNIQUE	53
IV.2.1. INTRODUCTION	53
IV.2.2. CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE GÉOTECHNIQUE.....	53
IV.2.2.1. Essais in situ	53
IV.2.2.2. Essais au laboratoire	55
IV.2.3. ESSAIS IN SITU	55
IV.2.3.1. Les Sondages Carottés	55
IV.2.3.2. Essai au pénétromètre dynamique lourd type B (NF P 94-114).....	58
IV.2.3.3. Les puits de reconnaissance	60
IV.2.3.4. Essai préssiométrique Menard (NF P 94-110-1)	63
IV.2.4. ESSAIS AU LABORATOIRE	65
IV.2.4.1. Essais d'indentification.....	65
IV.2.4.2. Essais physiques	67
IV.2.4.3. Analyse chimique	67
IV.2.4.4. Essais mécaniques.....	67
IV.2.4.5. Résultats des essais au laboratoire	69
IV.2.5. CLASSIFICATION DES SOLS.....	71
IV.2.5.1. Applications au projet.....	71
IV.3. DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE D'ASSISE.....	72
IV.3.1. INTRODUCTION	72
IV.3.2. ETABLISSEMENT DE STRUCTURE D'ASSISE.....	72
IV.3.3. LES CONSTITUANTS DE LA STRUCTURE D'ASSISES	73
IV.3.3.1. La couche de ballast.....	73
IV.3.3.2. Rôle du ballast	73
IV.3.3.3. Caractéristique du ballast.....	74
IV.3.3.4. Profil du ballast.....	75
IV.3.4. La sous-couche	75
IV.3.4.1. Constitution de la sous-couche	75
IV.3.4.2. Les rôles de la sous-couche	76
IV.3.4.3. Profil de la sous-couche	76
IV.3.5. La plateforme	76
IV.3.6. DIMENSIONNEMENTS DES COUCHES D'ASSISE	76
IV.3.6.1. Classe de portance des plateformes	77

IV.3.6.2. Différents types de structures d'assise.....	78
IV.3.6.2.1. Les structures d'assise normales.....	78
IV.3.6.2.2. Les structures d'assise avec couche de forme rapportée	79
IV.3.6.2.3. Structures particulières	79
IV.3.6.3. Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise.....	79
IV.3.6.4. APPLICATION A NOTRE PROJET.....	81
IV.4.Terrassement	82
IV.4.1. Introduction.....	82
IV.4.2. Définition terrassement.....	83
IV.4.2.1. Opération diverses	83
IV.4.3. DEBLAIS.....	83
IV.4.3.1. La Sécurité dans les zones de déblais	84
IV.4.3.2. Géométrie des talus en déblai	84
IV.4.3.3. Vérification de Stabilité des talus en déblais	85
IV.4.3.4. Application au projet	85
IV.4.3.5. Réutilisation des matériaux de déblais (déblais mise en remblais)	87
IV.4.4. REMBLAIS	88
IV.4.4.1. Vérification de la stabilité des talus en remblais	88
IV.4.4.2. Application au projet	89
IV.4.4.3. Structure des remblais	91
IV.4.4.3.1. Remblai en zone courante (non inondable)	91
IV.4.4.3.2. Remblais en zone inondable	92
IV.4.5. EPAISSEURS DE LA TERRE VEGETALE.....	93
IV.4.6. CALCUL DES VOLUMES DE TERRASSEMENT.....	94
IV.4. CONCLUSION.....	94
Chapitre V : Etude préliminaire du tracé	
V.1. Introduction	97
V.3. Détails des variantes.....	97
V.3.1 Variante N°01	97
V.3.2. Variante 02.....	98
V.3.2.1 Tableau de comparer entre les variantes	99
V.3.4. Choix entre les deux variantes.....	99

V.3.5. CONCLUSION.....	100
V.4.1. Introduction.....	100
V.4.2. TYPES DES GARES	100
V.4.3. INSTALLATIONS D'UNE GARE VOYAGEURS	101
V.4.4. INSTALLATIONS D'UNE GARE MARCHANDISES	101
V.4.5. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE LA GARE.....	101
V.4.5.1. La marge de glissement à l'aval des signaux	101
V.4.5.2. Garage franc (GF)	102
V.4.5.3. La longueur utile d'une voie de stationnement	103
V.4.5.4. Heurtoir	104
V.4.5.5. QUAI.....	104
V.4.5.6. Appareils de la voie.....	106
V.4.6. APPLICATION AU PROJET	108
V.4.6.1. la gare Hadjout :	108
V.4.6.2. Aménagement de la Bifurcation de Nador.....	112
V.4.7. ASSAINISSEMENT DE LA GARE	112
V.4.6.1. Assainissement transversal.....	112
V.4.6.2. Assainissement longitudinal	113
V.4.8. CONCLUSION.....	113
V.5. Points de croisement.....	113
Chapitre VI : Avant-projet détaillé (APD)	
VI.1. Introduction.....	114
VI.2. Tracé en plan	114
VI.2.1. Paramètres du tracé à respecter	114
VI.2.2. Elaboration du tracé en plan	114
VI.2.4. Calcul de l'axe en plan	119
VI.2.4.1. La méthodologie de calcul	119
VI.2.4.2. Application au projet.....	120
VI.2.5. Description du tracé et les contraintes rencontrées	122
VI.3. Tracé en profil.....	123
VI.3.1. Paramètres du tracé à respecter	124
VI.3.2. Elaboration du tracé en profil.....	124
VI.6. Exemple de calcul de pofil en long	126

VI.4. Profil en travers	128
VI.4.2. LES DEFERENTS TYPES DE PROFIL EN TRAVERS	128
VI.4.2.1. Profil en travers type.....	128
VI.4.2.2. Profil en travers courant.....	128
VI.4.3 ETABLISSEMENT DU PROFIL EN TRAVERS TYPE	128
VI.4.4. LES PROFILS EN TRAVERS AFFECTES AU PROJET.....	129
VII.5. Calcul des cubatures	130
VI .5.1. Exemple de calcul	131
Chapitre VII : Les ouvrages, étude hydraulique et assainissement	
VII.1. OUVRAGES D'ART	132
VII.1.1. INTRODUCTION	132
VII.1.2. PONTS DE RETABLISSEMENT ROUTIERS	132
VII.1.3. LES OUVRAGES D'ART DU PROJET.....	132
VII.2. ETUDE HYDROLOGIQUE	133
VII.2.1. INTRODUCTION	133
VII.2.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE GÉNÉRAL	133
VII.2.2.1. Présentation générale.....	133
VII.2.2.2. Les données météorologiques de la région de Tipaza.....	134
VII.2.3. BASSINS VERSANTS.....	135
VII.2.3.1. La délimitation des bassins versants	135
VII.2.3.2. Caractéristiques des sous bassins versants (BV)	136
VII.2.4. CALCUL HYDRAULIQUE.....	137
VII.2.4.1. Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue).....	137
VII.2.4.2. Le temps de concentration d'eau Tc.....	137
VII.2.4.3. Intensité maximale des précipitations	138
VII.2.4.4 Coefficient de ruissellement	139
VII.2.5. APPLICATION AU PROJET	139
VII.2.5.1. 1 ^{ère} application : (formule rationnelle)	139
VII.2.5.2. 2 ^{ème} application : (Formule de transition).....	140
VII.3. L'assainissement.....	141
VII.3.1. INTRODUCTION	141
VII.3.2. Dimensionnement hydraulique des ouvrages.....	142
VII.3.2.1. LE DRAINAGE TRANSVERSAL.....	142

VII.3.2.2. Dimensionnement des ouvrages transversaux.....	142
VII.3.2.3. Critères de dimensionnement à respecter	142
VII.3.2.4. Application au projet	143
VII.3.3. Calcul hydraulique des ponts	146
VII.3.3.1. Application au projet	146
VII.3.4. DRAINAGE LONGITUDINAL.....	147
VII.3.4.1. Dimensionnement des fossés.....	147
VII.3.4.1.1. Applications au projet	148
VII.3.5. CONCLUSION	149
VII.4. SIGNALISATION.....	149
VII.4.1. INTRODUCTION	149
VII.4.2. Rôle des installations DE LA SIGNALISATION	149
VII.4.3. Implantation des signaux	150
VII.4.3.1. LA fonctionnement du système général	150
VII.4.3.2. ERTMS niveau 1	150
VII.4.3.2. Transmission sol-machine (Les équipements au sol).....	151
VII.4.3.3. Les équipements ERTMS à bord des locomotives.....	152
VII.4.4. Type de signalisation	152
CHAPITRE VII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	
Conclusion générale.....	154
Bibliographie	
Annexes	

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE :

Les infrastructures de transport sont la base du développement économique des pays, la nécessité de transporter des matériels spécifiques et des matériaux lourds a conduit vers l'innovation d'un nouveau système de transport qui possède des capacités différentes de celles existantes notamment en termes de force d'effort et de quantité des matériaux transportés.

Le transport ferroviaire se distingue et offre cette possibilité entre expéditive et expéditeurs en concurrence pour les services avec les autres modes, tout un secteur pour répondre à des besoins très différents. C'est un domaine important compétitivité et attractivité tant au niveau national que régional, il devient un problème économique, social et environnemental. Il a tellement d'avantages par rapport au transport routier, il permet de déplacer des grandes quantités sur de longues distances.

Ainsi, compte tenu de l'immensité de notre pays (2,5 millions de km²), le réseau ferroviaire qui pouvait répondre aux besoins du pays est resté longtemps en retard ce qui fait que l'Algérie a commencé à mettre le changement et réalise actuellement des projets structurant qui vont changer la carte du réseau national des voies ferrées et bénéficié de plusieurs programmes de construction de nouvelles lignes et modernisé les lignes existantes pour améliorer la vitesse.

Le réseau ferroviaire algérien est aujourd'hui l'un des plus modernes d'Afrique. L'objectif des autorités est d'interconnecter toutes les villes algériennes à travers un réseau ferroviaire. Ce réseau couvre actuellement plus de 4 000 km.

L'État envisage la construction d'une nouvelle ligne ferroviaire EL AFFROUN - Port Center Chercelle (TIPAZA) dans le cadre de son programme national de développement ferroviaire et de son plan directeur national d'infrastructure ferroviaire inclus dans le plan quinquennale de 2014.

» Dans un tracé de 40 km en ligne droite. C'est ainsi que notre sujet de recherche final est découpé. Il s'agit d'une étude tronçon d'une portée de 10 km commençant devant la station Hadjout au PK 19+000 et se terminant au PK 29+000. C'est aussi prévu d'aménager la gare d'Hadjout. Chargé de gérer la construction de cette nouvelle ligne ferroviaire qui sera « l'agence mandatée » de l'ANESRIF, l'agence nationale d'étude et de supervision de la réalisation des investissements ferroviaires.

Le tronçon choisie dans notre mémoire a déjà été traité dans un autre mémoire réalisé l'année 2018/2019 réalisé par BELBED Yasser et LIANI Hossam Eddine.

Le mémoire s'articule sur les aspects suivant :

- Histoire des chemins de fer en Algérie.
- Paramètres géométrique de la voie ferrée
- Présentation du projet et objectifs.
- Etude Géométrique, étude géologie, terrassement et dimensionnement de la structure d'assise.
- Etude préliminaire du tracé
- Avant-projet détaillé (APD)

Chapitre I : Généralités sur cheminée de fer en Algérie

. I.1. Introduction

Le chemin de fer est une invention spectaculaire dans l'histoire de la civilisation humaine. Depuis la révolution industrielle européenne au XIX^e siècle, il comprend les métros, les tramways et les chemins de fer. En Algérie, le transport ferroviaire a fait ses débuts à la fin du XIX^e siècle durant la colonisation française de l'Algérie. Le réseau ferroviaire algérien est aujourd'hui l'un des plus modernes d'Afrique. Le réseau est utilisé pour transporter des personnes et des marchandises.

Le chemin de fer est un système de transport guidé servant au transport de voyageurs et de marchandises. Il se compose d'une infrastructure spécialisée, de matériel roulant et de procédures d'exploitation faisant le plus souvent intervenir le facteur humain.

L'infrastructure d'un chemin de fer s'appelle une voie ferrée. Il est constitué le plus souvent de deux rangées de rails posés sur des traverses, des aiguillages, des passages à niveau, des dispositifs de signalisation et, le cas échéant, des installations électriques. Le matériel roulant voyage généralement en convois appelés trains ou rames.

Les voies ballastées sont largement utilisées en raison de leur flexibilité de construction et d'entretien, et elles sont capables de répondre aux exigences mécaniques imposées par le transport de charges lourdes sur de longues distances.

I-2 Histoire

I-2-1 Historique du chemin de fer

Inventé par les Britanniques, le chemin de fer a contribué au développement économique et social de l'Europe avant de partir à la conquête des autres continents. Cette formidable aventure, souvent décriée en son temps, fait désormais intimement partie de l'histoire des hommes.

En quelques décennies, le chemin de fer connut un rapide essor tout autant qu'une évolution technique sans précédent.

Tandis que l'on peaufinait la traction vapeur, un certain diesel préparait l'avènement de la traction thermique ; dans le même temps, très vite, les vertus de l'électricité étaient adaptées aux trains. Ainsi le rail contribua à de meilleures relations commerciales et touristiques entre pays, et devint une arme pour les grandes puissances. [1]

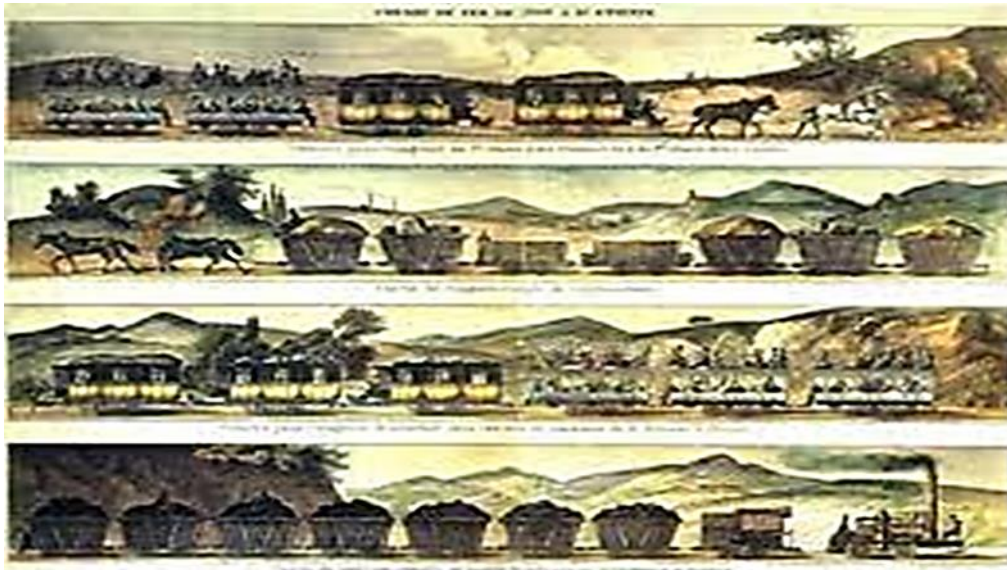


Figure I. 1. Évolution du chemin de fer de la traction animale à la vapeur [1]

C'est en 1804 qu'apparaît la toute première locomotive. Sa construction a été entamée un an auparavant par l'ingénieur anglais Richard Trevithick (1771-1833).

Pour sa première locomotive, George Stephenson choisit dès 1825 l'écartement de 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$, soit, 1,435 m, qui correspond à celui des véhicules routiers de l'époque.

Ce nouveau mode de transport prend d'emblée le nom de chemin de fer car le roulement se fait sur des rails métalliques.

La traction à vapeur n'a pas encore connu son apogée que déjà divers ingénieurs cherchent dans d'autres voies. C'est notamment le cas d'un Allemand, Rudolf Diesel (1858-1913), qui travaille sur un moteur thermique. Il dépose en 1893 un brevet en ce sens, il faudra attendre 1897 pour que son moteur à quatre temps soit véritablement au point. Le moteur à explosion (à combustion interne) deviendra plus tard le moteur Diesel.

À notre époque, ce mode de traction est encore présent dans le monde entier ; dans certains pays d'Afrique ou d'Amérique du Sud, par exemple, il est le seul utilisé. Certes, ses heures de gloire sont désormais passées et son rôle devrait aller diminuant. Tout simplement parce que ses performances ont atteint un seuil difficilement franchissable, mais aussi parce que la traction électrique, moins coûteuse en énergie et plus performante à grande vitesse, a pris le relais un peu partout dans le monde.

La recherche de la grande vitesse a toujours été une des préoccupations majeures des dirigeants des compagnies ferroviaires. Aller plus vite, mieux desservir les grandes villes était et reste les critères économiques. Plus tard, la vitesse deviendra d'en plus un élément déterminant, y compris dans le domaine touristique.

De nos jours, l'utilisation de la traction électrique ne cesse de se développer. [1]



Figure. I. 2 Evolution des locomotives : de la vapeur à l'électricité [2]

I-2-2 Historique du chemin de fer en Algérie.

L'histoire du chemin de fer algérien commence en 1857 pendant la période coloniale. Le premier chantier débuta le 12 décembre 1859 et il s'agissait de la construction de la ligne d'Alger à Bida. L'objectif de 1 357 km a été atteint voire dépassé, le tronçon réalisé représentant 1 365 km de voie, couvrant la quasi-totalité des grandes villes d'Algérie. Le 18 juillet 1879, une nouvelle campagne d'investissement est lancée au niveau national pour renforcer la ligne, avec l'objectif d'ajouter 0,1 747 km au réseau existant. Au cours des trois décennies suivantes, 2 035 autres kilomètres de lignes ferroviaires ont été ajoutés pour former le réseau ferroviaire algérien. Entre 1907 et 1946, une troisième campagne d'investissement ajoute 1 614 kilomètres au réseau. A la fin de la Seconde Guerre mondiale, le réseau ferroviaire algérien s'étend sur 5 015 kilomètres.



Figure I. 1. Réseau ferroviaire algérien durant la période coloniale [2]



Figure. I. 2. Historique des pont-rail Algérie [2]

L'Algérie s'est engagée dans une dynamique d'expansion et de modernisation de réseau ferroviaire. Dans le cadre de la mise en œuvre du schéma National d'aménagement du territoire (SNAT) à l'horizon 2025, la priorité a été donnée au transport ferroviaire en tant que vecteur de développement, de croissance et de modernité. Dans le tableau ci-dessous nous présentons quelques statistiques sur l'évolution des voies de chemin de fer en Algérie. [1]

Tableau I.1 : Evolution de la longueur du Réseau ferroviaire [1]

Année	1 996	1 999	2 002	2 004	2 005	2 006	2 008	2 013
Chemins de fer (Km)	4 820	4 820	3 973	3 973	3 973	3 973	3 973	4 573

I.2.3. AVANTAGES DE CHEMIN DE FER :

Le chemin de fer présente plusieurs avantages par rapport aux autres moyens de transport on peut citer :

- Possibilité de remorquer des charges élevées car le contact métal / métal limite la résistance au roulement.
- Rapidité et sécurité vis-à-vis des accidents car le dépassement est impossible, absence d'obstacles.
- Un débit supérieur à celui d'une autoroute à 4 voies.
- Coût de transport réduit par rapport au transport routier.
- Transport qui respect l'environnement.

I.3. Réseau ferroviaire algérien

Le réseau des chemins de fer algérien est aujourd'hui parmi les plus modernes en Afrique. Il sert au transport de personnes et de marchandises. L'ambition des pouvoirs publics est de

connecter toutes les villes d'Algérie entre elles par le réseau ferroviaire. Actuellement ce réseau est de 4 498 km dont (SNTF, 02 Avril 2017)

- Longueur des lignes en exploitation : 3 750 km.
- Longueur des lignes en double voie : 553 km.
- Longueur des lignes en voie unique : 3 217 km.
- Longueur des lignes électrifiées : 323 km
- Nombre de gares en exploitation : 175.
- Nombre de haltes en exploitation : 215.
- Nombre d'Ouvrages d'Art dont l'ouverture est supérieure à 10 m : 553.
- Nombre d'Ouvrages d'Art dont l'ouverture est inférieure à 10 m : 5 279.
- Nombre de tunnels : 139.
- Longueur des tunnels : 40 km.
- Nombre de passages à niveau gardé : 267.
- Nombre de passages à niveau non gardé : 959.

D'après la classification mondiale des chemins de fer effectuée par CIA en 2008 :

L'Algérie est classée la 45e sur 134 pays au monde et occupe la 6e place au niveau africain, ainsi qu'elle est la première par rapport aux pays Maghrébins. [3]



Figure. I. 3. Le programme du développement ferroviaire algérien [2]

I.4. Voies ferrées ballastées :**I.4.1. Introduction sur l'assise de la voie ferrée**

Les rails reposent sur la structure du siège. Ce dernier est constitué d'une ou plusieurs couches de matériaux différents dont l'action complémentaire contribue à assurer les bonnes performances de la voie d'accès en point de vue : rigidité, propriétés de nivellement et de drainage.

Il existe généralement deux types de structures de siège :

Structure souple.

Structure rigide.

Nous n'étudierons ci-après que les structures souples, qui correspondent à la pose de voie dite classique et peuvent être utilisées pour des vitesses allant jusqu'à 300 km/h. [4]

I.4.2. Description d'une voie de chemin de fer :(voies ferrées ballastées)

La terminologie ferroviaire spécifie tous les composants qui assurent la circulation des trains et supportent les forces latérales, longitudinales et verticales grâce à la désignation des voies.

Les voies ballastées sont largement utilisées en raison de leur flexibilité de construction et d'entretien, et elles sont capables de répondre aux exigences mécaniques imposées par le transport de charges lourdes sur de longues distances.

Une voie ferrée est un système mécanique complexe composé de :

- Deux lignes ferroviaires.
- Croix avec leurs attaches.
- La structure de base est constituée d'une couche de ballast et d'une sous-couche de matériau granulaire, éventuellement avec des géotextiles. [4]

I.4.3. Les constituants de la voie ferrée :

La voie ferroviaire est constituée de : plateforme, sous couche, ballast, traverses, les semelles et les rails plus les accessoires d'attache et de fixation.

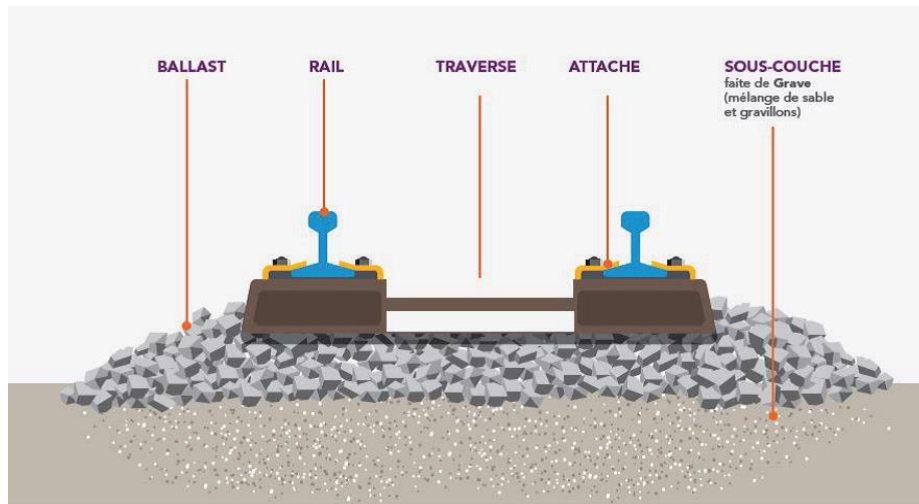


Figure. I. 6 Les constituants de la voie ferrée [5]

I.4.3.1. Le rail :

Le rail est une longue barre d'acier profilée, qui est mise bout à bout pour former un chemin de fer. C'est le premier élément de contact entre le véhicule et la voie, il sert à la fois de guide et de support de roulement pour les trains :

- Le guidage des roues afin d'éviter le déraillement des matériels roulants.
- La transmission et la redistribution des charges verticales des roues aux traverses.

I.4.3.1.1. Type des rails :

➤ Le rail Vignole :

Composé de 3 parties :

- Le PATIN : permettant l'appui sur la traverse.
- L'AME : assurant l'inertie verticale pour supporter la charge.
- Le champignon : à forte inertie Trans

Vésale comprenant la table de roulement et les joues. [5]

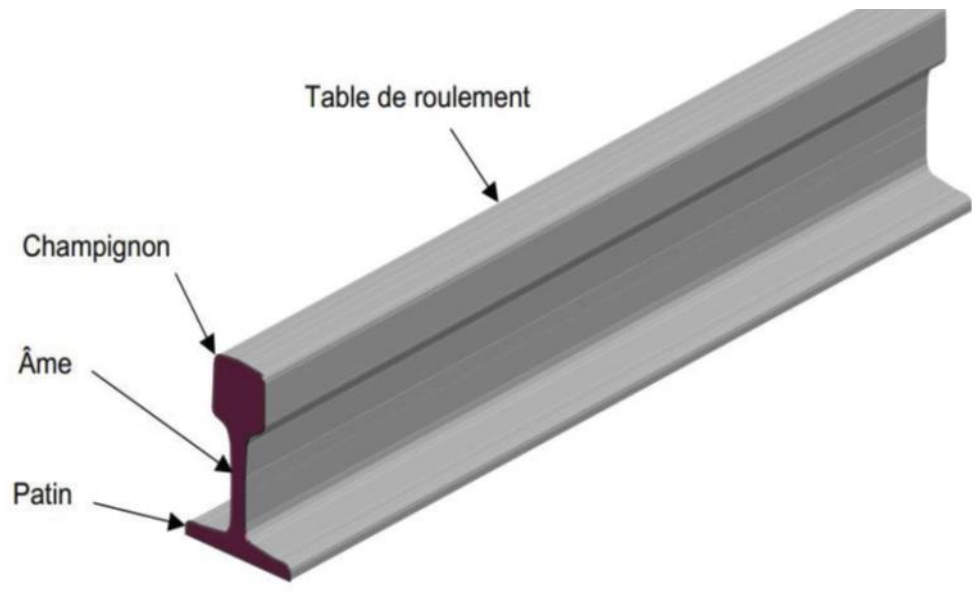


Figure. I. 4. Le rail Vignole (UIC 60). [5]

➤ **Rail à gorge :**

Ces rails sont utilisés pour les voies encastrées dans les chaussées routières, notamment pour les installations industrielles et les lignes de tramway. [5]



Figure I. 5. Rail à gorge. [5]

➤ **Rail à double champignon :**

Le rail à double champignon symétrique avait été conçu pour permettre de retourner le rail usé et donc de doubler sa durée de vie. Le défaut de ce système était que le rail était retourné, il

était déjà abimé (poinçonnement dû à l'écrasement au niveau des berceaux). Ce principe a été abandonné de nos jours. [5]



Figure .I. 6 Rail à double champignon [5]

Le type de rail utilisé dans le projet entre « EL AFFROUN – Port Centre » est de type Vignole UIC 60 E1.

I.4.3.1.2. Caractéristiques géométriques du rail UIC 60 :

- Surface de la section : 76.70 cm².
- Masse par mètre : 60.21 Kg/m.
- Moment d'inertie, axe xx : 3038.3 cm⁴
- Module d'inertie champignon : 333.6 cm³
- Module d'inertie patin : 375.5 cm³
- Moment d'inertie axe yy : 375.5 cm⁴
- Module d'inertie axe y : 512,3 cm³
- Hauteur totale : 172 mm.
- Épaisseur Champignon : 72 mm
- Épaisseur patin : 150 mm.
- Épaisseur âme : 16,5 mm.
- Dimension indicative Bée : 52.053 mm.

- Dressage : classe A.
- Nuance : 260 (carbone-manganèse)
- Dureté au milieu de la table de roulement entre 260 et 300 HBW.
- Résistance à la traction $\geq 880N/mm^2$
- Allongement $\geq 10\%$ [5]

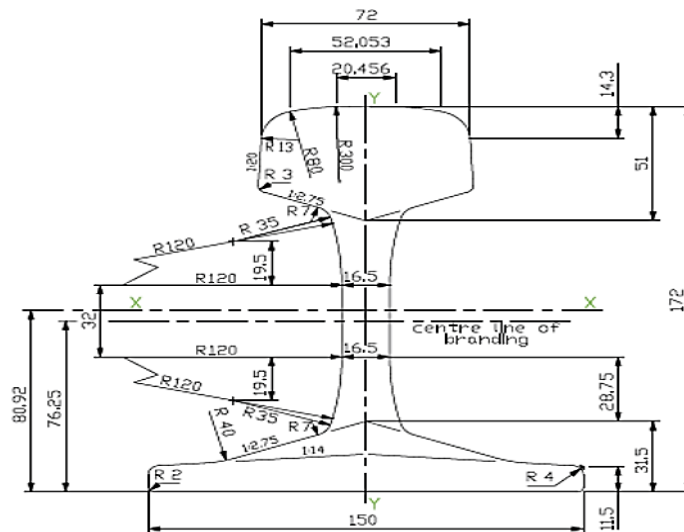


Figure .I.7. section du rail Vignole 60E1 [5]

I.4.3.1.3. L'écartement des rails :

L'écartement des rails c'est la distance qui sépare les flancs internes des deux files de rail d'une voie ferrée, l'écartement standard est de 1435 mm, définissant la voie (Normale). Il est mesuré entre les deux joues internes du champignon de rail : e Avec ($e = 1435\text{mm}$). [5]

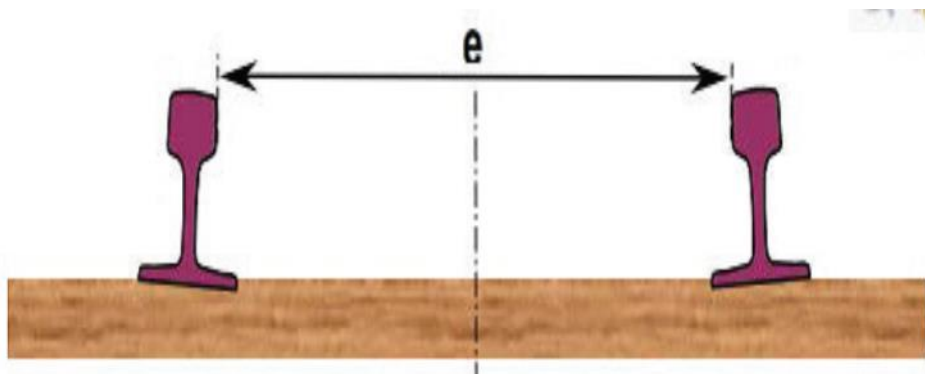


Figure. I. 8. Écartement de la voie [5]

I.4.3.1.4. Assemblage des rails :

Il existe deux types d'assemblages : l'éclissage et soudure.

➤ **L'éclissage :**

C'est l'assemblage de deux rails consécutifs à l'aide de deux éclisses. L'éclissage doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Relier les rails de façon de se comporter comme une poutre continue.
- Avoir la même qualité d'acier que le rail.
- empêcher les mouvements verticaux des extrémités des rails l'une par rapport à l'autre. [5]

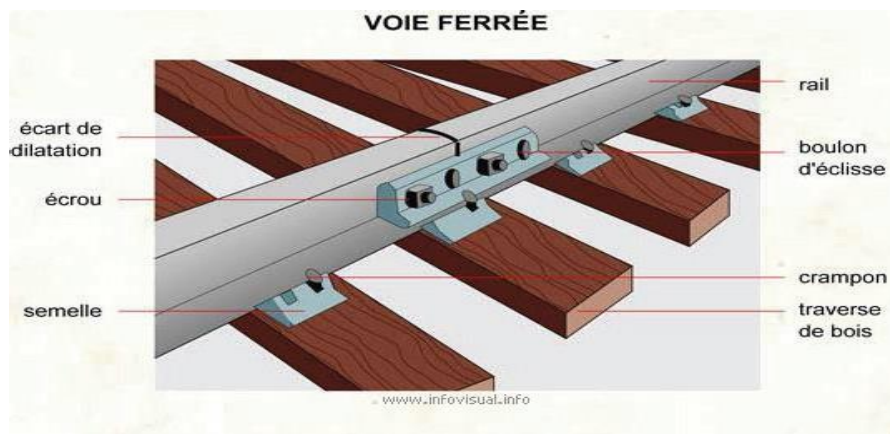


Figure. I. 9. Eclissage des rails. [5]

➤ **Soudures ou Les longs rails soudés (LRS) :**

Appelée aussi « barres longues », constituent une méthode moderne de pose des voies ferrées qui présente l'intérêt de supprimer la plupart des joints de rails sur des longueurs importantes, Ces barres longues sont posées et soudées entre elles sur place par soudure aluminothermique ou soudure électrique. Les grands avantages de cette méthode sont

- Une réduction des couts d'entretien de la voie.
- Une meilleure qualité de roulement et plus de confort pour les voyageurs.
- Une réduction des couts d'entretien de la voie.
- Une meilleure qualité de roulement et plus grand confort pour les voyageurs. [5]



Figure I.10. Long rail soudé (LRS). [5]

I.4.3.2. Les traverses :

Les traverses sont le système sur lequel repose les deux files de rail (la voie), elles assurent la transmission des efforts encaissés par les rails au ballast, et assurent au même temps le maintien de l'écartement entre les deux rails. Le nombre de traverses utilisées par Kilomètre

(Travelage) est généralement 1666 à 1700 traverses/Km à la SNTF, on distingue quatre (4)

Types de traverse :

- Traverses en bois : 1ère génération des traverses, elles sont généralement en chêne, en bois exotique dur, elles sont presque inutilisées aujourd'hui
- Traverses métallique : les traverses en acier sont des produits industriels, elles sont constituées d'un laminé en forme de U renversé, elles s'enfoncent dans le ballast pour qu'elles s'opposent aux déplacements transversaux de la voie. Elles sont légères (environ 80 Kg) et facile à poser.
- Traverses en béton bi-bloc : elle est constituée de deux blochet séparés par une barre métallique.
- Traverses en béton monobloc : en béton précontraint.

Pour notre projet : Le type de traverse utilisé est les traverses bi-bloc en béton armé de type

VAX U31. [5]

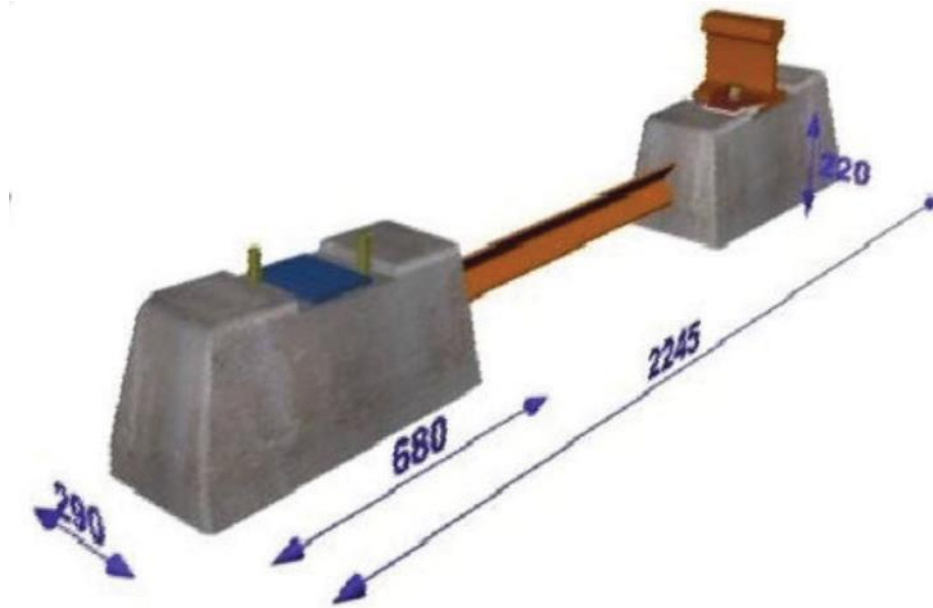


Figure 11 Traverse bi-bloc en béton armé. [5]

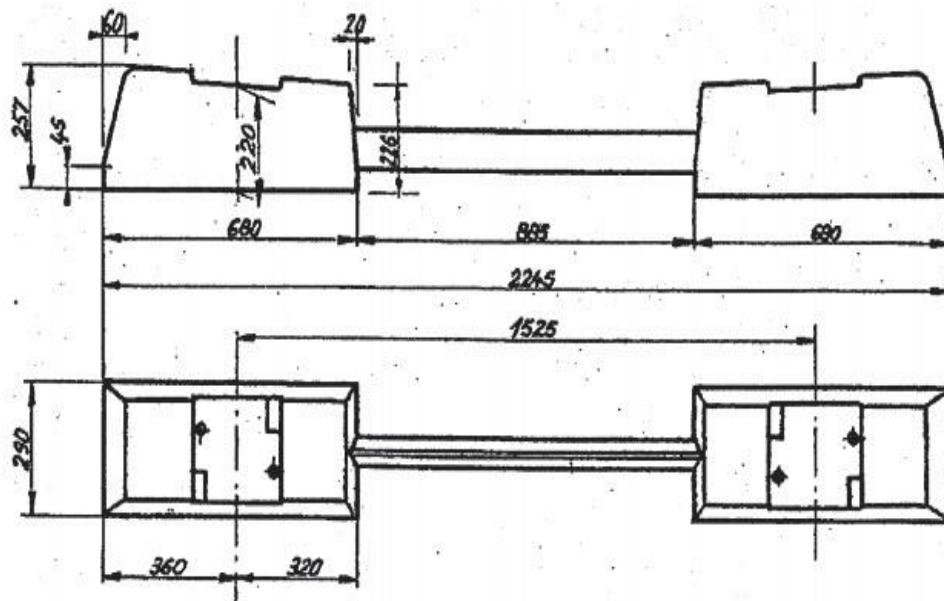


Figure. I. 12. les dimensions de traverses V.A.X TYPE U31 NAT. [5]

I.4.3.3. Les semelles :

C'est un dispositif intermédiaire posé entre le rail et la traverse, elle joue un rôle très important dans la transmission des charges à la traverse, la stabilité de rail et l'absorption des ondes vibratoires mécaniques et acoustiques (joue le rôle d'un amortisseur). Elles sont en général en élastomère de petite taille environ 9 mm d'épaisseur. [5]



Figure I. 13 .Semelles en élastomère [5]

I.4.3.4. Les attaches :

Une attache est un appareil constitué d'un crapaud qui est maintenu par un écrou accroché dans la traverse, elle sert à fixer le rail sur cette traverse pour l'empêcher de tout déplacement, il existe plusieurs types d'attaches suivant la nature de la traverse :



Figure .I. 14. les Types des attaches [5]

- Le attaches utilisées dans le projet sont de type NABLA



figure .i.15les attaches nabla utilisées dans notre projet [5]

- **Assemblage des constituants :**

Voici la figure schématisant les différents constituants de la voie ferrée

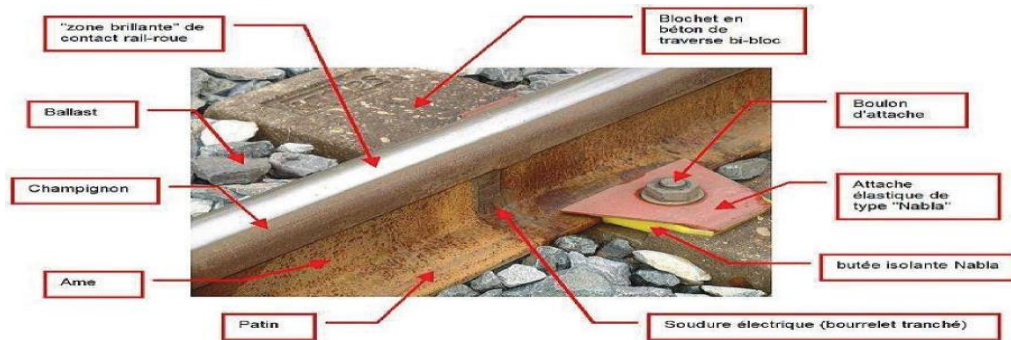


Figure. I. 16. Assemblage des constituants [5]

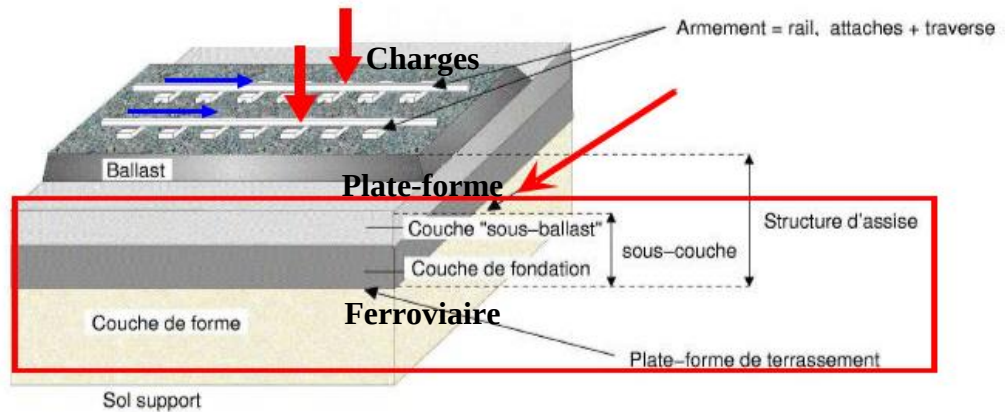


Figure. I. 17. Composantes des voies ferrées ballastées [5]

I.4.5. Les différentes couches de la structure d'assise :

La couche d'assise d'une voie ferrée est composée d'une couche de ballast, et la sous couche (sous ballast).

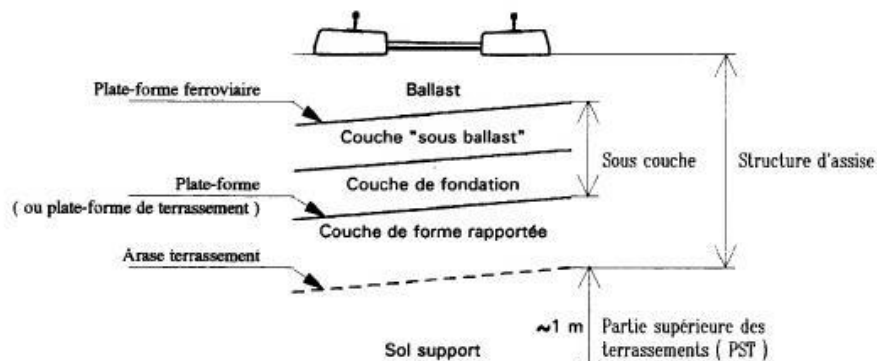


Figure. I.21. Structure avec couche de forme rapportée [6]

I.4.5.1. Définition du ballast

Le ballast est un matériau granulaire spécial sélectionné pour sa résistance et ses propriétés physiques. C'est un lit de pierre ou de gravier sur lequel sont posées les traverses qui maintiennent les rails. Le ballast fait partie intégrante de la couche de base de la voie. [5]



Figure 18: photos d'un ballast [6]

I.4.5.2. Matériau ballast :

Le matériau granulaire est entièrement composé d'éléments issus de l'extraction et du concassage en carrière de roches massives d'origine naturelle. Il doit satisfaire des exigences en termes de granulométrie, de forme et de résistance.

Le ballast doit être un matériau anguleux, ne comportant aucune face arrondie, et vérifiant des caractéristiques de forme comme par exemple un coefficient d'aplatissement faible. Les caractéristiques de forme du ballast, notamment son caractère anguleux, permettent de garantir un meilleur enchevêtrement des grains améliorant le comportement frottant du ballast.

Généralement, la dimension du ballast est de 31.5/50 mm. Son fuseau granulométrique [4]

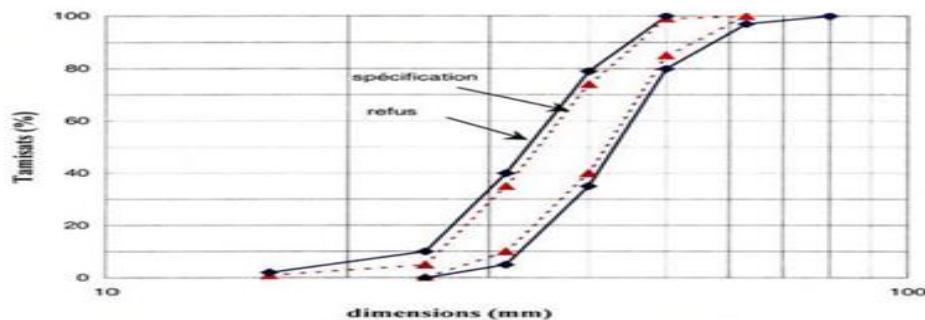


Figure. I. 19. Granulométrie de ballast utilisé [4]

Le ballast est composé de roches dures et résistantes à l'abrasion comme le granite ou la rhyolite. La résistance à l'abrasion est évaluée par l'essai de Micro-Deval et la résistance à la fracturation par l'essai Los Angeles.

Les rôles du ballast sont les suivants :

- La transmission et la répartition des contraintes depuis les traverses vers le sol support ;
- Le maintien de la géométrie de la voie, et sa correction le cas échéant ;
- La résistance aux contraintes latérales, longitudinales et à l'arrachement dû aux efforts thermomécaniques des rails et aux accélérations latérales dans les courbes ;
- La dissipation et l'amortissement des vibrations par l'attrition des grains ;
- Le drainage des eaux pluviales. [3]

- **Coût du ballast** : l'aspect économique est à prendre en considération et le coût de la fourniture majoré du coût du transport, facilitera le choix à faire pour le ballast à utiliser.

Le ballast subit deux types d'usure :

- Contamination par des matériaux parasites, par exemple de la terre. On procède à des désherbages, mais il est nécessaire de remplacer le ballast régulièrement.
- Tassement du ballast sous les traverses, ce qui provoque une déformation verticale de la voie.

Il est nécessaire de réinjecter du ballast de faible granulométrie (10/25) sous les traverses, ou bien de réaliser une opération d'entretien à l'aide d'une bourreuse. Ce genre d'opération se réalise environ tous les 7 ans.

Le ballast est tamisé chaque 20 an pour remplacer les pierres brisées. Le ballast présente une durée d'utilisation d'une quarantaine d'années avant d'être intégralement remplacé. [3]

I.4.5.3. Epaisseur du ballast :

On interpose entre les traverses et la plateforme, une couche de ballast d'une hauteur suffisante pour que la pression reçus par les traverses, sous l'action des charges roulantes, se répartisse aussi uniformément que possible sur une plus grande surface de la plateforme.

L'épaisseur du ballast est fonction de la catégorie de la ligne. Elle varie entre 10 et 35 cm. Sur les lignes les plus importantes ou type LGV, on met une épaisseur de 35 cm, dont au moins 15 cm de neuf, la partie inférieure pouvant être constituée par du ballast ancien. Dans la pratique, l'épaisseur minimum généralement admise pour la couche de ballast entre la plateforme et la face inférieure des traverses est de 30 cm.

Elle dépend de la charge des essieux. En effet, plus la charge transmise par les essieux est grande plus il faut répartir celle-ci sur une surface plus grande. Ainsi, si l'on considère une surcharge ΔP , il faut augmenter la couche du ballast d'une hauteur Δh , ce qui va augmenter la surface de contact avec le sol naturel et ainsi diminuer la contrainte.

Les charges de circulation sont classées en 3 catégories selon l'Union Internationale des Chemins de fer (UIC) :

Catégorie A : 16 tonnes par essieu.

Catégorie B : 18 tonnes par essieu.

Catégorie C : 20 tonnes par essieu.

L'augmentation de la charge par essieu ainsi que la vitesse sont deux paramètres importants qui favorisent davantage la dégradation de la voie et la hausse des coûts de la maintenance. [4]

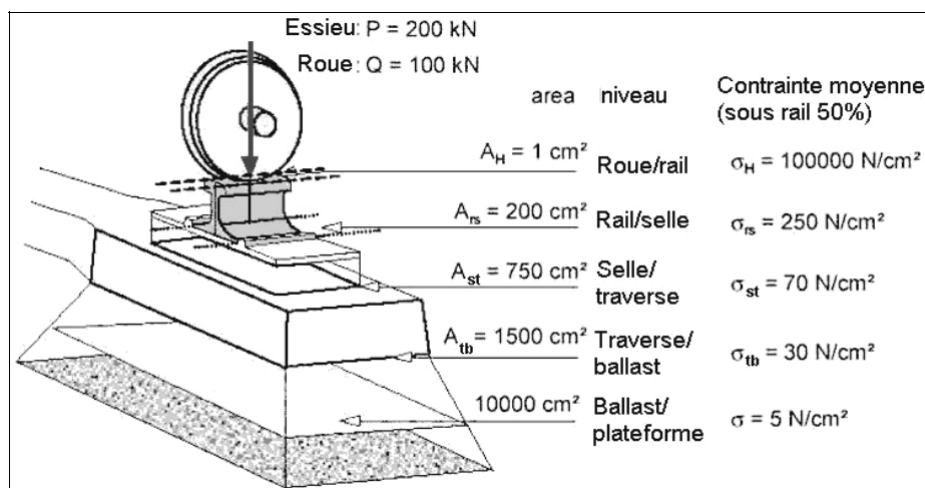


Figure. I. 20 Répartition des charges à travers la superstructure

I.5. Dimensionnement de la plateforme ferroviaire**I.5.1 Règles de dimensionnement**

Le dimensionnement des structures ferroviaires constitue une étape importante de l'étude d'un projet de chemin de fer. Une fois réalisée, la plateforme devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation (action des essieux des trains, effets des gradients thermiques, pluie, neige, verglas, Etc.). Ce dimensionnement consiste à calculer l'épaisseur minimale du ballast, la sous-couche et la couche de forme. Il dépend principalement de trois paramètres à savoir :

- La classe de portance de la plateforme de terrassement,
- Types de lignes (caractéristiques du trafic).
- L'armement de la voie (type de traverses).

Ils existent certaines conditions pour déterminer la classe de portance de la plateforme de terrassement. Une description de ces conditions principales est donnée ci-après. [5]

I.5.2. Qualité de la plateforme

La qualité d'un sol dépend des deux paramètres ci-après :

- La nature géotechnique du sol, à cet égard on utilise l'identification géotechnique.
- Les conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales. Ces conditions sont réputées bonnes si :
 - La couche supérieure du sol considéré est hors de toute nappe naturelle (niveau de cette dernière avant toute opération de rabattement complémentaire en période climatique défavorable).

Cette condition est remplie lorsque le niveau le plus haut de la nappe se trouve à une profondeur supérieure ou égale à 2m sous le point p (voir figI.2).

- La plateforme n'est pas le siège de percolation (pénétration par l'eau circulant dans le sol (éventuellement polluée) naturelles.
- Les eaux de pluie sont évacuées correctement de la plateforme et les dispositifs

Longitudinaux de drainage sont en bon état de fonctionnement.

Si l'une au moins de ces trois conditions n'est pas remplie les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont réputées mauvaises. [5]

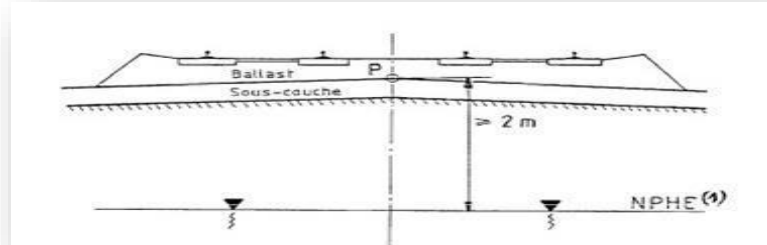


Figure I-21 Profil en travers des Couches d'assise [2]

I.5.2.3. Classification des sols pour la plateforme

C'est la partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche. La plateforme est constituée de terre rapportée dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai. Pour évaluer la qualité de la plateforme, il convient :

- D'apprécier la qualité de chaque sol composant la plateforme.
- D'apprécier la qualité de la plateforme complète couche de forme +sol sous-jacent.

Le sol support peut avoir quatre classes de qualité désignées par « **Si** » pour les sols en place et par « **Rti** » pour les sols réutilisés. L'indice de qualité *i* qui prend les valeurs suivantes :

Les sols sont classés de S0 à S3. La classe S0 qualifie les sols de mauvaise qualité que l'on considère comme impropres à la réalisation d'une plateforme correcte. Au contraire, une plateforme de type S3 est bons sols ayant une raideur supérieure à 80 MPa.

La classification en S ou en Rt se fait une fois que l'on connaît la nature et la classe du matériau à étudier ainsi que son état hydrique pour les sols sensibles à l'eau. Le tableau ci-dessous montre un exemple de sol de classe A qui correspond aux sols fins.

On distingue, selon que les conditions ci-dessus soient bonnes ou mauvaises et selon les modalités de tableau, les quatre classes de qualités **QSI de sols** ci-après :

- **QS0 : Sols impropres** : à la réalisation d'une plateforme correcte et nécessitant certaines mesures confortatives. (Remplacement du matériau sur une certaine épaisseur,

traitement aux liants, utilisation de géotextiles, drainage, ou renforcement par pieux, sur chargement, pour être élevé à la classe S1).

- **QS1: Sols médiocres** : acceptables tels quels, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage. Ces sols peuvent éventuellement, être transformés en sols de meilleure qualité par un traitement approprié, (traitement aux liants).
- **QS2 : Sols moyen.**
- **QS3 : Bons Sols.** [4]

Classification des Sols identification	Classe de qualité des sols
Géotechnique	
0.1 sols organiques.	QS0 sols impropres.
0.2 sols fins (comportant plus de 15 %de fines) foisonnés, humides et don non compactables.	
0.3 thixotropes.	
0.4sols comportant des matériaux solubles (sel gemme ou gypse).	
0.5sols comportant des matériaux polluants (exp : déchets industriels).	
0.6 sols mixtes (minéraux organiques).	
1.1sols comportant plus de 40% de fines (sauf sol 0.2).	QS1 sols médiocres.
1.2 roches très évolutives (craies, marnes..)	
1.3sols comportant de 15 à 40%de fines sauf sol 0.2.	

1.4 roches évolutives	
1.5 roches tendre (MDE en présence d'eau supérieur à 40, LA SUP à 40.	
2.1 sols comportant de 5 à 15% de fines.	QS2 sols moyens.
2.2sols comportant moins de 5 % de fines Mais uniforme. Cu inf. ou égal à 6.	
2.3 roches moyennement dures ($25 \leq MDE \leq 40$ Et $30 \leq LA \leq 40$.	
3.1 sols comportant moins de 5 % de fines	QS3 bons sols.
3.2roches dures $MDE \leq 25$ et $LA \leq 30$	

TABLEAU I.1. CLASSIFICATION DE PORTANCE DES PLATEFORMES SELON UIC719 [4]

NB : En pratique, pour l'analyse à effectuer, on doit considérer la partie supérieure du terrassement (PST) et qui prend en compte le mètre supérieur de l'ouvrage en terre. Les sols meubles peuvent être améliorés par traitement à la chaux, afin d'abaisser leur teneur en eau ; dans ce cas, la Partie Supérieure du Terrassement est constituée de deux couches. On considère que la couche supérieure est de meilleure qualité que la couche inférieure. [4]

I.5.2.4. Classe de portance de la plateforme :

La portance de la plateforme dépend de :

-classe de qualité du sol support (sol en place ou rapporté).

-de la qualité et de l'épaisseur de la couche de forme.

En fonction de ces paramètres, on distingue trois classes de portance de la plateforme :

P1 : plateforme médiocre.

P2 : plateforme moyenne.

P3 : plateforme bonne.

La portance de la plateforme se détermine selon le tableau suivant :

Classe de qualité du sol support	Qualité de la couche de forme		Epaisseur de la couche de forme rapportée e_f (m)	Classe de portance de la plate-forme
	Normale (épaisseur mini 0,30 m)	Rapportée		
S1 (ou Rt 1)	S1			P1
		Rt 2	0,50	P2
		Rt 3	0,35	P2
		Rt 3	0,50	P3
S2 (ou Rt 2)	S2			P2
		Rt 3	0,35	P3
S3 (ou Rt 3)	S3			P3

Tableau.I. 2. Détermination de la classe de la portance. [1]

Remarque : la classe de portance de la plate-forme ne préjuge en rien du comportement futur de la ligne. En effet, on peut obtenir une voie de très bonne qualité sur une plate-forme.

« Médiocre » il suffit pour cela de mettre une structure d'assise de qualité et d'épaisseur suffisantes. [1]

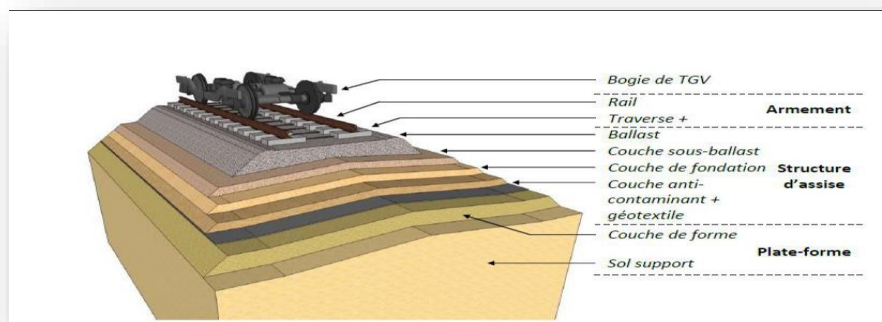


Figure. I. 21 Schéma d'une voie de on LGV (Alias & Gentil, 1984) [1]

I.5.3. Epaisseur minimale de la structure d'assise :

Les épaisseurs minimales de l'assise (ballast sous couche), sont calculées à partir de la formule suivante :

$$e = E + a + b + c + d + f + g$$

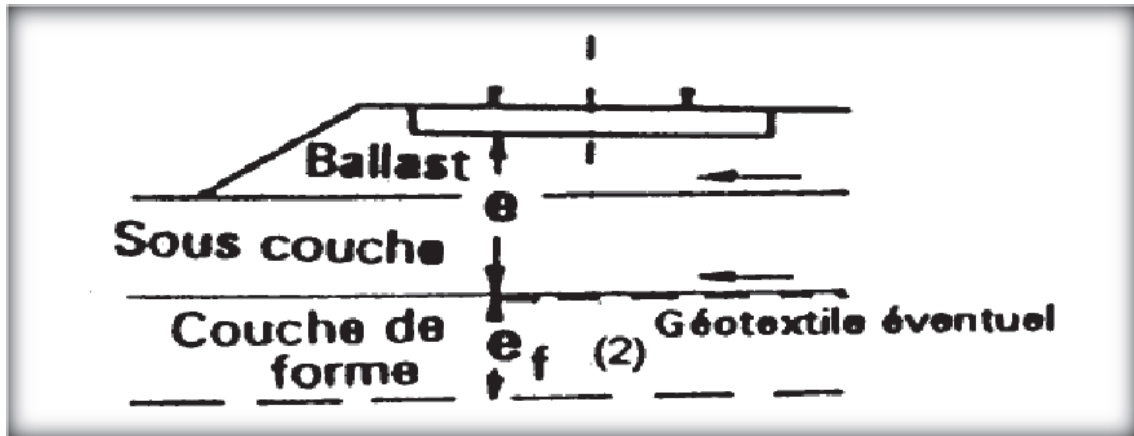


Figure. I. 22. L'épaisseur minimale 'e' des couches d'assise

Avec :

· E = (Classe de la plate-forme P_1 , P_2 et P_3)

$E = 0.70$ m pour les plates-formes de classe de portance P_1

$= 0.55$ m pour les plates-formes de classe de portance P_2

$= 0.45$ m pour les plates-formes de classe de portance P_3

a = Classe de la voie

$a = 0$ pour les groupes UIC1 et 2 (ou lignes à $V > 160$ Km/h quel que soit le groupe UIC).

$= -0.05$ m pour les groupes UIC3 et 4

$= -0.10$ m Pour les groupes UIC5,6 et 7,8,9 avec voyageurs

$= -0.15$ m Pour les groupes UIC 7,8,9 sans voyageurs

b = Type et longueur de la traverse

$b = 0$ pour les traverses bois de longueur 2,66 m

$b = \frac{2.50-L}{2}$ pour les traverses béton de longueur L (b en M., Elle en aime bée peut-être négatif si $L > 2.50$ m).

c = Ligne nouvelle

$C = 0$ pour un dimensionnement normal

=-0.10m à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que 7,8,9 sans voyageurs.

=-0.05m à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC 7,8,9 sans voyageurs.

d = La charge maximale à l'axe

d = 0 lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 200KN

=+0,05 m lorsque la charge nominale d'essieu est de 225KN

=+0,12 m lorsque la charge nominale d'essieu est de 250KN

f= Les lignes parcourues selon la vitesse

f = 0 pour toutes les lignes parcourues à $V \leq 160 \text{ km/h}$ et pour les plates-formes de portance P_3 des lignes parcourues à grande vitesse.

=+0.05m pour les plates-formes de classe de portance P_2 des lignes parcourues à grande vitesse (1) P.

=+0,10 m pour les plates-formes de classe de portance P_1 des lignes parcourues à grande vitesse (1)

g = Géotextile

g = + géotextile lorsque la couche de forme est en sol S1. S2. Rt1.Rt2

0 (pas géotextile) lorsque la couche de forme est en sol S3 ou Rt3

Remarque : la couche sous-ballast est en grave de 0/31⁵, en voie courante son épaisseur ne doit pas être inférieur à :

0,2 m pour les lignes parcourues à grande vitesse et les lignes de groupes UIC1 et 2.

0,15 m pour les lignes de groupes UIC3 à 9.

Pour La couche de fondation elle est en **grave de 31⁵** elle n'existe pas sur les plateformes p.

Sur la plateforme P1 et P2 l'épaisseur de la couche de fondation ne doit jamais être inférieur à 0,15 m quel que soit le groupe UIC de la ligne. [1]

I.6.CONCLUSION :

Un grand pays d'une superficie énorme comme l'Algérie doit avoir un réseau densifié de chemins de fer malheureusement ce n'est pas le cas, donc l'amélioration de ce secteur est plus que nécessaire pour les investissements et l'augmentation des échanges entre les différentes

régions du pays. Le choix des différents constituants de la voie à un enjeu considérable sur l'aspect économique du projet, donc il est primordial de faire le meilleur choix pour arriver au coup le plus économique possible en assurant un bon comportement de la future voie.

Chapitre II Paramètres géométrique de la voie ferrée

II.1. Introduction

Avoir la géométrie du tracé de la voie ferrée a pour but d'assurer la stabilité dynamique et atteindre le confort et la sécurité, des biens et des personnes. Il est donc primordial de chercher la forme géométrique idéale pour la surface de roulement de la voie et du tracé adopté pour cette surface.

II.2. Tracé en plan**Définition**

Le tracé en plan est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la voie ferrée.

Il est constitué par une succession de segments de droites raccordés entre eux par des arcs de cercles.

L'établissement de tracé d'une voie ferrée, tant en plan qu'en profil, résulte de la nécessité de limiter les effets de cette accélération centrifuge produite lors du franchissement de ces courbes. L'assimilation simplificatrice de toutes les parties du véhicule à un point se justifie par le fait que le rapport entre le rayon des courbes et les dimensions des véhicules est important. [7]

II.2.1 Paramètres de conception

La phase de conception est essentielle au succès de tout projet de transport. Une conception efficace et plus attrayante des gares, véhicules et autres éléments des réseaux de transport public peut attirer davantage de passagers.

L'aménagement prévu doit assurer confort et coût économique, pour y parvenir les conditions et préconisations suivantes doivent être respectées :

- Essayez d'éviter de traverser la propriété privée ;
- Utilisez la plus grande ligne droite ;
- Suivre la courbe horizontale pour éviter les terrassements excessifs ;
- Essayez d'éviter de traverser les oueds et les routes. Dans le cas inévitable, le croisement se fera perpendiculairement à sa ligne de courant ou au point le plus étroit.
- Éviter de traverser les zones agricoles et forestières.

Talus en déblai :

- Présence de nappe ;
- Terrains plastiques ;
- Présence de roches fissurées

Talus en remblai :

- Présence de terrain instable [7]

II.2.2. Le dévers

Selon les lois de la mécanique classique, la particule à la courbe est soumise à la force centrifuge, qui tend à la tordre hors de la courbe. Cette force peut provoquer le déraillement du train et la fatigue de la voie et du matériel roulant. Afin de contrecarrer ou de modérer cette force, l'orbite de la ligne extérieure de l'orbite est relative à là sur les rails intérieurs, cette différence de hauteur dans la courbe s'appelle l'inclinaison. [8]

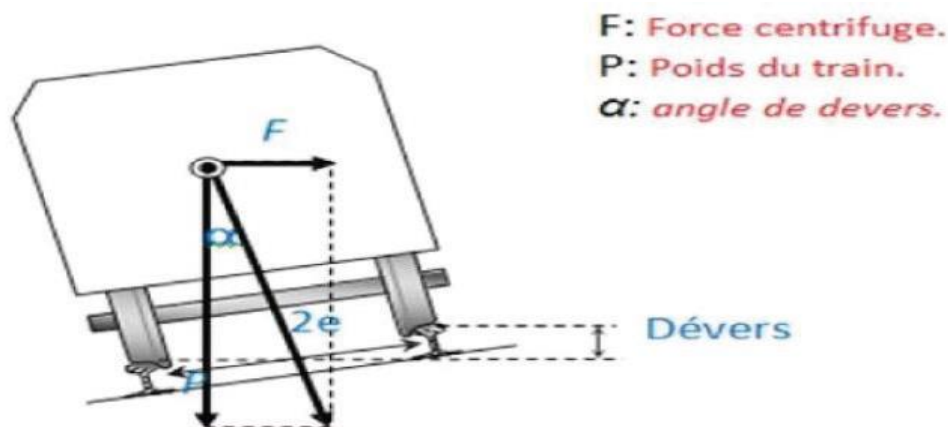


Figure II. 1. Force centrifuge et dévers. [8]

II.2.3 Insuffisance de dévers

Le dévers pratique étant limité, il peut s'avérer dans certains cas insuffisants. Lorsque le dévers pratique d_p installé est inférieur au dévers théorique d_{th} nécessaire pour compenser l'accélération centrifuge, il subit une accélération résiduelle correspondant à la différence $d_{th} - d_p$. Cette différence est appelée insuffisance de dévers i . Sa valeur maximale se détermine

En fonction des conditions de confort. [7]

$$I = \frac{150}{g} \times T_2 \text{ et comme on a fixé } T_2 \leq 0.1g \text{ on obtient : } I_{max} = 150mm$$

Après avoir déterminé la valeur maximale de l'insuffisance de dévers, qui est en fait une accélération, il importe de vérifier la 2 condition de confort relative à la variation d'accélération, c'est-à-dire ici la variation d'insuffisance de dévers. [7]

II.2.4. Variation d'insuffisance de dévers :

Sur la longueur de la courbe de raccordement de l'insuffisance de dévers varie de zéro en alignement à sa valeur maximale Y en courbe circulaire ; dans cette partie du tracé on s'est fixé une variation uniforme du dévers et de la courbure.

La variation de l'insuffisance de dévers peut être calculée à partir de la variation

D'accélération non compensée. On a :

$$i = \frac{1500}{g} \times T_2 \text{ d'ou } \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{1500}{g} \times \frac{\Delta T_2}{\Delta t}$$

Avec une valeur maximale de $\frac{\Delta T_2}{\Delta t}$ fixée à $0,5 \text{ m.s}^{-3}$

$$\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{1500 \times 0,5}{g} \text{ D'où } \frac{\Delta i}{\Delta t} \leq 75 \text{ mm.s}^{-1}$$

Qui devra être vérifiée sur la durée de franchissement de la courbe de raccordement.[8]

II.2.5. Excès de dévers

Si la vitesse du véhicule en virage est inférieure à la vitesse correspondant au dévers réel, le véhicule sera soumis à une force centripète non compensée. Par conséquent, le dévers de la voie est trop important et la force résultante se déplace à l'intérieur de la courbe. Khan Eux (mm) sont la différence entre le dévers réel d'épée d'un train lent et le dévers théorique dth.[8]

$$E = dp - dth$$

II.2.6. Rayon minimal des courbes circulaires

Les paramètres à prendre en considération pour la détermination des rayons minimaux de courbure sont :

- Les vitesses maximales et minimales d'exploitation ;
- Le dévers appliqué ou dévers normal ou réel ;

- Les valeurs limites d'insuffisance et d'excès de dévers.

Le rayon minimal R_{min} pouvant être circulé à la vitesse maximale d'exploitation est

$$R_{min} = \frac{11,8 \times V_v V_v}{d_{max} + I_{max}} (m)$$

$$dR_{min} = \frac{V_v \times V_v \times E_{max} + V_m \times V_m \times I_{max}}{V_v \times V_v - V_m \times V_m}$$

Avec :

- V_v et V_m en (km/h) ;
- E et I en (mm) ;
- R_{min} Dévers pour le rayon minimal en (mm).[8]

II.2.7. Raccordement de dévers

Le passage d'un dévers nul en alignement à un dévers prévu en pleine courbe doit se faire d'une façon progressive. Cette progression se fait sur une longueur appelée « rampe de dévers ». La variation de dévers par unité de longueur est constante pour faciliter la pose, le contrôle et l'entretien de la voie, 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.[8]

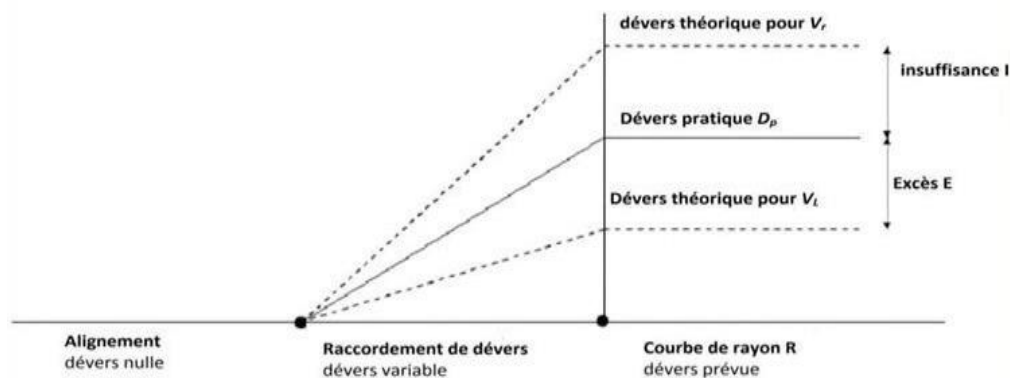


Figure. II. 2. Schéma de raccordement de dévers.[8]

II.2.8. Variation en l'insuffisance de dévers ($\Delta d/\Delta t$)

Taux exprimé en mm/Ès suivant lequel l'insuffisance de dévers appliquée à une circulation circulant à une vitesse donnée augmente ou diminue par unité de temps La variation d'insuffisance de dévers se détermine par la formule :

C'est la longueur de Clothilde L RP qui permet un raccordement convenable du dévers.

Exprimée par la formule suivante :

Tel que : .

$$\cdot LR1 \geq \frac{dp \times Vv}{3,6 \left(\frac{dd}{dt} \right) Hm} \frac{DI}{DT} = \frac{1 \times Vv}{3,6 \times LRp}$$

$$\cdot LR2 = \frac{dp \times Vv}{180}$$

$$\cdot LR3 \geq \frac{1 \times Vv}{3,6 \times \left(\frac{DL}{Dt} \right) Hm}$$

.

Avec :

- dp en (mm) ;
- LRmin en (m) ;
- Vv en (km/h). [8]

II.3. Profil long

➤ Définition

Le profil en long est la projection horizontale de la cote de la file basse des rails des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé. Elle est composée généralement de la succession de pentes et rampes raccordées par des courbes paraboliques. Ces éléments représentent la ligne rouge ou ligne du projet.

Pour chaque point du profil en long, on doit déterminer les éléments suivants :

- L'altitude du terrain naturel.
- L'altitude du projet.
- La déclivité du projet, distances partielles et cumulées...etc. [8]

➤ ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG :

- Pente : tronçon de voie où l'altitude est décroissante dans le sens de circulation

(Descente).

- Rampe : tronçon de voie où l'altitude est croissante dans le sens de circulation (montée).
- Palier : c'est la partie de la ligne rouge qui se trouve en horizontale.
- Courbes de raccordement verticales : ce sont des arcs de cercles qui assurent la liaison entre les éléments de la ligne rouge.[8]

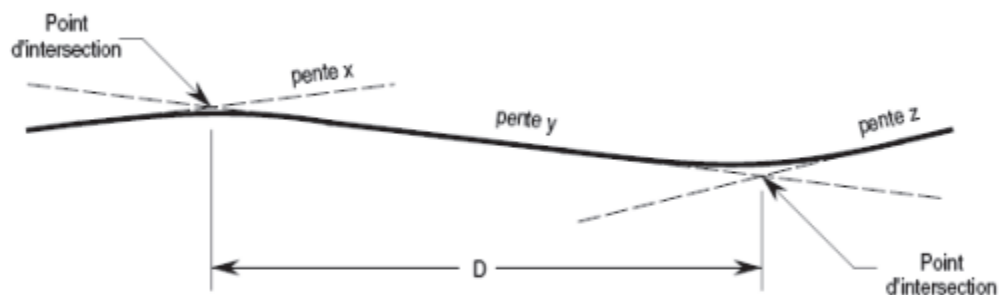


Figure II. 3 .Eléments géométriques du profil en long. [8]

II.3.1 Règles à respecter dans le Profile en Long

Le profil est fixé en zone souterraine dans l'axe de l'ouvrage et s'étend de la sortie du tunnel vers la zone supérieure pour assurer la même pente. De plus, les règles suivantes doivent être suivies pour que le profil vertical soit enregistré correctement :

- Notez que le placement horizontal et le profil vertical correspondent bien. La combinaison de lignes et de courbes dans le profil vertical doit suivre certaines règles.
- Ne dépassez pas la pente maximale.
- Respecter la pente minimale pour assurer un bon drainage.
- Remplacez deux cercles adjacents dans la même direction par un cercle.
- Eviter les hauteurs excessives en remblai et respecter les hauteurs maximales en déblai.
- En voie ferrée, on recherche toujours à avoir les paliers dans le tracé pour faciliter la traction du train. [7]

II.3-2-Déclivité :

La déclivité (rampe et pente) d'une ligne affecte les possibilités de freinage et de démarrage et pour éviter ces deux problématiques il est nécessaire de déterminer des valeurs de pentes et de rampes limites maximales à appliquer sachant que la déclivité admise varie en fonction de sa longueur selon la norme SNTF qui stipule :

- La déclivité de longueur inférieure à 3000 m, ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.
- La déclivité de longueur comprise entre 3 000 m et 15 000 m, diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰.
- La déclivité de longueur supérieure à 15 000 m, ne doit pas dépasser 13‰ et exceptionnellement 15‰.[8]

II.3.3. Le raccordement en profil en long

Théoriquement, la courbe de connexion devrait être constituée d'un arc et de deux clothoïde, similaires à la connexion dans le plan.

Selon l'UIC, le rayon minimal du coude de raccordement ne doit pas être inférieur.2000 mètres.

Selon la norme IN0272, le rayon minimum est calculé selon le tableau suivant.

A.N :

Valeur normale	$0.35V^2$
Valeur exceptionnelle	$0.25V^2$

Tableau. II. 1 valeurs des rayons verticaux de raccordement minimaux à respecter. [9]

II.4. Profil en travers

II.4.1. Définition

La section transversale est une montée perpendiculaire à l'axe de la voie dans un plan vertical. Il contient tous les éléments de superstructure, d'infrastructure et de traitement des eaux usées, dont la plupart sont représentés à l'échelle 1/100.

Il existe deux types de coupes transversales.

- Section de cours d'eau : Ce sont des coupes espacées à intervalles réguliers en fonction du terrain naturel.
- Coupe type : Contient tous les éléments constructifs des futurs pipelines à toutes les positions (remblais, déblais, tracés, courbes). [8]

II.4.2. LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :

. Droits routiers : zones de propriétés affectées aux rues et séparées par le grand public ;

- Base : La surface du camion séparée par des travaux de terrassement.
- Plate-forme : La partie qui reçoit la voie et le ballast (couche supérieure).
- Track : une partie dédiée au trafic d'entraînement.
- Berm : La partie qui supporte les feux de circulation et les dispositifs de sécurité.
- Drains : Ouvrages hydrauliques destinés à recevoir les eaux de ruissellement, les eaux pluviales, les voiries et les eaux des barrages. [7]

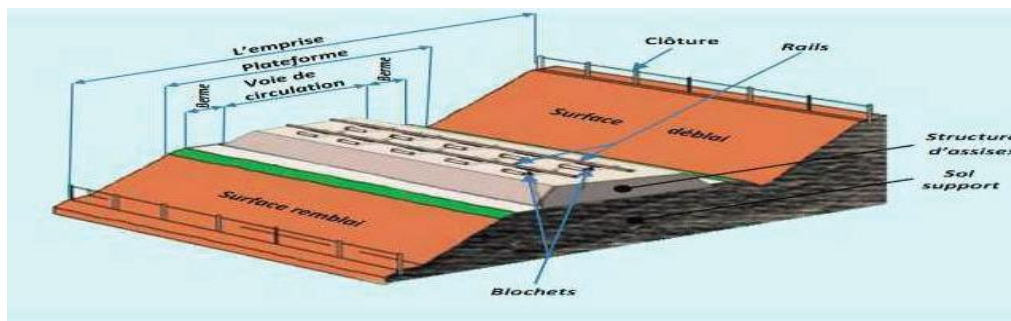


Figure. II. 4. Les éléments du profil en travers. [7]

II.4.3. CONSTITUANTS DU PROFIL EN TRAVERS TYPE :

La section transversale doit contenir toutes les informations suivantes :

✚ Elément structurel :

- Rails et leurs types.
- Valeur de jauge.
- Distance au centre de la piste.
- Les seuils et leur nature.
- Poteaux caténaires et chemins de câbles (pour camions électrifiés).
- L'épaisseur de la couche de gravier.
- Pente latérale de la couche de gravier.

✚ Éléments d'infrastructure :

- Pente transversale pour chaque couche.
- Inclinaison latérale de la plate-forme.
- Avantages et équipements de chaque quart de travail.

Élément dégradé :

- La pente de chaque barrage.
- Travail d'intégration. B. Mur de soutènement.

Articles sanitaires :

- Vidange ou type et taille de vidange. [8]

II.5. CONCLUSION

Le but de l'étude géométrique de l'itinéraire est d'obtenir un roulement parfait et sûr du véhicule, il est donc important de trouver la forme optimale.

Chapitre III : Présentation de projet

III.1. Introduction

Le principal projet de restructuration est le lancement d'une nouvelle ligne ferroviaire "Affroune - Port Cherchell Centre (Tipaza)" dans une ligne droite de 40 km, Une des plus grandes entreprises d'Afrique. La « Direction déléguée des projets publics » de l'ANESRIF, l'agence nationale d'étude et de contrôle de la réalisation des investissements ferroviaires, est chargée de gérer la construction des nouvelles voies ferrées. Cette ligne ferroviaire permettra le prolongement, le raccordement et l'interconnexion de lignes nouvelles et existantes dans le but d'assurer la circulation des voyageurs et des marchandises par chemin de fer. L'objectif du projet de recherche final est de mener une recherche détaillée d'avant-projet où la communauté d'el Affroune (ouest de Blida) traverse la plaine de Mitidja et se connecte à la plaine du futur centre du port de Hamdania (ouest de Blida).

III.2. Présentation zone d'étude Hadjout — Sidi Amer

Un grand projet structurant a démarré à la Wilaya de Tipaza en plus de construire un grand port commercial à El Hamdania, la plus importante municipalité d'Afrique. Tipaza, qui ne dispose pas actuellement d'un réseau de transport ferroviaire, bénéficiera de la construction d'une ligne ferroviaire reliant la ville d'El Affroune au port central d'El Hamdania. Le projet, intitulé « Nouvelle ligne ferroviaire EL Affroune-El Hamdania Port Center », long d'environ 40 km, débute à une gare municipale d'El Affroune (W. Blida) et se connecte au futur port central à travers la plaine de la Metidja. El Affroune (W Tipaza). Les communautés où les projets se croisent sont :

Hadjout, Nador, Sidi Ammar, Cherchelle (W Tipaza). Les 7 premiers km du projet traversent la plaine de la Mitidja, cette dernière présentant des ondulations plates et un potentiel agricole très important. De Nador à la fin du projet (El Hamdania), le terrain est plus ou moins vallonné. Dans cette section, le terrain du projet est caractérisé par la présence du mont Che noua (aire protégée), de la rocade de Tipaza et de Wade Hachem. Notre projet de graduation couvre la ligne droite de 10 km du PK19+000 (Hadjout) au PK 29+000 (Sidi Amer).

III.2.1. Situation du projet :

La nouvelle ligne ferroviaire El Affroune-Tipaza, se trouve dans le Nord-Ouest de l'Algérie et traverse les wilayas de Blida et Tipaza.

Géographiquement une nouvelle ligne ferroviaire est limitée :

- Au nord par la mer méditerranéenne.
- Au sud par la Wilaya de Ain Defla.
- A l'est par la Wilaya d'Alger.
- A l'ouest par la wilaya de Chlef.



Figure .III.1 présentation la zone étude.[10]

✚ L'ensemble des couloirs identifiés pendant la phase actuelle traversent les localités suivantes :

Tableau. III. 1. Pendant la phase actuelle traversent les localités. [10]

Wilayas	Localités
Blida	El Affroune
TIPAZA	Ahmer El Ain, Bourkika, Hadjout, Nador, Errahaba, Tipaza.

- **Vue synoptique :**



Figure .I. 2. Vue synoptique [10].

III.3. État actuel de la ligne existante :

Le projet consiste en la construction d'une nouvelle ligne ferroviaire d'une longueur rectiligne de 40 km entre la gare d'El Affroune (Blida) et la gare de Tipaza, ciblant le transport mixte (personnes et marchandises) à une vitesse de 160 km/ h. Elle de pour le transport de passagers et de 80 km/h pour le transport de marchandises.

Les 40km du projet seront répartis à Wilaya comme suit :

- Blida: 01 % (0,4 km).
- Typaza: 99 % (39,6 km).

III.4. Caractéristique technique du projet

Tracer les paramètres selon la norme UIC. Trafic mixte (marchandises et personnes).

- Parcours à double voie (DV) de 10 km.

Nombre de stations : (station El Hadjout).

Vitesse des trains voyageurs : 160 km/h.

Vitesse des trains de marchandises : 80 km/h.

Chariot avec rails UIC60 de traverses en béton armé (bi block).

Voie normale (1435 mm).

Mode de traction : Diesel / Electrique.

- Signalisation de type ERTMS (Européen Rail Traffic Management System).

-Transmission longue distance de type GSM-R (système mondial de communication mobile Ferroviaire) et la fibre optique.

Électrification à 25 KV / 50Hz.

Charge par essieu de 22,5 tonnes.

Charge à l'essieu avec une structure de 25 tonnes.

Distance entre voies principales : 4,2 mètres.[10]

III.5.BUT DU PROJET :

- Relier ces villes au réseau ferré ;

- Répondre aux besoins de transports sur le plan voyageurs et marchandises ;
- Permettre le transport des marchandises depuis le port d'El Hamdania ;
- La redynamisation du secteur BTPH lors des travaux ;
- Un gain de temps de transport et une amélioration de la sécurité ;
- La valorisation et l'optimisation de toutes les potentialités ;
- L'ouverture des régions les unes aux autres. [10]

III.6. CHOIX DE CATÉGORIE DE TRAFIC :

La ligne est de trafic mixte avec vitesse de trafic de voyageurs de 160 km/h, donc la ligne est classée dans la deuxième catégorie (II) selon les normes UIC (703 R).

Catégorie I	Lignes à trafic mixte, avec vitesses des trains de voyageurs supérieures à 80km/h et au plus égales à 120 km/h.
Catégorie II	Lignes à trafic mixte, avec vitesses des trains de voyageurs supérieures à 120 km/h et au plus égales à 200 km/h.
Catégorie III	Ligne à trafic mixte et vitesses projetées des trains de voyageurs pouvant atteindre 250 km/h .sont données les valeurs utilisées sur les lignes nouvelles des FS et de la DB .les vitesses maximales sont provisoirement limitées à 200 km/h.
Catégorie IV	Lignes à trafic de voyageurs exclusivement, avec vitesses supérieures à 250 km/h et pouvant atteindre 300 km/h .sont données les valeurs utilisées sur les lignes TGV de la SNTF.

Tableau. III. 1 .Catégories de trafic UIC (703 R) [11]

III.7. Intérêts sociaux économiques

Une analyse socio-économique de la zone d'étude indique que la croissance naturelle de la population entraînera probablement une augmentation de l'activité économique, créant ainsi une forte demande de transport ferroviaire. Outre le transport terrestre bien développé assuré par l'autoroute Est-Ouest de Tipaza, qui entrera bientôt dans la zone, le transport ferroviaire peut aujourd'hui être l'un des moyens d'ouvrir la zone d'étude à un développement dynamique et harmonieux, région activité économique. En conséquence, de nouveaux marchés pourraient s'ouvrir à des conditions favorables. Les impacts à différents niveaux sont importants car la zone du projet est située dans une zone à fort potentiel agricole et marin et constitue un élément important du développement économique de la région et le projet peut apporter des améliorations en matière de mobilité. Il offre une activité sociale très ouverte à une grande partie de la population sans affecter le dynamisme du secteur de la rue qui a ses propres atouts. En effet, des infrastructures de transport sont nécessaires pour relier rapidement les deux Wilayas aux extrêmes de l'industrie et de l'économie du pays. Cependant, il s'est avéré que même l'infrastructure terrestre développée ne pouvait pas répondre aux exigences d'un tel développement. Cela justifie le besoin de liaisons ferroviaires pour se connecter au réseau ferré national. Un autre paramètre à considérer est le futur méga port qui sera construit à Tipaza. Cet immense port de commerce s'étend sur 2 000 hectares et peut traiter plus de 4 millions de conteneurs par an. Ce serait d'immenses avantages socio-économiques pour la région dans son ensemble et pour l'Algérie dans son ensemble. Le projet ferroviaire actuel vise à véritablement connecter le réseau ferroviaire existant et à le connecter au mégaprojet du port commercial de Tipaza. Il est clair que les futurs méga ports généreront du trafic supplémentaire. Cela doit être pris en compte dans les prévisions.

III.7.1. Analyse financière

Le bilan a pour but d'identifier les flux de trésorerie qu'il représente. L'agence responsable de la construction et de l'exploitation du projet et de l'évaluation de sa capacité doit assurer la viabilité financière et la pérennité de l'activité par la mise en œuvre d'un programme d'accompagnement durable et la disponibilité des fonds nécessaires à la construction et à l'exploitation du projet. Le sexe était assuré. L'analyse financière détermine la valeur financière nette et le taux de rendement interne d'un projet en comparant les bénéfices aux coûts d'investissement, de maintenance et d'exploitation du projet.

III.7.2. Analyse économique :

L'évaluation économique d'un projet a pour but de considérer son potentiel économique et de fournir une indication de sa rentabilité.

Cela se fait dans le temps en préparant le bilan selon la méthode des coûts-avantages et en comparant les mesures de rentabilité habituelles TRI (taux de rendement interne), VAN (valeur actuelle nette) et rendements immédiats calculés par Do. Analyse de 20 à 40 ans.

III.8. Conclusion :

Le projet répondra aux objectifs économiques et aux besoins sociaux de la région, résoudra le problème du transport des personnes et des marchandises entre EL Hadjout et Sidi Amar, et permettra aux voyageurs de voyager à temps tout en respectant les réglementations environnementales.

**Chapitre IV : Etude géotechnique, étude géologique,
terrassement et dimensionnement de la structure d'assis**

IV.1. ETUDE GÉOLOGIQUE :

IV.1.1. INTRODUCTION :

Des études géologiques sont requises pour tout projet. Cela permet d'identifier les propriétés géologiques (stratégiques, structurelles, hydrauliques) du site retenu pour le projet, les facteurs de stabilité ou d'instabilité de la fondation géologique, et les relations géologiques... Facteurs hydrauliques et géologiques et leur impact sur les travaux prévus. Il va de soi que l'on distingue la localisation des matériaux potentiellement réutilisés et la localisation des matériaux médiocres.

IV.1.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL DE LA RÉGION :

La ligne ferroviaire étudiée "ELAFFROUN- Cherchell Port Center (TIPAZA)". Fait partie de l'Atlas Terian et se situe entre les collines de l'Atlas Blidéen et le massif de Meliana au sud et sur la côte nord. Les itinéraires se croisent :

- La partie occidentale de la plaine de la Mitidja.
- La plaine alluviale d'Oued Nador.
- La ride du Sahel et la vallée de l'Oued Hachem.

IV.1.3 CADRE SISMIQUE :

Le document technique réglementaire D.T.R. concernant les règles parasismiques algériennes RPOA 2008, élaboré par le CTTP (Contrôle Technique des Travaux Publics) et le CGS (Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique) divise le territoire algérien en cinq (05) zones sismiques selon le tableau suivant :

Zones	0	Y	Ia	Iib	III
Sismicité	Négligeable	Faible	Moyen	Élevé	Très élevé

Tableau IV.1. Les zones de sismicité [1]

IV.1.4. CONTEXTE GÉOLOGIQUE DE NOTRE TRONCON

Projet de ligne ferroviaire "El Affroun-Port Centre Cherchell (TIPAZA) » La partie comprise entre le PK 19+000 et le PK 29+000 traverse la vallée coulante de l'Oued Nador. La mer au niveau de Tipaza, d'un côté et de l'autre de la vallée Formation du Sahel avec les caractéristiques suivantes :

Villafranchien sable limoneux plus ou moins rouge.

Plaine alluviale de l'ancienne mer Tyrrhénienne.

Faune argileuse du Pliocène supérieur.

Faciès calcaire à grès calcaire avec ou sans galets du Pliocène supérieur.

Phase calcaire miocène moyen. L'analyse de la carte géologique (échelle 1/50000) l'a souligné.

Prochaine formation :

Pk 19 + 000 à Pk 19 + 200 (a^2) : Formation actuelle, Alluvions récentes.

Pk19+200 à Pk20+320 (q^2) : Formations quaternaires présentées par Anciens alluvions de la vallée.

Du Pk 20 + 320 au Pk 23+ 040 (a^2) : Alluvions récentes.

Du Pk 23 + 040 au Pk 23 + 500 (p^{2c}) : Pliocène (Pliocène supérieur), Il se caractérise par la formation d'un front calcaire.

Pk 23 + 500 à Pk 24 + 540 (a^2) : Formation actuelle. Alluvions récentes.

Du Pk 24 + 540 au Pk 24 + 720 (p^{2c}) : Pliocène (Pliocène supérieur), Caractérisé par la formation d'un front calcaire.

Pk 24 + 720 à Pk 25 + 200 (a^2) : Formation actuelle, Alluvions récentes.

Pk25+200 à Pk26+020 (as) : Formation, Villafranchien à l'époque elle est maintenant composée de sable argileux et est plus ou moins rougeâtre.

Du Pk 26+020 au Pk 26+140 (p^{2L}) : Pliocène (Pliocène supérieur), Il se caractérise par la formation de calcaire rocheux.

Pk26+140 à Pk26+260 (as) : Formation, de Villafranchien à l'époque elle est maintenant composée de sable argileux et est plus ou moins rougeâtre.

Du Pk 26 + 260 au Pk 27 + 990 (p^{2L}) : Pliocène (Pliocène supérieur), Il se caractérise par la formation de calcaire rocheux

Pk27 + 990 à Pk29 + 000 (p^{2C}) : Pliocène (Pliocène supérieur), Il se caractérise par la formation d'un front calcaire. [1]

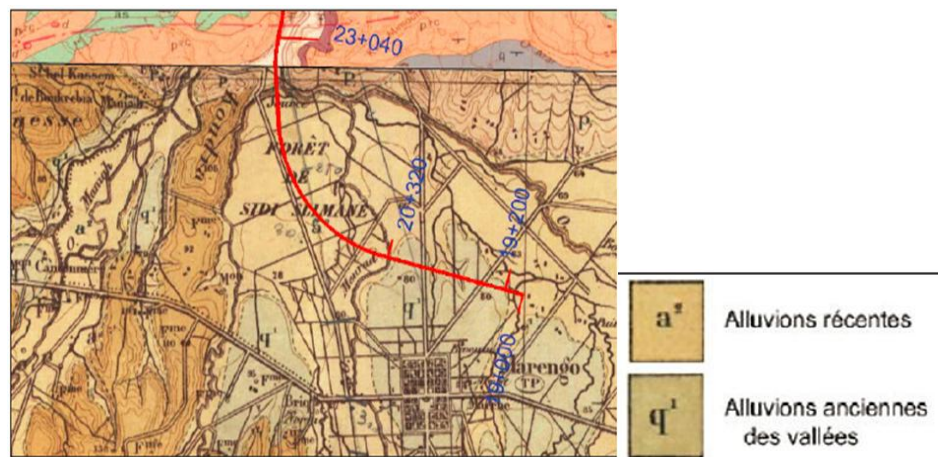


Figure 1: Extrait de la carte géologique du Hadjout 1/50000 ème [1]

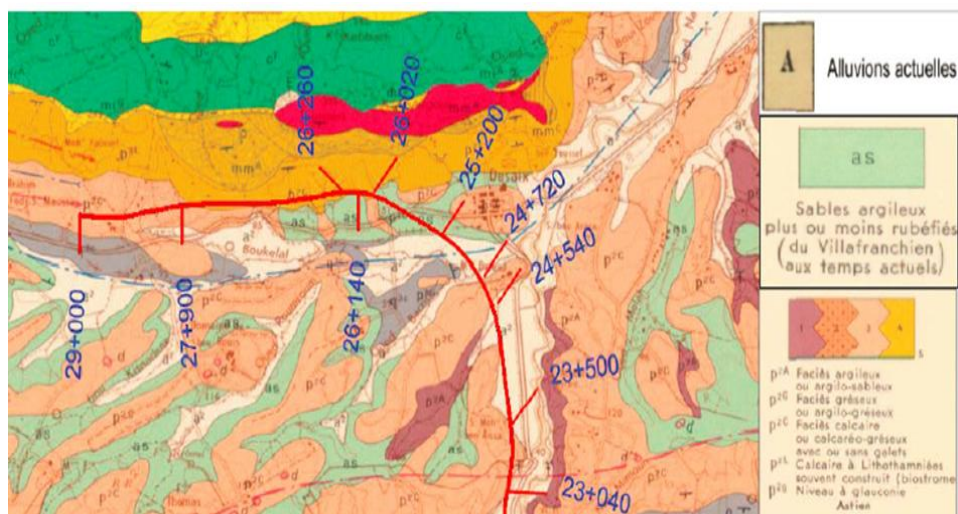


Figure 2: Extrait de la carte géologique de Tipaza au 1 /50000 ème [1]

IV.2. ETUDE GÉOTECHNIQUE

IV.2.1. INTRODUCTION

L'étude géotechnique consiste à déterminer les caractéristiques physico-mécaniques du sol devant accueillir le projet étudié. Pour cela, une campagne de reconnaissance géotechnique a été réalisée tout le long du tracé de la voie ferrée ainsi que les zones d'emprunt.

IV.2.2. CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE GÉOTECHNIQUE :

L'analyse de la disposition de planification, du profil, de la section et de l'aperçu géologique a permis de créer un programme d'exploration avec une liste bien répertoriée de tests dans le tableau suivant

IV.2.2.1. Essais in situ :

➤ Définition

Les essais in-situ sont des mesures physiques directement sur le terrain. Les données récupérées sur le terrain sont traitées par les ingénieurs. Les essais sont principalement :
L'essai préssiométrique (réalisé dans un sondage)

➤ Les essais sont principalement :

- L'essai préssiométrique (réalisé dans un sondage)
- L'essai pénétrométrique (mesure directe de résistivité du sol par enfoncement d'une pointe)
- Des essais de vérification de compacte de terrain (essai de plaque, pénétromètre léger type Panda)

Essai in situ	Nbr	PK	Localisation-Ouvrage	Objectifs
Sondages Carottés	8	19+250	La gare (Hadjout) + Passage Supérieur (PK 19+240)	Permettant de caractériser à la fois la nature et l'état des sols Et déterminer la description
		20+050	La gare (Hadjout) + Passage Supérieur (PK 20+060)	
		22+275	Ouvrage ferroviaire (PK 22+267)	

Sondages Carottés	8	22+900	Passage Supérieur (PK 22+860)	lithologique
		23+050	Ouvrage ferroviaire (PK 23+103) + Bifurcation (Nador) + zones de remblai (étude de la stabilité)	
		26+000	Zones de remblai (étude de la stabilité) + Passage Inférieure (PK 26+000)	
		28+525	Zones de déblai (étude de la stabilité) + Passage Supérieure (PK)	
Les puits de reconnaissance	6	19+600	Ouvrage hydraulique + plateforme	Déterminer la Portance du sol et caractériser les propriétés géotechniques des matériaux rencontrés.
		21+100	Plateforme + La gare (Hadjout)	
		22+800	Zones de déblai (étude de la stabilité) + plateforme	
		24+624	Bifurcation (Nador)	
		27+125	Zones de déblai (étude de la stabilité) + plateforme	
		28+150	Plateforme	
Essais au pénétromètre dynamique lourd	4	21+100	La gare (Hadjout) + plateforme	Estimer une caractéristique de portance la résistance des terrains traversés, et de prévoir la réaction du sol
		22+750	Passage Supérieure (PK 22+860) + plateforme	
		24+625	Bifurcation (Nador) + ouvrage hydraulique + plateforme	
		27+125	Ouvrage hydraulique + plateforme + Passage Supérieure (PK 27+ 230)	
Sondages préssiométrique		19+235	La gare (Hadjout) + Ouvrage hydraulique + Passage Supérieure (PK 19+240)	Effectuer les calculs de fondation
		20+050	La gare (Hadjout) + Passage Supérieure (PK 20+060)	
		22+275	Ouvrage ferroviaire (PK 22+267)	

	7	22+900	Passage Supérieure (PK 22+860)	
		23+100	Zones de remblai (étude de la stabilité) + Bifurcation (Nador) + Vérification du tassement + Ouvrage ferroviaire (PK 23+103)	
		26+000	Zones de remblai (étude de la stabilité) + Passage Inferieure (PK 26+000) +Vérification du tassement	
		28+525	Passage Supérieure (PK)	

Tableau IV.2. Programme de reconnaissance géotechnique (essai in situ). [1]

IV .2.2.2. Essais au laboratoire :

Essais au laboratoire	Objectifs
Analyse granulométrique	Classification des sols Et dimensionnement de la plateforme
Valeur au bleu de méthylène	
Essai Proctor modifié	

Tableau IV.3. Programme de reconnaissance géotechnique (Essais au laboratoire).

IV.2.3. ESSAIS IN SITU

IV. 2.3.1. Les Sondages Carottés

- **Définition :** Ce test permet d'observer la continuité de la couche de sol et l'apport d'eau. Contrairement au forage destructif ou à la tarière, le carottage prend une "image" continue des strates, détermine la nature des formations géologiques existantes et est utilisé en laboratoire pour divers tests physiques et mécaniques.

➤ Le principe des sondages carottés

Est de venir découper un cylindre de terrain le plus intact possible afin de réaliser des observations et des essais représentatifs des formations en place. Le découpage des terrains peut être fait par fonçage ou battage (carottier poinçonneur) ou par rotation (carottier rotatif).

Vous pouvez obtenir un échantillon intact envoyé à.



Figure IV.3. Photos de sondage SC11.1-AT (source : rapport géotechnique)

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Sondage	PK	Profondeur (m)	Description lithologique
SC08-AT	19+250	0.0 – 1.5	Terre végétale.
		1.5 – 4.5	Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre
		4.5 – 5.25	Passage de sable limoneuse
		5.25 – 15	Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre
SC09-AT	20+050	0.0 – 1.0	Terre végétale.
		1.0 – 6.0	Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre
		6.0 – 6.4	Dépôt alluvionnaire constitué de sable
		6.4 – 15	Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre

SC09-AT	22+275	0.0 – 3.0	Terre végétale
		3.0 – 6.0	Argile limoneuse brun foncé à noire
		6.0 – 9.5	Sable fin.
		9.5 – 12.7	grès très-compacte
		12.7 – 20.0	Sable fin.
SC11.1-AT	23+050	0.00 – 0.50	Terre végétale
		50 – 20.00	Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre
SC11.2-AT	23+050	0.00 – 1.50	Terre végétale
		1.50 – 20.00	Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre
SC12-AT	26+000	0.00 – 0.50	Terre végétale
		0.50 – 5.50	Argile noire.
		5.50 – 8.00	Argile sableuse
		8.00 – 15.00	Grès dure a fragmenté avec des sables
SC13-AT	27+625	0.00 – 1.00	Terre végétale
		1.00 – 8.50	Argile sableuse
		8.50 – 9.50.	Passage des grès.
		9.50 – 15.00	Argile sableuse grès
SC14-AT	28+525	0.00 – 0.50	Terre végétale
		0.50 – 2.00	Argile noire.
		2.00 – 9.50	Grès dure.
		9.50 – 15.00	Passage gréseux avec sables

Tableau IV.4. Implantation et description des sondages carottés (Société d'études techniques de Sétif, Février 2019)

IV.2.3.2. Essai au pénétromètre dynamique lourd type B (NF P 94-114) :

- **Définition :**

Un test de pénétration dynamique (test de pénétration standard SPT) est une étude de terrain qui fournit les propriétés du sol. La résistance à la pénétration du sol est définie comme la somme des effets des deuxièmes et troisièmes événements de pénétration.

Le test est effectué au fond d'un puits creusé à la profondeur souhaitée (probablement avec le moins de changement possible). Le compteur d'entrée d'aiguille dynamique lourd, abrégé en PDL, est un appareil qui peut déterminer directement la résistance limite de mise à la terre. Le sondage d'un compteur dynamique d'entrée d'aiguille consiste à enfoncer l'appareil dans le sol à une profondeur spécifiée et est généralement limité par la capacité de pénétration de l'appareil lui-même. La résistance crête (R_p) donnée par le sol est estimée à partir de ce nombre de coups par l'équation dite "des Pays-Bas".



Figure IV. 4. Pénétromètre dynamique lourd[6]

Objectif de l'essai pénétromètre dynamique :

L'objectif principal de ces tests de pénétration dynamique lourds effectués est de déterminer l'épaisseur de la couche de couverture et d'en déduire la résistance des différentes couches.

- Permettre de définir sommairement les caractéristiques mécaniques d'un sol,
- Donne une valeur approchée de la contrainte de sol par corrélation.

Principe de l'essai :

- Chute d'un poids d'une hauteur constante sur un train de tiges,
- L'énergie transmise par la chute permet l'enfoncement d'une pointe dans le sol,
- L'essai consiste à compter le nombre de coups nécessaires à l'enfoncement de la tige (en général pour 10 cm d'avancement)

Domaine d'application :

- Contrôle de remblais et compactage
- Appréciation de l'homogénéité d'un sol (position des couches dures)
- Pré dimensionnement des fondations superficielles
- Essai rapide et à faible coût
- Possibilité de multiplier les points de sondages sur un terrain

Limites de l'essai :

- Ne permet pas le calcul de valeur de tassement
- Ne donne qu'une approche de la capacité portante et doit être complété par des essais préssiométrique
- Doit être interprété avec prudence (implique une sécurité dans le dimensionnement des fondations)
- Pas de valeur de tassement (autrement que corrélation avec essai préssiométrique)
- Risque de refus rapide sur une couche dure laissant incertain le sol sous la fondation

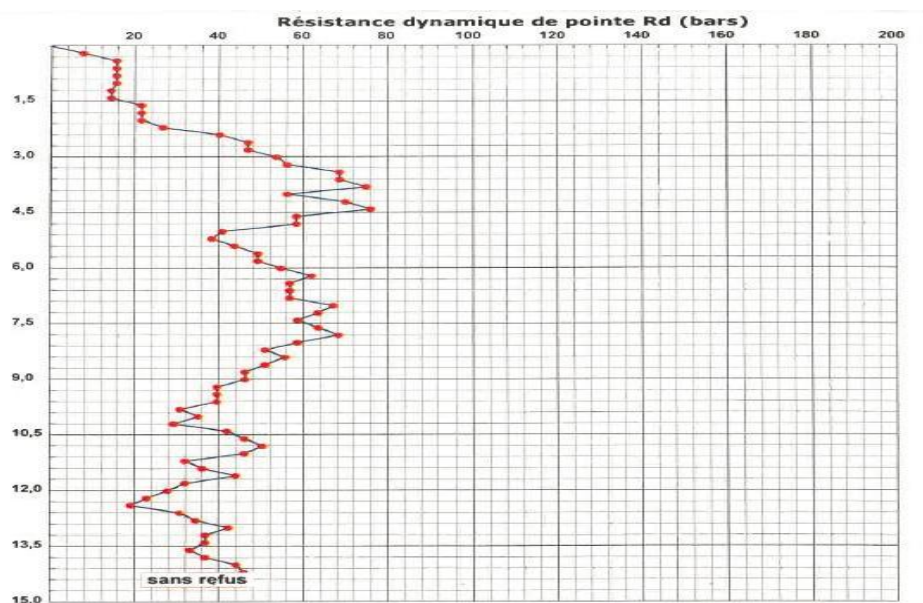


Figure IV.5. Profil d'essai au pénétromètre dynamique lourd (PK 21+150) (Société d'études techniques de Sétif, Février 2019)

Chapitre IV Etude géotechnique, étude géologique, terrassement et dimensionnement de la structure d'assise

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Essai	PK	Profondeur ou refus (m)	La résistance de pointe Rp (bar)	
			RP MIN	RP MAX
PDL-09-AT	21+100	14.5 sans refus	8	76
PDL-10-AT	22+750	14.5 sans refus	8	200
PDL11-AT	24+625	Refus à 8.00	8	88
			92	186
PDL12-AT	27+125	Refus à 8.40	12	152

Tableau IV.5. Récapitulation des résultats du PDL [1]

IV.2.3.3. Les puits de reconnaissance :

Définition

Ce test a permis une exploration visuelle de la couche supérieure, avec six (06) puits réalisés. Les puits ont été forés à une profondeur de 3,50 m le long du tracé (là où c'est accessible) à l'aide d'une chargeuse-pelleteuse.



Figure IV.6 Photos puits de reconnaissance PU17-AT (source : rapport géotechnique)

Utilisez un chargeur inversé pour faire des trous d'identification. La photo ci-dessous décrit la machine. Collecte systématique d'échantillons de sol perturbés pour des tests en laboratoire.



Figure IV.7. Exécution de puits de reconnaissance à l'aide d'un retro-chargeur [1]

Chapitre IV Etude géotechnique, étude géologique, terrassement et dimensionnement de la structure d'assise

Le tableau ci-après présente des extraits des résultats obtenus le long du tronçon étudié :

puits de reconnaissance	PK	Profondeur(m)	Description lithologique
PU15-AT	19+600	0.00 - 0.50	Terre végétale
		0.50 - 3.50	Argile limoneuse de couleur jaunâtre
PU16-AT	21+100	0.00 – 1.00	Terre végétale.
		1.00 – 3.50	Argile de couleur brune
PU17-AT	22+800	0.0 – 0.50	Terre végétale
		0.50 – 3.50	Argile de couleur brune
PU18-AT	24+624	0.00 – 1.0	Terre végétale
		1.00 – 3.50	Limon argileux
PU19-AT	27+125	0.00 – 0.50	Terre végétale
		0.50 – 3.50	Argile limoneuse graveleuse
PU20-AT	28+150	0.00 – 0.50	Terre végétale
		0.50 – 3.50	Limon argileux

Tableau IV.6. Localisation des puits de reconnaissance et description lithographique [1]

IV.2.3.4. Essai préssiometrique Menard (NF P 94-110-1) :

L'essai préssiometrique est un essai de chargement *in situ* effectué au sein même du terrain grâce à la réalisation préalable d'un forage. L'analyse des résultats permet d'obtenir, pour une profondeur donnée, les caractéristiques mécaniques du sol et d'effectuer les calculs de fondation. Trois caractéristiques du sol sont notamment déduites :

- le module préssiometrique E_M qui définit le comportement pseudo-élastique du sol
- la pression limite p_l qui caractérise la résistance de rupture du sol,
- la pression de fluage p_f qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état plastique.

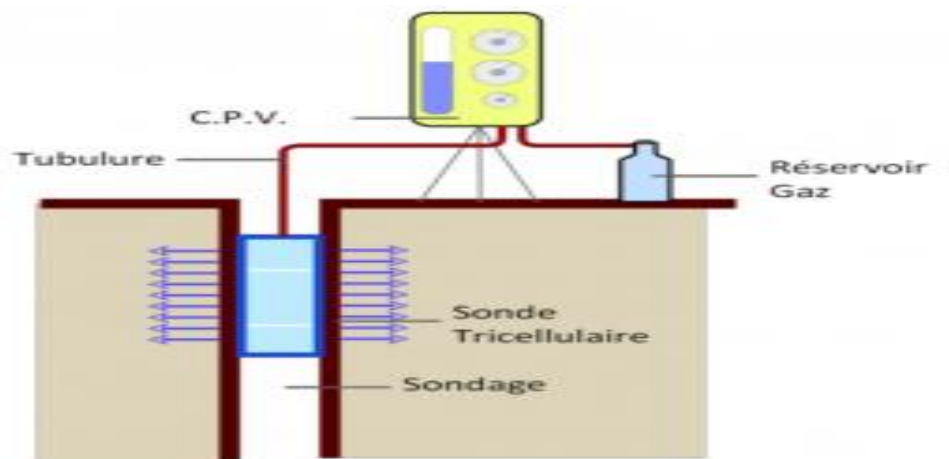


Figure IV. 8. Préssiometrique Menard[6]

➤ Objectif de l'essai préssiometrique

- Définir précisément les caractéristiques mécaniques d'un sol
- Définir les valeurs de tassement

➤ Principe de l'essai :

- Dans un forage réalisé préalablement, dilater radialement dans le sol une sonde cylindrique
- Déterminer la relation entre la pression appliquée au sol et le volume de la sonde par augmentation successive de pression. Les mesures sont effectuées pour chaque palier

➤ Domaine d'application et limite de l'essai :

- Peut être réalisé dans tous les types de sols, saturés ou non.
- Peut être réalisé dans les remblais.

- Recommandé par l'USG dans les calculs de tassements et capacité portante.
- Adaptable à tous types de sols Précision de l'essai Optimisation des valeurs de capacité portante.
- Seul essai qui sollicite le sol in situ des petites aux grandes déformations pour permettre un véritable calcul de tassements.

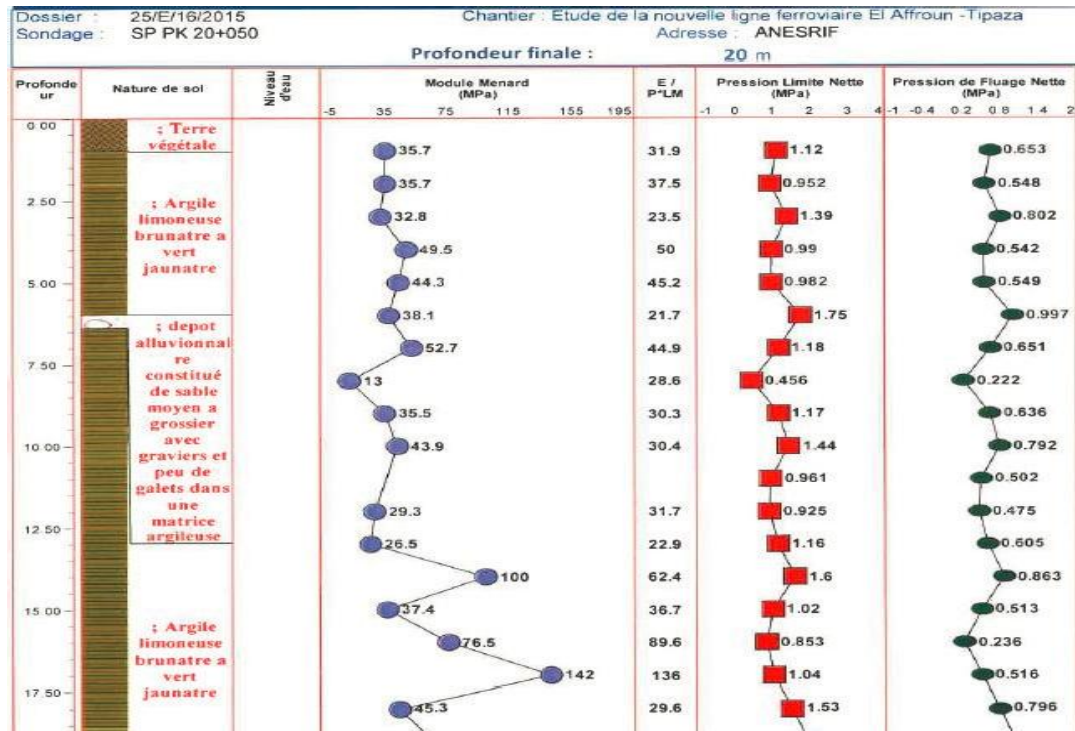


Figure IV.9. Profil préssiométrique de l'essai SP PK 20+050. (Société d'études techniques de Sétif, Février 2019)

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Puits de reconnaissance	PK	Profondeur(m)	Description lithologique
SP-08	19+235	0.00 - 1.50	Terre végétale.
		1.50 – 20.0	Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre graveleuse légèrement sableuse
SP – 09	21+100	0.00 – 1.00	Terre végétale.
		1.00 – 6.00	Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre
		6.00 – 13	Dépôt alluvionnaire constitué de sable moyen a grossier avec gravies et peu de galets dans une matrice argileuse
		13.00 – 20	Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre

SP-10	22+275	0.0 – 3.00	Terre végétale
		3.00 – 6.00	Argile limoneuse
		6.00 – 20	Grés tendre
SP – 11	22+900	0.00 – 1.00	Terre végétale
		1.00 – 20	Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre
SP – 12	23+100	0.00 – 1.00	Terre végétale
		1.00 – 20.00	Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre
SP – 13	26+000	0.00 – 1.00	Terre végétale
		1.00 – 5.50	Argile noire
		5.50 – 8.00	Argile sableuse
		8.00 – 20.00	Grés dure a fragmente avec des sables
SP – 14	28+525	0.00 – 1.00	Terre végétale
		1.00 – 2.00	Argile noire
		2.00 – 9.5	Grés dure
		9.50 – 12.00	passage gréseux avec sables
		12.00 – 20.00	Argile limoneuse graveleuse

Tableau IV. 7. Implantation et description des sondages préssiométrique [1]

IV.2.4. ESSAIS AU LABORATOIRE :

➤ Définition :

Les essais de laboratoire sont réalisés pour déterminer la différente caractéristique mécanique et la nature des sols. Tous les échantillons prélevés dans les forages et les puits de reconnaissance lors des activités de reconnaissance ont été transportés au laboratoire. Des échantillons intacts ou remaniés ont été testés, des analyses d'identification physico-chimique ont été réalisées et les propriétés mécaniques des sols étudiés ont été déterminées.

IV.2.4.1. Essais d'identification :

Les essais d'identification servent de base aux divers systèmes de classification des sols. Leurs résultats permettent aussi d'estimer au moyen de corrélations des ordres de grandeur des propriétés mécaniques des sols et d'établir un pré dimensionnement grossier des ouvrages au stade des premières études.

➤ **Analyse granulométrique (NF P94-056) / (NF P94-057):**

• **Définition :**

L'analyse granulométrique est l'opération consistant à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon de granulats, en fonction de leurs caractéristiques (poids, taille, ...). Par métonymie, c'est aussi le nom donné au résultat de cette analyse

• **BUT D'Analyse granulométrique :**

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer les proportions des grains de taille différente dans le sol.

Elle s'effectue au laboratoire par :

- Le tamisage : pour les particules à dimension supérieure à 80 μm
- Analyse sédiment métrique: pour les particules a dimension inférieure 80 μm

• **Essai Proctor modifié (NF P94-093) :**

L'essai Proctor est un essai qui permet de déterminer la teneur en eau à laquelle doit être compacté un sol pour obtenir la densité sèche maximale, On appelle optimum Proctor, la teneur en eau (U) pour laquelle le sol atteint, pour une énergie de compactage donné, un poids volumique maximal.

➤ **But de l'essai :**

Détermination des références de compactage d'un matériau : masse volumique et teneur en eau.

➤ **Principe de l'essai :**

L'essai Proctor, complètement normalisé, consiste à placer dans un moule de dimensions déterminées, un échantillon humidifié de manière homogène à une teneur en eau donnée, peu élevée au début, et à compacter cet échantillon par couches au moyen d'une dame de poids standardisé tombant d'une hauteur standardisée.

Pour chacune des teneurs en eau considérée, on détermine le poids volumique sec dû sol et on établit la courbe des variations de ce poids volumique en fonction de la teneur en eau.

IV.2.4.2. Essais physiques :

➤ **Détermination de la teneur en eau (NF P94-050) :**

➤ **Définition :**

Les tests de teneur en humidité peuvent déterminer le pourcentage de masse d'eau dans le sol étudié, c'est-à-dire la masse d'eau par rapport à 100 grammes de sol sec. Cette information importante permettra de décider du traitement ou de compactage à apporter

➤ **But de test :**

Le test de la teneur en eau permet la détermination de la quantité d'eau existante dans le sol naturel (échantillon). La teneur en eau est exprimée en pourcentage.

IV .2.4.3. Analyse chimique :

➤ **Valeur au bleu de méthylène (NF P94-068) :**

➤ **Définition :**

Ce test mesure la capacité des éléments fins à absorber le bleu de méthylène. Cette capacité explique globalement l'activité de surface de ces éléments. (Le bleu de méthylène est préférentiellement absorbé par l'argile, la matière organique et l'hydroxyde de fer).

➤ **But de l'essai :**

Déterminer la propreté d'un sable, d'un granulat et plus généralement d'un sol, et les différents types d'argiles qu'il contient.

➤ **Domaine d'application :**

Cet essai concerne les sols et certains matériaux rocheux. Toutefois, pour les matériaux les plus argileux, on privilégiera la réalisation des limites d'Atterberg.

IV.2.4.4. Essais mécaniques :

• **Essai de compressibilité à l'odomètre (XP P94-090-1) :**

➤ **Définition :**

Des tests œnométriques permettent d'évaluer l'amplitude d'affaissement de l'ouvrage et l'évolution de l'ouvrage dans le temps. Cela consiste en:

-Placer la terre dans une coque dure.

Une pression variable est exercée à travers le piston.

Mesurer la déflexion observée. C'est la relation $\sigma = (\epsilon)$

➤ **But de l'essai :**

Le but est de mesurer le tassement au cours du temps d'une éprouvette cylindrique (intacte) type galette placée dans une enceinte sans déformation latérale possible au fur et à mesure de l'application de différentes charges verticales constantes.

➤ **Le principe de cet essai :**

Les essais de consolidation et de compressibilité permettent d'apprécier la déformation verticale des sols.

Résultat de projet :

C_c	Compressibilité
<0.02	Incompressible
0.05 à 0.10	Très peu compressible
0.10 à 0.20	Peu compressible
0.20 à 0.30	Moyenne compressible
0.30 à 0.40	Assez fort compressible
> 0.4	Très compressible
	Extrêmement compressible

Tableau IV.8. Très compressible [1]

➤ **Essai de cisaillement rectiligne à la boîte (NF P 94-071-1) :**

➤ **Définition :**

L'essai s'effectue sur une éprouvette de sol placée dans une boîte de cisaillement constituée de deux demi-boîtes indépendantes. Le plan de séparation des demi-boîtes constitue un plan de glissement correspondant au plan de cisaillement de l'éprouvette. Il consiste à :

- Appliquer sur la face supérieure de l'éprouvette sous l'effort (N) maintenu constant pendant toute la durée de l'essai,
- Produire après consolidation de l'éprouvette sous l'effort (N) un cisaillement dans l'éprouvette selon le plan horizontal de glissement des deux demi-boîtes l'une par rapport à l'autre en leur imposant un déplacement relatif δ à vitesse constante,
- Mesurer l'effort horizontal de cisaillement (T) correspondant.

➤ **But de l'essai :**

Le but de l'essai est d'obtenir les paramètres (C ; φ) pour traiter les problèmes d'instabilités (rupture et glissement) due à la réalisation des remblais sur sols compressibles.

IV.2.4.5. Résultats des essais au laboratoire :

Les résultats des essais de laboratoire pour les échantillons prélevés des sondages carottés et des puits de reconnaissance (Analyse granulométrique, Essai Proctor modifié, Détermination de la teneur en eau, Essais au bleu Méthylène).

Puits de Reconnaissance	PK	Teneur en eau (%)	Essai Proctor		VBS	Analyse Granulométrique.		
			γ_d (t/m ³)	W _{opt} (%)		D _{max} (mm)	< 2 mm (%)	<80 μ (%)
PU15-AT	19+600	13.83	1.88	15	2.28	6.3	91.97	63.86
PU16-AT	21+100	16.51	1.65	20.9	1.65	6.3	98.02	94.14
PU17-AT	22+800	26.3	1.67	19.7	1.67	6.3	99.84	99.26
PU18-AT	24+624	17.68	1.61	15.2	1.61	5	99.87	97.14
PU19-AT	27+125	14.48	1.81	14.7	1.81	6.3	32.29	17.49
PU20-AT	28+150	15.56	1.77	15.2	1.77	6.3	92.24	48.06

Tableau IV.9. Résultats des essais au laboratoire (1). (Société d'études techniques de Sétif, Février 2019).

Chapitre IV Etude géotechnique, étude géologique, terrassement et dimensionnement de la structure d'assise

γ_d : Densité sèche (t/m³) ; **W_{opt}** : Teneur en eau optimale (%) ; **VBS** : valeur de bleu de méthylène ;

D_{max} diamètre maximale (mm) ; **< 2 mm (%)** : Pourcentage des passants inférieure à 2 mm ;

<80 μ (%): Pourcentage des passants inférieurs à 80 μ .

Sondages Carottée	PK	Profondeur (m)	compressibilité à l'odomètre		Essai de cisaillement	
			CC (%)	Compressibilité	C'F (kpa)	'F (degré)
SC08-AT	19+250	5 m - 5.5 m	15.95	Moyenne compressible	21.90	22.29
		9 m - 9.5 m	13.62	Moyenne compressible	86.24	14.44
SC09-AT	20+050	5 m - 5.5 m	10.30	Moyenne compressible	39.22	12.54
		7 m - 7.5 m	11.96	Moyenne compressible	78.60	10.76
SC11.1- AT	23+050	3.6 m - 3.8m	17.94	Moyenne compressible	12.9	25.06
		7.3 m - 7.7 m	17.27	Moyenne compressible	44.99	9.64
SC11.2- AT	23+050	3.1 m - 3.5m	13.29	Moyenne compressible	37.52	9.78
		9.2m – 9.5 m	13.29	Moyenne compressible	20.88	19.29

Tableau IV.10. Résultats des essais au laboratoire (2). (Société d'études techniques de Sétif, Février 2019)

Légende :

CC : Indice de compression ; **C'F** : cohésion (état finale) ; **Φ' F** : angle de frottement interne (État finale).

IV.2.5. CLASSIFICATION DES SOLS :

IV.2.5.1. Applications au projet :

Tenant compte de l'essai in situ (PU 15 –AT) PK 19+600 :

- **Classifications selon GTR :**

- **Classe des sols :**

$D_{max} = 6.3 \text{ mm} < 50\text{mm} \rightarrow$ donc classe de ce sol est A ou B ou D.

Le passant à $80\mu\text{m}$ est de 63.86 % $\rightarrow$ alors la sous classe de sol sera: A1 ou A2 ou A3 ou A4.

$VBS = 2.2 < 2.5 \rightarrow$ donc la sous classe sera A1.

- **Classification selon l'état hydrique :**

$0.9 WOPN = 0.9 \times 15 = 13.5 < WN = 13.83 < 1.1 WOPN = 1.1 \times 15 = 16.5$

Donc selon classifications GTR le sol est de classe : **A1m**

- **Classification selon UIC (719 R):**

Le pourcentage des fines est égal à 63.86 % $\rightarrow$ Sols comportant plus de 40 % de fine

$\rightarrow$ Alors le sol est de classe QS1 (Sols médiocres).

Résultats de classification des sols représentés dans le tableau ci-dessous :

Essai in situ	PK	Nature de sols	Classification de la Norme NF P 11 300	Classe de Qualité des sols
PU15-AT	19+600	Limon argileux	A1m	QS1
PU16-AT	21+100	Limon argilo sableux	A1s	QS1
PU17-AT	22+800	Limon argilo sableux	A1th	QS0
PU18-AT	24+624	Limon argileux	A1h	QS0
PU19-AT	27+125	Argile limoneuse graveleuse	C1B6m	QS1
PU20-AT	28+150	Limon argileux	A1m	QS1

Tableau IV.11. Résultats de classification des sols [1]

IV.3. DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE D'ASSISE

IV.3.1. INTRODUCTION :

Le lit de voie ou la sous-structure est le fond sur lequel repose cette voie. Il répartit la charge des traverses sur le quai, amortit les vibrations de la superstructure et contribue à la stabilisation longitudinale et latérale de la voie. Ses propriétés et son épaisseur peuvent donc assurer un bon fonctionnement des voies ferrées en termes de rigidité, de résistance et de drainage.

IV.3.2. ETABLISSEMENT DE STRUCTURE D'ASSISE :

Sans une connaissance approfondie des sols et des roches rencontrées, les projets de nouvelles lignes ne peuvent être économiquement et techniquement suffisamment sûrs et réussis. En règle générale, des enquêtes de pénétration, des excavations et des tests en laboratoire doivent être effectués, ce qui doit également garantir le respect des exigences techniques et des réglementations environnementales. L'épaisseur et le type de couche de base dépendent des facteurs suivants :

- Caractéristiques générales du sol de la plate-forme (qualité, capacité portante, sensibilité à l'eau et au gel).
- Conditions climatiques du site.
- Volume de trafic (tonnage, charge utile, vitesse).
- Equipement (profil du rail, type et espacement des traverses).

IV.3.3. LES CONSTITUANTS DE LA STRUCTURE D'ASSISES :

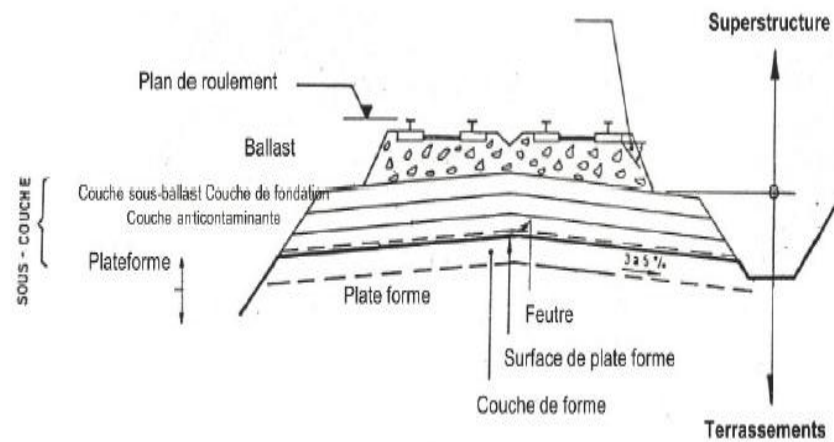


Figure IV.10. Les différentes couches de la structure d'assises[6]

IV.3.3.1. La couche de ballast :

Le lit de pierre ou de gravier sur lequel repose le camion est appelé ballast. La couche de gravier est constituée de pierres de type plutonique 25/50 (granite, diorite, etc.). Du gravier fin de 10 mm à 35 mm est utilisé pour le nivellement. Il est extrait de carrières de pierre, dites gravières. Il existe deux types d'usure du ballast.

- Contamination par des parasites (sol, herbe, etc.).
- Affaissement du ballast sous les traverses. Elle conduit à une déformation verticale de la trajectoire

IV.3.3.2. Rôle du ballast :

La couche de ballast joue un rôle très important dans la superstructure de ballast. Il a diverses fonctions.

- Répartir les charges concentrées reçues des traverses de plate-forme. Atténue certaines des vibrations mécaniques causées par la circulation.
- Sa granulation assure un drainage rapide de la route.
- Faciliter les travaux d'entretien et de pose des voies.

IV.3.3.3. Caractéristique du ballast :

Caractéristiques mécaniques :

➤ La dureté :

Le ballast doit être assez dur pour résister aux chocs provoqués par les charges roulantes et pour supporter l'action destructrice des outils de bourrage. Les différents essais de résistance mécanique sont l'essai pour la résistance à la fragmentation « l'essai Los Angeles (LA) » et l'essai pour la résistance d'usure « l'essai d'usure micro Deval (MDE) ». Les valeurs de LAMDE sont définies (selon document SNTF):

- Résistance à la fragmentation Los- Angeles $\leq 19\%$
- Résistance à l'usure micro Deval $\leq 6\%$

Résistance à la compression :

Les contraintes verticales transmises au ballast peuvent provoquer sa fissuration, mais en pratique le granulat doit avoir une résistance à la compression suffisante, mesurée à l'aide d'essais en laboratoire. Des valeurs simples de résistance à la compression sont définies (selon le document SNTF) :

- Résistance à la compression simple (RC) $> 14 \text{ KN/cm}^2$ $> 14 \text{ KN/cm}^2$.

Résistance à l'attrition :

Sous l'action des charges ponctuelles et des vibrations, les agrégats de ballast s'usent par frottement aux points de contact entre eux. Le test qui caractérise la résistance à l'usure est appelé test DEVAL (d'une part il est réalisé en condition sèche 'DS' et en condition humide 'DH'), dans lequel les valeurs DS et DH sont définies (selon le Document SNTF Quand):

- DS > 14 (pierres dures) et DH > 6 .
- DS > 12 (Pierres carbonatées).

Caractéristique physiques :

- **Granulométrie :** On utilise en Algérie actuellement la classe 25/50 mm (selon SNTF).
- **Perméabilité :** Assurer le bon écoulement de l'eau de pluie.
- **Propreté des granulats :** le ballast doit être exempt des éléments fins et débris.
- **Densité :** Afin de mieux lester la voie et résister aux différents efforts auxquels elle est soumise.

 **Homogénéité des granulats :** Un ballast hétérogène (âge et dureté différente) s'altère très rapidement.

IV.3.3.4. Profil du ballast :

L'épaisseur minimale du ballast e_b (mesurée sous la traverse à l'aplomb du rail en partie basse) dépend du trafic et du type de traverse.

L'épaisseur recommandée de la couche de gravier sous le rail inférieur est d'au moins au moins 30 cm; pente du remblai de gravier (remblai entre le fond et le fond) dessus de la couche de gravier) est d'environ 33°.

L'expérience a montré que la résistance latérale d'une piste correspond à la force exercée à travers la piste. L'essieu est principalement dû au coefficient de frottement élevé sur le dessous traversée en gravier, puis le profil est étagé sur 0,80 m Prend en charge les arrêts de 0,90 m, 0,25 m à 0,35 m.

IV.3.4. La sous-couche :

La sous-couche est une couche de conditionnement qui est placée entre la couche de gravier et la plate-forme, et la sous-couche peut-être une couche ou plusieurs couches.

IV.3.4.1. Constitution de la sous-couche :

➤ Une couche sous-ballast :

Il se compose de gravier propre et bien calibré de 0/31,50 mm contenant un minimum de 30 % de matériau broyé et compacté avec 100 % d'Optimum Proctor modifié (OPM). La dureté requise est que le module de dureté total DRG doit être au moins égal à 12 ($DRG \geq 12$). Cette couche est présente dans tous les cas, même sur les plates-formes rocheuses qui agissent comme une couche de nivellement et réduisent la rigidité du siège.

➤ Une couche de fondation :

Couche de gravier propre compactée 100 % OPN d'une épaisseur de minimum 15 cm, la dureté requise est que le module DRG doit être au moins le même.

10 ($DRG \geq 10$). Cette couche permet la circulation des engins de chantier la couche « sous-ballast » est une course à la fin du site lorsque les travaux d'excavation proprement dits sont terminés n'est généralement pas nécessaire sur des sous-sols rocheux ou de bons sols.

➤ Une couche anti-contaminant :

Elle est constituée de sable propre et complétée en outre par une feuille de feutre synthétique (géotextile).

IV.3.4.2. Les rôles de la sous-couche :

- Augmentation de la flottabilité et de la répartition des charges transmises.
- Contribue à l'amélioration des caractéristiques vibratoires.
- Antipollution entre plate-forme et couche de gravier.
- Protéger la plate-forme de l'érosion et du gel.
- Évacuation des eaux du zénith.

IV.3.4.3. Profil de la sous-couche :

- La sous-couche indique la pente transversale (toit ou pente individuelle).
- Drainage longitudinal (déblai) ou extérieur de la plate-forme (remblai).
- La pente transversale minimale est d'environ 4 %.
- Dans les zones de voie escarpées, il peut être nécessaire de prévoir une pente transversale temporaire pouvant atteindre 8 % dans la couche de base.

IV.3.5. La plateforme :

La plate-forme est la partie supérieure du terrassement qui supporte la couche inférieure. Sols porteurs qui sont compactés au sommet pour former la couche supérieure.

Pente transversale de 4 %. La plate-forme est constituée d'un remblai ou d'un remblai dans le cas d'un sol existant.

Pour la coupe :

- 1er cas : En cas de remblai, cette couche supérieure est constituée de bonne terre

Meilleur. Son taux de compression est de 95 % OPM.

- Deuxième cas : pour les boutures, obtenues par compression à 95 % OPM. 30 cm d'épaisseur ou plus.

IV.3.6. DIMENSIONNEMENTS DES COUCHES D'ASSISE

Les quatre classes de qualité :

- Si de sols sont :
- **QS0** : Sols "impropres" à la réalisation d'une plateforme correcte et a la suite nécessitent certaines mesures correctrices (substitution du matériau sur une certaine

épaisseur, traitement aux liants, utilisation de géotextiles, renforcement par pieux, etc.) ;

- **QS1** : Sols médiocres acceptables utilisés en conditions hydrogéologiques favorables. Ces sols peuvent, éventuellement, être transformés en sols de meilleure qualité par un traitement approprié, (traitement aux liants) ;

· **QS2** : Sols moyens ;

· **QS3** : Bons sols

IV.3.6.1. Classe de portance des plateformes :

La portance d'une plateforme dépend de la qualité du sol constituant le corps de remblai ou du sol en place en fond de déblai, et de la qualité et de l'épaisseur de la couche de forme (lorsqu'elle existe).

On peut distinguer les trois classes de portance de plateforme suivantes :

- P1 : plateforme médiocre.
- P2 : plateforme moyenne.
- P3 : plateforme bonne.

Le tableau suivant permet de déterminer la classe portance de la plateforme et l'épaisseur de la couche de forme qui convient :

Classe de qualité de Sol	Classe de portance Envisagée pour la Plateforme	Couche de forme à mettre en œuvre Pour obtenir cette classe de portance	
		Classe de qualité	Épaisseur
QS1	P1	QS1	—
	P2	QS2	0.50
	P2	QS3	0.38
	P3	QS3	0.50
QS2	P2	QS2	—
	P3	QS3	0.35
QS3	P3	QS3	—

Tableau IV.11. Classification de portance des plateformes selon UIC719

IV.3.6.2. Différents types de structures d'assise :

Une structure de feuille typique est déterminée comme suit pour différentes classes de stockage.

Combinaisons possibles des propriétés du sol porteur et des propriétés du sol.

Forme ; il en existe trois types :

- ✓ Les structures normales.
- ✓ Les structures avec couche de forme rapportée.
- ✓ Les structures particulières.
- ✓ Structure régulière. Eux Structure avec couche supérieure ajoutée.
- ✓ Structure spécifique
- ✓

IV.3.6.2.1. Les structures d'assise normales :

Il s'agit d'ouvrages réalisés lorsque l'allure de la surface est normale, c'est-à-dire de même nature que les terrassements, améliorés par compactage à une épaisseur minimale de 0,30 m. Ce type de construction est généralement utilisé pour réparer d'anciennes voies ou construire de nouvelles voies à proximité de voies existantes car il nécessite moins de main-d'œuvre que l'ajout d'une couche supérieure et la réalisation d'une sous-structure.

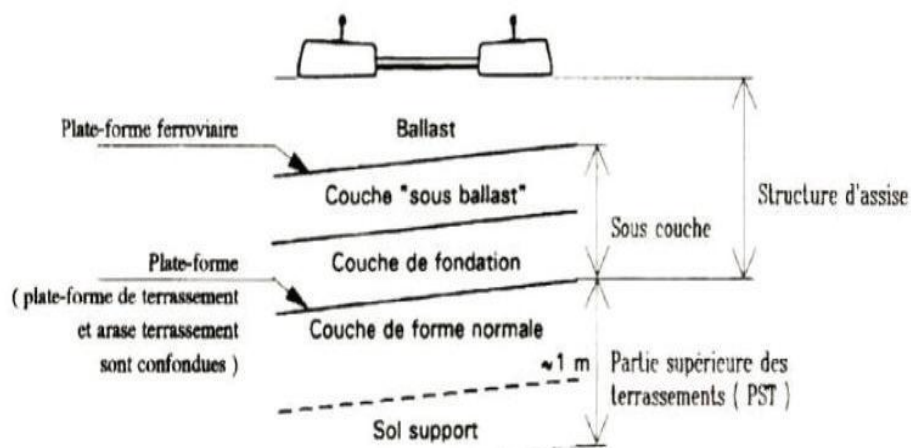


Figure IV.12. Schéma d'une structure d'assise normale[6]

IV.3.6.2.2. Les structures d'assise avec couche de forme rapportée :

Ces structures contiennent une couche supérieure de matériau de qualité supérieure à celle-ci former un terrassement. Cette technique est plus adaptée à la réalisation de grands travaux.

Circulation du trafic sur le chantier. Une attention particulière doit être portée lors de la construction des niveaux de terrassement sur lesquels la couche supérieure est appliquée. Sur les nouvelles lignes rapides, cette technologie vise généralement à obtenir des plates-formes de classe d'ascenseur P3.

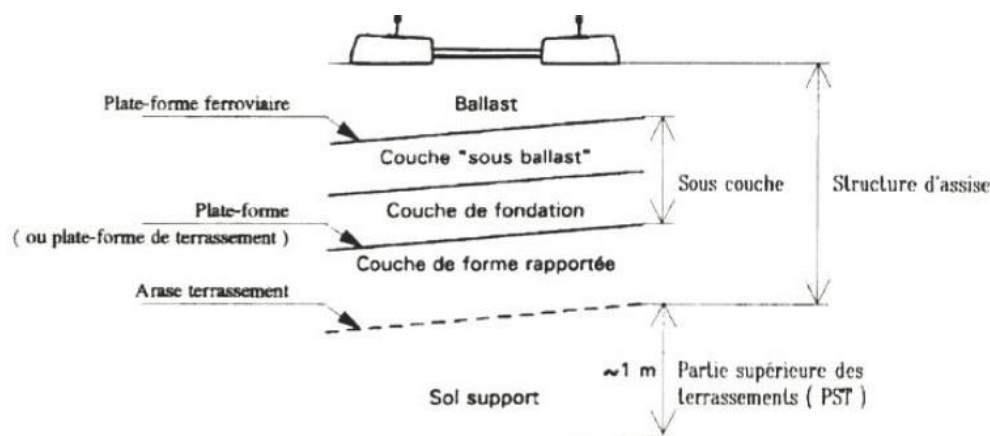


Figure IV.13. Schéma d'une structure d'assise avec une couche de forme rapportée.[6]

IV.3.6.2.3. Structures particulières :

La géo membrane peut être utilisée pour protéger les nouvelles lignes lors de leur construction

Action des eaux de pluie des plateformes sensibles à l'eau. Des conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales favorables sont nécessaires pour que cette technique soit efficace. Des précautions particulières doivent être prises lors du drainage et de la collecte des eaux de la nappe phréatique ou des li vivats naturels pour éviter qu'ils ne soient piégés sous la géo membrane. Il est également recommandé d'installer une couche drainante sous la membrane.

IV.3.6.3. Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise :

La structure a été choisie en fonction de la nature du sol (argile) supportant la ligne étudiée.

Avec couche supérieure supplémentaire. La qualité cible de la plate-forme est la classe P2.

Une feuille UIC719R a été utilisée pour déterminer l'épaisseur minimale (m).

La formule est : $e(m) = E + a + b + c + d + f + g$

Tel que :

e : L'épaisseur de la couche d'assise « e = épaisseur du ballast+ épaisseur du sous couche »

Dépend des facteurs suivants :

- ✓ E : facteur dépendant des classes de portance (P1, P2 ou P3).
- ✓ a : facteur dépendant de groupe de l'UIC (groupe 1 à 6, UIC 714).
- ✓ b : facteur dépendant de type de traverse.
- ✓ Les structures particulières.
- ✓ c : facteur dépendant des conditions de travail.
- ✓ d : facteur dépendant de la charge maximale d'essieu des véhicules.
- ✓ f : facteur dépendant de la vitesse.
- ✓ g : facteur dépendant de l'installation de géotextiles

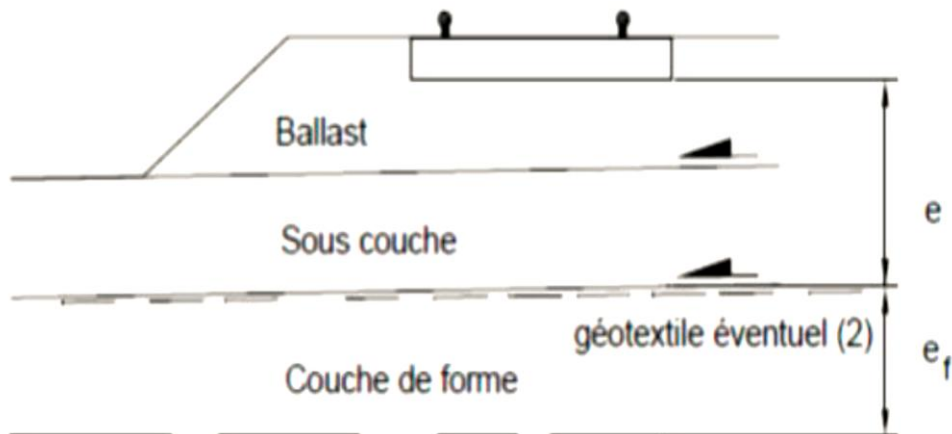


Tableau IV.14. Epaisseur de couche de forme et de la sous couche (UIC 719R).

IV.3.6.5. APPLICATION A NOTRE PROJET :

Pour les sols de qualité moyenne de type QS1 et les voies rapides ($V = 160$ km/h), la recommandation du maître d'ouvrage est de considérer une plate-forme 'P2', ce qui nécessite la construction d'une couche de classe QS3.

Les données de base :

- D'après la classification de sols selon UIC719 on a obtenu un sol **QS1**.
- Système de la voie : rail UIC sur des traverses en béton.
- Ballast avec une épaisseur minimum de 30 cm.

Les valeurs des éléments de calcul sont comme suit :

- Plateforme : P2 $\rightarrow E = 0.55$ m.
- La ligne étudiée est de groupe : $V \leq 160$ Km/h $\rightarrow$ Groupe UIC 3 $\rightarrow a = - 0.05$ m.
- Traverse en béton bi-bloc VAX U31 : $L = 2.245$ m $\rightarrow b = 0.13$ m.
- Pour un dimensionnement normal $\rightarrow c = 0$ m.
- Charge par essieu 22.5 t : 225 KN $\rightarrow d = 0.05$ m.
- La ligne a une vitesse ≤ 160 km/h, la plateforme de portance P2, $\rightarrow f = 0$ m.
- La couche de forme est en sol de classe : QS3 $\rightarrow$ pas de géotextile $\rightarrow g = 0$ m.

Résultats :

- En appliquant la formule, on obtient :

$$e \text{ (m)} = E + a + b + c + d + f + g = 0.55 - 0.05 + 0.13 + 0 + 0.05 + 0 + 0 = 0.68 \text{ m.}$$

Nous avons pris la valeur de : $e = 0.68$ m.

- La couche de forme à mettre en place pour obtenir une classe de portance P2 pour la Plateforme : QS3 $\rightarrow$ d'après le tableau (VIII.1) $\rightarrow$ d'épaisseur minimale $e_f = 35$ cm

NB : Valeur des coefficients de la formule de calcul d'épaisseur selon UIC719R dans Annexe D4.

Chapitre IV Etude géotechnique, étude géologique, terrassement et dimensionnement de la structure d'assise

Alors la structure de la voie est comme suit :

Couche	Epaisseur(m)	Matériaux
Ballast	0.30	GC (grave concassée) 25/50 mm
Sous-ballast	0.20	Grave bien gradué 0/31.5Mm
Couche de fondation	0.18	GC (grave concassée) 0/50 mm
Couche de forme	0.37	GNT

Tableau IV.15. Epaisseurs des couches

La figure ci-après présente un profil type des couches d'assise avec leurs épaisseurs :

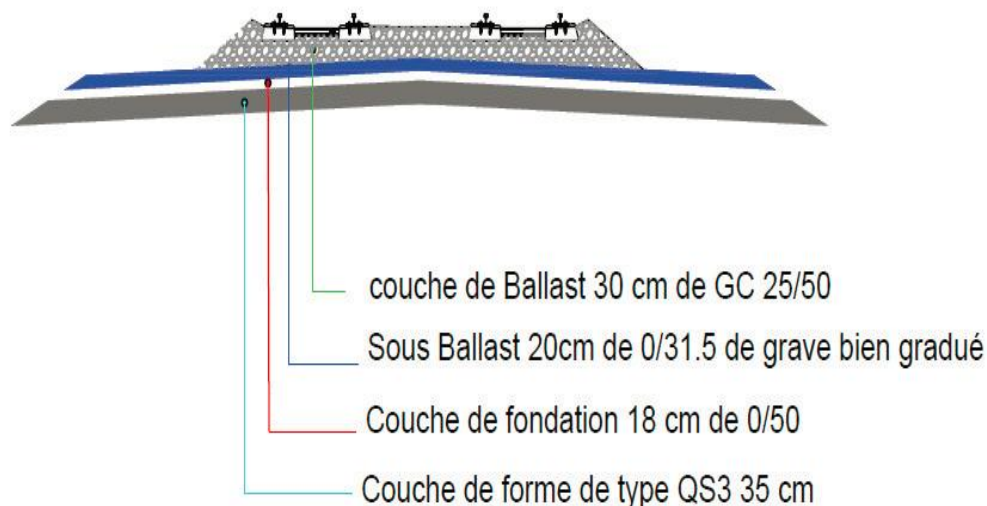


Figure IV.11. Profil en travers des Couches d'assises[6]

IV.4. Terrassement :

IV.4.1. Introduction :

Les terrassements correspondent à la première phase des travaux de construction travailler. Ils comprennent tous les travaux et travaux temporairement modifiés ou modifiés. Définitivement la forme du pays. Les coins longitudinaux sont essentiellement liés à cette Optimisation du mouvement de la terre compte tenu des diverses restrictions imposées. C'est

À partir des facteurs fournis par la géologie déterminée et l'ingénierie géotechnique. Un profil de projet qui minimise le coût total des travaux de terrassement. La continuité des déblais et des pentes est caractérisée par la hauteur. Important (8 m ou plus en talus, 12 m ou plus en déblais). Du PK 19+000 au PK 22+200, le parcours passe principalement par des terrains plats. La coupe transversale du terrain sera constituée de collines jusqu'au PK 29 + 000.

IV.4.2. Définition terrassement :

D'une façon générale tout mouvement de terres (remblai ou déblai) constitue un terrassement. Creuser une fouille. Une rigole ou plus généralement modifier le relief du sol représente en soi des terrassements.

IV.4.2.1. Opération diverses :

- Un terrassement par déblai consiste à enlever des terres initialement en place ;
- Un terrassement par remblai consiste à mettre en place, en général par apport ou dépôt des terres préalablement prélevées.

IV.4.3. DEBLAIS :

- **Définition du déblai :** Ensemble des terres retirées du sol lors des divers travaux de terrassement. Les terres sont soit réutilisées sur le terrain sous forme de remblais, soit retirées du chantier.
- **Les principales zones de déblais :**

Les principales zones de déblais le long du tracé ont fait l'objet d'un programme de reconnaissance géotechnique établi sur la base du profil longitudinal. Le tableau montre pour chaque zone de déblai :

PK Début	PK Fin	PK (Hmax)	H max (m)	Nature terrain de surface	Classe GTR	Classe UIC
23+160	23+360	23+240	21.67	Limon argileux sableux	A1th	QS0
26+800	29+000	28+380	12.46	Limon argileux	A1m	QS1

Tableau IV.16. Les caractéristiques mécaniques des déblais.

IV.4.3.1. La Sécurité dans les zones de déblais :

Pour éviter l'instabilité locale constatée lors du forage des déblais, il convient de prévoir par exemple des mesures de stabilisation et de soutènement des pentes. B. Traitement avec boulons d'ancrage, treillis hexagonal, spray, etc. En règle générale :

- Si l'excavation se fait sur un terrain rocheux, il peut être possible de les placer au fond du remblai pour récupérer les blocs qui pourraient se détacher.
- Une tranchée au sommet du barrage et une gouttière en béton sont nécessaires pour stabiliser la pente. De même, la surface du remblai est traitée avec des plantations.
- Si une instabilité locale avec décollement du bloc peut se produire, un aplanissement local du bloc, une projection de béton, une fixation locale, la mise à disposition d'une grille de protection contre les chutes, etc. doivent être envisagés. ..
- Il est conseillé de prévoir des rainures revêtues dans la berme pour contrôler le ruissellement et l'empêcher de pénétrer dans les déblais.

IV.4.3.2. Géométrie des talus en déblai :

Les pentes du gradient, qui sont principalement utilisées et exprimées en fractions basées sur l'altitude, sont 1/2, 2/3, 1/2, 3/2, 2/1, 2,5 / 1, 3/1. Ils doivent assurer la stabilité du travail.

Chapitre IV Etude géotechnique, étude géologique, terrassement et dimensionnement de la structure d'assise

Les remblais peuvent être construits par étapes, interrompus par des bancs d'au moins 1 m de large (marches de rive) pour empêcher l'écoulement de l'eau et permettre la circulation dans les étages intermédiaires.

La forme proposée doit être justifiée par le calcul de stabilité.

IV.4.3.3. Vérification de Stabilité des talus en déblais :

Pour la vérification de stabilité des talus en déblais on a utilisé le logiciel 'TALREN V5', et on a choisi la méthode de Bishop pour les ruptures circulaires,

Pour les calculs des stabilités, les facteurs de sécurité globaux, à prendre en considération :

- $F_s \geq 1.5$ pour l'analyse en conditions statiques.
- $F_s \geq 1.0$ pour l'analyse en conditions sismiques.

IV.4.3.4. Application au projet :

L'étude de stabilité des talus en déblais :

- Les actions sismiques sont appliquées en étant des forces statiques équivalentes, constantes et proportionnelles au poids propre du terrain ; ces actions sont déterminées en faisant référence aux normes parasismiques algériennes (Règles Parasismiques Ouvrages d'Art – RPOA) :

- Accélération sismique de la zone : $A = 0.30g$ m/s²
- Coefficient sismique horizontale : $k_h = 0.5 \times A = 0.15$
- Coefficient sismique verticale : $k_v = 0.3 \times k_h = 0.045$

Les caractéristiques mécaniques des déblais :

PK Début- fin	Profondeur (m)	Nature terrain	Paramètres géotechniques		
			$\gamma h (km/m^3)$	$C (km/m^3)$	$\phi (\text{degré})$
23+160 à 23+360	0.00 – 15	Argile limoneuse	19	20.9	19.29
26+800 à 29+000	0.50 – 2.00	Argile noire	20.7	20.9	19.29
	2.00 – 9.5	Grès dure	21	30	28
	9.50 – 15	Passage gréseux avec sables	20	40	20

Tableau IV.17. Les caractéristiques mécaniques des déblais. (Société d'études techniques de Sétif, Février 2019)

✚ Résultats de vérification de stabilité des talus en déblais :

PK Début- fin	Géométrie des talus				Facteur sécurité		Observations
	Longueur (m)	Hauteur Max (m)	Pente proposé	Berme/ Talus (m)	Condition statique	Condition sismique	
23+160 à 23+360	200	21.61	3H/2V	2m/6m	1.69	1.03	
26+800 à 29+000	2200	12.46	3H/2V	2m/6m	1.57	1.09	Stable

Tableau IV.18. Récapitulatif des résultats de vérification de stabilité des talus en remblais. [1]

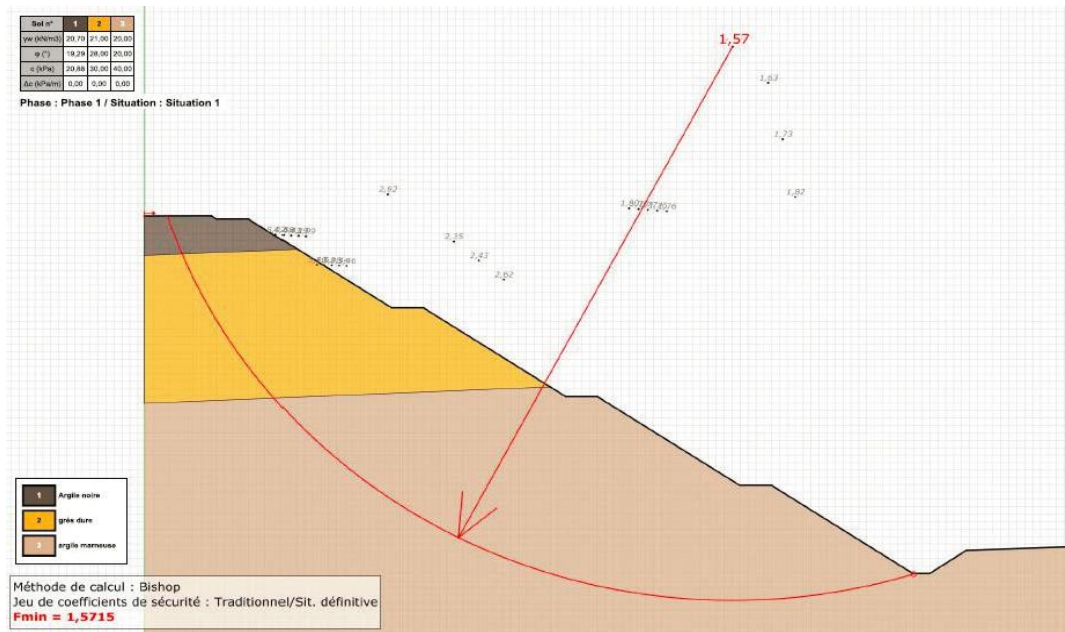


Figure IV.12. Les cercles de rupture pour les déblais au PK 28+380 condition statique. (Logiciel TALREN V5)

IV.4.3.5. Réutilisation des matériaux de déblais (déblais mise en remblais) :

En raison des coûts énormes des travaux de terrassements, les constructeurs essaient d'utiliser le maximum des sols extraits en remblais pour réduire les coûts de transport et d'achat des matériaux conformes à l'utilisation pour remblais. Les conditions de réutilisation des matériaux sont définies par le GTR. Dans les zones déblais on a trois (3) classes de sol classifié par GTR (A1m, A1h, A1th) :

Tableau suivant représente les zones déblais rencontrés le long du tracé entre PK 19+000 et PK 29+000 :

PK Début	PK Fin	Classe GTR
23+160	23+360	A1th
24+840	25+100	A1h
26+800	29+000	A1m

Tableau IV.19. Les zones déblais rencontrés le long du tracé [1]

D'après le GTR, la teneur en eau de ces matériaux, va définir les conditions de réutilisations :

	Utilisation des matériaux	
	En remblais	En couche de forme
A1th	Sols normalement inutilisables en l'état	
A1h	procédé d'extraction et mode de compactage	il faut procéder par un traitement avec des liants hydrauliques associés éventuellement à de la chaux.
A1m		

Tableau IV.20. Utilisation des matériaux en remblai et en couche de forme.

IV.4.4. REMBLAIS :

Définition :

Out sur Terre est renvoyé au sol, créant des plates-formes et comblant les lacunes.

- Remblayer, consiste à mettre en place des matériaux pour rehausser ou niveler le terrain existant.

Après l'analyse de profil en long du tronçon étudié, on a pu localiser les zones qui sont sujets de cette action. Le tableau ci-dessous représente les différentes zones de remblais à caractérisé par des hauteurs pouvant être importantes (supérieure à 8m) :

PK Début	PK Fin	PK(Hmax)	H max (m)	Longueur(m)	observation	Niveau piézométrique: NPHE(m/TN)
23+360	24+810	24+500	8.04	1450	/	/
25+090	26+640	25+640	10.73	1550	Remblais en zone inondable	+0.25m/TN

Tableau IV.21. Les principales zones de remblais entre PK19+000 et PK 29+000.

IV.4.4.1. Vérification de la stabilité des talus en remblais:

Au-delà de certaines limites de niveau de remplissage, il existe un risque de rupture, principalement sous forme de glissements de terrain.

La méthode d'étude de la stabilité des pentes permet de déterminer cette hauteur limite pour un facteur de sécurité donné, sachant que :

- Propriétés géométriques des couches de remblai et de sous-sol
- Remblai et propriétés mécaniques du sous-sol.

Chapitre IV Etude géotechnique, étude géologique, terrassement et dimensionnement de la structure d'assise

- Régime hydroélectrique (le plus souvent la définition de la nappe phréatique). Les facteurs de sécurité globaux, à prendre en considération sont les suivants :

- $F_s \geq 1.5$ pour l'analyse en conditions statiques.

- $F_s \geq 1.0$ pour l'analyse en conditions sismiques.

IV.4.4.2. Application au projet :

- Le facteur de sécurité a été calculé à l'aide du logiciel « Slide 6.0 » en utilisant la méthode Bishop simplifiée.
- La simulation du trafic ferroviaire a considéré les effets d'une surcharge supplémentaire d'une tête de barrage de 30 kPa qui correspond à la charge transmise à travers les deux blocs de traverses au-dessus de la couche de ballast.
- L'action sismique est appliquée comme une force statique équivalente constante et proportionnelle au poids du sol. Ces actions sont déterminées en référence aux normes sismiques algériennes (Règles Parasismiques Ouvrages d'Art – RPOA) :

- Accélération sismique de la zone : $A = 0.30g$ m/s²

- Coefficient sismique horizontale : $k_h = 0.5 \times A = 0.15$

- Coefficient sismique verticale : $k_v = 0.3 \times k_h = 0.045$

- Les propriétés mécaniques des matériaux adoptés pour les calculs de chaque remblai sont comme suit:

PK Début- fin	Profondeur (m)	Nature terrain	Paramètres géotechniques		
			γh (KN/m ³)	C (KN/m ³)	φ (degré)
23+360 à 24+810	0.00 – 15	Argile limoneuse.	20.9	37	9
25+090 à 26+640	0.5 – 5.50	Argile noire	19	30	10
	5.50 – 8	Argile sableuse	20.9	37	9
	8 – 15	Grès dure	20	35	40

Tableau IV.22. Les caractéristiques mécaniques des remblais. [1]

Résultats : Le tableau suivant montre une synthèse des calculs de stabilité des remblais :

PK Début fin	Géométrie de talus				Facteur sécurité		Observations
	Longueur (m)	Hauteur Max (m)	Pente Proposé	Berme/ Talus (m)	Condition Statique	Condition Sismique	
23+360 À 24+810	1 450	11.13	3 heures /2V	2 m /6 m	1.59	1.55	Stable
25+090 À 26+640	1 550	8.55	3 heures /2V	2 m / 6 m	1.62	1.57	Stable

Tableau IV.23. Récapitulatif des résultats de vérification de stabilité des talus en remblais [1]

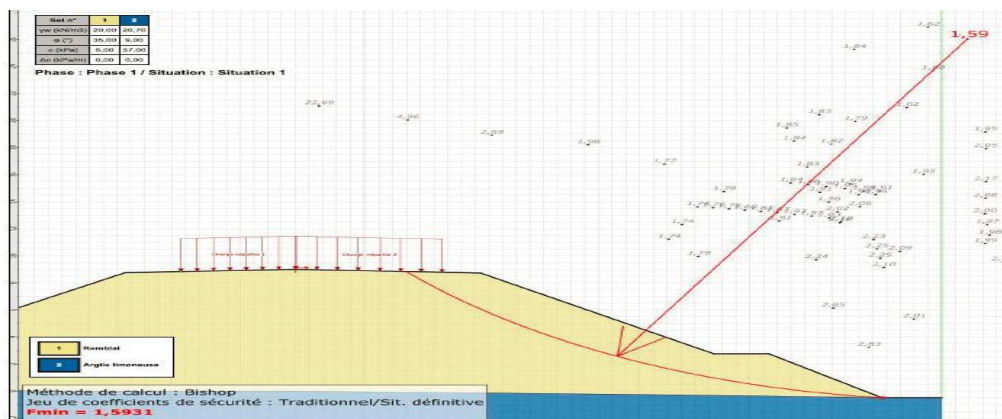


Figure IV.13. Les cercles de rupture pour les remblais au PK 23+240 conditions statiques. (Logiciel TALREN V5) [1]

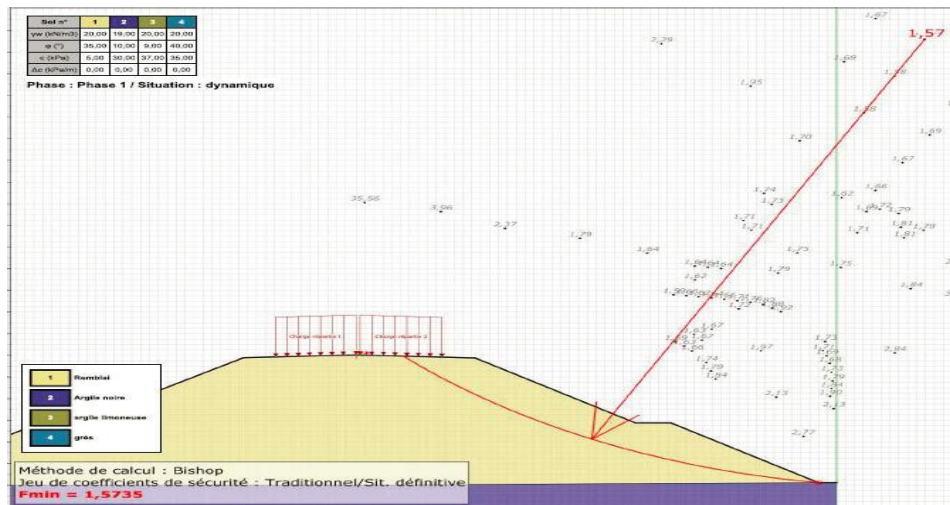


Figure IV.14. Les cercles de rupture pour les remblais au PK 26+025 conditions sismiques. (Logiciel TALREN-V5V [1])

En comparant les résultats des coefficients de sécurité globaux avec le logiciel « TALREN » avec le facteur de sécurité requis, V5`conclut que le remblai est stable en conditions statiques et sismiques. En examinant la stabilité des barrages dans les zones inondées, nous avons constaté qu'il n'y avait aucun risque de glissement du massif global dans des conditions statiques et sismiques.

IV.3.4.3. Structure des remblais :

La structure des remblais peut être composite (remblai avec noyau et enveloppe, remblai avec matériaux de zone inondable) :

IV.3.4.3.1. Remblai en zone courante (non inondable) :

Dans la figure suivant se présente la structure de remblai en zone courante (non inondable), elle est constituée par un noyau et une enveloppe :

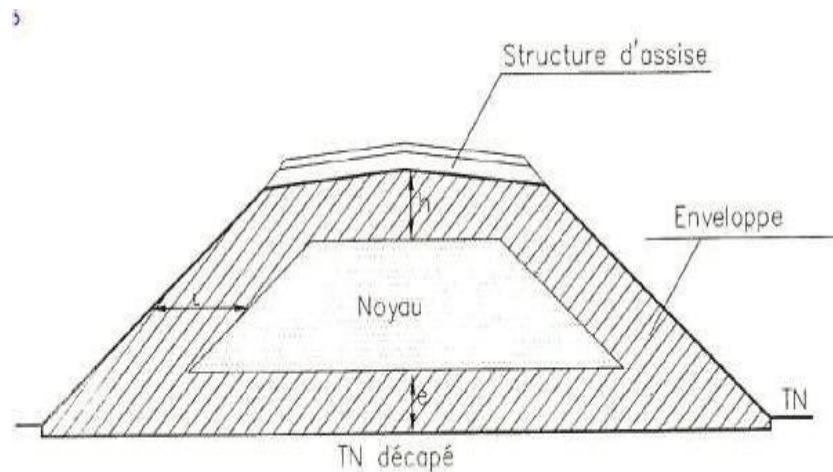


Figure IV.15. Structure d'un remblai courant.

Avec :

- e : épaisseur de l'enveloppe en base de remblai (1.00m minimum).
- l : largeur de l'enveloppe (3.00 m minimum).
- h : épaisseur de l'enveloppe au-dessus du noyau (1.00 m minimum).

IV.1.4.3.2. Remblais en zone inondable :

Certains des itinéraires sont à risque d'inondations et d'embouteillages. Des observations de terrain et des analyses cartographiques ont permis d'identifier et de garantir des zones à risque d'inondation entre le PK 25+090 et le PK 26+640.

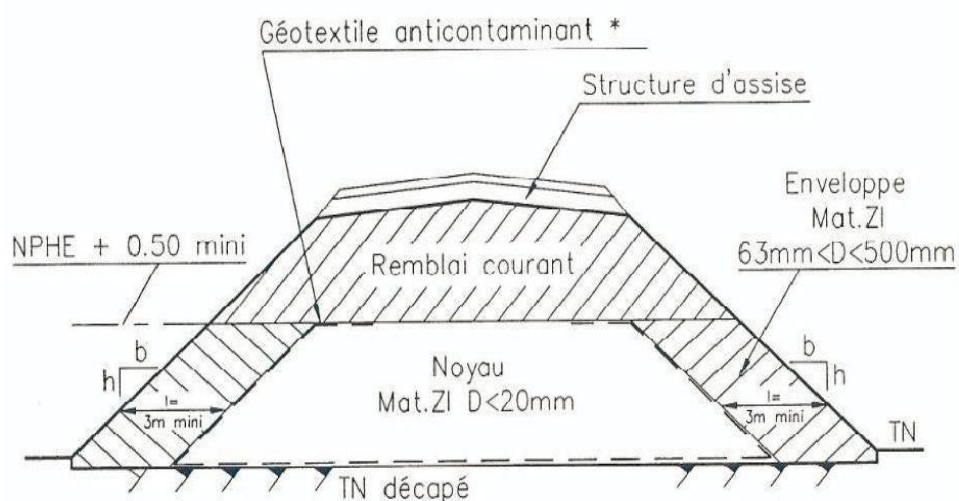


Figure IV.16. Structure d'un remblai en zone inondable. ((Selig and Waters 1994).)

Chapitre IV Etude géotechnique, étude géologique, terrassement et dimensionnement de la structure d'assise

Selon la spécification technique ST590B (SNCF), le matériau utilisé pour construire la partie du remblai inondable au niveau de la zone inondable doit être en matériau granulaire ayant les propriétés suivantes : $63 \leq D \leq 500mm$

Tamisât à ($D \leq 200mm$) : $85\% \leq \%tamisat \leq 99\%$

Passant à $80\mu m \leq 5\%$

$LA + MDE \leq 80$

Avec :

- D : dimensions des granulats.
- LA : Los Angeles.
- MDE : Micro Deval d'Eau

Les bases de remblai devront être constituées de matériaux de ZI (Zone inondable) jusqu'à la cote NPHE+0,50m (NPHE Les niveaux des plus hautes eaux sont déterminés par l'étude hydraulique).

IV.4.5. EPAISSEURS DE LA TERRE VEGETALE :

Avant la réalisation d'un remblai, vous devez préparer le sol. L'enlèvement de la terre végétale est effectué selon les différentes épaisseurs déterminées par le relevé de terrain. Dans la section étudiée, l'épaisseur de la couche arable est la suivante :

PK		Epaisseur (m)	Volume de la terre Végétale (m3)
Début	Fin		
19+000	19+250	0.4	5552891.55
19+250	20+050	0.5	
20+050	23+050	0.3	
23+050	26+000	0.5	
26+000	29+000	0.3	

Tableau IV.24. Les épaisseurs et volume de la terre végétale

IV.4.5. CALCUL DES VOLUMES DE TERRASSEMENT :

Les cubatures des terrassements sont calculées après définition du terrain naturel, et du projet par : le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers. Le calcul des cubatures de terrassement a été fait à l'aide du logiciel « COVADIS », les tableaux ci-après résument les résultats obtenus :(les résultats détaillés dans annexe...)

Terrassement	Volume (m3)
Ballast	56243.64
Sous-ballast	27837.07
Couche de fondation	261144.8
Couche de forme (matériaux QS3)	53797.09

Tableau IV.25. Récapitulatif des volumes de terrassement

Terrassement	Volume (m3)
Remblais	497968.77
Déblais	619692.41

Tableau IV.26. Récapitulatif des volumes des couches d'assis

IV.4. CONCLUSION :

En effectuant des identifications et des essais mécaniques en laboratoire sur plusieurs échantillons de sol prélevés à de nombreuses profondeurs (jusqu'à 20 m), nous avons pu faire deux classifications de sol.

- Selon le classement GTR :

Généralement, le sol est argileux (limon argileux, limon sableux, limon graveleux).

- Selon le classement UIC719R :

La classe de qualité de sol support la plus souvent rencontrée le long du tracé est généralement QS1 (sol pauvre).

Pour des raisons de stabilité, mais aussi visant la création d'accès pour d'éventuels entretiens : des risbermes de 2 m de largeur ont été adoptées chaque 6m de hauteur pour les zones de déblais avec pente de 3H/2V.

D'après le GTR les matériaux mis en remblais A1m et A1h, et les matériaux mis en dépôt est A1th.

Chapitre V Etude préliminaire du tracé

V.1.Introduction

Dans la variante préliminaire, nous recherchons des corridors potentiels dans les corridors ferroviaires et établissons un premier contact avec le projet. A ce stade de la recherche, nous proposons des variantes possibles et sélectionnons les meilleures parmi les possibles en fonction de certains critères établis. Une étude de projet ferroviaire se décompose en deux phases :

- Phase N°1 : l'étude d'avant-projet sommaire (APS).1
- Phase N°2 : l'étude d'avant-projet sommaire (APS).2
- Phase N°3 : l'étude d'avant-projet détaillé (APD).

Deux variantes sont proposées pour desservir le futur port centre. Les deux variantes prennent origine de Hadjout, Nador, traversent Oued Nador, Oued Hachem et la rocade de Tipaza.

V.3.Détails des variantes

Suite à l'étude de plusieurs possibilités de raccordement et de liaison dans la phase antérieure de l'étude, les couloirs finaux à analyser sont fixés comme suit :

V.3.1 Variante N° 01

la variante (N° 01) suivent le chemin de la RN42 direction Nord-Ouest pour rejoindre la localité de Ahmer El Ain. Alors que la variante (N° 01) prend la direction Nord suivant le chemin de la route reliant entre Ahmer El Ain et Sidi Rached (CW 106) passant par Cinq martyrs pour rejoindre la localité de Sidi Rached sur un relief plat, le tracé croise la RN67 et continu vers Tipaza sur un relief qui change d'aspect pour devenir accidenté, A Tipaza la variante passe par la commune Nador avec croisement de la RN11 puis Beni Othman. La variante N° 1, d'un linéaire de 15 km présente 2 nouvelle gare.

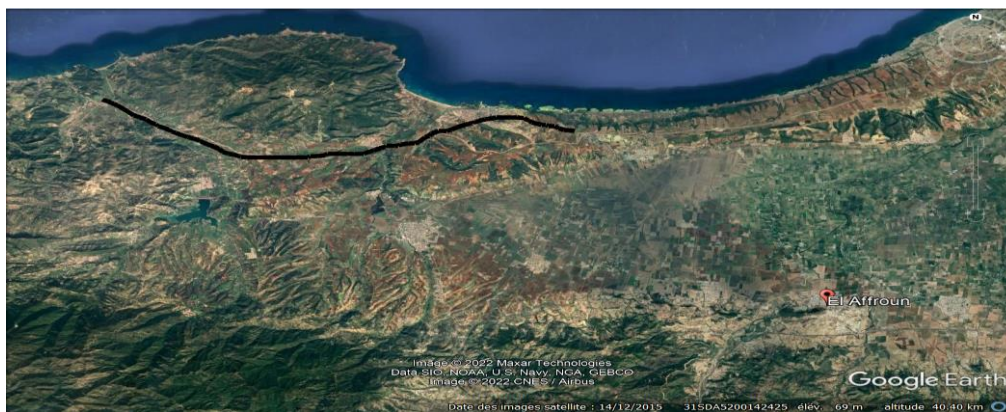


Figure 1 Parcours-station de variante N°1

V.3.2. Variante 02

Environ 10 km. Les 3 premiers kilomètres du projet traversent la plaine de Metidja et sont un terres agricoles plates basées sur des routes de vergers oued près des plaines pour les céréales, la culture de légumes et le fourrage, les serres agricoles et les parcelles d'irrigation. Après 3 km, le projet traverse une petite zone montagneuse de 200 m, suivie d'un autre 1 km de terres agricoles plates. Vers la fin du tronçon de 5 km à partir de Nador, le terrain est plus ou moins vallonné avec des terres agricoles, des vergers et des serres agricoles.

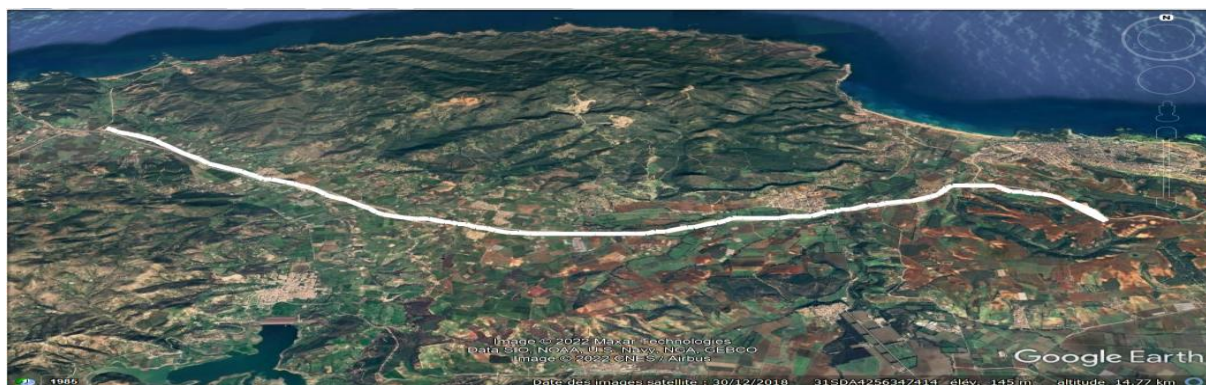


Figure. V. 2 Parcours de variante N° 2

V.3.2.1 Tableau de comparaison des variantes

Tableau suivant représente comparaison entre deux variantes parapet nombre des ouvrages hydraulique, d'art et la longueur :

	Ouvrage d'art			Ouvrage hydraulique		La longueur
	Viaduc	P. supérieur	P. inférieur	Dalot	Buse	Km
Variante (APS)	2	6	3	4	3	15
Variante 2 (APS)	2	5	2	2	2	10

V.3.4. Choix entre les deux variantes :

La variante N° 02 (APS) est retenue la plus favorable pour les raisons suivantes :

- Le coût de réalisation ;
- L'accessibilité ;
- L'exploitation des trains ;
- Elle attire plus de voyageurs que la variante N° 01, car elle couvre la quasi-totalité des villes entre El Affroun et Tipaza ;
- Elle est plus proche du port d'El Hamdania que la variante N° 01

V.3.5. CONCLUSION

Il a été constaté qu'une analyse multicritère des variantes n°1 et n°2 des deux tronçons considérés (variante principale et route secondaire) a révélé la variante la plus économique et la moins chère du point de vue du transport de marchandises et de voyageurs. La variante n° 2 est présente dans le tronçon El Affroun-Tipaza et la variante n° 2 est présente dans le tronçon Hadjout-El. En fonction de l'importance du port commercial principal, l'itinéraire final part de la gare d'El Affroun (W. Blida) et se poursuit jusqu'à El Hamdania cherchale (W. Blida). Tipaza) offre des services reliant les villages de Tipasa et Nador. Cette variante est donc maintenue au stade de l'avant-projet et fait l'objet d'une étude d'avant-projet détaillée (APD)

V.4. Les Gares

V.4.1. Introduction

La gare ferroviaire se présente comme un lieu d'arrêt des trains pour assurer la montée et la descente des voyageurs et le chargement déchargement de la marchandise et se présente aussi comme un nœud de liaison entre la ville et son système de transport public.

Notre tronçon comprend une gare au niveau de Hadjout et une bifurcation à Nador :

- La gare de Hadjout est située entre PK 19+250 et PK 20+300.
- La Bifurcation de Nador est située entre PK 23+800 et PK 24+720.

V.4.2. TYPES DES GARES

On distingue plusieurs types des gares :

- Gare de voyageurs.
- Gare de marchandises Ferroviaire.
- Gare mixte.
- Gare de triage.

V.4.3. INSTALLATIONS D'UNE GARE VOYAGEUSE :

Les stations ont plusieurs installations et bâtiments, selon le type, la conception et la catégorie de la gare.

- **Le bâtiment de voyageurs** : c'est un espace réservé aux voyageurs dans lequel on peut trouver une salle d'attente, guichet de billet, poste de sécurité, kiosque... etc.
- **Les bâtiments à usages divers (B.U.D)** : c'est un espace de service réservé aux agents de chemins de fer.
- **Quais** : c'est une bande parallèle à la voie ferrée qui permet l'accès aux trains.
- **Abris de quais** : c'est une installation sur le quai qui a pour but de protéger les voyageurs des intempéries.

- **Les 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

V.4.4. INSTALLATIONS D'UNE GARE MARCHANDISES :

Les installations de la base d'une gare de marchandises sont :

- Un BS (bâtiment de service) pour accomplir les formalités de l'acte commercial.
- Des cours de débord pour embarquement et débarquement des marchandises.
- Quais de débord.
- Halle de stockage.
- Parking pour stationnement du véhicule

V.4.5. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE LA GARE :

V.4.5.1. La marge de glissement à l'aval des signaux :

Une zone de glissement est une section de voie sur une extension d'un itinéraire ferroviaire derrière des feux de circulation fermés où aucun autre trafic n'est autorisé.

Le but de la limite de glissement est de minimiser les conséquences des accidents et d'éviter les collisions même en cas d'interdiction si le train n'a pas pu être arrêté avant cette limite.

Selon l'UIC 741, la longueur de la bande coulissante est définie comme :

- 50-200 m : selon la vitesse de la ligne, comme à l'aval des signaux de protection, des signaux d'entrée, des signaux intermédiaires ou de sortie :

$LG=200m$ pour $V \geq 60Km/h$

$LG=100m$ pour $40 \frac{Km}{h} \leq V \leq 60Km/h$

$LG = 50 m$ pour $V < 40 Km/h$.

- 50 m : à l'aval des signaux de blocs

V.4.5.2. Garage franc (GF) :

De part et d'autre de la voie de stationnement, marquez la partie de la voie qui doit être occupée par les véhicules stationnés. Le garage libre est situé à une distance D du cœur des équipements de voie, avec une position de base de $D = 3,57 m$.

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

N : variable dépend de l'ouverture de l'appareil de voie

- Pour l'appareil de voie type 1/12 : $GF = 44 \text{ m}$.
- Pour l'appareil de voie type 1/9 : $GF = 34 \text{ m}$.

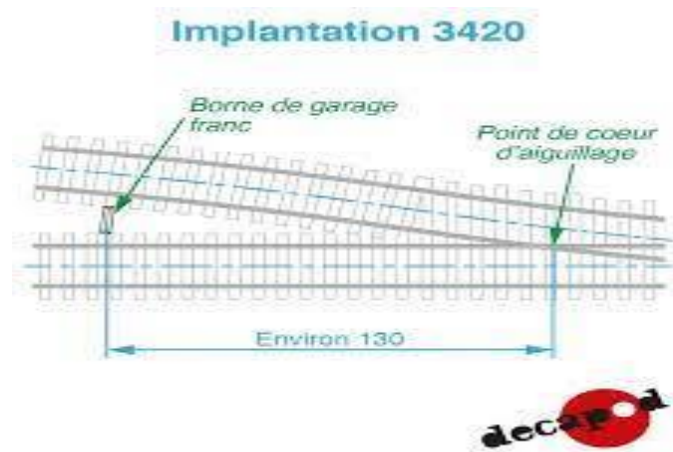


Figure V.3. Garage franc

V.4.5.3. La longueur utile d'une voie de stationnement :

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. La longueur utile est la distance séparant deux garages francs. Selon la SNTF La longueur utile minimale est de :

- 426 m : pour les trains voyageurs.
- 870 m pour les trains de marchandise (pour la voie principale et la voie de service).

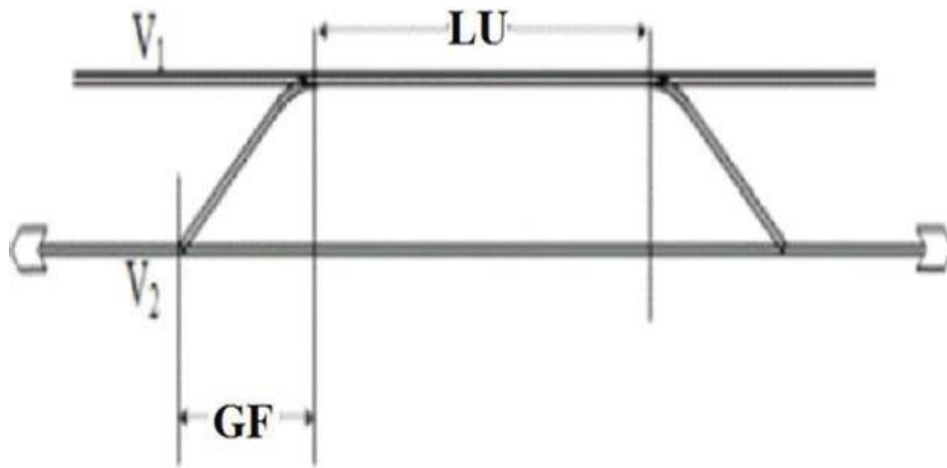


Figure V. 4. Longueur utile de stationnement et garage franc

V.4.5.4. Heurtoir :

Matérialise la fin d'une voie de garage ou de sécurité. Les heurtoirs sont placés aux extrémités des voies pour éviter que les véhicules en mouvement continuent leur chemin en dehors de la voie, conçue pour absorber l'énergie cinétique des trains qui les heurtent par l'intermédiaire des tampons.

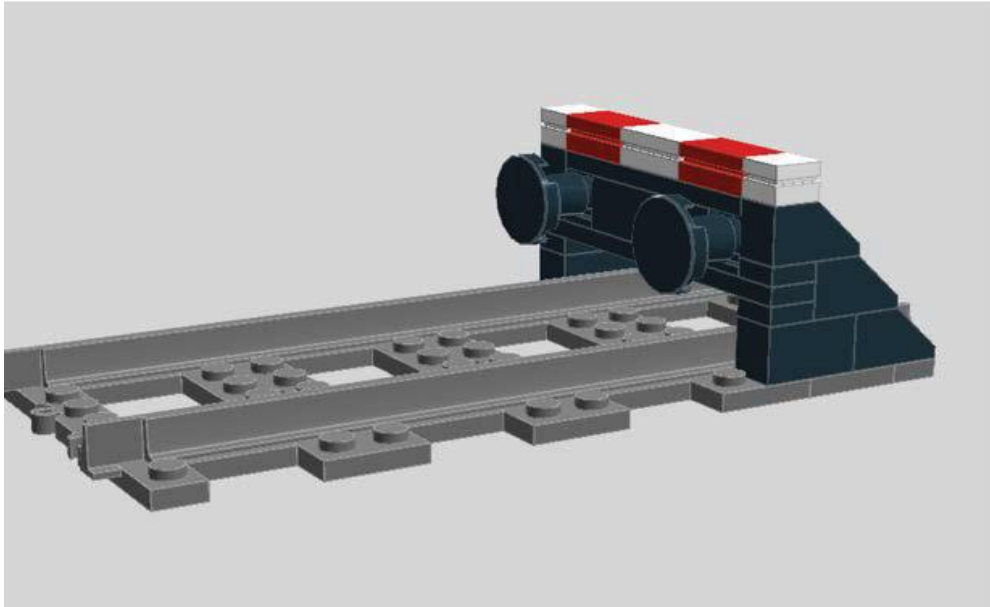


Figure .V.5.un heurtoir [1]

V.4. 5.5. QUAÏ :**V.4.5.5.1. La hauteur du quai :**

La hauteur nominale du bord du quai devra être de 550 mm ou de 760 mm au-dessus de la table de roulement selon le type de matériel roulant qui est susceptible de s'arrêter à ce quai.

- Plus grand que 760 mm - quais dits hauts.
- Plus petit que 550 mm - quais dits bas.

En se basant sur les normes de l'UIC 741 OR Une hauteur de quai de 550 mm est recommandée.

V.4.5.5.2 Distance par rapport à l'axe de la voie :

Pour les bordures de quais implantées à la hauteur nominale de 550 mm et de 760 mm, la distance nominale à l'axe de la voie est fixée à :

$$L \text{ (mm)} = 1\,650 + S$$

La valeur de S est donnée par la formule :

$$S = \frac{3750}{R} + \frac{I - 1435}{2}$$

- R : étant le rayon de la voie en (m).

- I : étant l'écartement de la voie en (mm).

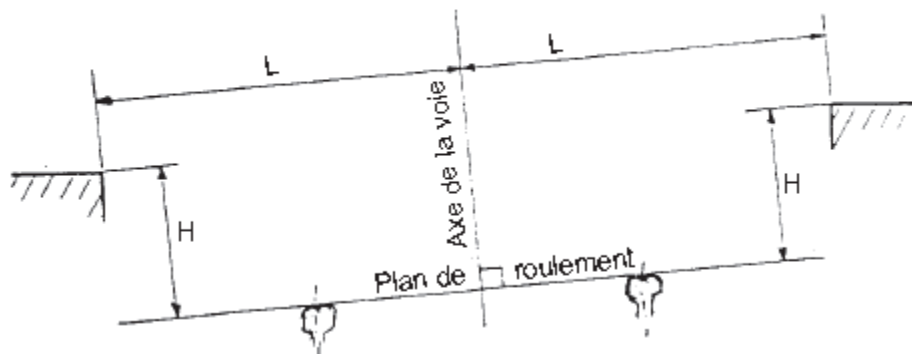


Figure. V. 6. hauteur de quai et la distance entre le bout de quai et l'axe de la voie [1]

V.4.5.5.3. Entraxe entre les quais :

Selon SNTF :

- Entraxe normal > 11.3 m.
- Entraxe minimal > 9.3 m.

V.4.5.6. Appareils de la voie :

L'exploitation des voies ferrées exige des dispositifs de liaison et d'intersection des itinéraires que l'on désigne appareils de voie c'est un dispositif de guidage permettant le passage d'une voie à une autre en assurant la continuité des voies par extension.

Le type de l'appareil est désigné par la valeur de tangente d'implantation exprimée sous la forme décimale.

L'appareil de voie se compose de trois parties : aiguillage, la partie intermédiaire et partie cœur (croisement).

Il existe trois catégories d'appareils de voie :

- Les branchements.
- Les traversées.
- Les traversées jonctions.

Les spécifications et les dimensions des appareils de voie type UIC 60E1 sont présentées dans le tableau suivant :

Appareil de voie	Type de rail	R (m)	LQ(m)	A(m)	B(m)	Vitesse (km/h)
1/12	UIC60 E1	500	43.481	20.797	22.684	65km/h
1/9	UIC60 E1	300	34.538	16.616	17.922	50km/h
	UIC60 E1	190	28.328	10.523	17.805	40km/h

Tableau 1 Spécifications et dimensions des appareils de voie type UIC 60E1

V.4.5.6.1. Implantation des appareils de voie➤ **Cas normal sans contraintes :**

- Distance entre fin de quai et garage franc $\geq 130m$

- Location en alignement droit, suivant la courbure de l'alignement horizontal.
- Appareils 60-500-1 h 12 avec une vitesse de branchement de 60 km/h.



Figure 7 implantation d'un appareil de voie sans contraintes [1]

➤ Cas avec contraintes :

- Disposition d'un appareil de protection avec une distance entre fin de quai et appareil $\geq 80m$
- Appareils 60 – 500 – 1 : 12 avec une vitesse de branchement de 60 km/h.
- Distance appareil de voie courbe $\geq 6m$: il est prévu des rampes de dévers sans doucine.

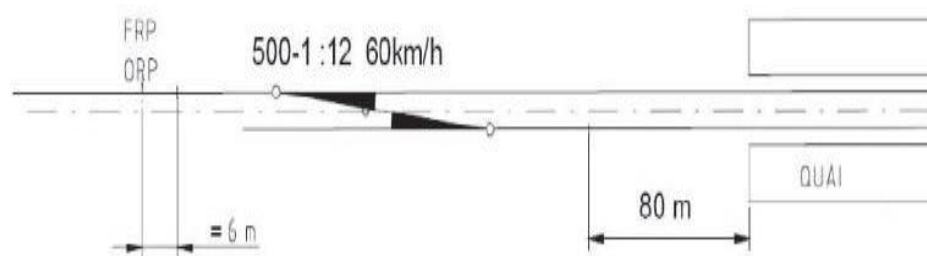


Figure V. 8. implantation d'un appareil de voie avec contraintes. [1]

V.4.6.APPLICATION AU PROJET

V.4.6.1.la gare Hadjout :

V.4.6.1.1. Localisation de la gare :

La gare de EL 'Hadjout est une gare mixte (voyageurs et marchandises) située entre le PK 19+250 et PK 20+300 du côté nord de la ville, elle est desservie par un chemin raccordé à la RN67, la gare est bordée par des terres agricoles.



Figure 9 Localisation de la gare D'EL HADJOUT

V.4.6.1.2. Caractéristiques de la gare :

Selon les normes de la SNTF, les caractéristiques géométriques recommandées des gares sont comme suivies :

- La marge de glissement à l'aval des signaux :

Pour notre projet $LG = 200$ m.

- La longueur des quais :

Pour notre gare on prend 300 m comme longueur des quais, en considérant 4 wagons de 75 m.

- Hauteur des quais :

Pour notre cas nous prenons un quai de hauteur : $H = 550$ mm.

- Largeur des quais :

Pour notre projet $L = 8m$.

- Distance du quai par rapport à l'axe de la voie :

La gare de Hadjout est située en alignement droit donc $R = \infty$

$$S = \frac{3750}{R} + \frac{(I - 1435)}{2} = \frac{3750}{\infty} + \frac{(1435 - 1435)}{2} = 0$$

$$L(mm) = 1650 + S = 1650 + 0 = 1650mm$$

Entraxe entre les quais :

Pour la gare de Hadjout $e = 13 m$.

Appareils de la voie

- 12 appareils 60 E1 500 1/12.

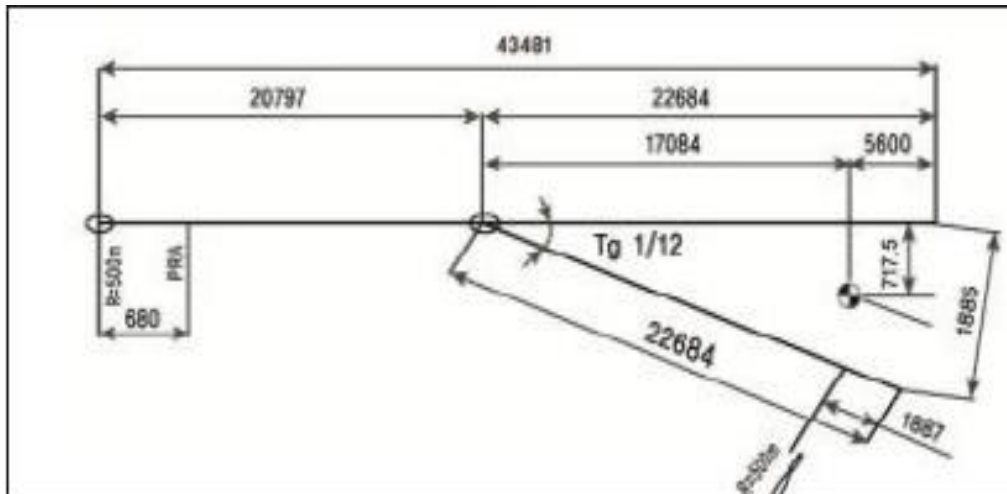


Figure .V. 10 Les appareils de voie type UIC 60E1 500 1/12.

- 04 appareils 60 E1 300 1/9.

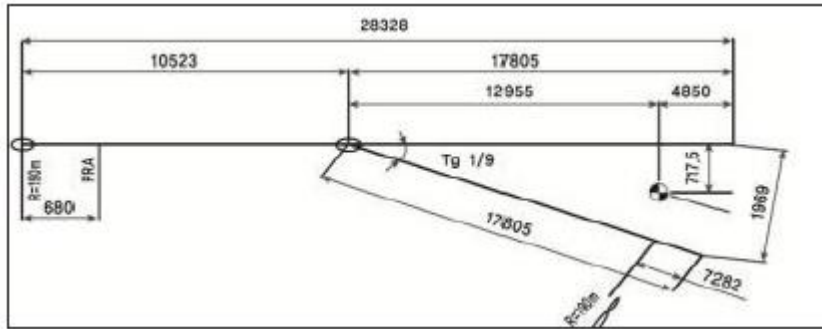


Figure 11 Les appareils de voie type UIC 60E1 300 1/9

- Garage franc :

Pour l'appareil de voie type 1/12 : GF = 44 m.

V.4.6.1.3. Schéma de la gare de Hadjout :

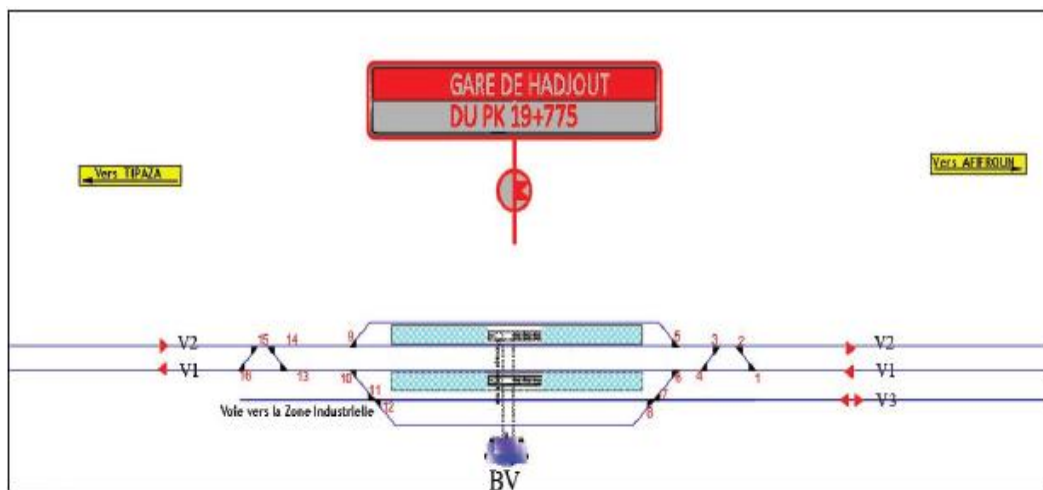


Figure.12. Schéma de la gare de Hadjout

N°	TYPE APPAREIL	DEVIATION
1	60 E1 500 1/12	Droit (DD)
2	60 E1 500 1/12	Droit (DD)
3	60 E1 500 1/12	Gauche (DG)
4	60 E1 500 1/12	Gauche (DG)
5	60 E1 500 1/12	Droit (DD)
6	60 E1 500 1/12	Gauche (DG)
7	60 E1 300 1/12	Gauche (DG)
8	60 E1 300 1/12	Gauche (DG)
9	60 E1 500 1/12	Gauche (DG)
10	60 E1 500 1/12	Droit (DD)
11	60 E1 300 1/12	Droit (DD)
12	60 E1 300 1/12	Droit (DD)
13	60 E1 500 1/12	Droit (DD)
14	60 E1 500 1/12	Droit (DD)
15	60 E1 500 1/12	Gauche (DG)
16	60 E1 500 1/12	Gauche (DG)

Tableau. V. 2caractéristiques des appareils de voie de la gare de Hadjout [1]

V.4.6.1.4. Coupe transversale de la gare de Hadjout :

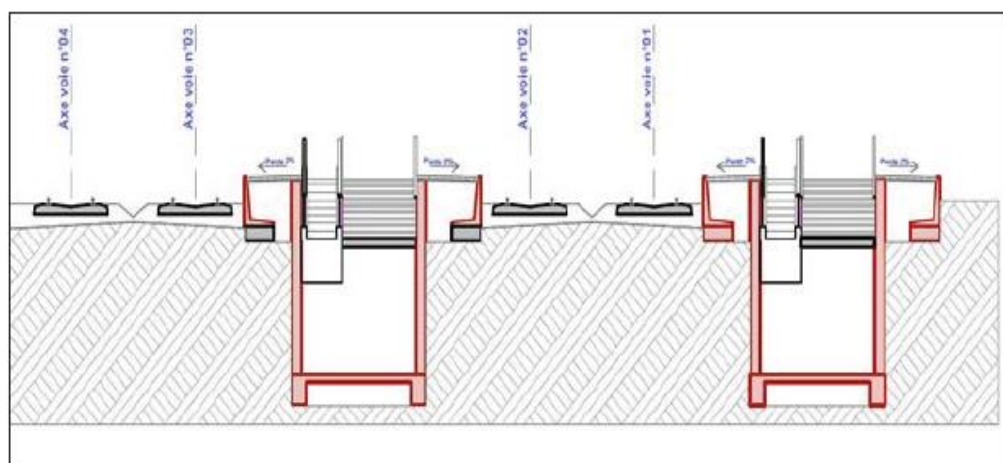


Figure. V. 13Coupe transversale de la gare de Hadjout [1]

V.4.6.2. Aménagement de la Bifurcation de Nador :

V.4.6.2.1. Localisation de la gare :

La Bifurcation de NADOR située entre le PK 23+800 ET PK24 + 720DU côté Sud de la ville, la bifurcation NADOR va desservir au futur la ville de Tipaza.

V.4.6.2.2. Appareils de la voie :

- 3 appareils 60 E1 500 1/12.
- Garage franc : Pour l'appareil de voie type 1^{er} décembre : GF = 44 m.

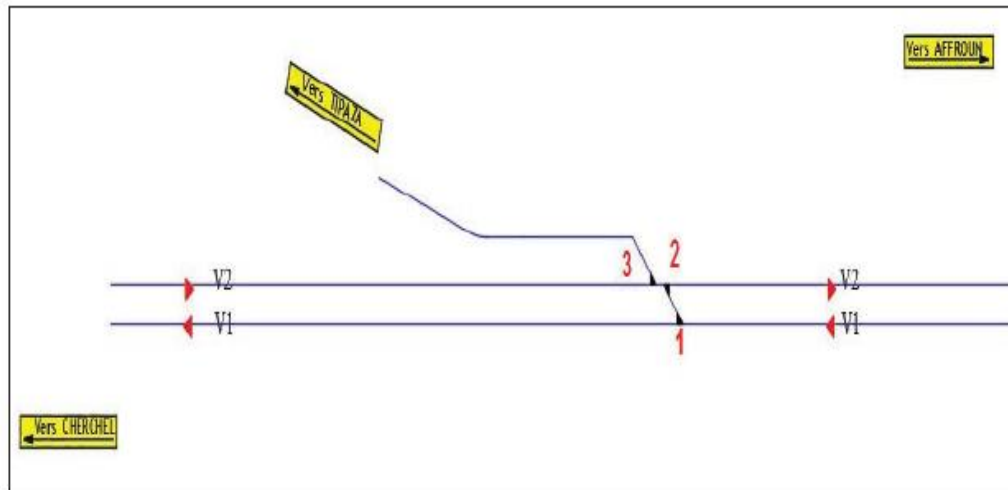


Figure. V. 14schéma de la Bifurcation Nador [1]

N°	TYPE APPAREIL	DEVIATION
1	60 E1 500 1/12	Droit (d'aider)
2	60 E1 500 1/12	Droit (d'aider)
3	60 E1 500 1/12	Droit (d'aider)

Tableau. V. 3.caractéristiques des appareils de voie de la Bifurcation Nador

V.5.Points de croisement

Quatre nouvelles stations seront également créées à Hadjout et RN11 à Cherchell.

Depuis le début du projet jusqu'à Nador, la variante traverse la plaine de Metidja et comprend des terres agricoles fertiles utilisées pour les céréales, la culture de légumes et le fourrage, le reboisement de fruits (oranges, pommes, etc.), des parcelles irriguées et des serres.

Sur le plan topographique, un relevé des terres et des limites dénombrées indique que le projet dans son ensemble est situé dans une zone agricole très fertile (qui est la plaine de Metilla). Et le reboisement composé. Les arbres fruitiers sont proéminents le long de presque toute l'allée du projet.

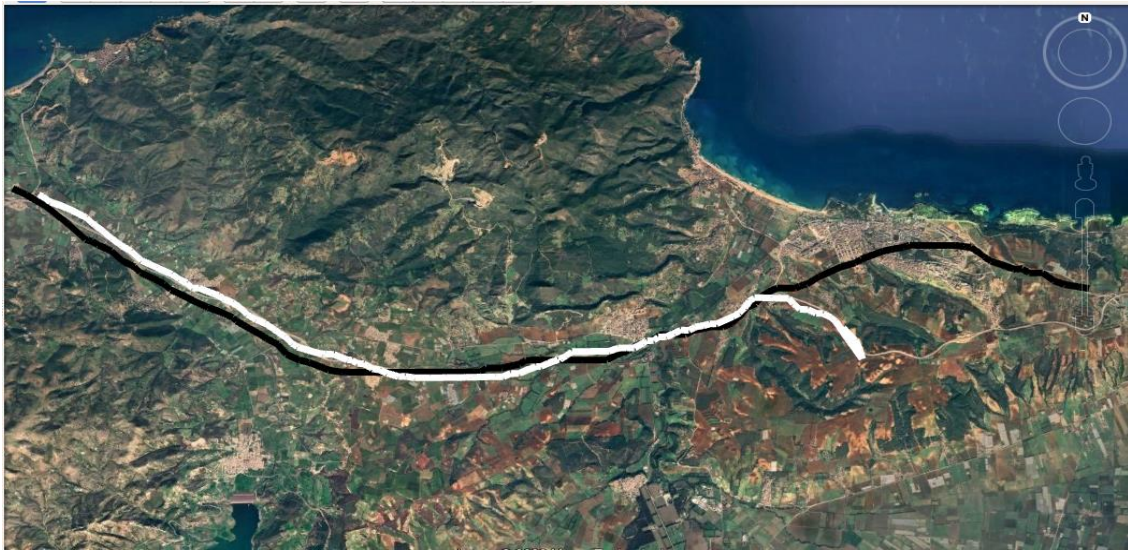


Figure .V. 15 Zone occupée par les variantes.

Chapitre V I Avant-projet détaillé (APD)

VI.1. Introduction

L'étude géométrique de la trace de la voie a pour but d'assurer la stabilité dynamique, le Confort et la sécurité des biens et des personnes, il est donc indispensable de rechercher la meilleure forme géométrique à donner à la surface de roulement de la voie et du tracé adopté pour cette surface.

VI.2. Tracé en plan :

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

VI. 2.1. Paramètre du tracé à respecter

Pour la bonne conception de notre nouveau tracé ferré qui doit assurer un compromis économique entre les coûts de maintenance de la voie, ceux du matériel, le confort des voyageurs et les performances, traduites en temps de parcours. On doit respecter les règles suivantes :

- ✦ Comme c'est une étude en APD, on ne doit pas sortir du couloir choisi.
- ✦ Raccordement à la voie existant au début et fin du projet.
- ✦ Utiliser le maximum d'alignement.
- ✦ Suivre les courbes de niveau afin de diminuer les terrassements.
- ✦ Éviter le franchissement des oueds et des routes dans la mesure du possible pour éviter les travaux d'ouvrages d'art, dans le cas où on ne peut pas éviter ça, il est préférable que le franchissement se fait perpendiculairement à la ligne d'écoulement des oueds ou bien dans les endroits les plus étroits.
- ✦ **Éviter les problèmes des talus :**
 - Talus en déblai (éviter la présence de nappe, terrains plastiques et la présence de roches fissurées).
 - Talus en remblai (éviter les terrains instables et les sols compressibles)

VI.2.2. Elaboration du tracé en plan

Le tracé en plan se compose de la succession des éléments suivants :

- Alignement droit (longueur minimale $V/2$ exceptionnellement $V/3$),

- Pleine courbe (longueur minimale $V/2$ exceptionnellement $V/3$),
- Courbe de transition de type Clothoïde.
- Distance entre 2 appareils de voie pris en déviation $V/2$ (par rapport à la vitesse en déviation).
- Distance entre une clothoïde et un appareil de voie $V/2$ (par rapport à la vitesse en déviation).

Pour limiter les efforts transversaux sur la voie, les rayons minimaux normal et exceptionnels sont définis à partir de l'insuffisance de devers admissible (I) pour les vitesses maximales et à partir de l'excès de devers admissible (E) pour les vitesses minimales sans que le devers maximum ne soit dépassé.

Ils répondent ainsi à la double inéquation :

$$\frac{a}{g} \frac{V_{min}^2}{d_{max} - E} \geq R \geq \frac{a}{g} \frac{V_{min}^2}{d_{max} + I}$$

La première partie exprime les limites d'application du devers maximal pour les trains lents, la seconde partie le rayon minimum applicable pour les trains rapides. Les deux conditions devant se réaliser simultanément, La synthèse s'exprime dans le tableau des paramètres cinématiques établis pour les vitesses maximales :

Paramètre et symbole	Valeur normale	Valeur exceptionnelle
Devers maximal (d max)	150 mm	160 mm
Insuffisance de devers voyageur (I)	150 mm	160 mm
Excès de Devers (E)	100 mm	130 mm
Variation de Devers (g)	180 / V	216 / V
Limite de variation de devers (di/dt)	75 mm/s	90 mm/s

Tableau VI. 1. paramètres géométrique du tracé. [15]

Les principales caractéristiques géométriques du tracé adoptées pour cette étude sont :

- Vitesse voyageur : $V_v=160$ Km/h
- Vitesse marchandises : $V_m=80$ Km/h
- Insuffisance de dévers $I=150$ mm
- Excès de dévers : $E=100$ mm
- Dévers max : $D=160$ mm

- **Rapport de variation de dévers dans le temps dD/dt**

Le rapport de variation de dévers dans le temps se calcule avec la formule suivante

$$\frac{dD}{dt} = \frac{\Delta D - V_{max}}{3.6.L} \leq \left(\frac{dD}{dt}\right)_{lim}$$

- La valeur limite recommandée : 50mm/s
- La valeur limite minimum : 60mm/s

- **Rapport de variation de dévers en longueur dD/dl**

Le rapport de variation de dévers se calcule avec la formule suivante :

$$\frac{dD}{dl} = \frac{3.6}{V_{max}} \frac{dD}{dt}$$

Dans notre projet les valeurs limitent de la variation de dévers en fonction de temps :

- La valeur limite recommandée : 2.25mm/m
- La valeur limite minimum : 2.5mm/m

- **Variation de l'insuffisance de dévers en fonction de temps**

Pour les éléments de transition avec variation uniformes de la courbe et du dévers on peut établir la relation suivante ou ΔI est la variation totale d'insuffisance de dévers :

Dans notre projet les valeurs limitent de la variation de l'insuffisance de dévers en fonction de temps :

- La limite recommandée : 55mm/s.
- La limite minimum : 90mm/s

.

. APPLICATION AU PROJET :

Vitesse maximale (voyageur)	V max=160 km/h
Vitesse des trains lents (marchandise)	V min=80 km/h
Insuffisance de dévers maximum	Imax =150 mm
Excès de dévers (valeur limite normale)	E= 90 mm
Dévers max	Dmax= 160 mm
Variation de dévers (valeur limite normale)	$\frac{\Delta d}{\Delta t} = 50 \text{ mm/s.}$
Variation de l'insuffisance de dévers (valeur limite normale)	$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 75 \text{ mm/s}$
Paramètres du gauchissement (valeur limite normale)	1.125 mm/m

Tableau VI. 2.paramètres géométrique du tracé. [15]**★ Calcul le rayon minimal :**

Il est recommandé de calculer le rayon minimal on faisant référence à l'insuffisance de dévers.

$$I = d_{th} - d_p = 11.8 \times \frac{V^2}{R} - d_p \leq I_{rec} \rightarrow 11.8 \times \frac{V^2}{R_{mim}} - \frac{1000 \times C}{R_{mim}} \leq I_{rec}$$

$$\text{AN : } R_{mim} \geq \frac{5.8 \times 160^2}{150} = 989.86 \text{ m}$$

On preened

$$R_{mim} = 1000 \text{ m}$$

Avec :

. d_{th} En (mm), **V** : vitesse en (km/h), **R** : rayon en (m). **I**: Insuffisance de dévers (mm) ;

E : Excès de dévers ; **R** : Rayon de courbe (m) .**V** : Vitesse (km/h) ; d_p : Dévers réel (mm). ;

C : Coefficient de dévers.

Le dévers associé au rayon minimal est donné par la suite :

$$d_{R_{min}} = \frac{1000 \times C}{R_{min}} = \frac{1000 \times 0.06 \times 160}{1000} = 153.6 \text{ mm}$$

$d_{R_{min}} = 153.6 < d_{\max}$ (recommandé) = 160 donc on peut le retenir.

Remarque. Il est recommandé de choisir une valeur de dévers multiple de 10. Avantageux pour faciliter la tâche à accomplir.

Application au projet pour R=4000m selon la norme UIC on prend 4000m

➤ Calcul de dévers théorique d_{th} :

$$d_{th} = 11.8 \times \frac{V^2}{R} = 11.8 \times \frac{160^2}{4000} = 75.52 \text{ mm}$$

$$\rightarrow d_{th} = 75.52 \text{ mm}$$

➤ Calcul de coefficient de dévers C :

$$C = 0.006 \times V_{max}^2 = 0.006 \times 160^2 = 153.6 \rightarrow C = 153.6$$

➤ Calcul de dévers pratique d_p :

$$d_p = \frac{1000 \times C}{R} = \frac{1000 \times 153.6}{4000} = 38.4 \text{ mm}.$$

→ On prend : $d_p = 39 \text{ mm} < 160$ vérifié.

➤ Calcul de l'insuffisance de dévers I :

$$I = d_{th} - d_p = 75.52 - 39 = 36.52 \text{ mm}$$

→ $I = 36.52 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$ vérifié.

➤ Calcul d'excès de dévers E :

D'abord on calcule le dévers théorique des trains lent ($V_{min} = 80 \text{ km/h}$) :

$$d_{th'} = 11.8 \times \frac{V_{min}^2}{R} = 11.8 \times \frac{80^2}{4000} = 18.88 \text{ mm}$$

$$E = d_p - d_{th'} = 39 - 18.88 = 20.12 \text{ mm}$$

→ $E = 20.12 \text{ mm} < 90 \text{ mm}$ vérifié.

➤ Calcul de la longueur et le paramètre de la clothoïde :

$$L_{CL} \geq \frac{d_p \times V_{max}}{3.6 \times \frac{\Delta d}{\Delta t}} = \frac{39 \times 160}{3.6 \times 50} = 34.67 \text{ m} ; \text{ On prend : } L_{CL} = 35 \text{ m}$$

→ $L_{CL} = 35 \text{ m}$.

$$A = \sqrt{R \times L_{CL}} = \sqrt{4000 \times 35} = 374.17$$

→ $A = 374.17$

➤ Variation de dévers :

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d \times V_{max}}{3.6 \times L_{LC}} = \frac{39 \times 160}{3.6 \times 35} = 49.52 \text{ mm/s}.$$

→ $\frac{\Delta d}{\Delta t} = 49.52 \text{ mm/s} < 50 \text{ mm/s}$ vérifier

➤ Variation de l'insuffisance de dévers ΔI :

$$\frac{\Delta I}{\Delta T} = \frac{I \times V_{ma}}{3.6 \times L_{CL}} = \frac{36.52 \times 160}{3.6 \times 35} = 46.37 \text{ mm/s}$$

→ $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 46.37 \text{ mm/s} < 75 \text{ mm/s}$ vérifier.

➤ Gauchissement et variation du dévers d/L :

$$\frac{d_p}{L_{CL}} = \frac{39}{35} = 1.11 \text{ mm/m}.$$

$$\rightarrow \frac{d_p}{L_{CL}} = 1.11 \text{ mm/m} < 1.125 \text{ mm/m} \text{ vérifié.}$$

VI.2.4. CALCUL DE L'AXE EN PLAN :

Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe.

γ : Angle entre alignement

T : Grande tangente.

ΔR : Ripage.

X_M : Abscisse du centre de cercle.

R : Rayon de virage.

ζ : Angle de tangente.

SL : La corde à la clothoïde.

ϵ : L'angle polaire.

L : longueur de clothoïde.

KA : début de clothoïde.

KE : Fin de clothoïde.

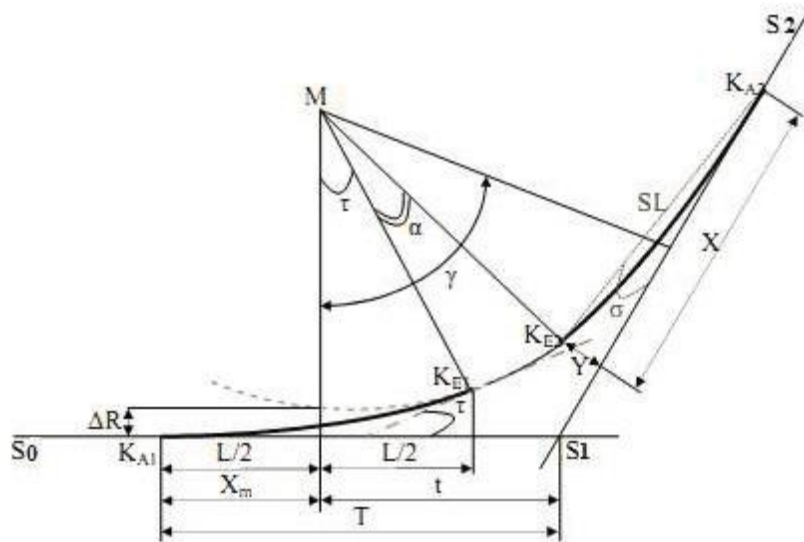


Figure.VI. 1.les éléments de courbe avec clothoïde. [5]

VI.2.4.1. La méthodologie de calcul :

Dans le calcul de l'axe, la partie principale est la clothoïde, un élément géométrique spécifique défini par une formule approchée. Puisque le calcul est effectué à ne partir de points dont les

coordonnées sont connues, les étapes suivantes doivent être suivies pour calculer l'axe :

- L'équation de la clothoïde $A^2 = L \times R$.
- Calcul de la longueur de clothoïde : $L = \frac{A^2}{R}$
- Calcul de l'angle de tangente : $\zeta = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{M}$ (**grade**).
- Distance du centre de courbe parallèle à l'axe de l'alignement : $X_m = \frac{L}{2}$ (m).
- Le ripage qui est la variation du rayon entre le début et la fin de clothoïde :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} (m)$$

Azimut γ (degrés) entre deux directions

Je tords un coup d'œil à certains des axes. Il se compose d'une ligne droite, la première branche clothoïde du premier KA1 et du dernier KE1, un arc de cercle de KE1 à KE2, et une seconde branche clothoïde de KE2 à KA2.

- $X_{KE} = L$ (m) ; la longueur de clothoïde.
- $y_{KE} = \frac{L^2}{6R}$ La hauteur par rapport à l'axe.
- $\sigma = \arctan\left(\frac{y_{KE}}{x_{KE}}\right)$ (**grade**) : l'angle entre KE et l'axe.
- $T = X_m + (R + \Delta R) \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)$ (m)
- $S_0 S_1 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$
- $S_1 K_{A1} = S_1 S_2 - T_m$
- $S_L = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$
- $\alpha = \gamma - 2\tau$ (**grade**)
- $K_{E1} K_{E2} = \frac{\pi R \alpha}{200}$

VI.2.4.2. Application au projet :

Pour notre projet on choisit le premier virage au niveau du faisceau. Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit :

Points	X	Y	Rayon(m)
S_0	448536.138	4042185.628	4000
S_1	446133.009	4042806.992	
S_2	448488.080	4044448.685	

Tableau 3:les données de l'arc choisi pour l'exemple.

1) Calcul de la distance S_0S_1 :

$$\Delta X_{S_0}^{S_1} = X_{S_1} - X_{S_0} = 446133.009 - 448536.138 = -2403.129 \text{ m.}$$

$$\Delta Y_{S_0}^{S_1} = Y_{S_1} - Y_{S_0} = 4042806.992 - 4042185.628 = 621.364 \text{ m.}$$

$$S_0S_1 = \sqrt{(\Delta X_{S_0}^{S_1})^2 + (\Delta Y_{S_0}^{S_1})^2} = \sqrt{(-2403.129)^2 + (621.364)^2} = 2482.160 \text{ m.}$$

2) calcul du gisement S_0S_1 :

$$G_{S_0}^{S_1} = 200 + \alpha = 200 + \arctg\left(\frac{-2403.129}{621.364}\right) = 124.494 \text{ gr.}$$

3) Calcul de la distance S_1S_2 :

$$\Delta X_{S_1}^{S_2} = X_{S_2} - X_{S_1} = 448488.080 - 446133.009 = 2355.071 \text{ m.}$$

$$\Delta Y_{S_1}^{S_2} = Y_{S_2} - Y_{S_1} = 4044448.685 - 4042806.992 = 1641.693 \text{ m.}$$

$$S_1S_2 = \sqrt{(X_{S_2}^{S_1})^2 + (Y_{S_2}^{S_1})^2} = \sqrt{(2355.071)^2 + (1641.693)^2} = 2870.80 \text{ m.}$$

4) Calcul du gisement S_1S_2 :

$$G_{S_1}^{S_2} = 200 + \alpha = 200 + \arctg\left(\frac{\Delta X_{S_1}^{S_2}}{\Delta Y_{S_1}^{S_2}}\right) = 200 + \arctg\left(\frac{2355.071}{1641.693}\right) = 255.12 \text{ gr.}$$

6) Calcul de longueur de clothoïde L :

Le paramètre de clothoïde qui vaut $A = 406.20 \text{ m.}$

$$L = \frac{A^2}{R} = \frac{406.20^2}{4000} = 41.24 = 42 \text{ m}$$

7) Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{42}{2 \times 4000} \times \frac{200}{\pi} = 0.33 \text{ gr.}$$

8) Calcul de tangent T :

$$T = XM + (R + \Delta R) \times \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

$$X_m = \frac{L}{2} = \frac{42}{2} = 21 \text{ m} \quad ; X_m : \text{Abscisse du centre de cercle.}$$

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} = \frac{42^2}{24 \times 4000} = 0.02 \text{ m} \quad ; \Delta R \text{ Le ripage}$$

$$T = 21 + (4000 + 0.02) \times \tan\left(\frac{60}{2}\right) = 2330.412 \text{ m.}$$

9) Calcul de la distance S_{0KA1} :

$$S_{0KA1} = S_0S_1 - T = 2482.160 - 2330.412 = 151.748 \text{ m.}$$

10) Calcul de la corde S_L

$$S_L = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$$

Tell que :

$X_{KE} = L = 42 \text{ m.}$; La longueur de clothoïde.

$$Y_{KE} = \frac{L^2}{6R} = \frac{42^2}{6 \times 4000} = 0.1 \text{ m.} ; \text{ la hauteur par rapport à l'axe.}$$

$$S_L = \sqrt{42^2 + 0.1^2} = 42.0001 \text{ m.}$$

11) Calcul de l'angle polaire σ :

$$\sigma = \arctg\left(\frac{Y_{KE}}{X_{KE}}\right) = \arctg\left(\frac{0.1}{42}\right) = 0.136 \text{ gr.}$$

12) Vérification de non chevauchement :

Pour vérifier la condition de non chevauchement il faut que : $\tau < \frac{\gamma}{2}$

$$\tau = 2.50 \text{ gr} ; \frac{\gamma}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ gr}$$

$\tau = 2.50 \text{ gr} < 30 \text{ gr}$ la condition est vérifiée Donc il n'y a pas de chevauchement

13) Calcul du α :

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 60 - 2(2.50) = 55 \text{ gr.}$$

14) Calcul de la longueur d'arc :

$$B = K_{E1}K_{E2} = \frac{\pi \times R \times \alpha}{200} = \frac{\pi \times 4000 \times 55}{200} = 3454 \text{ m.}$$

VI.2.5. DESCRIPTION DU TRACÉ ET LES CONTRAINTES RENCONTREES:

PK	OBSERVATIONS
PK 19+000 DÉBUT DU PROJET	
19 +210	la ligne ferroviaire franchit un oued
19 +240	Intersection avec la route nationale N° 67 « RN 67 »
19+250 – 20+300	La gare d'el Hadjout, elle est desservie par un chemin raccordé à la RN67, la gare est bordée par des terres agricoles
19+490	Intersection avec une piste
19+950	la ligne ferroviaire franchit un oued
20+060	Intersection avec un chemin communal (CC)
20+422	la ligne ferroviaire franchit un oued
22+267	la ligne ferroviaire franchit un oued
22+580	Poteau électrique de moyenne tension (MT).
22+860	l Intersection avec la route nationale N° 42 « RN 42 »
23+103	la ligne ferroviaire franchit un oued
23+800 – 24+720	Bifurcation NADOR va desservie au futur la ville de Tipaza
24+650	la ligne ferroviaire franchit un oued
25+198	la ligne ferroviaire franchit un oued
25+340 – 25+420	La ligne ferroviaire touche les serres
25+500	Poteau électrique de moyenne tension (MT).
25+560	Intersection avec la rocade de Tipaza
25+665	la ligne ferroviaire franchit un oued
25+920 – 25+970	La ligne ferroviaire touche les serres
26+000	Intersection avec une piste
26+753	la ligne ferroviaire franchit un oued
27+230	Intersection avec une piste agricole
27+742	la ligne ferroviaire franchit un oued
PK 29+000 FIN DU PROJET	

Tableau 4description du tracé et les contraintes rencontrées. [15]

VI.3. Tracé en profil

Définition :

C'est la projection horizontale de la hauteur du rail inférieur de la voie sur un plan vertical passant par l'axe du tracé. Il se compose généralement d'une série de pentes et de rampes reliées par des paraboles. Ces éléments représentent la ligne rouge ou ligne de projet

VI.3.1 Paramètres du tracé à respecter

Tracé en profil est établi sur l'axe de l'ouvrage dans la zone souterraine, et prolongé de telles façons qu'on assure la même pente de la sortie du tunnel vers la zone aérienne. Et pour le bon tracé du profil en long il faut respecter les règles suivantes :

- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à certaines règles.
- Ne pas dépasser les déclivités maximales.
- Respecter les pentes minimales pour assurer un bon écoulement des eaux.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Eviter les hauteurs excessives en remblai et respecter les hauteurs maximales en déblai.
- En voie ferrée, on recherche toujours à avoir les paliers dans le tracé pour faciliter la traction du train.

VI.3.2. Elaboration du tracé en profil**❖ Déclivité maximale**

La déclivité admise varie en fonction de sa longueur.

En principe, les valeurs admissibles à ne pas dépasser sont indiquées ci-après ; cependant dans le cadre d'une étude de variante, ces valeurs pourront être dépassées tout en respectant les dispositions reprises dans la dernière version de l'instruction SNCF/RFF IN 0272.

- En déclivité de longueur inférieure à 3000 m, elle ne doit pas dépasser 16‰ et

Exceptionnellement 18‰.

❖ Rayon admissible en raccordements de profil en long

Les valeurs des rayons minimales admissibles en profil en long sont limitées pour tenir

compte des considérations suivantes :

- a) Lorsqu'un véhicule franchit à une vitesse « V » un raccordement de profil en long de rayon R_v , il est soumis à une accélération centrifuge :

$$a_v = \frac{V_{max}^2}{R_v}$$

Cette accélération doit être limitée afin de ne pas perturber le confort des passagers. En conséquence, le rayon minimum adopté pour le profil en long sera également limité pour ne pas dépasser cette accélération à la vitesse maximale de circulation.

- b) Les raccordements de profil en long sont définis par des raccordements circulaires, sans courbes de transition entre les pentes et le raccordement. Cela entraîne une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement, qui provoque une oscillation de la suspension du véhicule et perturbe le confort des voyageurs.

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

Il en résulte ci-dessous

Tableau.VI. 5.les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil, exprimés en mètres, à respecter (la vitesse V est exprimée en km/h):

Valeur normale	$0,35 V^2$
Valeur exceptionnelle	$0,25 V^2$
Points particuliers à des vitesses inférieures ou égales à 160 km/h	$0,15 V^2$
	$0,15 V^2$

❖ Détermination de la longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil

Entre deux accélérations verticales brutales, un temps assez long doit s'écouler afin de permettre à la suspension d'amortir le choc et d'éviter les effets conjugués de plusieurs accélérations rapprochées, sources d'oscillations importantes du véhicule.

- Valeur minimale normale $V / 2$
- Valeur minimale exceptionnelle $V / 2,5$

- La longueur minimale des raccords de déclivité est de 30 m pour tenir compte des bases de nivellement des bourreuses.

VI.6. EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG :

Le raccordement se fait par une courbe circulaire, l'équation d'un cercle est :

$$X^2 + (y - R)^2 = R^2 \text{ ou encore de la forme } X^2 + y^2 - 2Ry = 0$$

. Cependant, pour les grands rayons ($R \geq 3000\text{m}$), la variation de l'ordonnée y de cet arc par rapport à l'abscisse X est négligeable, surtout pour les carrés ($y^2 \rightarrow 0$), à partir desquels on obtient l'équation de la parabole. $y = x^2/2R$ l'arc de cercle ressemble à l'arc de parabole

A' et B' : Extrémités du raccordement.

- T : Tangente de part et d'autre du sommet.
- G : Milieu de raccordement situé sur la variante.
- A et B: deux points connus sur P1 et P2.
- F : Hauteur de l'abaissement du sommet (Flèche).
- X : Distance entre le sommet et un point A sur P1.
- , $(\alpha + \beta)$ angle de variation ; ou de changement de direction.
- O : Centre du cercle de rayon R.
- E : Sommet ou point de changement de déclivité.
- L : Distance entre les deux points A et B.

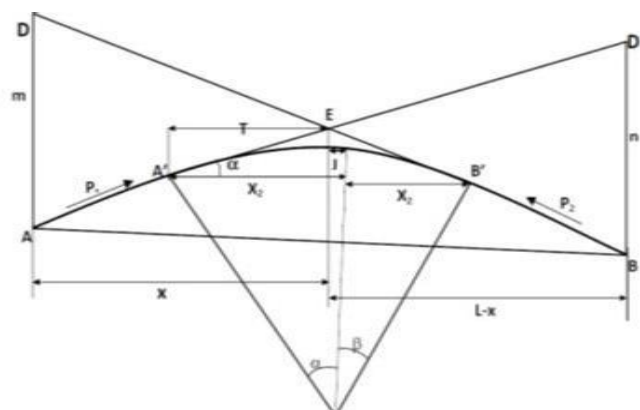


Figure VI. 2.les éléments d'un raccordement en long. [5]

Pour l'exemple de calcul on prend les coordonnées des points de profil en long suivantes

Points	S(m)	Z(m)	Rayon(m)
A	0	57.99	35000
E	1620	53.95	
B	1340	48.85	

Tableau VI. 6. les coordonnées des points de profil en long (exemple).

- Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta S_1} = \frac{53.95 - 57.99}{1620 - 0} = \frac{-4.04}{1620} = -2.4 \text{ ‰.}$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta S_2} = \frac{48.85 - 53.95}{1340 - 1620} = \frac{-5.1}{-280} = 18.21 \text{ ‰.}$$

- Détermination de T :

$$T = \frac{R}{2} |P_2 - P_1| \quad ; P_1 \text{ et } P_2 \text{ les pentes prises avec leurs sens.}$$

$$T = \frac{R}{2} |P_2 - P_1| = \frac{35000}{2} |0.018 + 0.0024| = 357 \text{ m.}$$

- Calcul de la flèche F :

$$F = \frac{T^2}{2R} = \frac{357^2}{2(35000)} = 1.82 \text{ m.}$$

- Point du milieu de raccordement G :

$$Z_G = Z_E + F = 53.95 + 1.82 = 55.77 \text{ m.}$$

$$P_{KG} = P_{KE} = 1620$$

- Point de début et de fin du raccordement :

➤ Début de raccordement A' :

$$Z_{A'} = Z_E - (P_1 \times T) = 53.95 - (0.00 \times 357) = 53.95 \text{ m.}$$

$$P_{KA'} = P_{KE} - T = 1620 - 357 = 1263 \text{ m.}$$

- Fin de raccordement B' :

$$P_{B'} = Z_E - (P_2 \times T) = 53.95 - (0.018 \times 357) = 47.164 \text{ m.}$$

$$P_{KB'} = P_{KE} + T = 1620 + 357 = 1977m.$$

VI.4. Profil en travers

VI.4.2. LES DEFERENTS TYPES DE PROFIL EN TRAVERS :

Il existe deux types de profil en travers qui sont :

VI.4.2.1. Profil en travers type :

Toutes les dimensions et tous les détails de construction sont inclus (largeur de voie, pentes de route et de pente, dimensions d'infrastructure et de superstructure, système de drainage, etc.).

VI.4.2.2. Profil en travers courant :

Appliqué au PK spécifié, il acquiert et fournit toutes les données caractérisant le profil en travers de la voie au PK considéré, notamment la hauteur naturelle du terrain, la hauteur projetée et l'inclinaison de la plate-forme.

VI.4.3 ETABLISSEMENT DU PROFIL EN TRAVERS TYPE :

En chemin de fer, le profil en travers type doit indiquer tous les éléments suivants :

Éléments de la superstructure	• Le type de rail utilisé et la valeur de l'écartement de chaque voie. • Le type de travers utilisé. Épaisseur de la couche de ballast. • La valeur du dévers maximum en courbe. • La longueur des butées du ballast. • Poteaux caténaires et caniveaux à câbles • La pente latérale de la couche de ballast.
Éléments de l'infrastructure	• La dénomination et les épaisseurs de chaque couche. • Les pentes transversales de chaque couche.

	• La pente latérale de la plateforme
Éléments du talus	• La pente de chaque talus. • Les ouvrages de consolidation éventuels.
Éléments d'assainissement	• Le type et dimension du fossé des drains

Tableau VI7constituants du profil en travers type. [15]

VI.4.4. LES PROFILS EN TRAVERS AFFECTES AU PROJET :

Pour notre projet on caractérise nos profils en travers comme suit :

- Type de ligne : double voie mixte électrifiée.
- Ecartement de la voie : 1.435 m (standard).
- Largeurs de la plate-forme :13.6 m.
- Pente latérale de la plate-forme : 4%.
- Largeurs de la berme : 0.30 m.
- Pente latérale de la berme : 4%.
- Entraxe : 4.2m.
- Pente latérale de la couche de ballast : 2/3, (3H et 2V).
- Epaisseur du ballast : 30 cm.
- Epaisseur du sous-ballast : 20cm.
- Epaisseur Couche de fondation : 18 cm.
- Epaisseur de la couche de forme : 35 cm.
- Pente (déblai : 3H /2V et remblai : 3H / 2V).
- Fossé trapézoïdale (b= 0.5 m ; h= 0.55 m ; e= 0.5 m).

Remarque : Pour les raccordements (pleine courbe), toutes les épaisseurs de couche sont pleines sauf la pierre concassée. C'est l'épaisseur du lest qui est augmentée pour créer le carrossage souhaité

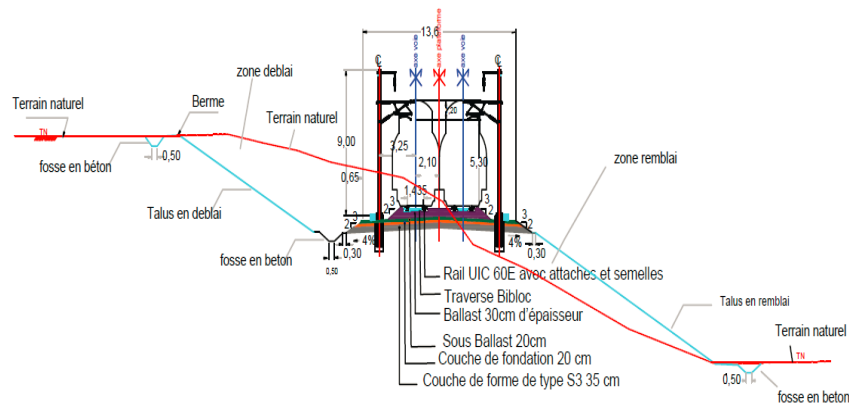


Figure 3profil en travers type du projet (profil mixte).

VI.5. Calcul des cubatures

Les cubatures de terrassement sont calculées en fonction du terrain naturel et de la définition du projet : le tracé en plan, profil en long et profil en travers. Les cubatures sont lourdes, mais il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifient les calculs.

- Méthode de la longueur applicable
- Méthode approchée.
- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès)

Les cubatures sont calculées pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais :

- Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.
- Le travail consiste a calculé les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.
- TN : Terrain Naturelle.
- SD : Surface Déblai.
- SR : Surface Remblai

Aucune des deux méthodes ne donnera des résultats précis. Pour se rapprocher de la précision, nous devons permettre une certaine marge d'erreur (telle que déterminée par

l'ingénieur) pour augmenter le résultat. Les résultats obtenus sont utilisés pour estimer le coût du projet.

Dans le projet étudié, le logiciel Covadis 2016 a été utilisé pour effectuer des calculs de cube de terrassement et de couche de fondation.

- **Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès)**

En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre profils successifs ou **h, S1, S2 et S** désignant respectivement :

- Hauteur entre deux profils
- Hauteur des deux profils en travers P1 et P2.
- Surface limitée à mi-distances des profils.

VI .5.1. Exemple de calcul

Le calcul des cubatures de terrassement a été fait à l'aide du logiciel « COVADIS », les tableaux ci-après résument les résultats obtenus :(les résultats détaillés dans annexe...)

Terrassement	Volume (m3)
Remblais	17733
Déblais	6573,6

Tableau.VI 8Récapitulatif des volumes de terrassement

Terrassement	Volume (m3)
Ballast	901,8
Sous-ballast	602,8
Couche de fondation	580,8
Couche de forme (matériaux QS3)	1172,6

Tableau .VI. 9 . Récapitulatif des volumes des couches d'assise

- **Remarque**

Les profils en travers type du projet sont présentés dans l'annexe 3 a été fait à l'aide du logiciel « COVADIS », les tableaux ci-après résument les résultats obtenus :(les résultats détaillés dans annexe 3)

**Chapitre V II : LES OUVRAGES, ETUDE
HYDROLOGIQUE, ASSINISSEMENT**

VII. 1. LES OUVRAGES

VII.1.1. INTRODUCTION :

Concevoir un système ferroviaire performant qui assure la perméabilité latérale des voies ferrées et surmonte divers obstacles et infrastructures existantes tout en répondant aux exigences techniques et économiques, nous obligeons de doter notre nouvelle ligne les ouvrages d'arts suivants :

- Ponts rail (ouvrages ferroviaires) :
 - Pont sur oued.
 - Passage inférieur
- Ponts routiers :
 - Passage Supérieur.
- Les ouvrages hydrauliques :
 - Dalot (détaillé dans le chapitre de l'assainissement et hydrologie)

VII.1.2. PONTS DE RETABLISSEMENT ROUTIERS :

Les passages supérieurs sont exécutés séquentiellement dans trois champs avec des culées ouvertes ou fermées, ou dans un champ avec une pression hydrostatique avec des culées fermées et des murs en aile coniques Je peux le faire.

Pour des raisons économiques et de facilité de construction, un portique en béton armé avec des murs en aile prolongés a été choisi pour le viaduc.

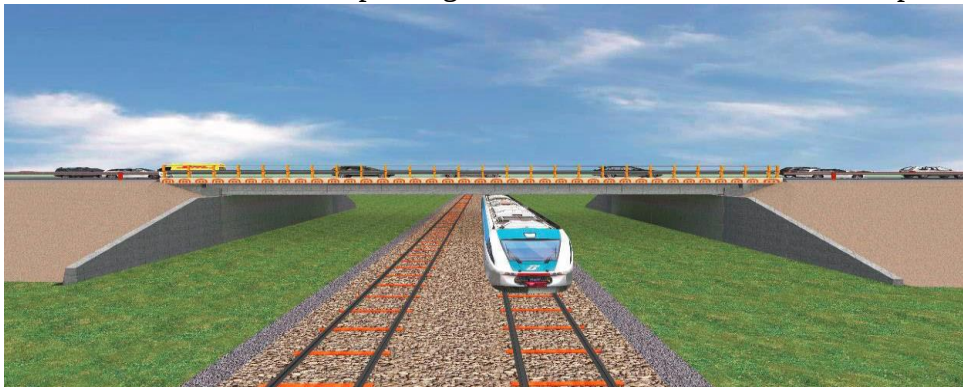


Figure.VI. 1.Un passage supérieur (routier)

VII.1.3.LES OUVRAGES D'ART DU PROJET :

Nous avons rencontré plusieurs obstacles et infrastructures au niveau du tronçon étudié, pour cela nous avons projeté les ouvrages suivants :

Obstacle à franchir	à PK de l'ouvrage	Ouvrage projeté	Le gabarit de l'ouvrage (m)
la route nationale N° 67 « RN 67 »	19+240	Passage Supérieur	7.1
une piste	19+490	Passage Supérieur	7.1
chemin communal (CC)	20+060	Passage Supérieur	7.1
une piste agricole	21+860	Passage Supérieur	7.1
Un Oued	22+267	Ouvrage ferroviaire	/
la route nationale N° 42 « RN 42 »	22+860	Passage Supérieur	7.1
Un Oued	23+103	Ouvrage ferroviaire	/
la rocade de Tipaza	25+560	Passage Inferieur	5.05
une piste	26+000	Passage Inferieur	5.05
une piste agricole	27+ 230	Passage Supérieur	7.1

VII.2. ETUDE HYDROLOGIQUE :

VII.2.1. INTRODUCTION :

L'étude hydrologique a pour but de fournir les éléments hydrologiques nécessaires au projet d'exécution de la ligne ferroviaire, elle nous permet de limiter les sous bassins versants le long de notre tracé, ce qui nous pousse à bien connaître la trajectoire des cours d'eaux qui traversent notre zone d'étude, cette étude inclut également l'analyse statistique des données pluviométriques disponibles pour la zone d'étude.

VII.2.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE GÉNÉRAL :

VII.2.2.1. Présentation générale :

D'après Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) Le couloir de la nouvelle ligne d'El Affroun (W. de Blida) - de Tipaza (localité port centre Cherchell) traverse essentiellement

deux bassins versants 10 et 03 du grand bassin hydrographique du Côtier Algérois codé 02a par l'ANRH.

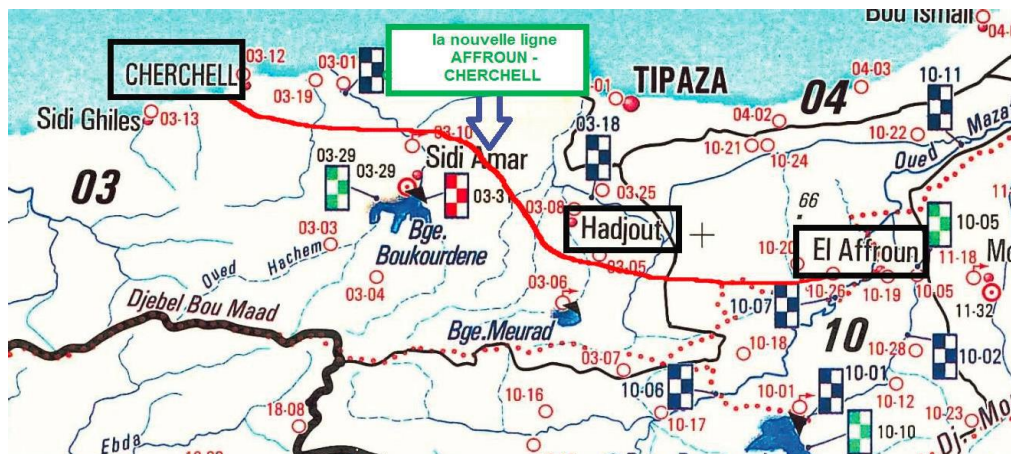


Figure .VII. 2.Situation de la nouvelle ligne ferroviaire EL AFFROUN-CHERCHELL sur la carte du grand bassin côtier Algérois. [16]

VII.7.2.2. Les données Météorologiques de la région de Tipaza :

- **Température :**

La zone d'étude appartient à la zone climatique A (caractérisée par un climat tempéré Subhumide),

mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc	Mo
Tmoy (C°)	12.5	13.25	14.6	16.1	17.5	21	24	24.9	23	21	17.6	17.6	18.3

Tableau .VII.1.Températures moyennes mensuelles (°C), période (1980 -1992). [1]

Une saison chaude, s'étalant du mois de Mai au mois d'Octobre, avec un maximum au mois d'Aout (27,6°C).

- Une saison froide, qui s'étale du mois de Novembre au mois de Mai, avec un minimum au mois de Janvier (10° C).

- **Vent :**

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc	Moye
vent m / s	3.17	2.86	2.57	2.73	5.1	2.27	2.2	2.22	2.26	2.2	2.38	3.0	2.78

Tableau.VII. 2:vents moyens mensuels (m/s), période (1980 -1992).[15]

L'intensité du vent est assez forte sur la façade maritime. Les vents dominants sont de direction Nord- Ouest en hiver et Nord Est en été.

- **Les précipitations mensuelles :**

Les données de précipitation mensuelle couvrent une période de 38 ans (1978 -2016).Elle sont résumées dans le tableau suivant :

Mois	Jan	Fév	Ma r	Avr	Mai	Jui n	Juille t	Ao û	Sep t	Oc t	No v	Déc	Mo y
P (mm)	81. 3	84. 6	76	50. 5	41. 6	9.3	3.1	5.2	30	57	85	99. 2	56.0

Tableau.VI. 3:Précipitations moyennes mensuelles (période 1978- 2016). [15]

La saison des pluies s'étend de novembre à mars, décembre étant le plus humide avec une moyenne de 99,2 mm et juillet et août étant les plus secs avec une moyenne de 3,1 et 5,2 mm respectivement.

VII.2.3. BASSINS VERSANTS :

VII.2.3.1. La délimitation des bassins versants :

A partir des plans topographiques à l'échelle 1/50 000 on a pu localiser les points de franchissement des oueds ainsi que les limites des bassins versants

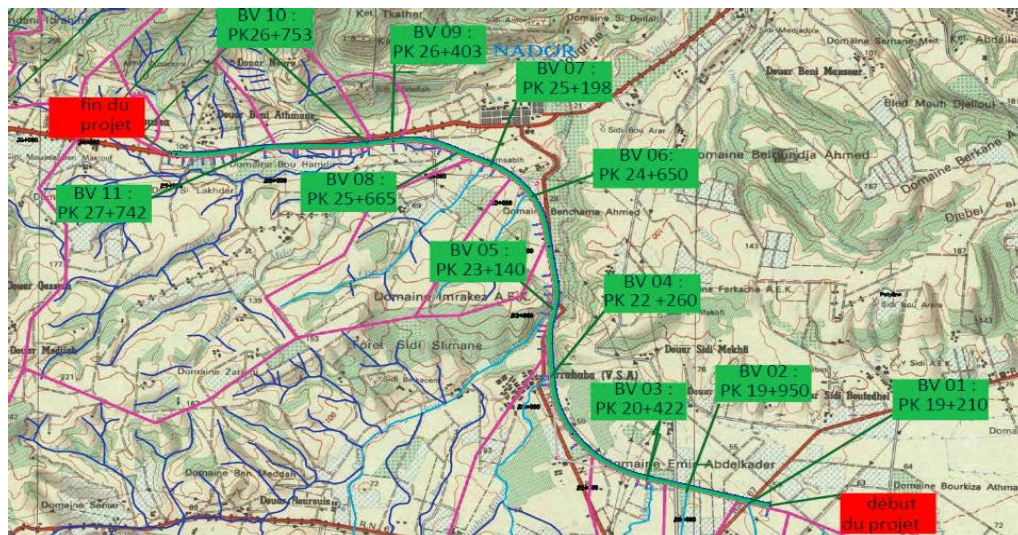


Figure .VII. 3délimitation BV et localisation des points de franchissement des oueds sur la carte des. [15]

VII.2.3.2. Caractéristiques des sous bassins versants (BV) :

La détermination des caractéristiques des bassins versants consiste à calculer ou évaluer les paramètres explicatifs indispensables à l'évaluation des débits de crues. Les paramètres physiques peuvent être calculés, sans grandes difficultés, avec une précision satisfaisante.

Une fois que les bassins sont identifiés on a déterminé les caractéristiques des bassins versants comportant la superficie, la longueur du thalweg principal et sa pente longitudinale, Ce sont des paramètres physiques fixes qui régissent les conditions de formation des crues.

Les caractéristiques des paramètres de bassins versants des oueds traversant la nouvelle ligne ferroviaire « **EL AFFROUN – port centre Cherchell (TIPAZA)** » entre PK19+000 et PK29+000 sont données par le tableau récapitulatif suivant :

N°BV	PK	Surface A (km²)	Longueur L (km)	Cote max Hmax(m)	Cote min Hmin (m)	Cote m Cote Moy Hmoy (m) oye	) D ΔH (m))	Pente bassin J (m/m)
1	19+210	2.68	3.42	150	54	10	296	0.0281
2	19+950	0.99	14.16	96	55	75.2	41	0.0353
3	20+422	36.145	19.78	1018	54	536	964	0.0487
4	22+260	30.333	21.42	980	44	512	936	0.0437
5	23+140	43.84	12.07	508	30	269	478	0.0396
6	24+650	1.379	1.81	122	27	74.5	95	0.0526
7	25+198	2.884	3.24	152	33	9-2.5	119	0.0367
8	25+665	10.58	5.51	252	37	144.5	215	0.000390
9	26+403	0.49	0.88	192	56	124	136	0.1545
10	26+753	2.533	3.59	470	70	270	400	0.1115
12	27+742	2.26	2.96	336	82	209	254	0.0858

Tableau.VII. 4.Les caractéristiques des paramètres de bassins versants entre PK 19+000 ET PK 29+000. [15]

VII.2.4. CALCUL HYDRAULIQUE :

VII.2.4.1. Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue):

Pour estimer les débits de crue des différents bassins versant obtenus par délimitation, on utilise plusieurs méthodes qui sont élaborées en fonction de la pluie et des caractéristiques physiques des bassins versants.

Pour évaluer le débit maximal des bassins versants, on a utilisé les formules suivantes **Formule rationnelle** : ($A < 10 \text{ km}^2$) :

$$Q_{MAX} = \frac{C \times I \times A}{3.6}$$

Tel que :

- Q_{MAX} : débit maximal de la crue de période de retour voulue (m^3/s).
- C : coefficient de ruissellement.
- I : intensité de pluie (mm / h) pour le temps de concentration du BV et la récurrence souhaitée.
- A : la surface du bassin versant (km^2).

Formule de transition : ($10 \text{ Km}^2 < A < 50 \text{ Km}^2$) :

$$Q_T = \alpha Q(RT) + \beta Q(CT)$$

Tel que :

- $A [\text{km}^2]$: surface du bassin versant.
- $PJ [\text{mm} / \text{j}]$: Précipitation journalière maximale décennal.

R : coefficient régional : - $R = 0,2$ pour des terrains perméables.

- $R = 1,5$ à $1,8$ pour des terrains imperméables.

- $R = 1$ pour des terrains intermédiaires.

Avec $1.4 \leq b' \leq 4$

Le paramètre « b' » dépend de la superficie du bassin versant :

- Jusqu'à 20 km^2 , b' est déterminé en appliquant la formule rationnelle (calcul de Q_{10} et Q_{100} comme si la formule rationnelle était applicable) : $b' = Q_{R100}/Q_{R10}$.

- Au-delà de 20 km^2 , b' est déterminé à partir des données provenant des cours d'eau jaugés sur des bassins versants représentatifs à proximité du projet.

VII.2.4.2. Le temps de concentration d'eau T_c :

Le temps de concentration est le temps que mettent des gouttes d'eau non évaporées et non infiltrées dans le sol en descendant du sommet du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

Pour le calcul des temps de concentration des bassins versants on a utilisé les formules suivantes :

- **Formule de Ventura** : ($A < 5 \text{ Km}^2$) : $TC = 0.1272 \sqrt{\frac{A}{J}}$
- **Formule de Passini** ($5 \text{ Km}^2 < A < 25 \text{ Km}^2$) : $TC = \frac{0.108 + (A \times L)}{0.8\sqrt{H}}$
- **Formule de Giandotti** ($A > 25 \text{ km}^2$) : $TC = \frac{(4\sqrt{A}) + (1.5L)}{0.8\sqrt{H}}$

Tel que :

- T_c [h] : temps de concentration.
- A [km^2] : surface du bassin versant.
- J [m/m] : pente brute du bassin.
- L [km] : longueur de l'oued principal.
- H [m] : différence entre l'altitude moyenne et l'altitude de l'exutoire du bassin
- ($H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}$).

VII.2.4.3. Intensité maximale des précipitations :

- Le calcul de l'intensité de la pluie I , pour une certaine durée t et période de retour T est
- Obtenu à partir de l'expression suivante :

$$I(t, T) = \frac{a(T)}{t^{b(T)}}$$

- Tel que :
- $I(t, T)$: Intensité de pluie exprimée en (mm/h).
- T : période de retour exprimée en années (ans).
- t : temps exprimé en heures (h).
- $a(T)$ et $b(T)$: paramètres de Montana :

p période de retour (ans)	A	b
10	45.1	0.66
20	52.7	0.66
50	62.6	0.66

100	70	0.66
------------	-----------	-------------

Tableau.VI.5.valeurs des paramètres de Montana pour différentes périodes.

[16]

VII.2.4.4 Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement C signifie le pourcentage des eaux écoulées sur la terre saturée de pluies par rapport à la quantité totale des eaux courantes, il dépend de :

- La nature du sol.
- l'état de végétalisation sur la terre écoulee.
- La pente P de l'isohypse.

Couverture	Morphologie	Pente	Sable gros	Argile Limon	Argile
Bois	Presque plat	0-5	0.10	0.30	0.40
	Ondulé	5-10	0.25	0.35	0.50
	Montagne	10-30	0.30	0.50	0.60
Pâturage	Presque plat	0-5	0.10	0.30	0.40
	Ondulé	5-10	0.15	0.36	0.55
	Montagne	10-30	0.22	0.42	0.60
Culture	Presque plat	0-5	0.30	0.50	0.60
	Ondulé	5-10	0.40	0.60	0.70
	Montagne	10-30	0.52	0.72	0.82

Tableau.VI.6.Désignation des Coefficient de ruissellement par zones. [15]

VII.2.5. APPLICATION AU PROJET :

VII.2.5.1. 1ere application : (formule rationnelle) :

Tenant compte le bassin versant N° 1:

(A = 2.68 km² < 10 km² □ on applique **la formule rationnelle**)

- A = 2.68 km²

- J = 0.0281 m / m.

- L = 3.42 km.

- **Calcul temps de concentration d'eau Tc :**

A = 2.68 km² < 5 km² on applique **la formule de VENTURA**

$$TC = 0.1272 \sqrt{\frac{A}{J}} = 0.1272 \sqrt{\frac{2.68}{0.0281}} = 1.242h$$

- **Intensité maximale des précipitations I (TC, 100 ans) :**

Pour (T = 100 ans) : a = 70.

$$b = 0.66.$$

$$I(1.242, 100) = \frac{a(T)}{t^{b(T)}} = \frac{70}{1.242^{0.66}} = 60.67 \text{ mm / h.}$$

- **Coefficient de ruissellement :**

(1) Couverture : culture

(2) 0 < pente = 2.81 % < 5 □ Presque plat.

(3) Limon argileux

D'après (1), (2) et (3) → C = 0.5.

- **Calcul du de débit maximal dans les bassins Q100 :**

La formule rationnelle : $Q_{100} = \frac{C \times I \times A}{3.6} = \frac{0.5 \times 60.70 \times 2.68}{3.6} = 22.58 \text{ (m}^3/\text{s)}.$

VII.2.5.2. 2eme application : (Formule de transition) :

Tenant compte du bassin versant N° 3:

(10 Km² < A = 36.145 km² < 50 Km² □ on applique **la Formule de transition**)

- Précipitation journalière maximale décennal Pj,(f=0.90)= 75.1 mm

- A = 36.145 km²

- J = 0.0487 m / m.

- L = 19.78 km.

- H = Hmoy – Hmin = 536 – 54 = 482 m.

- b' = 1.54.

- **Calcul temps de concentration d'eau Tc:**

A = 36.145 km² □ > 25 km² → on applique **la formule de Giandotti**

$$TC = \frac{(4\sqrt{A}) + (1.5L)}{0.8\sqrt{H}} = \frac{(4 \times \sqrt{36.145}) + (1.5 \times 19.78)}{0.8 \times \sqrt{482}} = 3.059 \text{ h.}$$

- **Intensité maximale des précipitations I (TC, 100 ans) :**

Pour (T = 100 ans) : a = 70, b = 0.66.

$$I(3.059, 100) = \frac{a(T)}{t^{b(T)}} = \frac{70}{3.059^{0.66}} = 33.46 \text{ mm / h.}$$

- **Coefficient de ruissellement :**

(1) Couverture : culture

(2) $0 < \text{pente} = 4.87 \% < 5 \square$ Presque plat.

(3) Limon argileux

D'après (1), (2) et (3) $\rightarrow C = 0.5$

- **Calcul de débit maximal dans les bassins Q100 (formule rationnelle):**

$$Q_{100} = \frac{C \times I \times A}{3.6} = \frac{0.5 \times 33.46 \times 36.145}{3.6} = 167.97 \text{ (m}^3/\text{s)}.$$

- **Calcul de débit maximal dans les bassins Q100 (Formule Croupe dix) :**

- **Calcul de débit maximal dans les bassins Q10 (Formule Croupe dix):**

(R = 1) ; (PJ = 75.1 mm)

$$Q_{10} = A^{0.8} \times \left(\frac{p_j}{80}\right)^2 \times R = 36.145^{0.8} \times \left(\frac{75.1}{80}\right)^2 \times 1 = 15.54 \text{ (m}^3/\text{s)}.$$

- **Calcul de débit maximal dans les bassins Q100 (Formule Croupe dix):**

$$b' = 1.54$$

$$Q_{100} = b' \times Q_{10} = 2 \times 15.54 = 31.08 \text{ (m}^3/\text{s)}.$$

- **Calcul coefficients de pondération (α, β) :**

$$\alpha = \frac{50-A}{40} = \frac{50-36.145}{40} = 0.346,$$

$$\beta = 1 - \alpha = 1 - 0.346 = 0.654.$$

- **Calcul de débit maximal dans les bassins Q100 (Formule de transition):**

$$Q_{T100} = \alpha Q(R100) + \beta Q(C100) = 0.364 (167.97) + 0.654 (31.08) = 81.46 \text{ m}^3/\text{s}.$$

NB : les valeurs de débits des BV sont présentées dans l'annexe B3.

VII.3. L'assainissement

VII.3.1. INTRODUCTION :

Dans cette étude, nous allons construire un système de drainage des eaux pour assurer la stabilité de l'infrastructure. Le système doit assurer la collecte des eaux zénithales et souterraines, et l'assainissement de la plate-forme comprend :

- Travail vertical.
- Construction en croix.
- Structure de connexion.

VII.3.2. Dimensionnement hydraulique des ouvrages

VII.3.2.1. LE DRAINAGE TRANSVERSAL

- **Ouvrages hydrauliques transversaux :**

Des ouvrages hydrauliques sont installés aux croisements des voies ferrées et des cours d'eau naturels pour assurer le drainage des eaux pluviales.

Ces ouvrages sont implantés le long du tracé, traversant l'accès à la voie dans le sens de l'écoulement des eaux. Les ponceaux ou les drains sont généralement en béton armé.

VII.3.2.2. Dimensionnement des ouvrages transversaux :

Ces ouvrages seront dimensionnés par la méthode de MANNING-STRICKLER pour un événement pluvial d'occurrence centennale (T=100 ans) :

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

Tel que :

- Q : débit (m³/s).
- **S_m** : section utile de l'ouvrage (m²).
- I : pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).
- R_h : rayon hydraulique (R_h = S_m/P_m). Avec (S_m : section mouillée, P_m : périmètre mouillé).
- K_s : coefficient de rugosité de Strickler dépend de la nature de la surface de l'écoulement :

Nature de la surface K_s	Valeur
Terre	30
Buses métalliques	40
Maçonneries	50
Bétons (dalots)	70
Bétons (Buses préfabriquées)	80

Figure.VI. 4.Valeurs de K_s selon SETRA. [15]

VII.3.2.3. Critères de dimensionnement à respecter :

Pour le dimensionnement des différents ouvrages les critères suivants ont été tenus en compte:

- L'ouvrage doit prévoir évacuer le débit de crue correspondant.

- Le régime de ruissèlement est gravitaire (régime fluvial). $H > h_{critique}$ tel que $h_{critique} = \sqrt[3]{\frac{SQ^2}{gB^2}}$ pour assurer un écoulement fluvial.
- La pente des ouvrages doit être limitée (Pente minimale $I = 0,3 \%$) pour éviter des vitesses trop élevées.
- La hauteur d'eau correspondante à ce débit ne doit pas dépasser 80 % de la hauteur de l'ouvrage. (Selon la norme SNTF hydraulique drainage).
- Les conditions d'auto curage consistent à vérifier les vitesses d'écoulement pour les taux de remplissages de 1% et 10% des débits, afin d'assurer la durabilité des ouvrages (en vue de l'érosion des parois et la stagnation des eaux) :
- 1ère condition : pour $Q_a / Q_{ps} = R_q = 0.1$ il faut $V_{écoulement} > 0.6 \text{ m/s}$.
- 2ème condition : pour $Q_a / Q_{ps} = R_q = 0.01$ il faut $V_{écoulement} > 0.3 \text{ m/s}$.
- 3ème condition : le taux de remplissage en cas de débit d'apport $R_h < 0.8$.

VII.3.2.4. Application au projet :

- **Dimensionnement des dalots :**

Structure de section rectangulaire ou carrée située sous le plan d'étage et caractérisée par une largeur (B) et une hauteur (H). Dans notre projet, le drain est en béton.

- La hauteur de remplissage $H_r = 0.8 H$.
- $K_s = 70$.
- $I = 1\%$.

Dans ce schéma :

- B : largeur nette du cadre (m).
- H : hauteur nette (m).
- $0.8H$: hauteur de remplissage (m).
- $R_h = \frac{0.8 \times H \times B}{B + 2(0.8H)} = \frac{0.8 \times H \times B}{B + 1.6H}$

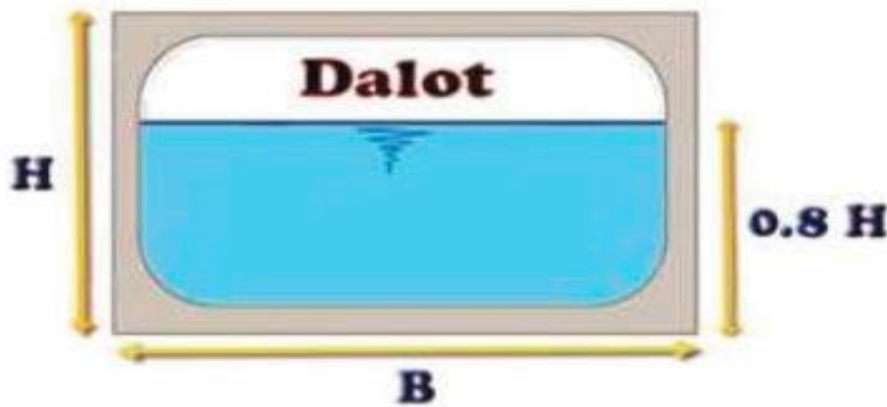


Figure.VII. 5.dimensions du dalot. [5]

On utilisant la formule de Manning –Strickler :

$$Q = K_S \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \rightarrow Q = K_S \times (0.8H \times B) \left(\frac{0.8 \times H \times B}{B + 1.6H} \right)^{2/3} I^{1/2}$$

$$\rightarrow Q = K_S (0.8H \times B)^{3/5} \frac{1}{(1.6H + B)^{2/3}} I^{1/2} \rightarrow K_S (0.8H \times B)^{5/3} I^{1/2} = Q (1.6H + B)^{2/3}$$

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

$$\text{Avec } [H_0 = \left(\frac{Q}{K_S I^{1/2}} \right)^{3/5}]$$

La résolution de cette équation se fait par la méthode itérative, On propose un dalot carré avec une seule cellule : B = H.

- **Application numérique :**

Tenant compte de BV N° 9 (PK 26 +403) :

Qa=15.59 m³/s , Pente I = 1 % , Ks = 70. , H₀ = 1.59.

- Après le calcul itératif, les valeurs retenues pour cette section (dalot) sont : **H = 2 m ;**

B = 2m

$$\rightarrow Q_c = 70 \times 3.2 \times 0.62^{2/3} \times 0.1^{1/2} = 16.21 \text{ m}^3/\text{s}.$$

PK	Ouvrages Prévus	h (m)	B (m)	Sm (m ²)	Pm (m)	Rh (m)	Qa (m ³ /s)	Qc (m ³ /s)	Qps (m ³ /s)	Vps (m/s)
26+403	Dalot	2	2	3.2	5.2	0.62	15.59	16.21	21.36	5.34

Tableau 7 La vérification hydraulique des ouvrages d'assainissement transversaux. [15]

- **Vérification de la condition pour assurer un écoulement fluvial :**

$$h_{critique} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^2}} = \sqrt[3]{\frac{16.11^2}{9.8 \times 2^2}} = 1.87 \text{ m} < H = 2\text{m} \rightarrow \text{la condition est vérifiée.}$$

• **Vérification les conditions d'auto curage :**

1ere condition :

Pour $Q_a / Q_{ps} = R_q = 0.1$ il faut $V_{\text{écoulement}} > 0.6 \text{ m/s}$.

$$R_q = 0.1 \rightarrow R_v = 0.638 = \frac{V}{V_{ps}} \rightarrow V = R_v \times V_{ps} = 0.638 \times 5.34 = 3.4 \text{ m/s}$$

$V = 3.4 \text{ m/s} > 0.6 \text{ m/s} \rightarrow \text{la condition est vérifiée.}$

2ere condition :

Pour $Q_a / Q_{ps} = R_q = 0.01$ il faut $V_{\text{écoulement}} > 0.3 \text{ m/s}$

$$R_q = 0.01 \rightarrow R_v = 0.315 = \frac{V}{V_{ps}} \rightarrow V = R_v \times V_{ps} = 0.315 \times 5.34 = 1.68 \text{ m/s.}$$

$V = 1.68 \text{ m/s} > 0.3 \text{ m/s} \rightarrow \text{la condition est vérifiée.}$

3ere condition :

Le taux de remplissage en cas de débit d'apport $R_h > 0.8$

$$R_q = \frac{Q_a}{Q_{ps}} = \frac{15.59}{21.36} = 0.72 \rightarrow R_h = 0.7920 < 0.8 \rightarrow \text{la condition est vérifiée.}$$

$\rightarrow$ le dalot est bien dimensionné

Dans le tableau suivant nous présentons les dimensions retenues des ouvrages d'assainissement traversant le projet:

N°B V	PK	Qa (m3/s)	Nbr Cellul es	H (m)	B (m)	Sm (m2)	Pm (m)	R (m)	I (%)	Qc (m3/s)	Type d'ouvr age	Dimens ion Final (H× B)
1	19+2 10	22.5 8	1	2	3	4.8	6. 2	0.7 7	1	28.33	Dalot	1(2m× 3m)
2	19+9 50	12.4 9	1	2	2	3.2	5. 2	0.6 1	1	16.21	Dalot	1(2m× 2m)
3	20+4 22	81.4 6	1	3.5	4	11. 2	9. 6	1.1 7	1	86.89	Dalot	(3.5m× 4m)
4	22+2 60	68.3 7	Ouvrage d'art (pont)									
5	23+1 40	53.2 2	Ouvrage d'art (pont)									

6	24+6 50	21.3 6	1	2	3	4.8	6. 2	0.7 7	1	28.33	Dalot	1(2m× 3m)
7	25+1 98	25.9 0	1	2.5	3	6	7	0.8 6	1	37.9	Dalot	(2.5m× 3m)
8	25+6 65	61.5 1	1	3	4	9.6	8. 8	1.0 9	1	71.21	Dalot	1(3m× 3m)
9	26+4 03	15.2 1	1	2	2	3.2	5. 2	0.6 1	1	16.21	Dalot	1(2m× 2m)
10	26+7 53	41.1 3	1	3	3.5	8.4	8. 6	0.9 8	1	57.88	Dalot	1(3m× 3m)
11	27+7 42	34.9 3	1	2.5	3	6	7	0.8 6	1	37.9	dalot	(2.5m× 3m)

Tableau .VII. 8.Dimensions des ouvrages d'assainissement traversant le projet. [15]

VII.3.4. Calcul hydraulique des ponts :

Dans cette partie, sachant que le débit de validation est de 1,5 fois le débit calculé par une étude hydrologique (SETRA-Guide 2006), le gabarit (surface mouillée minimale respectée) nécessaire pour passer le débit souhaité Nous présentons un calcul approximatif de Soustrayez la hauteur du pont du fond de l'oued pour permettre un tirant d'eau minimum de 1,5 m.

Le calcul se fait par l'équation de Manning-Strickler :

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

VII.3.4.1. Application au projet :

Tenant compte du pont qui traverse Oued Hachem au pk 22+260 :

$$Q_{100} = 68.37 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow Q \text{ vérification} = 1.5 \times Q_{100} = 1.5 \times 68.37 = 102.55 \text{ m}^3/\text{s}$$

Avec :

$$I = 0.0437.$$

$$K_s = 30.$$

$$\text{Largueur d'oued est } B = 3.3 \text{ m.}$$

$$Q = K_S \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \rightarrow Q = K_S \times (0.8H \times B) \left(\frac{0.8 \times H \times B}{B + 1.6H} \right)^{2/3} I^{1/2}$$

$$\rightarrow Q = K_S (0.8H \times B)^{3/5} \frac{1}{(1.6H + B)^{2/3}} I^{1/2} \rightarrow K_S (0.8H \times B)^{5/3} I^{1/2} = Q (1.6HB)^{2/3} \rightarrow$$

$$(0.8H \times B)^{5/3} = \frac{Q}{K_S I^{1/2}} (1.6H + B)^{2/3} \rightarrow H = \frac{1}{0.8B} \left(\frac{Q}{K_S I^{1/2}} \right)^{3/5} (1.6H \times B)^{2/3} = H_0 \frac{(1.6H + B)^{2/5}}{0.8B}$$

La résolution de cette équation se fait par la méthode itérative :

En trouve H = 8.3 m.

Donc la hauteur minimale du pont par rapport au fond du oued est $H_{\text{pont}}=8.3+1.5=9.8\text{m}$.

Le calcul hydraulique des ponts est présenté dans le tableau ci-après :

PK	I	KS	larguer de fond d'oued(m)	Q100 (m3/s)	Qvérification (m3/s)	hauteur du pont(m)
22+260	0.0437	30	3.3	68.37	102.55	9.8
23+140	0.0396	30	2.8	53.22	79.83	8.02

Tableau.VI. 9.Calcul hydraulique des ponts de tracé étudié. [15]

VII.3.3. DRAINAGE LONGITUDINAL

VII.3.3.1. Dimensionnement des fossés :

Ils assurent la collecte et le drainage des eaux de ruissellement générées par les plates formes, bermes et remblais vers des travaux de drainage naturel ou d'assainissement latéral, selon la pente de la tranchée et la nature du matériau du sol.

Pour leur dimensionnement on utilise la formule de Manning-Strickler :

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

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

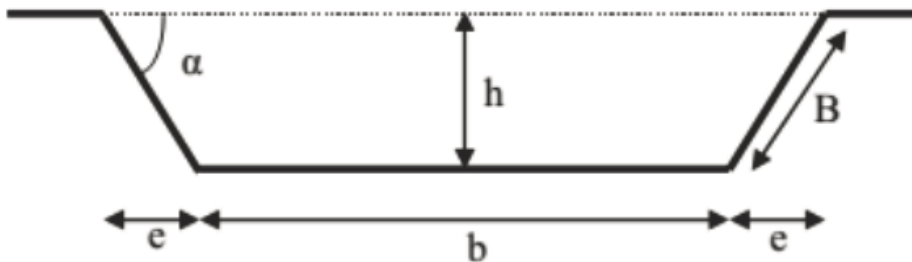


Figure.VII. 6.fosse de forme trapézoïdale. [5]

Avec :

- La surface mouillée : $S_m = (b+z \times h) \times h$ (avec z la pente des berges)
- Le périmètre mouillé : $P_m = b + 2h \sqrt{1 + z^2}$
- La hauteur maximale admissible de remplissage pour l'écoulement dans les fossés est la hauteur totale.

- Les dimensions du fossé sont obtenues, en écrivant l'égalité du débit d'apport et le débit de saturation $Q_s = Q_{Apport}$

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

Pour la détermination des dimensions des fossés on va faire des itérations.

VII.3.3.1.1. Applications au projet :

		Cas du déblai	Cas du remblai
		Le cas le plus défavorable : - Longueur : 2200m. - Hauteur (max) :12.46m.	Le cas le plus défavorable : -Longueur : 1550m. - Hauteur (max) :8.55m.
Plateforme	C	0.9	0.9
	P (m/m)	0.04	0.04
	$A(K_{m^2})$	0.01496	0.01054
	Tc(h)	0.078	0.065
	I (mm/h)	249.16	281.53
	$Q (m^3 /s)$	0.9318	0.741
Les bermes	C	0.7	0.7
	P (m/m)	0.04	0.04
	$A(K_{m^2})$	0.00066	0.000465
	Tc(h)	0.016	0.014
	I (mm/h)	720	787.54
	$Q (m^3 /s)$	0.0924	0.0712
Les talus	C	0.7	0.7
	P (m/m)	0.67	0.67
	$A(K_{m^2})$	0.0283942	0.01476678

	Tc(h)	0.262	0.019
	I (mm/h)	511.13	641.82
	Q (m ³ /s)	2.82	1.84
Qa (m3/s)		Qpf + Qb +Qt = 3.844(m ³ /s)	Qpf + Qb +Qt = 2.65 (m ³ /s)

Tableau.VII. 10.Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai. [15]

En conclusion, les types des fossés adoptés pour notre projet sont :

- **En remblai** : un fossé de dimensions : h=0.55m, b=0.5m.
- **En déblai** : un fossé de dimensions : h=0.55m, b=0.5m.

Donc Pour la totalité du tracé nous prenons un fossé de : h=0.55m, b=0.5m.

VII.3.5. CONCLUSION :

Des études hydrologiques et hydrologiques antérieures, nous concluons que le tracé enquêté contient une part très importante des travaux en termes d'ouvrages de drainage longitudinal et transversal.

- Deux (2) Pont sur oued.

- Neuf (9) ouvrages hydrauliques (dalot).

- Un fossé de forme trapézoïdale (h=0.55m, b=0.5m). sur linéaire de 10 km dans les deux cotés à droite et à gauche

Remarque : les résultats précédente rapport hydrologique et hydraulique

VII.4. SIGNALISATION :

VII.4.1. INTRODUCTION :

Les signaux ferroviaires utilisés aujourd'hui sur les lignes classiques sont luminescents, constitués essentiellement d'un ou plusieurs feux de couleur disposés sur un écran noir séparés par une bordure blanche rectangulaire ou circulaire. J'utilise le même panneau. Les signaux optiques comprennent également des tableaux d'émission et des tableaux ou affiches de réflectomètre.

VII.4.2. Rôle des installations DE LA SIGNALISATION :

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

- L'espace 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).

VII.4.3. 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.

VII.4.3.1. LA fonctionnment du système général

Le type de système de signalisation choisi par le client pour le nouvel itinéraire EL Affroune – Centre ports (EL HAMDANIA-TIPAZA) est ERTMS/ETCS Niveau 1 (Système Européen de Gestion du Trafic Ferroviaire/Système Européen de Contrôle des Trains) pour le contrôle et la surveillance de la sécurité des trains trafic.). Le composant ETCS complète le système de feux de circulation traditionnel et conserve toutes ses fonctionnalités.

VII.4.3.2. ERTMS niveau 1 :

Le train reçoit son autorisation de mouvement via des balises au sol, cette autorisation de mouvement est calculée par le centre de contrôle en fonction de l'occupation des autres.



Figure VI 7LE SYSTEME EUROPEEN DE CONTROLE DES TRAINS (ERTMS) niveau1. [17]

VII.4.3.2. Transmission sol machine (Les équipements au sol) :

Ce niveau utilise une transmission ponctuelle à l'aide de balises placées au pied des signaux et en amont. Ces balises (euro balises) communiquent les données de signalisation au train. Le système de transmission ponctuel est constitué de la façon suivante :

- **Un codeur appelé LINE – SIDE ELECTRONIC UNIT (LEU) :**

Le LEU permet de coder les informations de signalisation au format ERTMS. Il est en interface entre les installations de signalisation latérale et la balise. Il dispose d'une interface unifiée au niveau européen, celle avec la balise, l'interface avec la signalisation étant définie au niveau national.

- **Les balises (L'euro balise) :**

Une Euro balise est un équipement ferroviaire placé entre les deux files de rail servant à transmettre des informations aux convois (assure la transmission des messages en liaison montante et entre les systèmes au sol et au train).



Figure VII. 8. Une balise installée sur la voie. [5]

Il existe deux principaux types d'Euro balises : les euros balise fixes et les euros balise commutables :

- **L'Euro balise fixe :**

Il contient des messages indépendants de signalisation et dispose d'une interface uniforme au niveau européen pour

- Les échanges sol-bord.

- **L'Euro balise commutable :**

Il reçoit les messages dépendant de la signalisation et dispose de deux interfaces harmonisées au niveau européen :

- Les échanges sol-bord,

- Les échanges entre la balise et le LEU,

VI1.4.3.3. Les équipements ERTMS à bord des locomotives :

L'interface ERTMS dont dispose le conducteur doit pouvoir effectuer toutes les actions nécessaires au bon fonctionnement du train. Il s'agit d'informations sur les mouvements des trains, la vitesse, les courbes de freinage, des informations auxiliaires de REFERENCE, des informations sur l'itinéraire parcouru et la possibilité d'effectuer une saisie de données. La figure ci-dessous montre un exemple de configuration de l'interface homme-machine ERTMS.

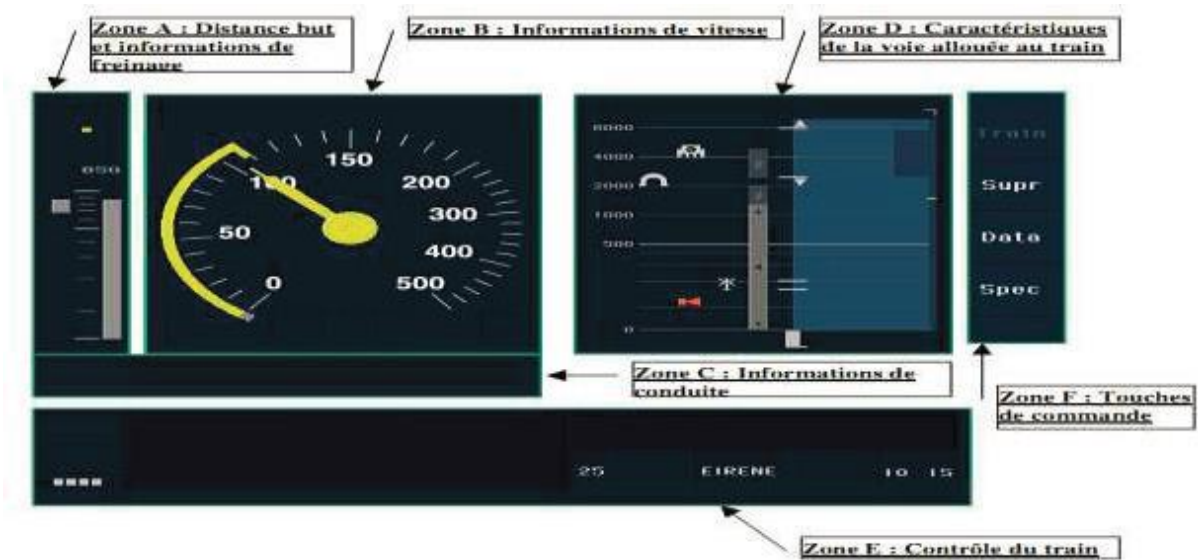


Figure VII.9.L'interface homme Machine ERTMS (source : norme SNTF chap. 10)[17]

VII.4.4. Type de signalisation :

- Cible type 1 ou type C pour les signaux principaux.
- Cibles type 3 ou type H pour les signaux principaux.
- Cible type 4 ou type R pour les signaux d'avertissement.
- Cible type K pour les carrés « violet » de type bas positionnés sur voies principales et à l'origine d'itinéraires de refoulement.

Chapitre VIII DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N° de s	Désignation des travaux	unit é	Quantité	PU(D)	Montant (DA)
1	INSTALLATION DE CHANTIER ET ETUDES D'EXECUTION				
1-1	Amenée du matériel et installation générale du chantier	F	1	305000000	305000000
1-2	Repli du matériel et des installations du chantier	F	1	50000000	50000000
1-3	Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier	F	1	27500000	27500000
cout totale du chantier					382500000
2	TERRASSEMENT				
2-1	Décapage de terre végétale	M3	155555,55	600	93333330
2-2	Déblai mis en remblai	M3	778209,44	900	700388496
2-3	Déblai mis en dépôt	M3	27000	650	17550000
2-4	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme de 0,35 m ep	M3	2357	700	1649900
2-5	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation de 0,18 m ep	M3	28280,57		0
2-6	Fourniture et mise en œuvre de la couche de s/ballast de 0,20 m ep	M3	27 837	200	5567400
Coût total des terrassements (DA)					818489126
3	TRAVAUX DE LA VOIE				
3-1	Fourniture et pose ballast (30 cm)	M3	61 243	800	48994400
3-2	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m)	T	2620,13	121000	317035730
3-3	Pose de voie UIC 60	ML	250	6300	1575000

3-4	Fourniture d'un branchement d'appareil de voie UIC- 60- 1/12- 500	U	15	14200000	213000000
3-5	Pose d'un appareil de voie UIC 60 1/12 500	U	15	620000	9300000
3-6	Fourniture d'un branchement d'appareil de voie UIC 60- 1/9- 190	U	4	13800000	55200000
3-7	Pose d'un appareil de voie UIC 60 1/9 190	U	4	540000	2160000
3-8	Fourniture des traverses en béton armé (VAX U31).	U	35600	5700	202920000
3-9	Fourniture des attachés (Type Nabla) pour rails UIC 60	U	166 280	850	141338000
Coût total de Travaux de la voie (DA)					936323130
4	ASSAINISSEMENT TRANSVERSAL ET LONGITUDINAL				
4-1	Fossé trapézoïdaux en béton armé	ML	21678	6200	134403600
4-2	Dalot en béton armé 2(2 x 2)	M3	100	47080	4708000
4-3	Dalot en béton armé 2(2 x 3)	M3	160	47080	7532800
4-4	Dalot en béton armé 2(2.5 x 3)	M3	198	47086	9323028
4-5	Dalot en béton armé 1(3 x 3)	M3	120	47088	5650560
4-6	Dalot en béton armé 2(3x4)	M3	266	47090	12525940
Coût Total De l'Assainissement Transversal et Longitudinal (DA)					174143928
5	OUVRAGES D'ARTS ET GARE				
5	Pont Hydraulique	U	2	20000000	40000000
5	Les Passages Supérieur	U	5	15000000	75000000
5	Les Passages Inférieur	U	2	9000000	18000000
coût total des ouvrages d'art et gare (DA)					133000000
6	SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION 25 KV/50 HZ				
6-1	Signalisation			0	0
6-2	Electrification 25 KV/50 HZ	KM	10	42605840	426058400
coût total signalisation et électrification					426058400

Récapitulation		
N° Lot	Désignations des lots	Montants(DA)
Lot N°01	installation de chantier et études d'exécution	382500000
Lot N°02	terrassment	818489126
Lot N°03	travaux de la voie	936323130
Lot N°04	assainissement transversal et longitudinal	174143928
Lot N°05	ouvrages d'arts et gare	133000000
Lot N°06	Signalisation et électrification 25 kV/50 Hz	426058400
Montant total hors taxe		2870514584
Investissements annexes et aléas (19%)		545397771
Total general EN HT DA		3415912355

Conclusion générale

Le développement des infrastructures de transport est la pierre angulaire de toute politique d'aménagement du territoire. En fait, ce dernier est par définition, selon la répartition optimale des ressources naturelles et humaines dans le cadre géographique de l'activité économique, nous distinguons donc le transport ferroviaire comme une solution future à plusieurs problèmes que les autres modes ne peuvent pas.

C'est pourquoi l'État cherche à investir dans le secteur ferroviaire en lançant et en modernisant le programme de la ligne ferroviaire nationale.

Notre projet, qui porte sur l'étude de conception finale d'un tronçon de 10 kilomètres de la nouvelle ligne ferroviaire à double voie El Affroune-Port Centre (du PK19 au PK 29), s'inscrit dans le cadre du plan d'aménagement, ferroviaire et d'efficacité et de raccordement de ces villes au réseau ferroviaire.

Notre travail est basé sur des normes existantes (UIC), tout en respectant les exigences de la SNTF pour enfin réaliser une ligne à une vitesse de 160km/h pour un train passagers 80km/h pour les trains de marchandise en assurant le confort et la sécurité.

Nous avons été confrontés à certaines limites qui pouvaient apparaître lors de nos recherches ferroviaires, nous avons donc essayé de trouver la meilleure solution possible à chaque problème technique.

Ce travail nous a permis de nous familiariser avec certains logiciels informatiques dans ce domaine :

COVADIS, Google earth et AUTOCAD.

Ce projet nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le secteur ferroviaire et d'appliquer les connaissances acquises lors de notre formation au Département de Génie Civil, Faculté des Techniques du Bâtiment, à Tizi Ouzou, Université Mouloud Mammeri.

Bibliographie

- [1]. cours chemin de fer. Tizi-Ouzou : sn., mai 2016.**
- [2]. HOCINE, Mr DEHMOUS. COURS de chemin de fer. Tizi Ouzou : s.n., mai 2016.**
- [3]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Transport_ferroviaire_en_Alg%C3%A9rie. [En ligne]**
- [4] [18]. Khadîdja, BOUCHELAREM. Etude APD de la nouvelle ligne ferroviaire entre. Alger : s.n., Promotion 2018 /2019.**
- [5].https://fr.wikipedia.org/wiki/Transport_ferroviaire_en_Alg%C3%A9rie#/media/Fichier:Chemin_de_fer_en_alg%C3%A9rie.PNG. [En ligne]**
- [6]. chemin de fer chapitre 2. COURS. Tizi Ouzou, Gini civile : s.n., 2021/2022.**
- [7]. ETUDE D'APD DE LA NOUVELLE LIGNE. Alger: s.n., Promotion 2018 /2019.**
- [8]. Rabeh, BELABED Yasser Mr. MORSLI. ETUDE D'APD DE LA NOUVELLE LIGNE. Vieux Kouba Alger : s.n., Promotion 2018 /2019.**
- [9] E. e. Architecture, « fr.scribd.com/document/506995849/Cours-d-Infrastructures-ferroviaires-Chapitre-2-2-Characteristiques-geometriques-des-voies-ferrees-Geometrie-du-trace,» 25, novembre 2012. [En ligne].**
- [10] Stéra, « Guide technique : Assainissement routier, » Octobre 2006.**
- [11] SETIRAIL, « rompent SETIRAIL-SETS Etude De La Nouvelle Ligne Ferroviaire ».**
- [12] «es normes UIC (703 R). Caractéristiques de tracé des voies parcourues par des ».**
- [13] (Selig and Waters 1994).**
- [14] Société d'études techniques de Sétif. Février 2019. Rapport des résultats de la compagnie. Sétif : s.n., Février 2019.**
- [15] Stéra Guide technique : Assainissement routier,. [Rapport]. - Octobre 2006.**
- [16] SETE RAIL, «Rapport géologue et géotechnique».**
- [16] [20] SETS, « Rapport de l'étude hydrologique et hydraulique » [Rapport].**
- [21] [17] SNTF norme chapitre. 10 [Art]**

ANNEXE1 : Profils En Travers

Profils En Travers

Nom du dessin APD tracé.dwg
 Nom de l'axe final - axe final
 Table associée TER 160
 Date du listing 19/09/2022 à 13:12:00

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente long.
									Gauche	Droite	
P01	0,000	Droite 1	Pente 1	57,504	57,998	20,63	447573,769	#####	0 mm	0 mm	1,06
P02	20,000	Droite 1	Pente 1	57,703	58,211	20,63	447554,810	#####	0 mm	0 mm	1,06
P03	40,000	Droite 1	Pente 1	58,042	58,423	20,63	447535,851	#####	0 mm	0 mm	1,06
P04	60,000	Droite 1	Pente 1	58,483	58,635	20,63	447516,892	#####	0 mm	0 mm	1,06
P05	80,000	Droite 1	Pente 1	58,348	58,847	20,63	447497,933	#####	0 mm	0 mm	1,06
P06	100,000	Droite 1	Pente 1	58,497	59,059	20,63	447478,974	#####	0 mm	0 mm	1,06
P07	120,000	Droite 1	Pente 1	58,639	59,272	20,63	447460,015	#####	0 mm	0 mm	1,06
P08	140,000	Droite 1	Pente 1	58,740	59,484	20,63	447441,056	#####	0 mm	0 mm	1,06
P09	160,000	Droite 1	Pente 1	59,012	59,696	20,63	447422,097	#####	0 mm	0 mm	1,06
P10	180,000	Droite 1	Pente 1	59,185	59,908	20,63	447403,137	#####	0 mm	0 mm	1,06
P11	200,000	Droite 1	Pente 1	59,479	60,121	20,63	447384,178	#####	0 mm	0 mm	1,06
P12	220,000	Droite 1	Pente 1	59,723	60,333	20,63	447365,219	#####	0 mm	0 mm	1,06
P13	240,000	Droite 1	Pente 1	60,094	60,545	20,63	447346,260	#####	0 mm	0 mm	1,06
P14	260,000	Droite 1	Pente 1	60,293	60,757	20,63	447327,301	#####	0 mm	0 mm	1,06
P15	280,000	Droite 1	Pente 1	60,355	60,969	20,63	447308,342	#####	0 mm	0 mm	1,06
P16	300,000	Droite 1	Pente 1	60,417	61,182	20,63	447289,383	#####	0 mm	0 mm	1,06
P17	320,000	Droite 1	Pente 1	60,586	61,394	20,63	447270,424	#####	0 mm	0 mm	1,06
P18	327,259	Clothoï de 1	Pente 1	60,661	61,471	20,63	447263,543	#####	0 mm	0 mm	1,06
P19	340,000	Clothoï de 1	Pente 1	60,870	61,606	20,66	447251,466	#####	0 mm	0 mm	1,06
P20	360,000	Clothoï de 1	Pente 1	60,694	61,818	20,83	447232,517	#####	0 mm	0 mm	1,06
P21	380,000	Clothoï de 1	Pente 1	60,475	62,031	21,16	447213,594	#####	0 mm	0 mm	1,06
P22	400,000	Clothoï de 1	Pente 1	60,270	62,243	21,64	447194,711	#####	0 mm	0 mm	1,06
P23	403,406	Arc 1	Pente 1	60,336	62,279	21,73	447191,501	#####	0 mm	0 mm	1,06
P24	420,000	Arc 1	Pente 1	57,878	62,455	22,21	447175,886	#####	0 mm	0 mm	1,06
P25	440,000	Arc 1	Pente 1	59,680	62,667	22,79	447157,122	#####	0 mm	0 mm	1,06
P26	460,000	Arc 1	Pente 1	59,675	62,879	23,37	447138,422	#####	0 mm	0 mm	1,06
P27	480,000	Arc 1	Pente 1	59,702	63,092	23,95	447119,788	#####	0 mm	0 mm	1,06
P28	500,000	Arc 1	Pente 1	59,496	63,304	24,53	447101,220	#####	0 mm	0 mm	1,06
P29	520,000	Arc 1	Pente 1	59,370	63,516	25,11	447082,721	#####	0 mm	0 mm	1,06
P30	540,000	Arc 1	Pente 1	59,330	63,728	25,69	447064,291	#####	0 mm	0 mm	1,06
P31	560,000	Arc 1	Pente 1	59,412	63,941	26,27	447045,933	#####	0 mm	0 mm	1,06
P32	580,000	Arc 1	Pente 1	59,366	64,153	26,84	447027,648	#####	0 mm	0 mm	1,06
P33	600,000	Arc 1	Pente 1	59,320	64,365	27,42	447009,437	#####	0 mm	0 mm	1,06
P34	620,000	Arc 1	Pente 1	59,659	64,577	28,00	446991,303	#####	0 mm	0 mm	1,06
P35	640,000	Arc 1	Pente 1	59,429	64,790	28,58	446973,245	#####	0 mm	0 mm	1,06
P36	660,000	Arc 1	Pente 1	59,480	65,002	29,16	446955,267	#####	0 mm	0 mm	1,06

P37	680,000	Arc 1	Pente 1	59,365	65,214	29,74	446937,369	#####	0 mm	0 mm	1,06
P38	700,000	Arc 1	Pente 1	58,346	65,426	30,32	446919,553	#####	0 mm	0 mm	1,06
P39	720,000	Arc 1	Pente 1	58,529	65,638	30,90	446901,821	#####	0 mm	0 mm	1,06
P40	740,000	Arc 1	Pente 1	58,724	65,851	31,48	446884,173	#####	0 mm	0 mm	1,06
P41	760,000	Arc 1	Pente 1	58,546	66,063	32,06	446866,611	#####	0 mm	0 mm	1,06
P42	780,000	Arc 1	Pente 1	58,089	66,275	32,63	446849,138	#####	0 mm	0 mm	1,06
P43	800,000	Arc 1	Pente 1	57,670	66,487	33,21	446831,753	#####	0 mm	0 mm	1,06
P44	820,000	Arc 1	Pente 1	57,605	66,700	33,79	446814,460	#####	0 mm	0 mm	1,06
P45	840,000	Arc 1	Pente 1	57,552	66,912	34,37	446797,258	#####	0 mm	0 mm	1,06
P46	860,000	Arc 1	Pente 1	57,960	67,124	34,95	446780,150	#####	0 mm	0 mm	1,06
P47	880,000	Arc 1	Pente 1	58,138	67,336	35,53	446763,136	#####	0 mm	0 mm	1,06
P48	900,000	Arc 1	Pente 1	57,908	67,548	36,11	446746,219	#####	0 mm	0 mm	1,06
P49	920,000	Arc 1	Pente 1	57,738	67,761	36,69	446729,400	#####	0 mm	0 mm	1,06
P50	940,000	Arc 1	Pente 1	57,479	67,973	37,27	446712,680	#####	0 mm	0 mm	1,06
P51	960,000	Arc 1	Pente 1	57,210	68,185	37,85	446696,060	#####	0 mm	0 mm	1,06
P52	980,000	Arc 1	Pente 1	56,868	68,397	38,42	446679,543	#####	0 mm	0 mm	1,06
P53	1000,000	Arc 1	Pente 1	56,749	68,610	39,00	446663,128	#####	0 mm	0 mm	1,06
P54	1020,000	Arc 1	Pente 1	56,755	68,822	39,58	446646,818	#####	0 mm	0 mm	1,06
P55	1040,000	Arc 1	Pente 1	56,833	69,034	40,16	446630,614	#####	0 mm	0 mm	1,06
P56	1060,000	Arc 1	Pente 1	56,894	69,246	40,74	446614,517	#####	0 mm	0 mm	1,06
P57	1080,000	Arc 1	Pente 1	56,971	69,458	41,32	446598,529	#####	0 mm	0 mm	1,06
P58	1100,000	Arc 1	Pente 1	56,962	69,671	41,90	446582,651	#####	0 mm	0 mm	1,06
P59	1120,000	Arc 1	Pente 1	56,584	69,883	42,48	446566,884	#####	0 mm	0 mm	1,06
P60	1140,000	Arc 1	Pente 1	56,249	70,095	43,06	446551,230	#####	0 mm	0 mm	1,06
P61	1160,000	Arc 1	Pente 1	56,158	70,307	43,63	446535,690	#####	0 mm	0 mm	1,06
P62	1180,000	Arc 1	Pente 1	56,185	70,520	44,21	446520,264	#####	0 mm	0 mm	1,06
P63	1200,000	Arc 1	Pente 1	55,944	70,732	44,79	446504,955	#####	0 mm	0 mm	1,06
P64	1220,000	Arc 1	Pente 1	55,774	70,944	45,37	446489,764	#####	0 mm	0 mm	1,06
P65	1240,000	Arc 1	Pente 1	55,702	71,156	45,95	446474,692	#####	0 mm	0 mm	1,06
P66	1260,000	Arc 1	Pente 1	55,779	71,368	46,53	446459,740	#####	0 mm	0 mm	1,06
P67	1280,000	Arc 1	Pente 1	55,775	71,581	47,11	446444,909	#####	0 mm	0 mm	1,06
P68	1300,000	Arc 1	Pente 1	56,117	71,793	47,69	446430,201	#####	0 mm	0 mm	1,06
P69	1320,000	Arc 1	Pente 1	56,249	72,005	48,27	446415,617	#####	0 mm	0 mm	1,06
P70	1340,000	Arc 1	Pente 1	56,365	72,217	48,85	446401,158	#####	0 mm	0 mm	1,06
P71	1360,000	Arc 1	Pente 1	56,404	72,430	49,42	446386,825	#####	0 mm	0 mm	1,06
P72	1380,000	Arc 1	Pente 1	56,597	72,642	50,00	446372,619	#####	0 mm	0 mm	1,06
P73	1400,000	Arc 1	Pente 1	56,602	72,854	50,58	446358,543	#####	0 mm	0 mm	1,06
P74	1420,000	Arc 1	Pente 1	56,641	73,066	51,16	446344,596	#####	0 mm	0 mm	1,06
P75	1440,000	Arc 1	Pente 1	56,632	73,279	51,74	446330,780	#####	0 mm	0 mm	1,06
P76	1460,000	Arc 1	Pente 1	56,539	73,491	52,32	446317,096	#####	0 mm	0 mm	1,06
P77	1480,000	Arc 1	Pente 1	56,558	73,703	52,90	446303,545	#####	0 mm	0 mm	1,06
P78	1500,000	Arc 1	Pente 1	56,398	73,915	53,48	446290,129	#####	0 mm	0 mm	1,06
P79	1520,000	Arc 1	Pente 1	56,359	74,127	54,06	446276,848	#####	0 mm	0 mm	1,06
P80	1540,000	Arc 1	Pente 1	56,378	74,340	54,64	446263,703	#####	0 mm	0 mm	1,06
P81	1560,000	Arc 1	Pente 1	56,474	74,552	55,21	446250,696	#####	0 mm	0 mm	1,06
P82	1580,000	Arc 1	Pente 1	56,407	74,764	55,79	446237,828	#####	0 mm	0 mm	1,06
P83	1600,000	Arc 1	Pente 1	56,265	74,976	56,37	446225,100	#####	0 mm	0 mm	1,06
P84	1620,000	Arc 1	Pente 1	56,184	75,189	56,95	446212,513	#####	0 mm	0 mm	1,06
P85	1640,000	Arc 1	Pente 1	56,223	75,401	57,53	446200,067	#####	0 mm	0 mm	1,06
P86	1660,000	Arc 1	Pente 1	56,237	75,613	58,11	446187,764	#####	0 mm	0 mm	1,06
P87	1680,000	Arc 1	Pente 1	56,245	75,825	58,69	446175,606	#####	0 mm	0 mm	1,06
P88	1700,000	Arc 1	Pente 1	56,247	76,037	59,27	446163,592	#####	0 mm	0 mm	1,06
P89	1720,000	Arc 1	Pente 1	56,244	76,250	59,85	446151,724	#####	0 mm	0 mm	1,06
P90	1740,000	Arc 1	Pente 1	56,235	76,462	60,43	446140,003	#####	0 mm	0 mm	1,06

P91	1760,000	Arc 1	Pente 1	56,220	76,674	61,00	446128,430	#####	0 mm	0 mm	1,06
P92	1780,000	Arc 1	Pente 1	56,200	76,886	61,58	446117,005	#####	0 mm	0 mm	1,06
P93	1800,000	Arc 1	Pente 1	56,173	77,099	62,16	446105,731	#####	0 mm	0 mm	1,06
P94	1820,000	Arc 1	Pente 1	56,141	77,311	62,74	446094,607	#####	0 mm	0 mm	1,06
P95	1840,000	Arc 1	Pente 1	56,104	77,523	63,32	446083,635	#####	0 mm	0 mm	1,06
P96	1860,000	Arc 1	Pente 1	56,060	77,735	63,90	446072,815	#####	0 mm	0 mm	1,06
P97	1880,000	Arc 1	Pente 1	56,011	77,947	64,48	446062,149	#####	0 mm	0 mm	1,06
P98	1900,000	Arc 1	Pente 1	55,957	78,160	65,06	446051,637	#####	0 mm	0 mm	1,06
P99	1920,000	Arc 1	Pente 1	55,896	78,372	65,64	446041,280	#####	0 mm	0 mm	1,06
P100	1940,000	Arc 1	Pente 1	55,830	78,584	66,22	446031,079	#####	0 mm	0 mm	1,06
P101	1960,000	Arc 1	Pente 1	55,758	78,796	66,79	446021,035	#####	0 mm	0 mm	1,06
P102	1980,000	Arc 1	Pente 1	55,681	79,009	67,37	446011,149	#####	0 mm	0 mm	1,06
P103	2000,000	Arc 1	Pente 1	55,636	79,221	67,95	446001,421	#####	0 mm	0 mm	1,06
P104	2020,000	Arc 1	Pente 1	55,601	79,433	68,53	445991,853	#####	0 mm	0 mm	1,06
P105	2040,000	Arc 1	Pente 1	55,561	79,645	69,11	445982,445	#####	0 mm	0 mm	1,06
P106	2053,199	Arc 1	Pente 1	55,532	79,785	69,49	445976,324	#####	0 mm	0 mm	1,06
P107	2060,000	Clothoï de 2	Pente 1	55,517	79,857	69,68	445973,197	#####	0 mm	0 mm	1,06
P108	2080,000	Clothoï de 2	Pente 1	55,468	80,070	70,13	445964,095	#####	0 mm	0 mm	1,06
P109	2100,000	Clothoï de 2	Pente 1	55,417	80,282	70,43	445955,097	#####	0 mm	0 mm	1,06
P110	2120,000	Clothoï de 2	Pente 1	55,363	80,494	70,58	445946,163	#####	0 mm	0 mm	1,06
P111	2129,346	Clothoï de 2	Pente 1	55,338	80,593	70,59	445941,997	#####	0 mm	0 mm	1,06
P112	2140,000	Droite 2	Pente 1	55,309	80,706	70,59	445937,249	#####	0 mm	0 mm	1,06
P113	2148,123	Clothoï de 3	Pente 1	55,287	80,793	70,59	445933,629	#####	0 mm	0 mm	1,06
P114	2160,000	Clothoï de 3	Pente 1	55,254	80,919	71,06	445928,362	#####	0 mm	0 mm	1,06
P115	2180,000	Clothoï de 3	Pente 1	55,187	81,131	73,96	445919,929	#####	0 mm	0 mm	1,06
P116	2198,123	Arc 2	Pente 1	55,097	81,323	78,87	445913,320	#####	0 mm	0 mm	1,06
P117	2200,000	Arc 2	Pente 1	55,086	81,343	79,49	445912,717	#####	0 mm	0 mm	1,06
P118	2220,000	Arc 2	Pente 1	54,936	81,555	86,10	445907,381	#####	0 mm	0 mm	1,06
P119	2240,000	Arc 2	Pente 1	54,737	81,767	92,72	445904,071	#####	0 mm	0 mm	1,06
P120	2252,998	Arc 2	Pente 1	54,581	81,905	97,02	445903,026	#####	0 mm	0 mm	1,06
P121	2260,000	Clothoï de 4	Pente 1	54,358	81,980	99,18	445902,820	#####	0 mm	0 mm	1,06
P122	2280,000	Clothoï de 4	Pente 1	54,430	82,192	103,54	445903,316	#####	0 mm	0 mm	1,06
P123	2300,000	Clothoï de 4	Pente 1	54,506	82,404	105,26	445904,768	#####	0 mm	0 mm	1,06
P124	2302,998	Clothoï de 4	Pente 1	54,448	82,436	105,29	445905,017	#####	0 mm	0 mm	1,06
P125	2320,000	Droite 3	Pente 1	54,118	82,616	105,29	445906,429	#####	0 mm	0 mm	1,06
P126	2340,000	Droite 3	Pente 1	53,730	82,829	105,29	445908,090	#####	0 mm	0 mm	1,06
P127	2360,000	Droite 3	Pente 1	53,341	83,041	105,29	445909,752	#####	0 mm	0 mm	1,06
P128	2380,000	Droite 3	Pente 1	52,953	83,253	105,29	445911,413	#####	0 mm	0 mm	1,06
P129	2400,000	Droite 3	Pente 1	52,565	83,465	105,29	445913,074	#####	0 mm	0 mm	1,06
P130	2420,000	Droite 3	Pente 1	52,177	83,678	105,29	445914,735	#####	0 mm	0 mm	1,06
P131	2440,000	Droite 3	Pente 1	51,789	83,890	105,29	445916,397	#####	0 mm	0 mm	1,06
P132	2460,000	Droite 3	Pente 1	51,401	84,102	105,29	445918,058	#####	0 mm	0 mm	1,06
P133	2480,000	Droite 3	Pente 1	51,013	84,314	105,29	445919,719	#####	0 mm	0 mm	1,06
P134	2500,000	Droite 3	Pente 1	50,625	84,526	105,29	445921,381	#####	0 mm	0 mm	1,06
P135	2520,000	Droite 3	Pente 1	50,237	84,739	105,29	445923,042	#####	0 mm	0 mm	1,06

P136	2540,000	Droite 3	Pente 1	49,849	84,951	105,29	445924,703	#####	0 mm	0 mm	1,06
P137	2560,000	Droite 3	Pente 1	49,461	85,163	105,29	445926,365	#####	0 mm	0 mm	1,06
P138	2580,000	Droite 3	Pente 1	49,072	85,375	105,29	445928,026	#####	0 mm	0 mm	1,06
P139	2600,000	Droite 3	Pente 1	48,684	85,588	105,29	445929,687	#####	0 mm	0 mm	1,06
P140	2620,000	Droite 3	Pente 1	48,296	85,800	105,29	445931,349	#####	0 mm	0 mm	1,06
P141	2640,000	Droite 3	Pente 1	47,908	86,012	105,29	445933,010	#####	0 mm	0 mm	1,06
P142	2660,000	Droite 3	Pente 1	47,698	86,224	105,29	445934,671	#####	0 mm	0 mm	1,06
P143	2680,000	Droite 3	Pente 1	49,336	86,436	105,29	445936,332	#####	0 mm	0 mm	1,06
P144	2700,000	Droite 3	Pente 1	50,975	86,649	105,29	445937,994	#####	0 mm	0 mm	1,06
P145	2720,000	Droite 3	Pente 1	52,613	86,861	105,29	445939,655	#####	0 mm	0 mm	1,06
P146	2740,000	Droite 3	Pente 1	54,251	87,073	105,29	445941,316	#####	0 mm	0 mm	1,06
P147	2760,000	Droite 3	Pente 1	55,889	87,285	105,29	445942,978	#####	0 mm	0 mm	1,06
P148	2780,000	Droite 3	Pente 1	57,527	87,498	105,29	445944,639	#####	0 mm	0 mm	1,06
P149	2800,000	Droite 3	Pente 1	59,165	87,710	105,29	445946,300	#####	0 mm	0 mm	1,06
P150	2820,000	Droite 3	Pente 1	60,804	87,922	105,29	445947,962	#####	0 mm	0 mm	1,06
P151	2840,000	Droite 3	Pente 1	62,320	88,134	105,29	445949,623	#####	0 mm	0 mm	1,06
P152	2860,000	Droite 3	Pente 1	63,810	88,346	105,29	445951,284	#####	0 mm	0 mm	1,06
P153	2880,000	Droite 3	Pente 1	65,300	88,559	105,29	445952,945	#####	0 mm	0 mm	1,06
P154	2900,000	Droite 3	Pente 1	66,790	88,771	105,29	445954,607	#####	0 mm	0 mm	1,06
P155	2920,000	Droite 3	Pente 1	68,280	88,983	105,29	445956,268	#####	0 mm	0 mm	1,06
P156	2940,000	Droite 3	Pente 1	69,770	89,195	105,29	445957,929	#####	0 mm	0 mm	1,06
P157	2960,000	Droite 3	Pente 1	71,260	89,408	105,29	445959,591	#####	0 mm	0 mm	1,06
P158	2980,000	Droite 3	Pente 1	72,750	89,620	105,29	445961,252	#####	0 mm	0 mm	1,06
P159	3000,000	Droite 3	Pente 1	74,241	89,832	105,29	445962,913	#####	0 mm	0 mm	1,06
P160	3020,000	Droite 3	Pente 1	75,731	90,044	105,29	445964,575	#####	0 mm	0 mm	1,06
P161	3040,000	Droite 3	Pente 1	77,221	90,256	105,29	445966,236	#####	0 mm	0 mm	1,06
P162	3060,000	Droite 3	Pente 1	78,711	90,469	105,29	445967,897	#####	0 mm	0 mm	1,06
P163	3080,000	Droite 3	Pente 1	80,201	90,681	105,29	445969,559	#####	0 mm	0 mm	1,06
P164	3100,000	Droite 3	Pente 1	81,691	90,893	105,29	445971,220	#####	0 mm	0 mm	1,06
P165	3120,000	Droite 3	Pente 1	83,181	91,105	105,29	445972,881	#####	0 mm	0 mm	1,06
P166	3140,000	Droite 3	Pente 1	84,671	91,318	105,29	445974,542	#####	0 mm	0 mm	1,06
P167	3160,000	Droite 3	Pente 1	86,161	91,530	105,29	445976,204	#####	0 mm	0 mm	1,06
P168	3180,000	Droite 3	Pente 1	87,652	91,742	105,29	445977,865	#####	0 mm	0 mm	1,06
P169	3200,000	Droite 3	Pente 1	89,142	91,954	105,29	445979,526	#####	0 mm	0 mm	1,06
P170	3220,000	Droite 3	Pente 1	89,795	92,167	105,29	445981,188	#####	0 mm	0 mm	1,06
P171	3240,000	Droite 3	Pente 1	89,931	92,379	105,29	445982,849	#####	0 mm	0 mm	1,06
P172	3260,000	Droite 3	Pente 1	96,928	92,591	105,29	445984,510	#####	0 mm	0 mm	1,06
P173	3280,000	Droite 3	Pente 1	95,518	92,803	105,29	445986,172	#####	0 mm	0 mm	1,06
P174	3300,000	Droite 3	Pente 1	94,095	93,015	105,29	445987,833	#####	0 mm	0 mm	1,06
P175	3320,000	Droite 3	Pente 1	92,355	93,228	105,29	445989,494	#####	0 mm	0 mm	1,06
P176	3340,000	Droite 3	Pente 1	90,610	93,440	105,29	445991,155	#####	0 mm	0 mm	1,06
P177	3360,000	Droite 3	Pente 1	88,865	93,652	105,29	445992,817	#####	0 mm	0 mm	1,06
P178	3380,000	Droite 3	Pente 1	87,121	93,864	105,29	445994,478	#####	0 mm	0 mm	1,06
P179	3400,000	Droite 3	Pente 2	85,376	94,044	105,29	445996,139	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P180	3420,000	Droite 3	Pente 2	83,631	93,936	105,29	445997,801	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P181	3440,000	Droite 3	Pente 2	81,887	93,827	105,29	445999,462	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P182	3460,000	Droite 3	Pente 2	80,142	93,719	105,29	446001,123	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P183	3480,000	Droite 3	Pente 2	78,397	93,611	105,29	446002,785	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P184	3500,000	Droite 3	Pente 2	72,131	93,502	105,29	446004,446	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P185	3520,000	Droite 3	Pente 2	60,112	93,394	105,29	446006,107	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P186	3540,000	Droite 3	Pente 2	48,093	93,285	105,29	446007,769	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P187	3560,000	Droite 3	Pente 2	37,387	93,177	105,29	446009,430	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P188	3580,000	Droite 3	Pente 2	36,932	93,068	105,29	446011,091	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P189	3600,000	Droite 3	Pente 2	36,539	92,960	105,29	446012,752	#####	0 mm	0 mm	-0,54

P190	3620,000	Droite 3	Pente 2	36,279	92,852	105,29	446014,414	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P191	3640,000	Droite 3	Pente 2	36,044	92,743	105,29	446016,075	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P192	3660,000	Droite 3	Pente 2	35,874	92,635	105,29	446017,736	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P193	3680,000	Droite 3	Pente 2	35,730	92,526	105,29	446019,398	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P194	3700,000	Droite 3	Pente 2	35,901	92,418	105,29	446021,059	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P195	3720,000	Droite 3	Pente 2	35,966	92,310	105,29	446022,720	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P196	3740,000	Droite 3	Pente 2	35,891	92,201	105,29	446024,382	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P197	3760,000	Droite 3	Pente 2	35,750	92,093	105,29	446026,043	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P198	3780,000	Droite 3	Pente 2	35,670	91,984	105,29	446027,704	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P199	3800,000	Droite 3	Pente 2	35,684	91,876	105,29	446029,365	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P200	3820,000	Droite 3	Pente 2	35,585	91,767	105,29	446031,027	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P201	3840,000	Droite 3	Pente 2	35,519	91,659	105,29	446032,688	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P202	3860,000	Droite 3	Pente 2	35,291	91,551	105,29	446034,349	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P203	3880,000	Droite 3	Pente 2	34,879	91,442	105,29	446036,011	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P204	3900,000	Droite 3	Pente 2	34,597	91,334	105,29	446037,672	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P205	3909,014	Clothoï de 5	Pente 2	34,499	91,285	105,29	446038,421	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P206	3920,000	Clothoï de 5	Pente 2	34,606	91,225	105,24	446039,330	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P207	3940,000	Clothoï de 5	Pente 2	34,735	91,117	104,87	446040,926	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P208	3960,000	Clothoï de 5	Pente 2	34,388	91,008	104,15	446042,352	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P209	3966,631	Arc 3	Pente 2	34,357	90,972	103,84	446042,768	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P210	3980,000	Arc 3	Pente 2	34,315	90,900	103,16	446043,503	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P211	4000,000	Arc 3	Pente 2	34,255	90,792	102,15	446044,337	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P212	4020,000	Arc 3	Pente 2	34,174	90,683	101,14	446044,854	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P213	4040,000	Arc 3	Pente 2	34,151	90,575	100,13	446045,053	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P214	4060,000	Arc 3	Pente 2	34,107	90,466	99,12	446044,934	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P215	4080,000	Arc 3	Pente 2	34,073	90,358	98,11	446044,497	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P216	4100,000	Arc 3	Pente 2	33,719	90,249	97,09	446043,744	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P217	4120,000	Arc 3	Pente 2	33,525	90,141	96,08	446042,672	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P218	4140,000	Arc 3	Pente 2	33,370	90,033	95,07	446041,284	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P219	4160,000	Arc 3	Pente 2	33,278	89,924	94,06	446039,578	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P220	4180,000	Arc 3	Pente 2	33,107	89,816	93,05	446037,557	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P221	4200,000	Arc 3	Pente 2	32,913	89,707	92,04	446035,220	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P222	4220,000	Arc 3	Pente 2	32,720	89,599	91,03	446032,567	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P223	4240,000	Arc 3	Pente 2	32,550	89,491	90,01	446029,600	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P224	4260,000	Arc 3	Pente 2	32,394	89,382	89,00	446026,319	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P225	4280,000	Arc 3	Pente 2	32,394	89,274	87,99	446022,725	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P226	4300,000	Arc 3	Pente 2	32,030	89,165	86,98	446018,819	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P227	4320,000	Arc 3	Pente 2	31,913	89,057	85,97	446014,602	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P228	4340,000	Arc 3	Pente 2	31,874	88,948	84,96	446010,075	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P229	4360,000	Arc 3	Pente 2	31,710	88,840	83,95	446005,239	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P230	4380,000	Arc 3	Pente 2	31,392	88,732	82,94	446000,096	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P231	4400,000	Arc 3	Pente 2	31,283	88,623	81,92	445994,646	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P232	4420,000	Arc 3	Pente 2	31,183	88,515	80,91	445988,891	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P233	4440,000	Arc 3	Pente 2	31,179	88,406	79,90	445982,833	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P234	4460,000	Arc 3	Pente 2	31,001	88,298	78,89	445976,472	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P235	4480,000	Arc 3	Pente 2	30,838	88,189	77,88	445969,811	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P236	4500,000	Arc 3	Pente 2	30,800	88,081	76,87	445962,852	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P237	4520,000	Arc 3	Pente 2	30,726	87,973	75,86	445955,595	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P238	4540,000	Arc 3	Pente 2	30,658	87,864	74,85	445948,044	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P239	4560,000	Arc 3	Pente 2	30,532	87,756	73,83	445940,199	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P240	4580,000	Arc 3	Pente 2	30,628	87,647	72,82	445932,063	#####	0 mm	0 mm	-0,54

P241	4600,000	Arc 3	Pente 2	30,374	87,539	71,81	445923,638	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P242	4620,000	Arc 3	Pente 2	30,209	87,430	70,80	445914,925	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P243	4640,000	Arc 3	Pente 2	30,206	87,322	69,79	445905,928	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P244	4660,000	Arc 3	Pente 2	30,238	87,214	68,78	445896,648	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P245	4680,000	Arc 3	Pente 2	30,249	87,105	67,77	445887,088	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P246	4700,000	Arc 3	Pente 2	31,022	86,997	66,76	445877,251	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P247	4720,000	Arc 3	Pente 2	30,449	86,888	65,74	445867,137	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P248	4740,000	Arc 3	Pente 2	30,382	86,780	64,73	445856,751	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P249	4760,000	Arc 3	Pente 2	30,536	86,672	63,72	445846,095	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P250	4780,000	Arc 3	Pente 2	30,738	86,563	62,71	445835,171	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P251	4800,000	Arc 3	Pente 2	31,044	86,455	61,70	445823,983	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P252	4820,000	Arc 3	Pente 2	31,653	86,346	60,69	445812,533	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P253	4840,000	Arc 3	Pente 2	32,456	86,238	59,68	445800,823	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P254	4860,000	Arc 3	Pente 2	33,727	86,129	58,66	445788,858	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P255	4880,000	Arc 3	Pente 2	35,357	86,021	57,65	445776,639	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P256	4900,000	Arc 3	Pente 2	37,102	85,913	56,64	445764,171	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P257	4920,000	Arc 3	Pente 2	38,954	85,804	55,63	445751,456	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P258	4940,000	Arc 3	Pente 2	41,299	85,696	54,62	445738,497	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P259	4960,000	Arc 3	Pente 2	43,914	85,587	53,61	445725,297	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P260	4980,000	Arc 3	Pente 2	46,181	85,479	52,60	445711,861	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P261	5000,000	Arc 3	Pente 2	47,511	85,370	51,59	445698,191	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P262	5020,000	Arc 3	Pente 2	48,335	85,262	50,57	445684,291	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P263	5040,000	Arc 3	Pente 2	48,559	85,154	49,56	445670,164	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P264	5060,000	Arc 3	Pente 2	48,232	85,045	48,55	445655,815	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P265	5080,000	Arc 3	Pente 2	46,919	84,937	47,54	445641,245	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P266	5100,000	Arc 3	Pente 2	45,866	84,828	46,53	445626,460	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P267	5120,000	Arc 3	Pente 2	44,332	84,720	45,52	445611,463	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P268	5140,000	Arc 3	Pente 2	42,744	84,611	44,51	445596,258	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P269	5160,000	Arc 3	Pente 2	40,878	84,503	43,50	445580,848	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P270	5180,000	Arc 3	Pente 2	38,851	84,395	42,48	445565,237	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P271	5200,000	Arc 3	Pente 2	36,786	84,286	41,47	445549,430	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P272	5220,000	Arc 3	Pente 2	34,713	84,178	40,46	445533,430	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P273	5240,000	Arc 3	Pente 2	34,459	84,069	39,45	445517,242	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P274	5260,000	Arc 3	Pente 2	32,490	83,961	38,44	445500,869	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P275	5280,000	Arc 3	Pente 2	32,638	83,853	37,43	445484,316	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P276	5300,000	Arc 3	Pente 2	33,312	83,744	36,42	445467,587	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P277	5320,000	Arc 3	Pente 2	33,994	83,636	35,40	445450,685	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P278	5340,000	Arc 3	Pente 2	34,685	83,527	34,39	445433,616	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P279	5360,000	Arc 3	Pente 2	35,383	83,419	33,38	445416,383	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P280	5380,000	Arc 3	Pente 2	36,090	83,310	32,37	445398,992	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P281	5400,000	Arc 3	Pente 2	35,838	83,202	31,36	445381,446	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P282	5420,000	Arc 3	Pente 2	35,592	83,094	30,35	445363,749	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P283	5440,000	Arc 3	Pente 2	37,128	82,985	29,34	445345,907	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P284	5460,000	Arc 3	Pente 2	37,954	82,877	28,33	445327,923	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P285	5480,000	Arc 3	Pente 2	38,741	82,768	27,31	445309,803	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P286	5500,000	Arc 3	Pente 2	38,865	82,660	26,30	445291,550	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P287	5520,000	Arc 3	Pente 2	39,222	82,551	25,29	445273,170	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P288	5540,000	Arc 3	Pente 2	39,080	82,443	24,28	445254,667	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P289	5560,000	Arc 3	Pente 2	39,573	82,335	23,27	445236,046	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P290	5580,000	Arc 3	Pente 2	39,809	82,226	22,26	445217,311	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P291	5600,000	Arc 3	Pente 2	39,207	82,118	21,25	445198,468	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P292	5620,000	Arc 3	Pente 2	38,406	82,009	20,24	445179,520	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P293	5640,000	Arc 3	Pente 2	38,561	81,901	19,22	445160,473	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P294	5660,000	Arc 3	Pente 2	37,093	81,793	18,21	445141,332	#####	0 mm	0 mm	-0,54

P295	5680,000	Arc 3	Pente 2	36,825	81,684	17,20	445122,101	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P296	5700,000	Arc 3	Pente 2	38,165	81,576	16,19	445102,785	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P297	5720,000	Arc 3	Pente 2	37,836	81,467	15,18	445083,389	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P298	5740,000	Arc 3	Pente 2	37,102	81,359	14,17	445063,918	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P299	5760,000	Arc 3	Pente 2	30,446	81,250	13,16	445044,377	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P300	5780,000	Arc 3	Pente 2	38,852	81,142	12,15	445024,771	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P301	5800,000	Arc 3	Pente 2	40,073	81,034	11,13	445005,104	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P302	5820,000	Arc 3	Pente 2	40,256	80,925	10,12	444985,383	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P303	5840,000	Arc 3	Pente 2	40,482	80,817	9,11	444965,610	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P304	5860,000	Arc 3	Pente 2	40,801	80,708	8,10	444945,793	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P305	5880,000	Arc 3	Pente 2	41,132	80,600	7,09	444925,936	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P306	5900,000	Arc 3	Pente 2	41,051	80,491	6,08	444906,043	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P307	5920,000	Arc 3	Pente 2	41,555	80,383	5,07	444886,119	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P308	5940,000	Arc 3	Pente 2	41,471	80,275	4,05	444866,171	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P309	5960,000	Arc 3	Pente 2	41,257	80,166	3,04	444846,202	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P310	5980,000	Arc 3	Pente 2	42,153	80,058	2,03	444826,218	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P311	6000,000	Arc 3	Pente 2	42,288	79,949	1,02	444806,224	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P312	6017,647	Arc 3	Pente 2	42,633	79,854	0,13	444788,578	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P313	6020,000	Clothoï de 6	Pente 2	42,624	79,841	0,01	444786,225	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P314	6040,000	Clothoï de 6	Pente 2	42,480	79,732	399,22	444766,226	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P315	6060,000	Clothoï de 6	Pente 2	44,240	79,624	398,77	444746,228	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P316	6075,264	Clothoï de 6	Pente 2	43,945	79,541	398,67	444730,967	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P317	6080,000	Droite 4	Pente 2	43,915	79,516	398,67	444726,232	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P318	6100,000	Droite 4	Pente 2	43,865	79,407	398,67	444706,237	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P319	6120,000	Droite 4	Pente 2	44,220	79,299	398,67	444686,241	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P320	6140,000	Droite 4	Pente 2	44,407	79,190	398,67	444666,246	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P321	6160,000	Droite 4	Pente 2	44,751	79,082	398,67	444646,250	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P322	6180,000	Droite 4	Pente 2	45,037	78,974	398,67	444626,254	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P323	6200,000	Droite 4	Pente 2	45,678	78,865	398,67	444606,259	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P324	6220,000	Droite 4	Pente 2	45,469	78,757	398,67	444586,263	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P325	6240,000	Droite 4	Pente 2	45,694	78,648	398,67	444566,267	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P326	6260,000	Droite 4	Pente 2	46,368	78,540	398,67	444546,272	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P327	6280,000	Droite 4	Pente 2	47,360	78,431	398,67	444526,276	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P328	6300,000	Droite 4	Pente 2	47,506	78,323	398,67	444506,280	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P329	6320,000	Droite 4	Pente 2	48,033	78,215	398,67	444486,285	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P330	6340,000	Droite 4	Pente 2	48,877	78,106	398,67	444466,289	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P331	6360,000	Droite 4	Pente 2	49,634	77,998	398,67	444446,293	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P332	6380,000	Droite 4	Pente 2	50,403	77,889	398,67	444426,298	#####	0 mm	0 mm	-0,54
P333	6400,000	Droite 4	Parabole 1	51,286	77,783	398,67	444406,302	#####	0 mm	0 mm	-0,52
P334	6420,000	Droite 4	Parabole 1	51,902	77,683	398,67	444386,306	#####	0 mm	0 mm	-0,49
P335	6440,000	Droite 4	Parabole 1	52,514	77,587	398,67	444366,311	#####	0 mm	0 mm	-0,46
P336	6460,000	Droite 4	Parabole 1	53,125	77,497	398,67	444346,315	#####	0 mm	0 mm	-0,44
P337	6480,000	Droite 4	Parabole 1	53,735	77,413	398,67	444326,319	#####	0 mm	0 mm	-0,41
P338	6500,000	Droite 4	Parabole 1	53,939	77,334	398,67	444306,324	#####	0 mm	0 mm	-0,38
P339	6520,000	Droite 4	Parabole 1	54,143	77,260	398,67	444286,328	#####	0 mm	0 mm	-0,36

P340	6540,000	Droite 4	Parabole 1	54,347	77,191	398,67	444266,333	#####	0 mm	0 mm	-0,33
P341	6560,000	Droite 4	Parabole 1	54,368	77,128	398,67	444246,337	#####	0 mm	0 mm	-0,30
P342	6580,000	Droite 4	Parabole 1	54,358	77,071	398,67	444226,341	#####	0 mm	0 mm	-0,28
P343	6600,000	Droite 4	Parabole 1	54,348	77,018	398,67	444206,346	#####	0 mm	0 mm	-0,25
P344	6620,000	Droite 4	Parabole 1	54,338	76,971	398,67	444186,350	#####	0 mm	0 mm	-0,22
P345	6640,000	Droite 4	Parabole 1	54,328	76,930	398,67	444166,354	#####	0 mm	0 mm	-0,19
P346	6660,000	Droite 4	Parabole 1	54,438	76,893	398,67	444146,359	#####	0 mm	0 mm	-0,17
P347	6680,000	Droite 4	Parabole 1	55,507	76,863	398,67	444126,363	#####	0 mm	0 mm	-0,14
P348	6700,000	Droite 4	Parabole 1	56,031	76,837	398,67	444106,367	#####	0 mm	0 mm	-0,11
P349	6720,000	Droite 4	Parabole 1	56,555	76,817	398,67	444086,372	#####	0 mm	0 mm	-0,09
P350	6740,000	Droite 4	Parabole 1	57,080	76,802	398,67	444066,376	#####	0 mm	0 mm	-0,06
P351	6760,000	Droite 4	Parabole 1	57,604	76,793	398,67	444046,380	#####	0 mm	0 mm	-0,03
P352	6780,000	Droite 4	Parabole 1	58,128	76,789	398,67	444026,385	#####	0 mm	0 mm	-0,01
P353	6800,000	Droite 4	Parabole 1	58,652	76,790	398,67	444006,389	#####	0 mm	0 mm	0,02
P354	6820,000	Droite 4	Parabole 1	59,177	76,797	398,67	443986,393	#####	0 mm	0 mm	0,05
P355	6840,000	Droite 4	Parabole 1	60,148	76,809	398,67	443966,398	#####	0 mm	0 mm	0,07
P356	6860,000	Droite 4	Parabole 1	61,378	76,826	398,67	443946,402	#####	0 mm	0 mm	0,10
P357	6880,000	Droite 4	Parabole 1	62,931	76,849	398,67	443926,406	#####	0 mm	0 mm	0,13
P358	6900,000	Droite 4	Parabole 1	64,364	76,878	398,67	443906,411	#####	0 mm	0 mm	0,15
P359	6920,000	Droite 4	Parabole 1	65,691	76,911	398,67	443886,415	#####	0 mm	0 mm	0,18
P360	6940,000	Droite 4	Parabole 1	67,019	76,950	398,67	443866,420	#####	0 mm	0 mm	0,21
P361	6960,000	Droite 4	Parabole 1	67,729	76,994	398,67	443846,424	#####	0 mm	0 mm	0,23
P362	6980,000	Droite 4	Parabole 1	68,271	77,044	398,67	443826,428	#####	0 mm	0 mm	0,26
P363	7000,000	Droite 4	Parabole 1	68,543	77,099	398,67	443806,433	#####	0 mm	0 mm	0,29
P364	7020,000	Droite 4	Parabole 1	68,535	77,160	398,67	443786,437	#####	0 mm	0 mm	0,32
P365	7040,000	Droite 4	Parabole 1	69,259	77,225	398,67	443766,441	#####	0 mm	0 mm	0,34
P366	7060,000	Droite 4	Parabole 1	69,836	77,296	398,67	443746,446	#####	0 mm	0 mm	0,37
P367	7080,000	Droite 4	Parabole 1	70,164	77,373	398,67	443726,450	#####	0 mm	0 mm	0,40
P368	7100,000	Droite 4	Parabole 1	70,215	77,455	398,67	443706,454	#####	0 mm	0 mm	0,42
P369	7120,000	Droite 4	Parabole 1	70,784	77,542	398,67	443686,459	#####	0 mm	0 mm	0,45
P370	7140,000	Droite 4	Parabole 1	71,390	77,635	398,67	443666,463	#####	0 mm	0 mm	0,48

P371	7160,000	Droite 4	Parabole 1	71,764	77,733	398,67	443646,467	#####	0 mm	0 mm	0,50
P372	7180,000	Droite 4	Parabole 1	72,407	77,836	398,67	443626,472	#####	0 mm	0 mm	0,53
P373	7200,000	Droite 4	Parabole 1	72,849	77,945	398,67	443606,476	#####	0 mm	0 mm	0,56
P374	7220,000	Droite 4	Parabole 1	73,168	78,059	398,67	443586,480	#####	0 mm	0 mm	0,58
P375	7240,000	Droite 4	Parabole 1	73,576	78,179	398,67	443566,485	#####	0 mm	0 mm	0,61
P376	7260,000	Droite 4	Parabole 1	73,879	78,303	398,67	443546,489	#####	0 mm	0 mm	0,64
P377	7280,000	Droite 4	Parabole 1	74,221	78,434	398,67	443526,494	#####	0 mm	0 mm	0,66
P378	7300,000	Droite 4	Parabole 1	74,523	78,569	398,67	443506,498	#####	0 mm	0 mm	0,69
P379	7320,000	Droite 4	Parabole 1	74,132	78,710	398,67	443486,502	#####	0 mm	0 mm	0,72
P380	7340,000	Droite 4	Parabole 1	74,745	78,857	398,67	443466,507	#####	0 mm	0 mm	0,75
P381	7360,000	Droite 4	Parabole 1	75,197	79,008	398,67	443446,511	#####	0 mm	0 mm	0,77
P382	7380,000	Droite 4	Parabole 1	75,373	79,165	398,67	443426,515	#####	0 mm	0 mm	0,80
P383	7400,000	Droite 4	Parabole 1	75,745	79,328	398,67	443406,520	#####	0 mm	0 mm	0,83
P384	7420,000	Droite 4	Parabole 1	76,144	79,496	398,67	443386,524	#####	0 mm	0 mm	0,85
P385	7440,000	Droite 4	Parabole 1	76,543	79,669	398,67	443366,528	#####	0 mm	0 mm	0,88
P386	7460,000	Droite 4	Parabole 1	76,941	79,847	398,67	443346,533	#####	0 mm	0 mm	0,91
P387	7480,000	Droite 4	Parabole 1	77,323	80,031	398,67	443326,537	#####	0 mm	0 mm	0,93
P388	7500,000	Droite 4	Parabole 1	77,614	80,221	398,67	443306,541	#####	0 mm	0 mm	0,96
P389	7520,000	Droite 4	Parabole 1	78,044	80,415	398,67	443286,546	#####	0 mm	0 mm	0,99
P390	7540,000	Droite 4	Parabole 1	78,330	80,615	398,67	443266,550	#####	0 mm	0 mm	1,01
P391	7560,000	Droite 4	Parabole 1	78,630	80,821	398,67	443246,554	#####	0 mm	0 mm	1,04
P392	7580,000	Droite 4	Parabole 1	78,936	81,031	398,67	443226,559	#####	0 mm	0 mm	1,07
P393	7600,000	Droite 4	Parabole 1	79,239	81,248	398,67	443206,563	#####	0 mm	0 mm	1,09
P394	7620,000	Droite 4	Parabole 1	79,541	81,469	398,67	443186,567	#####	0 mm	0 mm	1,12
P395	7640,000	Droite 4	Parabole 1	79,844	81,696	398,67	443166,572	#####	0 mm	0 mm	1,15
P396	7660,000	Droite 4	Parabole 1	80,146	81,928	398,67	443146,576	#####	0 mm	0 mm	1,17
P397	7680,000	Droite 4	Parabole 1	80,471	82,166	398,67	443126,581	#####	0 mm	0 mm	1,20
P398	7700,000	Droite 4	Parabole 1	80,637	82,409	398,67	443106,585	#####	0 mm	0 mm	1,23
P399	7720,000	Droite 4	Parabole 1	80,788	82,657	398,67	443086,589	#####	0 mm	0 mm	1,26
P400	7740,000	Droite 4	Parabole 1	80,939	82,911	398,67	443066,594	#####	0 mm	0 mm	1,28
P401	7760,000	Droite 4	Parabole 1	81,089	83,170	398,67	443046,598	#####	0 mm	0 mm	1,31

P402	7780,000	Droite 4	Parabole 1	81,714	83,434	398,67	443026,602	#####	0 mm	0 mm	1,34
P403	7800,000	Droite 4	Parabole 1	81,351	83,704	398,67	443006,607	#####	0 mm	0 mm	1,36
P404	7820,000	Droite 4	Parabole 1	82,328	83,980	398,67	442986,611	#####	0 mm	0 mm	1,39
P405	7840,000	Droite 4	Parabole 1	82,803	84,260	398,67	442966,615	#####	0 mm	0 mm	1,42
P406	7860,000	Droite 4	Parabole 1	83,653	84,546	398,67	442946,620	#####	0 mm	0 mm	1,44
P407	7880,000	Droite 4	Parabole 1	84,379	84,837	398,67	442926,624	#####	0 mm	0 mm	1,47
P408	7900,000	Droite 4	Parabole 1	85,043	85,134	398,67	442906,628	#####	0 mm	0 mm	1,50
P409	7920,000	Droite 4	Pente 3	85,534	85,436	398,67	442886,633	#####	0 mm	0 mm	1,51
P410	7940,000	Droite 4	Pente 3	86,236	85,739	398,67	442866,637	#####	0 mm	0 mm	1,51
P411	7960,000	Droite 4	Pente 3	87,083	86,042	398,67	442846,641	#####	0 mm	0 mm	1,51
P412	7980,000	Droite 4	Pente 3	87,857	86,344	398,67	442826,646	#####	0 mm	0 mm	1,51
P413	8000,000	Droite 4	Pente 3	88,790	86,647	398,67	442806,650	#####	0 mm	0 mm	1,51
P414	8020,000	Droite 4	Pente 3	89,701	86,950	398,67	442786,655	#####	0 mm	0 mm	1,51
P415	8040,000	Droite 4	Pente 3	90,792	87,253	398,67	442766,659	#####	0 mm	0 mm	1,51
P416	8060,000	Droite 4	Pente 3	91,548	87,556	398,67	442746,663	#####	0 mm	0 mm	1,51
P417	8080,000	Droite 4	Pente 3	92,178	87,859	398,67	442726,668	#####	0 mm	0 mm	1,51
P418	8100,000	Droite 4	Pente 3	92,798	88,162	398,67	442706,672	#####	0 mm	0 mm	1,51
P419	8120,000	Droite 4	Pente 3	93,348	88,465	398,67	442686,676	#####	0 mm	0 mm	1,51
P420	8140,000	Droite 4	Pente 3	93,801	88,768	398,67	442666,681	#####	0 mm	0 mm	1,51
P421	8160,000	Droite 4	Pente 3	94,350	89,071	398,67	442646,685	#####	0 mm	0 mm	1,51
P422	8180,000	Droite 4	Pente 3	95,015	89,374	398,67	442626,689	#####	0 mm	0 mm	1,51
P423	8200,000	Droite 4	Pente 3	95,567	89,676	398,67	442606,694	#####	0 mm	0 mm	1,51
P424	8220,000	Droite 4	Pente 3	96,127	89,979	398,67	442586,698	#####	0 mm	0 mm	1,51
P425	8240,000	Droite 4	Pente 3	96,756	90,282	398,67	442566,702	#####	0 mm	0 mm	1,51
P426	8260,000	Droite 4	Pente 3	97,399	90,585	398,67	442546,707	#####	0 mm	0 mm	1,51
P427	8280,000	Droite 4	Pente 3	98,020	90,888	398,67	442526,711	#####	0 mm	0 mm	1,51
P428	8300,000	Droite 4	Pente 3	98,517	91,191	398,67	442506,715	#####	0 mm	0 mm	1,51
P429	8320,000	Droite 4	Pente 3	99,551	91,494	398,67	442486,720	#####	0 mm	0 mm	1,51
P430	8340,000	Droite 4	Pente 3	100,124	91,797	398,67	442466,724	#####	0 mm	0 mm	1,51
P431	8360,000	Droite 4	Pente 3	100,693	92,100	398,67	442446,728	#####	0 mm	0 mm	1,51
P432	8380,000	Droite 4	Pente 3	101,315	92,403	398,67	442426,733	#####	0 mm	0 mm	1,51
P433	8400,000	Droite 4	Pente 3	101,792	92,706	398,67	442406,737	#####	0 mm	0 mm	1,51
P434	8420,000	Droite 4	Pente 3	102,303	93,008	398,67	442386,742	#####	0 mm	0 mm	1,51
P435	8440,000	Droite 4	Pente 3	102,624	93,311	398,67	442366,746	#####	0 mm	0 mm	1,51
P436	8460,000	Droite 4	Pente 3	103,366	93,614	398,67	442346,750	#####	0 mm	0 mm	1,51
P437	8480,000	Droite 4	Pente 3	103,570	93,917	398,67	442326,755	#####	0 mm	0 mm	1,51
P438	8500,000	Droite 4	Pente 3	103,866	94,220	398,67	442306,759	#####	0 mm	0 mm	1,51
P439	8520,000	Droite 4	Pente 3	104,232	94,523	398,67	442286,763	#####	0 mm	0 mm	1,51
P440	8540,000	Droite 4	Pente 3	104,355	94,826	398,67	442266,768	#####	0 mm	0 mm	1,51
P441	8560,000	Droite 4	Pente 3	104,318	95,129	398,67	442246,772	#####	0 mm	0 mm	1,51
P442	8580,000	Droite 4	Pente 3	104,496	95,432	398,67	442226,776	#####	0 mm	0 mm	1,51
P443	8600,000	Droite 4	Pente 3	104,467	95,735	398,67	442206,781	#####	0 mm	0 mm	1,51
P444	8601,337	Clothoï de 7	Pente 3	104,453	95,755	398,67	442205,444	#####	0 mm	0 mm	1,51
P445	8620,000	Clothoï de 7	Pente 3	104,494	96,037	398,77	442186,785	#####	0 mm	0 mm	1,51
P446	8640,000	Clothoï de 7	Pente 3	104,512	96,340	399,07	442166,788	#####	0 mm	0 mm	1,51
P447	8660,000	Clothoï de 7	Pente 3	104,551	96,643	399,60	442146,789	#####	0 mm	0 mm	1,51

P448	8669,119	Arc 4	Pente 3	104,565	96,781	399,91	442137,670	#####	0 mm	0 mm	1,51
P449	8680,000	Arc 4	Pente 3	104,562	96,946	0,31	442126,789	#####	0 mm	0 mm	1,51
P450	8700,000	Arc 4	Pente 3	104,402	97,249	1,04	442106,790	#####	0 mm	0 mm	1,51
P451	8720,000	Arc 4	Pente 3	104,253	97,552	1,77	442086,795	#####	0 mm	0 mm	1,51
P452	8740,000	Arc 4	Pente 3	104,374	97,855	2,50	442066,807	#####	0 mm	0 mm	1,51
P453	8760,000	Arc 4	Pente 3	104,403	98,158	3,23	442046,827	#####	0 mm	0 mm	1,51
P454	8780,000	Arc 4	Pente 3	106,074	98,461	3,96	442026,859	#####	0 mm	0 mm	1,51
P455	8800,000	Arc 4	Pente 3	105,400	98,764	4,69	442006,905	#####	0 mm	0 mm	1,51
P456	8820,000	Arc 4	Pente 3	105,308	99,067	5,42	441986,969	#####	0 mm	0 mm	1,51
P457	8840,000	Arc 4	Pente 3	105,641	99,369	6,15	441967,051	#####	0 mm	0 mm	1,51
P458	8860,000	Arc 4	Pente 3	106,086	99,672	6,88	441947,156	#####	0 mm	0 mm	1,51
P459	8880,000	Arc 4	Pente 3	106,653	99,975	7,61	441927,286	#####	0 mm	0 mm	1,51
P460	8900,000	Arc 4	Pente 3	107,356	100,278	8,35	441907,443	#####	0 mm	0 mm	1,51
P461	8920,000	Arc 4	Pente 3	108,020	100,581	9,08	441887,630	#####	0 mm	0 mm	1,51
P462	8940,000	Arc 4	Pente 3	109,120	100,884	9,81	441867,849	#####	0 mm	0 mm	1,51
P463	8960,000	Arc 4	Pente 3	110,150	101,187	10,54	441848,104	#####	0 mm	0 mm	1,51
P464	8980,000	Arc 4	Pente 3	110,713	101,490	11,27	441828,397	#####	0 mm	0 mm	1,51
P465	9000,000	Arc 4	Pente 3	110,711	101,793	12,00	441808,730	#####	0 mm	0 mm	1,51
P466	9020,000	Arc 4	Pente 3	110,696	102,096	12,73	441789,106	#####	0 mm	0 mm	1,51
P467	9040,000	Arc 4	Pente 3	110,899	102,399	13,46	441769,528	#####	0 mm	0 mm	1,51
P468	9060,000	Arc 4	Pente 3	111,143	102,701	14,19	441749,998	#####	0 mm	0 mm	1,51
P469	9080,000	Arc 4	Pente 3	111,385	103,004	14,92	441730,518	#####	0 mm	0 mm	1,51
P470	9100,000	Arc 4	Pente 3	111,799	103,307	15,65	441711,092	#####	0 mm	0 mm	1,51
P471	9120,000	Arc 4	Pente 3	112,150	103,610	16,38	441691,722	#####	0 mm	0 mm	1,51
P472	9140,000	Arc 4	Pente 3	111,895	103,913	17,11	441672,411	#####	0 mm	0 mm	1,51
P473	9160,000	Arc 4	Pente 3	112,500	104,216	17,84	441653,160	#####	0 mm	0 mm	1,51
P474	9180,000	Arc 4	Pente 3	112,274	104,519	18,58	441633,972	#####	0 mm	0 mm	1,51
P475	9200,000	Arc 4	Pente 3	112,403	104,822	19,31	441614,851	#####	0 mm	0 mm	1,51
P476	9220,000	Arc 4	Pente 3	112,488	105,125	20,04	441595,798	#####	0 mm	0 mm	1,51
P477	9240,000	Arc 4	Pente 3	112,297	105,428	20,77	441576,817	#####	0 mm	0 mm	1,51
P478	9260,000	Arc 4	Pente 3	112,476	105,730	21,50	441557,909	#####	0 mm	0 mm	1,51
P479	9280,000	Arc 4	Pente 3	112,489	106,033	22,23	441539,077	#####	0 mm	0 mm	1,51
P480	9300,000	Arc 4	Pente 3	112,454	106,336	22,96	441520,323	#####	0 mm	0 mm	1,51
P481	9320,000	Arc 4	Pente 3	112,336	106,639	23,69	441501,651	#####	0 mm	0 mm	1,51
P482	9340,000	Arc 4	Pente 3	112,098	106,942	24,42	441483,062	#####	0 mm	0 mm	1,51
P483	9360,000	Arc 4	Pente 3	112,195	107,245	25,15	441464,559	#####	0 mm	0 mm	1,51
P484	9380,000	Arc 4	Pente 3	112,373	107,548	25,88	441446,144	#####	0 mm	0 mm	1,51
P485	9400,000	Arc 4	Pente 3	112,568	107,851	26,61	441427,820	#####	0 mm	0 mm	1,51
P486	9420,000	Arc 4	Pente 3	112,928	108,154	27,34	441409,589	#####	0 mm	0 mm	1,51
P487	9440,000	Arc 4	Pente 3	113,373	108,457	28,07	441391,454	#####	0 mm	0 mm	1,51
P488	9460,000	Arc 4	Pente 3	113,815	108,760	28,80	441373,416	#####	0 mm	0 mm	1,51
P489	9480,000	Arc 4	Pente 3	114,087	109,062	29,54	441355,480	#####	0 mm	0 mm	1,51
P490	9500,000	Arc 4	Pente 3	114,369	109,365	30,27	441337,645	#####	0 mm	0 mm	1,51
P491	9520,000	Arc 4	Pente 3	114,654	109,668	31,00	441319,916	#####	0 mm	0 mm	1,51
P492	9540,000	Arc 4	Pente 3	114,937	109,971	31,73	441302,295	#####	0 mm	0 mm	1,51
P493	9560,000	Arc 4	Pente 3	115,144	110,274	32,46	441284,783	#####	0 mm	0 mm	1,51
P494	9580,000	Arc 4	Pente 3	115,701	110,577	33,19	441267,383	#####	0 mm	0 mm	1,51
P495	9600,000	Arc 4	Pente 3	116,389	110,880	33,92	441250,097	#####	0 mm	0 mm	1,51
P496	9620,000	Arc 4	Pente 3	116,690	111,183	34,65	441232,928	#####	0 mm	0 mm	1,51
P497	9640,000	Arc 4	Pente 3	117,167	111,486	35,38	441215,878	#####	0 mm	0 mm	1,51
P498	9660,000	Arc 4	Pente 3	117,545	111,789	36,11	441198,949	#####	0 mm	0 mm	1,51
P499	9680,000	Arc 4	Pente 3	118,149	112,091	36,84	441182,143	#####	0 mm	0 mm	1,51
P500	9700,000	Arc 4	Pente 3	118,862	112,394	37,57	441165,463	#####	0 mm	0 mm	1,51
P501	9708,236	Arc 4	Pente 3	119,132	112,519	37,87	441158,631	#####	0 mm	0 mm	1,51

P502	9720,000	Clothoï de 8	Pente 3	119,460	112,697	38,27	441148,909	#####	0 mm	0 mm	1,51
P503	9740,000	Clothoï de 8	Pente 3	119,981	113,000	38,76	441132,462	#####	0 mm	0 mm	1,51
P504	9760,000	Clothoï de 8	Pente 3	120,394	113,303	39,04	441116,085	#####	0 mm	0 mm	1,51
P505	9776,019	Clothoï de 8	Pente 3	120,615	113,546	39,11	441102,992	#####	0 mm	0 mm	1,51
P506	9780,000	Droite 5	Pente 3	120,661	113,606	39,11	441099,739	#####	0 mm	0 mm	1,51
P507	9800,000	Droite 5	Pente 3	120,907	113,909	39,11	441083,396	#####	0 mm	0 mm	1,51
P508	9820,000	Droite 5	Pente 3	121,058	114,212	39,11	441067,053	#####	0 mm	0 mm	1,51
P509	9840,000	Droite 5	Pente 3	120,583	114,515	39,11	441050,711	#####	0 mm	0 mm	1,51
P510	9860,000	Droite 5	Pente 3	122,308	114,818	39,11	441034,368	#####	0 mm	0 mm	1,51
P511	9880,000	Droite 5	Pente 3	122,837	115,121	39,11	441018,025	#####	0 mm	0 mm	1,51
P512	9900,000	Droite 5	Pente 3	123,490	115,423	39,11	441001,683	#####	0 mm	0 mm	1,51
P513	9920,000	Droite 5	Pente 3	124,165	115,726	39,11	440985,340	#####	0 mm	0 mm	1,51
P514	9940,000	Droite 5	Pente 3	124,288	116,029	39,11	440968,997	#####	0 mm	0 mm	1,51
P515	9960,000	Droite 5	Pente 3	124,703	116,332	39,11	440952,654	#####	0 mm	0 mm	1,51
P516	9980,000	Droite 5	Pente 3	125,110	116,635	39,11	440936,312	#####	0 mm	0 mm	1,51
P517	9986,901	Clothoï de 9	Pente 3	125,205	116,740	39,11	440930,673	#####	0 mm	0 mm	1,51
P518	10000,000	Clothoï de 9	Pente 3	125,385	116,938	38,97	440919,963	#####	0 mm	0 mm	1,51
P519	10020,000	Clothoï de 9	Pente 3	126,254	117,241	38,21	440903,537	#####	0 mm	0 mm	1,51
P520	10036,901	Arc 5	Pente 3	127,000	117,497	37,06	440889,511	#####	0 mm	0 mm	1,51
P521	10040,000	Arc 5	Pente 3	127,101	117,544	36,81	440886,919	#####	0 mm	0 mm	1,51
P522	10060,000	Arc 5	Pente 3	127,882	117,847	35,17	440870,032	#####	0 mm	0 mm	1,51
P523	10080,000	Arc 5	Pente 3	129,297	118,150	33,54	440852,874	#####	0 mm	0 mm	1,51
P524	10100,000	Arc 5	Pente 3	130,358	118,453	31,90	440835,458	#####	0 mm	0 mm	1,51
P525	10120,000	Arc 5	Pente 3	131,158	118,755	30,26	440817,795	#####	0 mm	0 mm	1,51
P526	10140,000	Arc 5	Pente 3	132,219	119,058	28,62	440799,896	#####	0 mm	0 mm	1,51
P527	10160,000	Arc 5	Pente 3	133,052	119,361	26,98	440781,774	#####	0 mm	0 mm	1,51
P528	10180,000	Arc 5	Parabole 2	133,568	119,660	25,35	440763,440	#####	0 mm	0 mm	1,46
P529	10200,000	Arc 5	Parabole 2	134,254	119,946	23,71	440744,907	#####	0 mm	0 mm	1,40
P530	10220,000	Arc 5	Parabole 2	134,647	120,220	22,07	440726,186	#####	0 mm	0 mm	1,34
P531	10240,000	Arc 5	Parabole 2	134,965	120,481	20,43	440707,291	#####	0 mm	0 mm	1,27
P532	10260,000	Arc 5	Parabole 2	135,197	120,730	18,80	440688,233	#####	0 mm	0 mm	1,21
P533	10280,000	Arc 5	Parabole 2	135,312	120,966	17,16	440669,026	#####	0 mm	0 mm	1,15
P534	10300,000	Arc 5	Parabole 2	135,238	121,189	15,52	440649,682	#####	0 mm	0 mm	1,09
P535	10320,000	Arc 5	Parabole 2	134,940	121,400	13,88	440630,213	#####	0 mm	0 mm	1,02
P536	10340,000	Arc 5	Parabole 2	134,358	121,598	12,24	440610,633	#####	0 mm	0 mm	0,96
P537	10360,000	Arc 5	Parabole 2	133,526	121,784	10,61	440590,955	#####	0 mm	0 mm	0,90
P538	10380,000	Arc 5	Parabole 2	132,449	121,958	8,97	440571,191	#####	0 mm	0 mm	0,84

P539	10400,00 0	Arc 5	Parabole 2	130,938	122,118	7,33	440551,356	#####	0 mm	0 mm	0,77
P540	10420,00 0	Arc 5	Parabole 2	129,129	122,267	5,69	440531,461	#####	0 mm	0 mm	0,71
P541	10440,00 0	Arc 5	Parabole 2	127,437	122,402	4,06	440511,520	#####	0 mm	0 mm	0,65
P542	10454,99 4	Arc 5	Parabole 2	126,234	122,496	2,83	440496,548	#####	0 mm	0 mm	0,60
P543	10460,00 0	Clothoï de 10	Parabole 2	126,028	122,525	2,44	440491,546	#####	0 mm	0 mm	0,58
P544	10480,00 0	Clothoï de 10	Parabole 2	125,096	122,636	1,29	440471,555	#####	0 mm	0 mm	0,52
P545	10500,00 0	Clothoï de 10	Parabole 2	123,347	122,734	0,80	440451,557	#####	0 mm	0 mm	0,46
P546	10504,99 4	Clothoï de 10	Parabole 2	122,909	122,756	0,78	440446,564	#####	0 mm	0 mm	0,44
P547	10520,00 0	Droite 6	Parabole 2	121,852	122,819	0,78	440431,559	#####	0 mm	0 mm	0,40
P548	10540,00 0	Droite 6	Parabole 2	120,573	122,892	0,78	440411,560	#####	0 mm	0 mm	0,33
P549	10560,00 0	Droite 6	Parabole 2	119,615	122,952	0,78	440391,562	#####	0 mm	0 mm	0,27
P550	10580,00 0	Droite 6	Parabole 2	118,926	123,000	0,78	440371,563	#####	0 mm	0 mm	0,21
P551	10600,00 0	Droite 6	Parabole 2	117,510	123,035	0,78	440351,565	#####	0 mm	0 mm	0,14
P552	10620,00 0	Droite 6	Parabole 2	116,499	123,058	0,78	440331,566	#####	0 mm	0 mm	0,08
P553	10640,00 0	Droite 6	Parabole 2	115,587	123,068	0,78	440311,568	#####	0 mm	0 mm	0,02
P554	10660,00 0	Droite 6	Parabole 2	114,786	123,066	0,78	440291,569	#####	0 mm	0 mm	-0,04
P555	10680,00 0	Droite 6	Parabole 2	114,014	123,051	0,78	440271,571	#####	0 mm	0 mm	-0,11
P556	10700,00 0	Droite 6	Parabole 2	113,603	123,023	0,78	440251,572	#####	0 mm	0 mm	-0,17
P557	10720,00 0	Droite 6	Parabole 2	113,023	122,983	0,78	440231,574	#####	0 mm	0 mm	-0,23
P558	10740,00 0	Droite 6	Parabole 2	113,333	122,930	0,78	440211,575	#####	0 mm	0 mm	-0,29
P559	10760,00 0	Droite 6	Parabole 2	113,227	122,865	0,78	440191,577	#####	0 mm	0 mm	-0,36
P560	10780,00 0	Droite 6	Parabole 2	114,198	122,787	0,78	440171,578	#####	0 mm	0 mm	-0,42
P561	10800,00 0	Droite 6	Parabole 2	115,598	122,697	0,78	440151,580	#####	0 mm	0 mm	-0,48
P562	10820,00 0	Droite 6	Parabole 2	117,490	122,594	0,78	440131,581	#####	0 mm	0 mm	-0,55
P563	10840,00 0	Droite 6	Parabole 2	118,938	122,479	0,78	440111,583	#####	0 mm	0 mm	-0,61
P564	10860,00 0	Droite 6	Parabole 2	120,015	122,351	0,78	440091,584	#####	0 mm	0 mm	-0,67
P565	10880,00 0	Droite 6	Parabole 2	121,390	122,210	0,78	440071,586	#####	0 mm	0 mm	-0,73
P566	10900,00 0	Droite 6	Parabole 2	122,748	122,057	0,78	440051,587	#####	0 mm	0 mm	-0,80
P567	10920,00 0	Droite 6	Parabole 2	124,169	121,892	0,78	440031,589	#####	0 mm	0 mm	-0,86
P568	10940,00 0	Droite 6	Parabole 2	125,128	121,713	0,78	440011,590	#####	0 mm	0 mm	-0,92
P569	10960,00 0	Droite 6	Parabole 2	123,917	121,523	0,78	439991,592	#####	0 mm	0 mm	-0,98

P570	10980,00 0	Droite 6	Parabole 2	120,693	121,319	0,78	439971,593	#####	0 mm	0 mm	-1,05
P571	11000,00 0	Droite 6	Parabole 2	115,551	121,104	0,78	439951,595	#####	0 mm	0 mm	-1,11
P572	11020,00 0	Droite 6	Parabole 2	108,975	120,875	0,78	439931,596	#####	0 mm	0 mm	-1,17
P573	11040,00 0	Droite 6	Parabole 2	102,110	120,634	0,78	439911,598	#####	0 mm	0 mm	-1,24
P574	11060,00 0	Droite 6	Parabole 2	97,396	120,381	0,78	439891,599	#####	0 mm	0 mm	-1,30
P575	11080,00 0	Droite 6	Parabole 2	92,468	120,115	0,78	439871,601	#####	0 mm	0 mm	-1,36
P576	11100,00 0	Droite 6	Parabole 2	89,627	119,836	0,78	439851,602	#####	0 mm	0 mm	-1,42
P577	11120,00 0	Droite 6	Parabole 2	88,055	119,545	0,78	439831,604	#####	0 mm	0 mm	-1,49
P578	11140,00 0	Droite 6	Parabole 2	86,487	119,241	0,78	439811,605	#####	0 mm	0 mm	-1,55
P579	11160,00 0	Droite 6	Parabole 2	87,785	118,925	0,78	439791,607	#####	0 mm	0 mm	-1,61
P580	11180,00 0	Droite 6	Parabole 2	94,556	118,596	0,78	439771,608	#####	0 mm	0 mm	-1,68
P581	11200,00 0	Droite 6	Parabole 2	96,225	118,255	0,78	439751,610	#####	0 mm	0 mm	-1,74
P582	11220,00 0	Droite 6	Parabole 2	95,108	117,901	0,78	439731,611	#####	0 mm	0 mm	-1,80
P583	11240,00 0	Droite 6	Parabole 2	94,330	117,535	0,78	439711,613	#####	0 mm	0 mm	-1,86
P584	11260,00 0	Droite 6	Parabole 2	93,174	117,156	0,78	439691,614	#####	0 mm	0 mm	-1,93
P585	11280,00 0	Droite 6	Parabole 2	96,400	116,764	0,78	439671,616	#####	0 mm	0 mm	-1,99
P586	11300,00 0	Droite 6	Parabole 2	97,940	116,360	0,78	439651,617	#####	0 mm	0 mm	-2,05
P587	11320,00 0	Droite 6	Parabole 2	98,441	115,943	0,78	439631,619	#####	0 mm	0 mm	-2,11
P588	11340,00 0	Droite 6	Parabole 2	98,942	115,514	0,78	439611,620	#####	0 mm	0 mm	-2,18
P589	11360,00 0	Droite 6	Parabole 2	99,443	115,072	0,78	439591,622	#####	0 mm	0 mm	-2,24
P590	11380,00 0	Droite 6	Parabole 2	99,944	114,618	0,78	439571,623	#####	0 mm	0 mm	-2,30
P591	11400,00 0	Droite 6	Pente 4	100,445	114,151	0,78	439551,625	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P592	11420,00 0	Droite 6	Pente 4	100,946	113,679	0,78	439531,626	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P593	11440,00 0	Droite 6	Pente 4	101,496	113,206	0,78	439511,628	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P594	11460,00 0	Droite 6	Pente 4	102,255	112,734	0,78	439491,629	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P595	11480,00 0	Droite 6	Pente 4	103,015	112,261	0,78	439471,631	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P596	11500,00 0	Droite 6	Pente 4	102,728	111,789	0,78	439451,632	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P597	11520,00 0	Droite 6	Pente 4	101,979	111,316	0,78	439431,634	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P598	11540,00 0	Droite 6	Pente 4	101,396	110,844	0,78	439411,635	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P599	11560,00 0	Droite 6	Pente 4	100,251	110,372	0,78	439391,637	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P600	11580,00 0	Droite 6	Pente 4	99,001	109,899	0,78	439371,638	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P601	11600,00 0	Droite 6	Pente 4	97,751	109,427	0,78	439351,640	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P602	11620,00 0	Droite 6	Pente 4	96,501	108,954	0,78	439331,641	#####	0 mm	0 mm	-2,36

P603	11640,00 0	Droite 6	Pente 4	95,250	108,482	0,78	439311,643	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P604	11660,00 0	Droite 6	Pente 4	94,000	108,009	0,78	439291,644	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P605	11680,00 0	Droite 6	Pente 4	93,038	107,537	0,78	439271,646	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P606	11700,00 0	Droite 6	Pente 4	93,313	107,064	0,78	439251,647	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P607	11720,00 0	Droite 6	Pente 4	93,451	106,592	0,78	439231,649	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P608	11740,00 0	Droite 6	Pente 4	92,250	106,119	0,78	439211,650	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P609	11760,00 0	Droite 6	Pente 4	89,215	105,647	0,78	439191,652	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P610	11780,00 0	Droite 6	Pente 4	85,141	105,175	0,78	439171,653	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P611	11800,00 0	Droite 6	Pente 4	81,385	104,702	0,78	439151,655	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P612	11820,00 0	Droite 6	Pente 4	79,509	104,230	0,78	439131,656	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P613	11840,00 0	Droite 6	Pente 4	80,214	103,757	0,78	439111,658	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P614	11860,00 0	Droite 6	Pente 4	80,892	103,285	0,78	439091,659	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P615	11880,00 0	Droite 6	Pente 4	81,390	102,812	0,78	439071,661	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P616	11900,00 0	Droite 6	Pente 4	81,248	102,340	0,78	439051,662	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P617	11920,00 0	Droite 6	Pente 4	81,544	101,867	0,78	439031,664	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P618	11920,15 6	Clothoï de 11	Pente 4	81,549	101,864	0,78	439031,508	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P619	11940,00 0	Clothoï de 11	Pente 4	81,986	101,395	0,97	439011,666	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P620	11960,00 0	Clothoï de 11	Pente 4	82,557	100,923	1,53	438991,669	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P621	11976,29 8	Arc 6	Pente 4	83,922	100,538	2,28	438975,379	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P622	11980,00 0	Arc 6	Pente 4	84,222	100,450	2,47	438971,679	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P623	12000,00 0	Arc 6	Pente 4	85,899	99,978	3,54	438951,702	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P624	12020,00 0	Arc 6	Pente 4	87,544	99,505	4,60	438931,743	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P625	12040,00 0	Arc 6	Pente 4	89,105	99,033	5,67	438911,808	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P626	12060,00 0	Arc 6	Pente 4	90,652	98,560	6,73	438891,903	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P627	12080,00 0	Arc 6	Pente 4	92,645	98,088	7,80	438872,033	#####	0 mm	0 mm	-2,36
P628	12100,00 0	Arc 6	Parabole 3	94,519	97,616	8,86	438852,205	#####	0 mm	0 mm	-2,33
P629	12120,00 0	Arc 6	Parabole 3	96,255	97,169	9,93	438832,422	#####	0 mm	0 mm	-2,15
P630	12140,00 0	Arc 6	Parabole 3	97,438	96,758	10,99	438812,692	#####	0 mm	0 mm	-1,96
P631	12160,00 0	Arc 6	Parabole 3	98,607	96,384	12,06	438793,019	#####	0 mm	0 mm	-1,78
P632	12180,00 0	Arc 6	Parabole 3	99,896	96,047	13,12	438773,409	#####	0 mm	0 mm	-1,59
P633	12200,00 0	Arc 6	Parabole 3	100,951	95,747	14,19	438753,868	#####	0 mm	0 mm	-1,41
P634	12220,00 0	Arc 6	Parabole 3	101,191	95,483	15,25	438734,400	#####	0 mm	0 mm	-1,23
P635	12240,00 0	Arc 6	Parabole 3	100,855	95,256	16,32	438715,012	#####	0 mm	0 mm	-1,04
P636	12260,00 0	Arc 6	Pente 5	100,307	95,061	17,38	438695,709	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P637	12280,00 0	Arc 6	Pente 5	99,568	94,870	18,45	438676,496	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P638	12300,00	Arc 6	Pente 5	98,829	94,679	19,51	438657,379	#####	0 mm	0 mm	-0,96

	0										
P639	12320,00 0	Arc 6	Pente 5	97,726	94,488	20,58	438638,363	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P640	12340,00 0	Arc 6	Pente 5	96,691	94,297	21,64	438619,453	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P641	12360,00 0	Arc 6	Pente 5	95,376	94,106	22,71	438600,654	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P642	12380,00 0	Arc 6	Pente 5	93,882	93,915	23,78	438581,972	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P643	12400,00 0	Arc 6	Pente 5	92,363	93,724	24,84	438563,413	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P644	12420,00 0	Arc 6	Pente 5	90,163	93,533	25,91	438544,981	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P645	12440,00 0	Arc 6	Pente 5	89,108	93,342	26,97	438526,681	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P646	12460,00 0	Arc 6	Pente 5	88,521	93,151	28,04	438508,519	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P647	12480,00 0	Arc 6	Pente 5	88,707	92,960	29,10	438490,499	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P648	12500,00 0	Arc 6	Pente 5	88,834	92,769	30,17	438472,627	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P649	12520,00 0	Arc 6	Pente 5	88,918	92,578	31,23	438454,908	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P650	12540,00 0	Arc 6	Pente 5	88,997	92,387	32,30	438437,346	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P651	12560,00 0	Arc 6	Pente 5	88,561	92,196	33,36	438419,947	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P652	12580,00 0	Arc 6	Pente 5	88,122	92,005	34,43	438402,716	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P653	12600,00 0	Arc 6	Pente 5	87,853	91,814	35,49	438385,656	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P654	12620,00 0	Arc 6	Pente 5	87,748	91,623	36,56	438368,774	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P655	12640,00 0	Arc 6	Pente 5	87,624	91,432	37,62	438352,073	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P656	12660,00 0	Arc 6	Pente 5	87,361	91,241	38,69	438335,559	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P657	12680,00 0	Arc 6	Pente 5	86,656	91,050	39,75	438319,236	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P658	12700,00 0	Arc 6	Pente 5	86,073	90,859	40,82	438303,109	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P659	12720,00 0	Arc 6	Pente 5	85,221	90,667	41,88	438287,181	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P660	12740,00 0	Arc 6	Pente 5	84,111	90,476	42,95	438271,458	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P661	12760,00 0	Arc 6	Pente 5	82,656	90,285	44,01	438255,945	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P662	12780,00 0	Arc 6	Pente 5	82,194	90,094	45,08	438240,644	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P663	12800,00 0	Arc 6	Pente 5	80,237	89,903	46,14	438225,562	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P664	12820,00 0	Arc 6	Pente 5	75,193	89,712	47,21	438210,701	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P665	12840,00 0	Arc 6	Pente 5	71,737	89,521	48,27	438196,066	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P666	12860,00 0	Arc 6	Pente 5	68,556	89,330	49,34	438181,661	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P667	12880,00 0	Arc 6	Pente 5	65,551	89,139	50,40	438167,490	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P668	12900,00 0	Arc 6	Pente 5	62,780	88,948	51,47	438153,558	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P669	12920,00 0	Arc 6	Pente 5	60,101	88,757	52,53	438139,867	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P670	12940,00 0	Arc 6	Pente 5	57,956	88,566	53,60	438126,422	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P671	12960,00 0	Arc 6	Pente 5	56,529	88,375	54,66	438113,227	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P672	12971,81 0	Arc 6	Pente 5	57,092	88,262	55,29	438105,554	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P673	12980,00 0	Clothoï de 12	Pente 5	57,639	88,184	55,70	438100,284	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P674	13000,00 0	Clothoï de 12	Pente 5	59,028	87,993	56,42	438087,557	#####	0 mm	0 mm	-0,96

P675	13020,00 0	Clothoï de 12	Pente 5	61,103	87,802	56,76	438074,959	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P676	13027,95 2	Clothoï de 12	Pente 5	61,913	87,726	56,79	438069,966	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P677	13040,00 0	Droite 7	Pente 5	62,339	87,611	56,79	438062,401	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P678	13060,00 0	Droite 7	Pente 5	62,823	87,420	56,79	438049,844	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P679	13080,00 0	Droite 7	Pente 5	62,985	87,229	56,79	438037,287	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P680	13100,00 0	Droite 7	Pente 5	63,165	87,038	56,79	438024,731	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P681	13120,00 0	Droite 7	Pente 5	64,377	86,847	56,79	438012,174	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P682	13140,00 0	Droite 7	Pente 5	66,876	86,656	56,79	437999,617	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P683	13160,00 0	Droite 7	Pente 5	68,070	86,465	56,79	437987,060	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P684	13180,00 0	Droite 7	Pente 5	69,758	86,274	56,79	437974,503	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P685	13200,00 0	Droite 7	Pente 5	71,716	86,083	56,79	437961,946	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P686	13220,00 0	Droite 7	Pente 5	73,698	85,892	56,79	437949,389	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P687	13240,00 0	Droite 7	Pente 5	75,680	85,701	56,79	437936,832	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P688	13260,00 0	Droite 7	Pente 5	77,622	85,510	56,79	437924,275	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P689	13280,00 0	Droite 7	Pente 5	78,121	85,319	56,79	437911,719	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P690	13300,00 0	Droite 7	Pente 5	77,255	85,128	56,79	437899,162	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P691	13320,00 0	Droite 7	Pente 5	75,608	84,937	56,79	437886,605	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P692	13340,00 0	Droite 7	Pente 5	73,976	84,746	56,79	437874,048	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P693	13360,00 0	Droite 7	Pente 5	72,429	84,555	56,79	437861,491	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P694	13380,00 0	Droite 7	Pente 5	71,059	84,364	56,79	437848,934	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P695	13400,00 0	Droite 7	Pente 5	69,107	84,172	56,79	437836,377	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P696	13420,00 0	Droite 7	Pente 5	65,171	83,981	56,79	437823,820	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P697	13440,00 0	Droite 7	Pente 5	62,237	83,790	56,79	437811,263	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P698	13460,00 0	Droite 7	Pente 5	59,501	83,599	56,79	437798,706	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P699	13480,00 0	Droite 7	Pente 5	61,014	83,408	56,79	437786,150	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P700	13500,00 0	Droite 7	Pente 5	62,964	83,217	56,79	437773,593	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P701	13502,17 5	Clothoï de 13	Pente 5	63,076	83,197	56,79	437772,227	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P702	13520,00 0	Clothoï de 13	Pente 5	64,317	83,026	56,65	437761,026	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P703	13540,00 0	Clothoï de 13	Pente 5	65,330	82,835	56,15	437748,381	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P704	13559,53 3	Arc 7	Pente 5	66,121	82,649	55,32	437735,875	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P705	13560,00 0	Arc 7	Pente 5	66,141	82,644	55,30	437735,574	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P706	13580,00 0	Arc 7	Pente 5	67,163	82,453	54,28	437722,535	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P707	13600,00 0	Arc 7	Pente 5	67,684	82,262	53,26	437709,254	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P708	13620,00 0	Arc 7	Pente 5	68,315	82,071	52,24	437695,736	#####	0 mm	0 mm	-0,96
P709	13640,00 0	Arc 7	Parabole 4	68,586	81,868	51,22	437681,983	#####	0 mm	0 mm	-1,41
P710	13660,00 0	Arc 7	Parabole 4	68,908	81,584	50,20	437668,000	#####	0 mm	0 mm	-1,43

P711	13680,00 0	Arc 7	Parabole 4	69,132	81,297	49,18	437653,789	#####	0 mm	0 mm	-1,44
P712	13700,00 0	Arc 7	Parabole 4	69,485	81,006	48,16	437639,354	#####	0 mm	0 mm	-1,46
P713	13720,00 0	Arc 7	Parabole 4	69,788	80,713	47,14	437624,699	#####	0 mm	0 mm	-1,48
P714	13740,00 0	Arc 7	Parabole 4	69,877	80,416	46,12	437609,828	#####	0 mm	0 mm	-1,49
P715	13760,00 0	Arc 7	Parabole 4	69,801	80,116	45,10	437594,744	#####	0 mm	0 mm	-1,51
P716	13780,00 0	Arc 7	Parabole 4	69,402	79,813	44,08	437579,452	#####	0 mm	0 mm	-1,52
P717	13800,00 0	Arc 7	Parabole 4	69,150	79,506	43,06	437563,955	#####	0 mm	0 mm	-1,54
P718	13820,00 0	Arc 7	Parabole 4	68,875	79,197	42,03	437548,258	#####	0 mm	0 mm	-1,56
P719	13840,00 0	Arc 7	Parabole 4	68,321	78,884	41,01	437532,364	#####	0 mm	0 mm	-1,57
P720	13860,00 0	Arc 7	Parabole 4	68,505	78,568	39,99	437516,277	#####	0 mm	0 mm	-1,59
P721	13880,00 0	Arc 7	Parabole 4	68,009	78,249	38,97	437500,002	#####	0 mm	0 mm	-1,60
P722	13900,00 0	Arc 7	Parabole 4	67,493	77,927	37,95	437483,543	#####	0 mm	0 mm	-1,62
P723	13920,00 0	Arc 7	Parabole 4	67,781	77,601	36,93	437466,904	#####	0 mm	0 mm	-1,64
P724	13940,00 0	Arc 7	Parabole 4	67,522	77,273	35,91	437450,089	#####	0 mm	0 mm	-1,65
P725	13960,00 0	Arc 7	Parabole 4	67,857	76,941	34,89	437433,103	#####	0 mm	0 mm	-1,67
P726	13980,00 0	Arc 7	Parabole 4	67,926	76,606	33,87	437415,949	#####	0 mm	0 mm	-1,68
P727	14000,00 0	Arc 7	Parabole 4	67,947	76,267	32,85	437398,633	#####	0 mm	0 mm	-1,70
P728	14020,00 0	Arc 7	Parabole 4	67,789	75,926	31,83	437381,159	#####	0 mm	0 mm	-1,72
P729	14040,00 0	Arc 7	Parabole 4	67,815	75,581	30,81	437363,531	#####	0 mm	0 mm	-1,73
P730	14060,00 0	Arc 7	Parabole 4	67,790	75,233	29,79	437345,754	#####	0 mm	0 mm	-1,75
P731	14080,00 0	Arc 7	Parabole 4	67,509	74,882	28,77	437327,833	#####	0 mm	0 mm	-1,76
P732	14100,00 0	Arc 7	Parabole 4	67,224	74,528	27,75	437309,771	#####	0 mm	0 mm	-1,78
P733	14120,00 0	Arc 7	Parabole 4	66,937	74,170	26,73	437291,574	#####	0 mm	0 mm	-1,80
P734	14140,00 0	Arc 7	Parabole 4	66,649	73,810	25,71	437273,247	#####	0 mm	0 mm	-1,81
P735	14160,00 0	Arc 7	Parabole 4	66,359	73,446	24,69	437254,793	#####	0 mm	0 mm	-1,83
P736	14180,00 0	Arc 7	Parabole 4	66,066	73,079	23,67	437236,218	#####	0 mm	0 mm	-1,84
P737	14200,00 0	Arc 7	Parabole 4	64,146	72,709	22,65	437217,527	#####	0 mm	0 mm	-1,86
P738	14220,00 0	Arc 7	Parabole 4	62,119	72,335	21,63	437198,724	#####	0 mm	0 mm	-1,88
P739	14240,00 0	Arc 7	Parabole 4	59,780	71,959	20,61	437179,815	#####	0 mm	0 mm	-1,89
P740	14260,00 0	Arc 7	Parabole 4	57,256	71,579	19,59	437160,803	#####	0 mm	0 mm	-1,91
P741	14280,00 0	Arc 7	Parabole 4	54,822	71,196	18,56	437141,694	#####	0 mm	0 mm	-1,92

P742	14300,00 0	Arc 7	Parabole 4	52,674	70,809	17,54	437122,493	#####	0 mm	0 mm	-1,94
P743	14320,00 0	Arc 7	Parabole 4	51,228	70,420	16,52	437103,205	#####	0 mm	0 mm	-1,96
P744	14340,00 0	Arc 7	Parabole 4	50,292	70,027	15,50	437083,835	#####	0 mm	0 mm	-1,97
P745	14360,00 0	Arc 7	Parabole 4	49,474	69,632	14,48	437064,387	#####	0 mm	0 mm	-1,99
P746	14380,00 0	Arc 7	Parabole 4	48,135	69,233	13,46	437044,867	#####	0 mm	0 mm	-2,00
P747	14400,00 0	Arc 7	Parabole 4	45,493	68,830	12,44	437025,280	#####	0 mm	0 mm	-2,02
P748	14420,00 0	Arc 7	Parabole 4	43,166	68,425	11,42	437005,630	#####	0 mm	0 mm	-2,03
P749	14440,00 0	Arc 7	Parabole 4	40,513	68,016	10,40	436985,924	#####	0 mm	0 mm	-2,05
P750	14460,00 0	Arc 7	Parabole 4	36,656	67,605	9,38	436966,165	#####	0 mm	0 mm	-2,07
P751	14480,00 0	Arc 7	Parabole 4	35,729	67,190	8,36	436946,359	#####	0 mm	0 mm	-2,08
P752	14500,00 0	Arc 7	Parabole 4	35,028	66,772	7,34	436926,511	#####	0 mm	0 mm	-2,10
P753	14520,00 0	Arc 7	Parabole 4	34,634	66,350	6,32	436906,626	#####	0 mm	0 mm	-2,11
P754	14540,00 0	Arc 7	Parabole 4	34,360	65,926	5,30	436886,709	#####	0 mm	0 mm	-2,13
P755	14560,00 0	Arc 7	Parabole 4	33,958	65,498	4,28	436866,766	#####	0 mm	0 mm	-2,15
P756	14580,00 0	Arc 7	Parabole 4	33,296	65,067	3,26	436846,801	#####	0 mm	0 mm	-2,16
P757	14599,59 3	Arc 7	Parabole 4	32,077	64,642	2,26	436827,227	#####	0 mm	0 mm	-2,18
P758	14600,00 0	Clothoï de 14	Parabole 4	32,063	64,633	2,24	436826,820	#####	0 mm	0 mm	-2,18
P759	14620,00 0	Clothoï de 14	Parabole 4	31,378	64,195	1,40	436806,828	#####	0 mm	0 mm	-2,19
P760	14640,00 0	Clothoï de 14	Parabole 4	31,061	63,755	0,92	436786,832	#####	0 mm	0 mm	-2,21
P761	14656,95 1	Clothoï de 14	Parabole 4	30,684	63,379	0,80	436769,882	#####	0 mm	0 mm	-2,22
P762	14660,00 0	Droite 8	Parabole 4	30,489	63,311	0,80	436766,833	#####	0 mm	0 mm	-2,23
P763	14680,00 0	Droite 8	Parabole 4	29,865	62,864	0,80	436746,835	#####	0 mm	0 mm	-2,24
P764	14700,00 0	Droite 8	Parabole 4	30,073	62,414	0,80	436726,836	#####	0 mm	0 mm	-2,26
P765	14720,00 0	Droite 8	Parabole 4	30,702	61,961	0,80	436706,838	#####	0 mm	0 mm	-2,27
P766	14740,00 0	Droite 8	Parabole 4	30,293	61,504	0,80	436686,839	#####	0 mm	0 mm	-2,29
P767	14760,00 0	Droite 8	Parabole 4	30,199	61,045	0,80	436666,841	#####	0 mm	0 mm	-2,31
P768	14780,00 0	Droite 8	Parabole 4	30,143	60,582	0,80	436646,843	#####	0 mm	0 mm	-2,32
P769	14800,00 0	Droite 8	Parabole 4	29,602	60,116	0,80	436626,844	#####	0 mm	0 mm	-2,34
P770	14820,00 0	Droite 8	Parabole 4	29,265	59,646	0,80	436606,846	#####	0 mm	0 mm	-2,35
P771	14840,00 0	Droite 8	Parabole 4	28,448	59,174	0,80	436586,847	#####	0 mm	0 mm	-2,37
P772	14860,00 0	Droite 8	Parabole 4	28,841	58,698	0,80	436566,849	#####	0 mm	0 mm	-2,39

P773	14880,00 0	Droite 8	Parabole 4	28,715	58,219	0,80	436546,850	#####	0 mm	0 mm	-2,40
P774	14900,00 0	Droite 8	Parabole 4	28,401	57,737	0,80	436526,852	#####	0 mm	0 mm	-2,42
P775	14920,00 0	Droite 8	Parabole 4	28,366	57,252	0,80	436506,854	#####	0 mm	0 mm	-2,43
P776	14940,00 0	Droite 8	Parabole 4	28,284	56,763	0,80	436486,855	#####	0 mm	0 mm	-2,45
P777	14960,00 0	Droite 8	Parabole 4	28,185	56,272	0,80	436466,857	#####	0 mm	0 mm	-2,47
P778	14980,00 0	Droite 8	Parabole 4	28,080	55,777	0,80	436446,858	#####	0 mm	0 mm	-2,48
P779	15000,00 0	Droite 8	Parabole 4	28,048	55,279	0,80	436426,860	#####	0 mm	0 mm	-2,50
P780	15020,00 0	Droite 8	Parabole 4	27,954	54,778	0,80	436406,861	#####	0 mm	0 mm	-2,51
P781	15040,00 0	Droite 8	Parabole 4	27,781	54,273	0,80	436386,863	#####	0 mm	0 mm	-2,53
P782	15060,00 0	Droite 8	Parabole 4	27,943	53,766	0,80	436366,864	#####	0 mm	0 mm	-2,55
P783	15080,00 0	Droite 8	Pente 6	28,832	53,053	0,80	436346,866	#####	0 mm	0 mm	-5,20
P784	15100,00 0	Droite 8	Pente 6	28,772	52,013	0,80	436326,868	#####	0 mm	0 mm	-5,20
P785	15120,00 0	Droite 8	Aucun	28,681	Aucun	0,80	436306,869	#####	0 mm	0 mm	0,00
P786	15120,75 9	Droite 8	Aucun	28,683	Aucun	0,80	436306,111	#####	0 mm	0 mm	0,00

ANNEXE 3.1 : Volume des terrassements (Remblai/Déblai) et les matériaux (SOUS BALLAST, COUCHE DE FONDATION, COUCHE DE FORME, BALLAST) μ

RESUME

Client : mouloud Mammeri de Tizi Ouzou

Préparé par : Mahiou et Hamidani

Logiciel Covadis 2018

Date : 15/09/2022 13 :20:19

Axe en plan: Alignement APD (AFFROUN- TIPAZA)

Description : la ligne ferroviaire AFFROUN –PORT CENTRE (HAMDANIA –
CHERCHELL-TIPAZA).

Groupe de tabulations : TAB.

Plage d'abscisse : Début : 19+000.00, Fin : 28+999.56

	Type de surface	Surface	Vol.Inc.	Vol. Cum
		m2	m3	m3
Abscisse: 19+000.000				
	DEBLAI	1766.06	0	0
	REMBLAI	0	0	0
	SOUS BALLAST	2.78	0	0
	COUCHE DE FONDATION	2.61	0	0
	COUCHE DE FORME	5.38	0	0
	BALLAST	2.28	0	0
Abscisse: 19+020.000				
	DEBLAI	0	17660.57	17660.57
	REMBLAI	26.02	260.23	260.23

	SOUS BALLAST	2.78	55.68	55.68
	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	52.29
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	107.6
	BALLAST	4.89	71.65	71.65
Abscisse: 19+040.000				
	DEBLAI	0	0	17660.57
	REMBLAI	28.11	541.33	801.56
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	111.35
	COUCHE DE FONDATION	2.61	107.6	104.58
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	215.2
	BALLAST	4.89	97.75	169.4
Abscisse: 19+060.000				
	DEBLAI	0	0	17660.57
	REMBLAI	34	621.1	1422.66
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	167.03
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	753.19
	BALLAST	4.89	97.75	658.15
Abscisse : 19+160.000				
	DEBLAI	0	0	17660.57
	REMBLAI	37.38	741.2	4994.17
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	445.41

	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	418.34
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	860.79
	BALLAST	4.89	97.75	755.9
Abscisse : 19+180.000				
	DEBLAI	0	0	17660.57
	REMBLAI	35.72	731.05	5725.22
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	501.09
	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	470.63
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	968.39
	BALLAST	4.89	97.75	853.65
Abscisse : 19+200.000				
	DEBLAI	0	0	17660.57
	REMBLAI	28.17	638.96	6364.18
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	556.77
	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	522.92
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	1075.99
	BALLAST	4.89	97.75	951.3
Abscisse : 19+220.000				
	DEBLAI	0	0	17660.57
	REMBLAI	31.47	596.46	6960.65
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	612.44

	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	575.21
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	1183.59
Abscisse: 24+240.000				
	DEBLAI	0	0	115542.47
	REMBLAI	136.21	2646.23	178626.66
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	14587.27
	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	13700.48
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	28190.92
	BALLAST	5.66	115.03	30070.71
Abscisse : 24+260 .000				
	DEBLAI	0	0	115542.47
	REMBLAI	144.53	2807.44	181434.09
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	181434.09
	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	13752.77
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	28298.52
	BALLAST	5.91	115.75	30186.47
Abscisse: 24+275.744				
	DEBLAI	0	0	115542.47
	REMBLAI	145.1	2280.05	183714.14
	SOUS BALLAST	2.78	43.83	14686.77
	COUCHE DE	2.61	41.16	13793.94

	FONDATION			
	COUCHE DE FORME	5.38	84.7	28383.22
	BALLAST	5.84	92.53	30279
Abscisse: 24+280.000				
	DEBLAI	0	0	115542.47
	REMBLAI	145.51	618.38	184332.52
	SOUS BALLAST	2.78	11.85	14698.62
	COUCHE DE FONDATION	2.61	11.13	13805.07
	COUCHE DE FORME	5.38	22.9	28406.12
	BALLAST	5.81	24.78	30303.78
Abscisse: 24+300.000				
	DEBLAI	0	0	115542.47
	REMBLAI	151.75	2972.57	187305.1
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	14754.3
	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	13857.36
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	28513.72
	BALLAST	5.86	116.62	30420.4
Abscisse: 24+320.000				
	DEBLAI	0	0	115542.47
	REMBLAI	159.94	3117.12	190422.21
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	14809.97
	COUCHE DE	2.61	52.29	13909.65

	FONDATION			
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	28621.32
	BALLAST	5.83	116.84	30537.23
Abscisse: 24+340.000				
	DEBLAI	0	0	115542.47
	REMBLAI	162.27	3222.13	193644.35
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	14865.65
	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	13961.94
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	28728.92
	BALLAST	5.8	116.2	30653.43
Abscisse: 24+360.000				
	DEBLAI	0	0	115542.47
	REMBLAI	164.87	3271.04	196915.39
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	14921.33
	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	14014.23
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	28836.51
	BALLAST	5.86	116.48	30769.92
Abscisse : 28+840.000				
	DEBLAI	289.87	5713.05	567437.04
	REMBLAI	0	0	497968.77
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	27392.89
	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	25727.62
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	52938.68

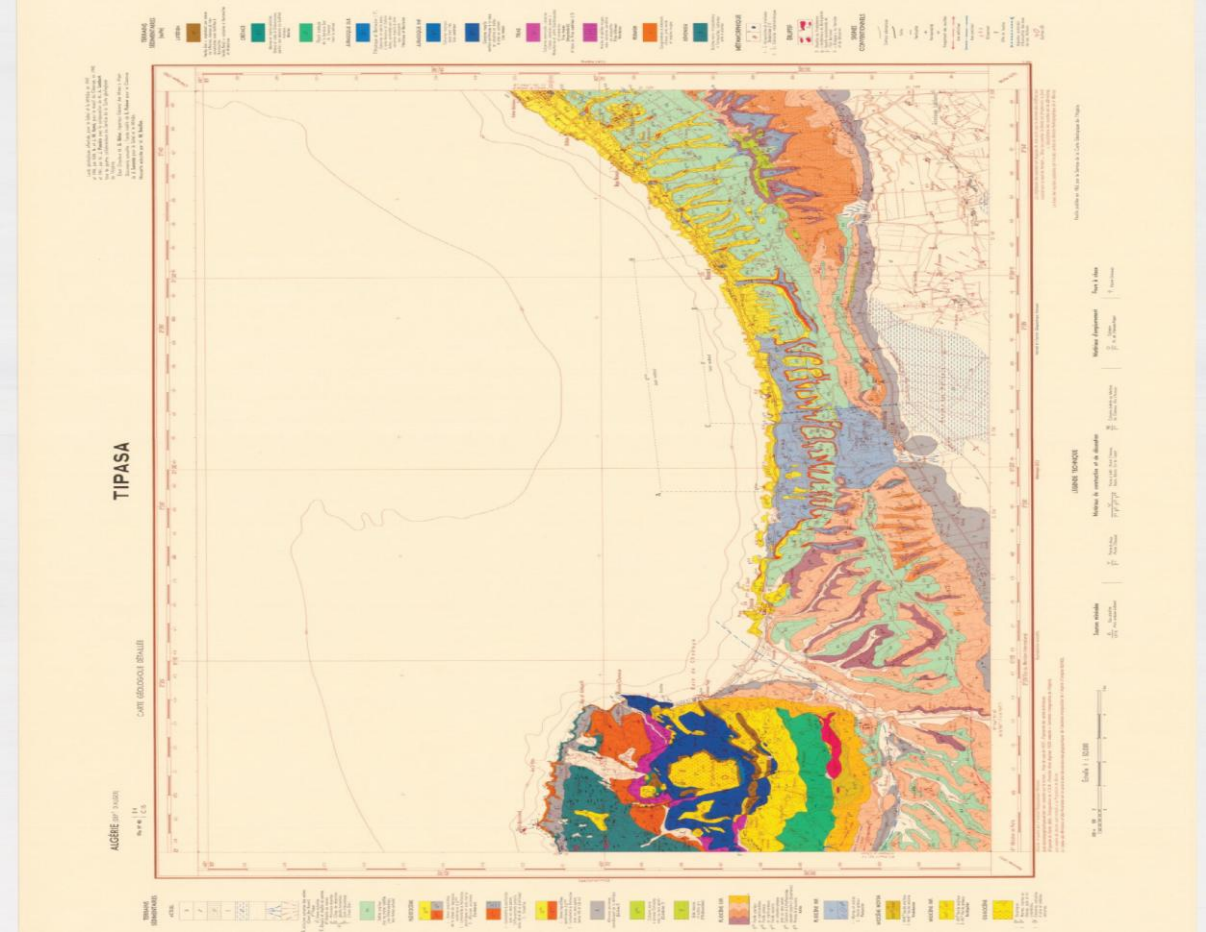
	BALLAST	4.89	98.29	55515.43
Abscisse : 28+840.656				
	DEBLAI	290.22	190.35	567627.39
	REMBLAI	0	0	497968.77
	SOUS BALLAST	2.78	1.83	27394.71
	COUCHE DE FONDATION	2.61	1.72	25729.34
	COUCHE DE FORME	5.38	3.53	52942.21
	BALLAST	4.89	3.21	55518.64
Abscisse : 28+860.000				
	DEBLAI	334.65	6620.58	592596.08
	REMBLAI	0	0	497968.77
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	27615.59
	COUCHE DE FONDATION	2.61	50.58	25779.91
	COUCHE DE FORME	5.38	104.07	53046.28
	BALLAST	4.89	94.54	55613.18
Abscisse : 28+880.000				
	DEBLAI	316.68	6183.03	579534.61
	REMBLAI	0	0	497968.77
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	27504.24
	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	25832.21
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	53153.87
	BALLAST	4.89	97.75	55710.93
Abscisse : 28+900.000				

	DEBLAI	327.41	6440.89	585975.49
	REMBLAI	0	0	497968.77
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	27559.91
	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	25884.5
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	53261.47
	BALLAST	4.89	97.75	55808.68
Abscisse : 28+960.000				
	DEBLAI	343.5	6874.46	606256.49
	REMBLAI	0	0	497968.77
	SOUS BALLAST	2.78	55.68	27726.94
	COUCHE DE FONDATION	2.61	52.29	26041.37
	COUCHE DE FORME	5.38	107.6	53584.27
	BALLAST	4.89	97.75	56101.93
Abscisse : 28+999.559				
	DEBLAI	335.79	13435.92	619692.41
	REMBLAI	0	0	497968.77
	SOUS BALLAST	2.78	110.13	27837.07
	COUCHE DE FONDATION	2.61	103.43	26144.8
	COUCHE DE FORME	5.38	212.82	53797.09
	BALLAST	2.28	141.72	56243.64

ANNEXE 3

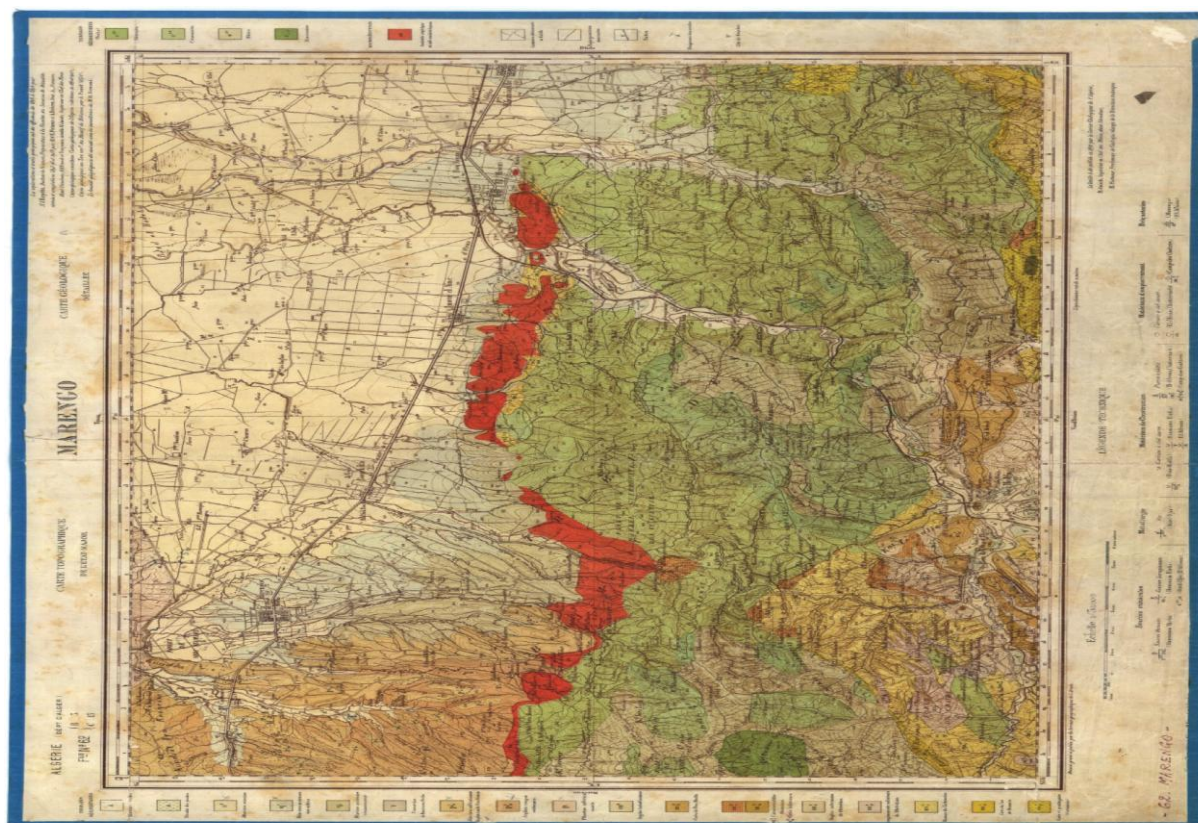
ANNEXE 3.1. : les cartes géologiques du tronçon étudié

La carte géologique du Tipaza au 1/50000 ème



ANNEXE 3

La carte géologique de la zone Hadjout au 1/50000 ème



ANNEXE 3

ANNEXE 3.2. : fiches de laboratoires des sondages carottées

Sondage carottées PK 19 + 250 :

[illegible]

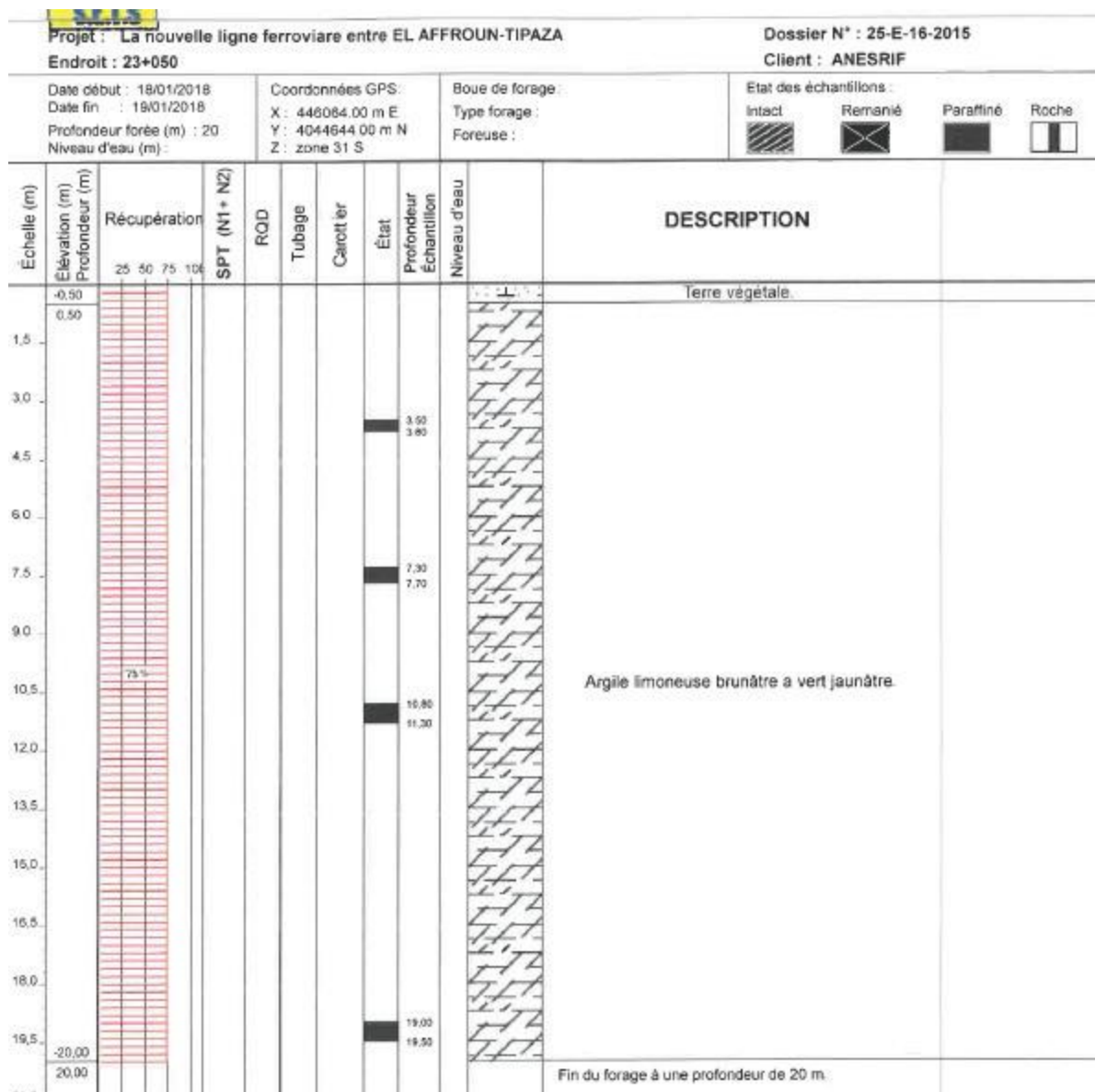
ANNEXE 3

Sondage carottées PK 22+ 275 :

Projet : La nouvelle ligne ferroviare entre EL AFFROUN-TIPAZA										Dossier N° : 25-E-16-2015			
Endroit : 22+275										Client : ANESRIF			
Date début : 17/01/2018 Date fin : 18/01/2018 Profondeur forée (m) : 20 Niveau d'eau (m) :			Coordonnées GPS: X : 446045 00 m E Y : 4043860 00 m N Z : zone 31 S			Boue de forage : Type forage : Foreuse : APAFOR			Etat des échantillons : Intact  Remanié  Paraffiné  Roche 				
Echelle (m)	Elevation (m)	Profondeur (m)	Récupération	SPT (N1 + N2)	RQD	Tubage	Carottier	Etat	Profondeur Echantillon	Niveau d'eau	DESCRIPTION		
			25 50 75 100										
1.5												Terre végétale.	
3.0	-3.00	3.00	50 %									Argile limoneuse brun foncé à noire	
4.5													
6.0	-6.00	6.00										sable fin	
6.5	-6.50	6.50										grès très-compacte	
7.0	-7.00	7.00										sable fin	
7.5	-7.50	7.50										grès très-compacte	
8.0	-8.00	8.00										sable fin	
8.5	-8.50	8.50										grès très-compacte	
9.0	-9.00	9.00										sable fin	
9.5	-9.50	9.50										grès très-compacte	
10.0	-10.00	10.00										sable fin	
10.5	-10.50	10.50										grès très-compacte	
11.0	-11.00	11.00										sable fin	
11.5	-11.50	11.50										grès très-compacte	
12.0	-12.00	12.00										sable fin	
12.5	-12.50	12.50										grès très-compacte	
13.0	-13.00	13.00	15 %									sable fin	
13.5	-13.50	13.50										grès très-compacte	
14.0	-14.00	14.00										sable fin	
14.5	-14.50	14.50										grès très-compacte	
15.0	-15.00	15.00										sable fin	
15.5	-15.50	15.50										grès très-compacte	
16.0	-16.00	16.00										sable fin	
16.5	-16.50	16.50										grès très-compacte	
17.0	-17.00	17.00										sable fin	
17.5	-17.50	17.50										grès très-compacte	
18.0	-18.00	18.00										sable fin	
18.5	-18.50	18.50										grès très-compacte	
19.0	-19.00	19.00										sable fin	
19.5	-19.50	19.50										grès très-compacte	
20.0	-20.00	20.00										sable fin	
21.0											Fin du forage à une profondeur de 20 m.		

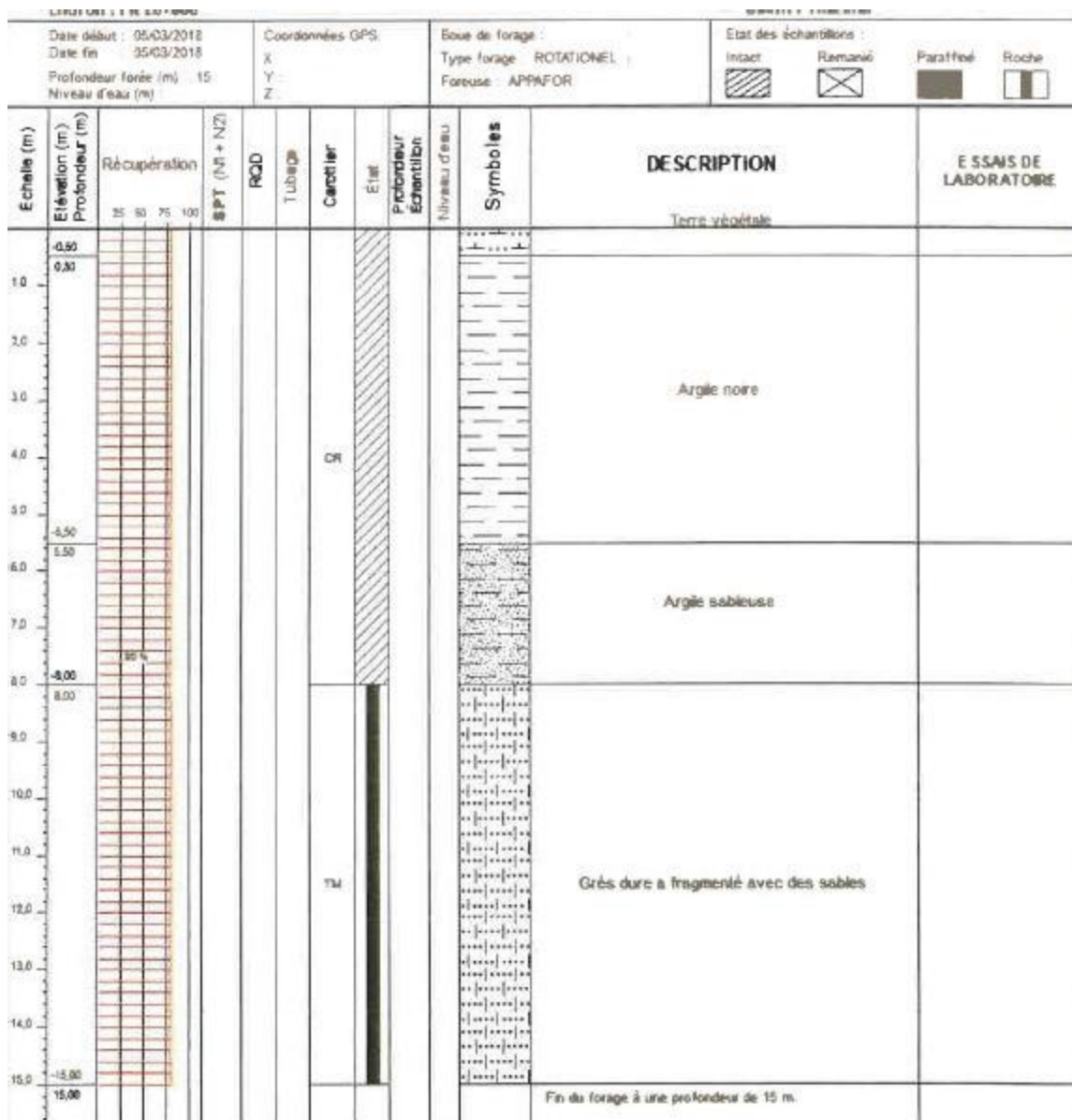
ANNEXE 3

Sondage carottées PK 23 + 050 :



ANNEXE 3

Sondage carottées PK 26 + 000 :



ANNEXE 3

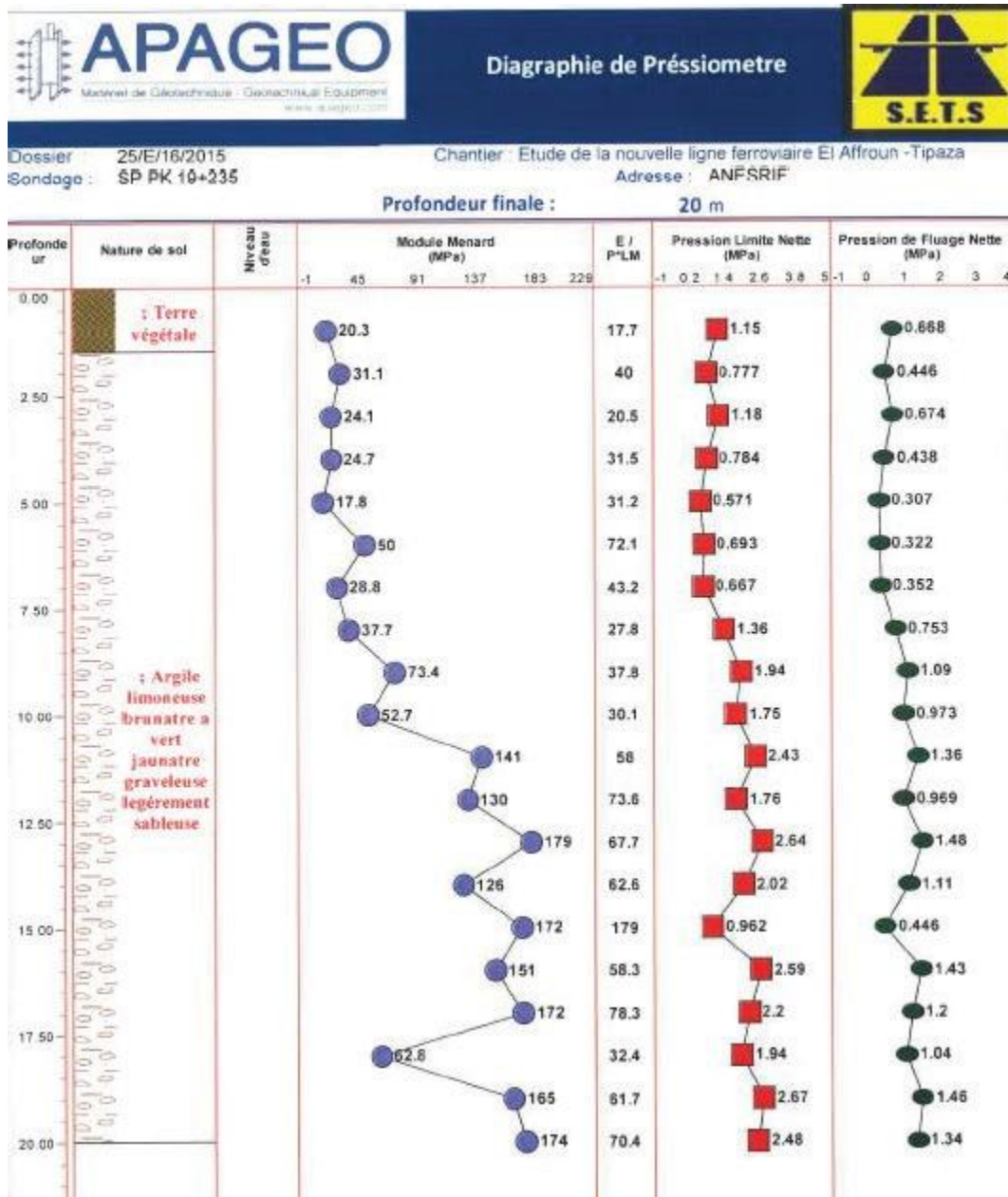
Sondage carottées PK 27 + 250 :

		Sondage : PK 27+250			
Projet : Etude de la nouvelle ligne ferroviaire El Affroun -Tipaza		Dossier N° : 25/T16/2015			
Endroit : PK 27+250		Client : AMESRIIF			
Date début : 02/03/2018 Date fin : 02/03/2018	Coordonnées GPS X Y Z	Boue de forage Type forage : ROTATIONNEL Foréuse : APPAFOR	Etat des échantillons Intact ☐ Remanié ☒ Parafiné ☐ Roché ☐		
Echelle (m)	Elévation (m) Profondeur (m)	Récupération 25 50 75 100	SPT (N1 + N2)		
		RQD	Tubage		
		Carrélier	Etat		
		Profondeur Echantillon	Niveau d'eau		
			Symboles		
			DESCRIPTION		
			ESSAIS DE LABORATOIRE		
1.0	-1.00 1.00			Terre végétale.	
2.0					
3.0					
4.0					
5.0					
6.0					
7.0					
8.0					
9.0	-8.50 8.50				
10.0	-9.50 9.50				
11.0	-10.50 10.50				
12.0					
13.0					

ANNEXE 3

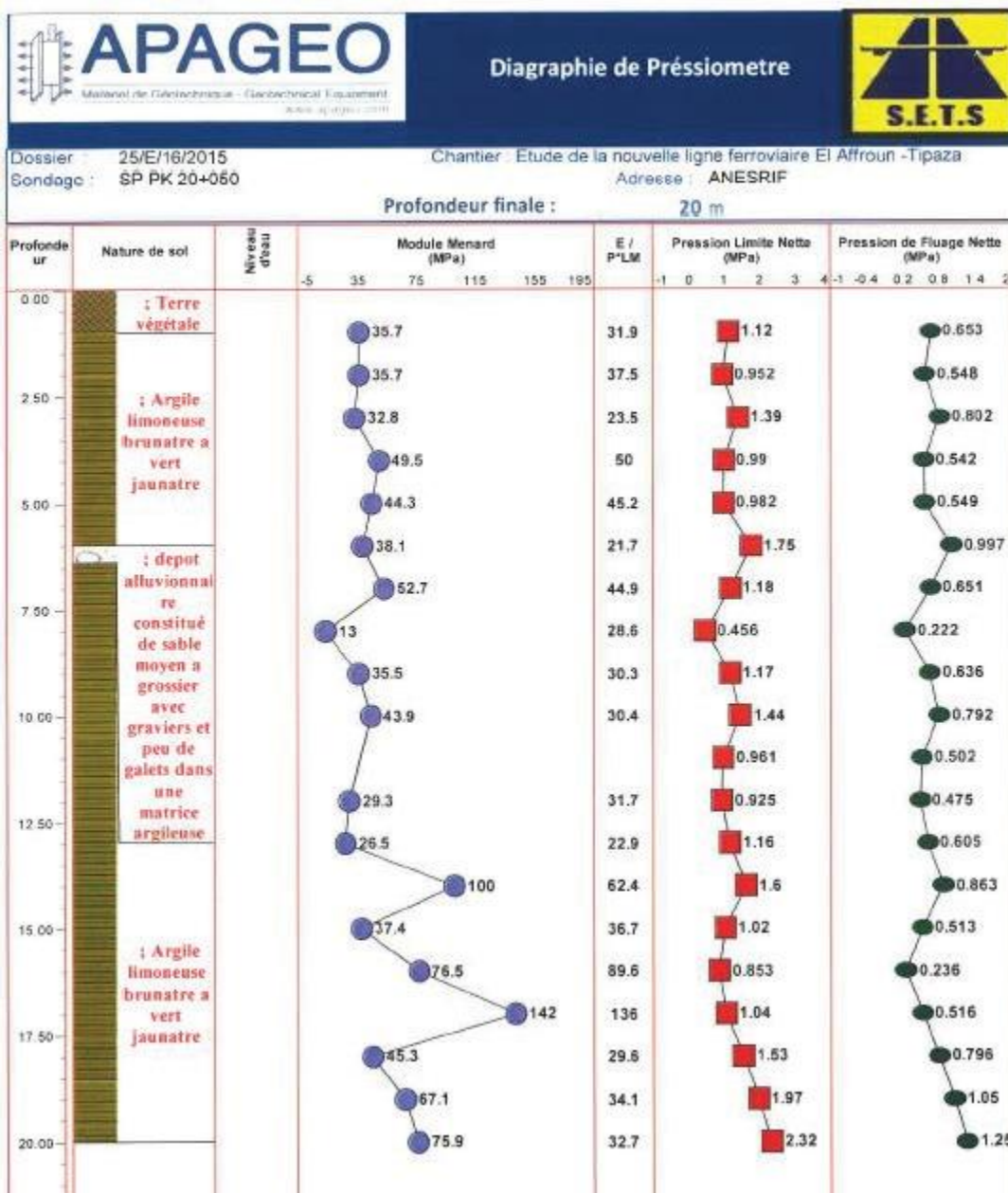
ANNEXE 3.3 : Fiches des essais préssiométrique

L'essai préssiométrique (pk 19+235) :



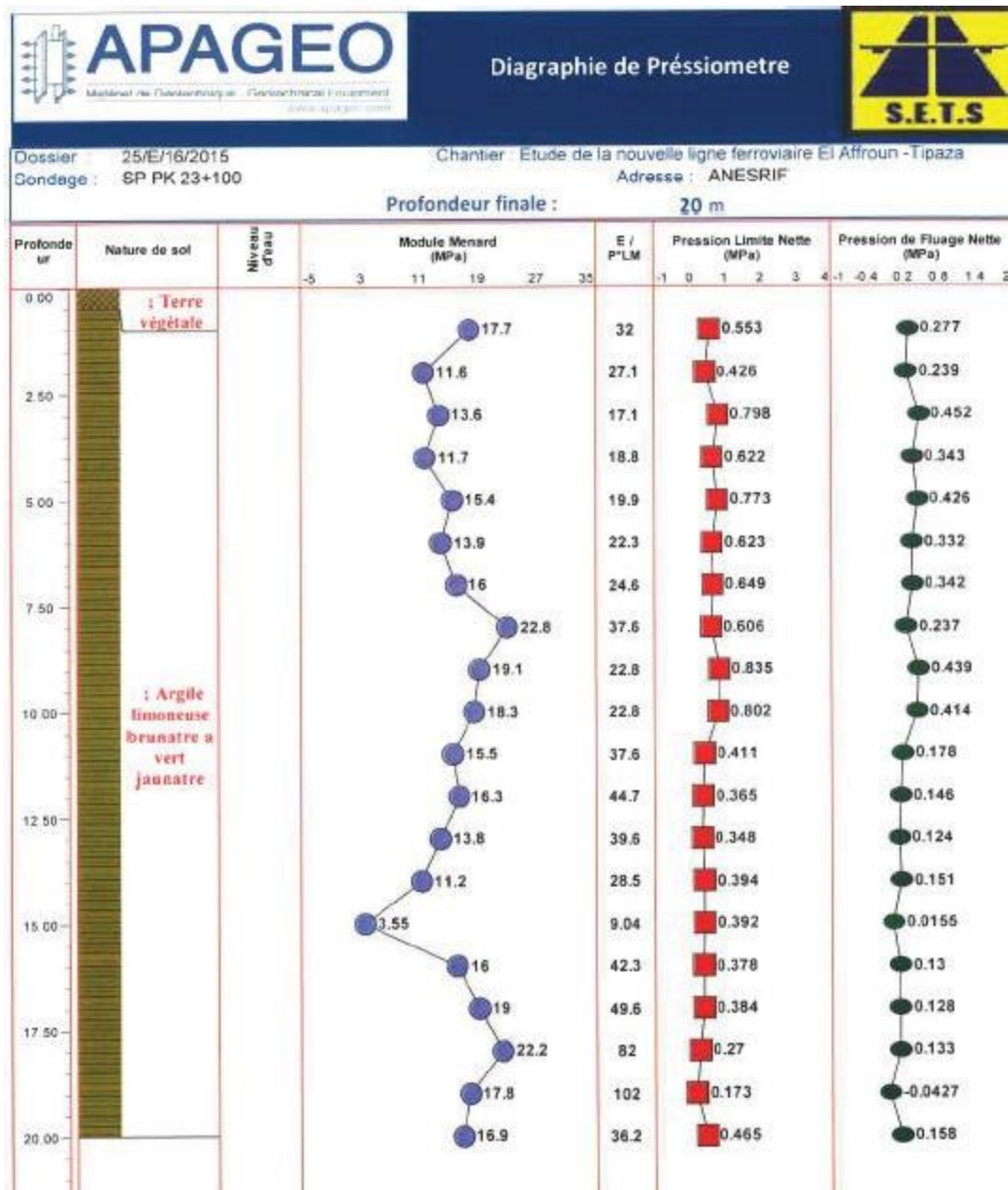
L'essai préssiométrique (pk 20+050)

ANNEXE 3



ANNEXE 3

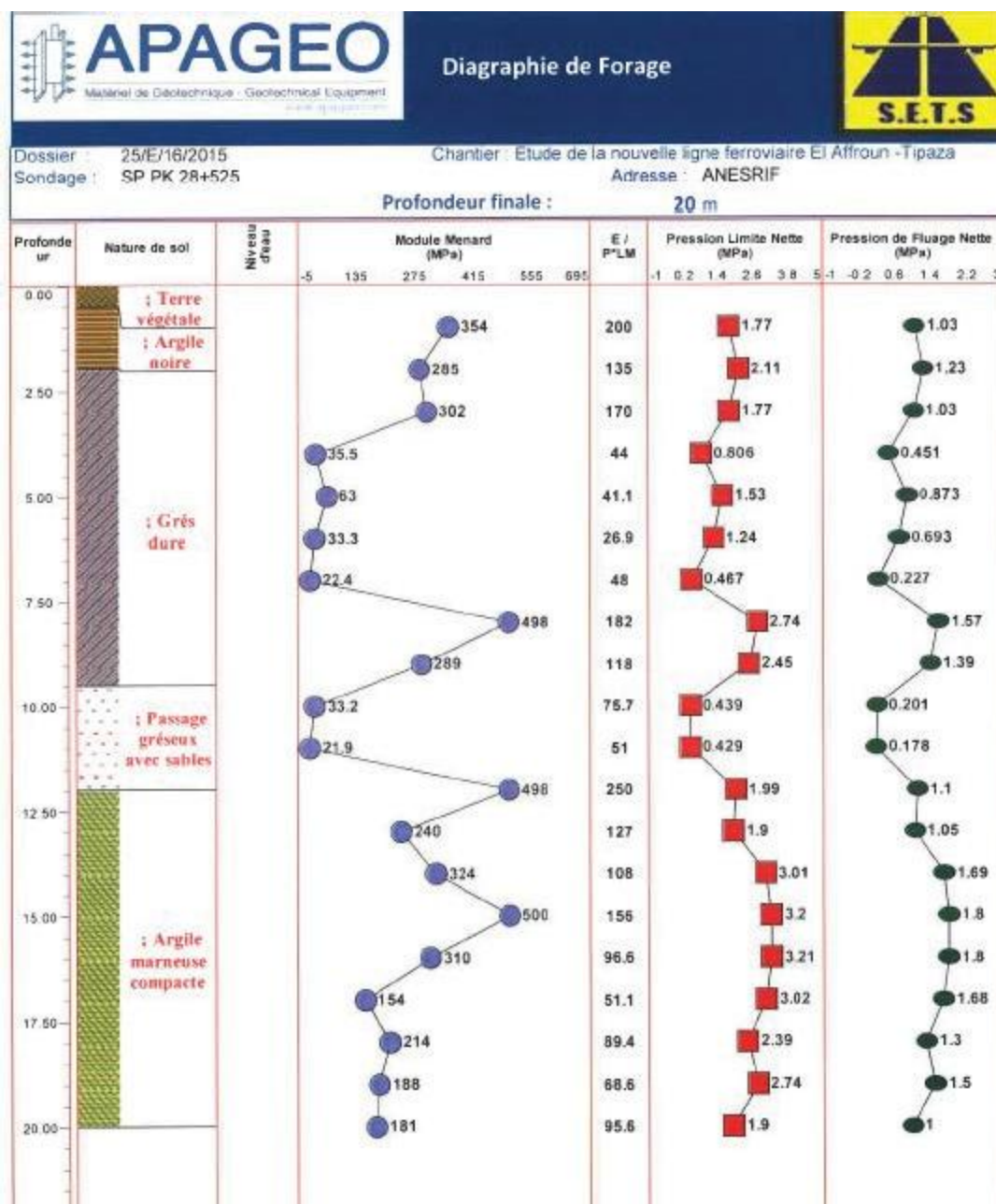
L'essai préssiométrique (pk 23+100) :



L'essai préssiométrique (pk 26+000) :

ANNEXE 3

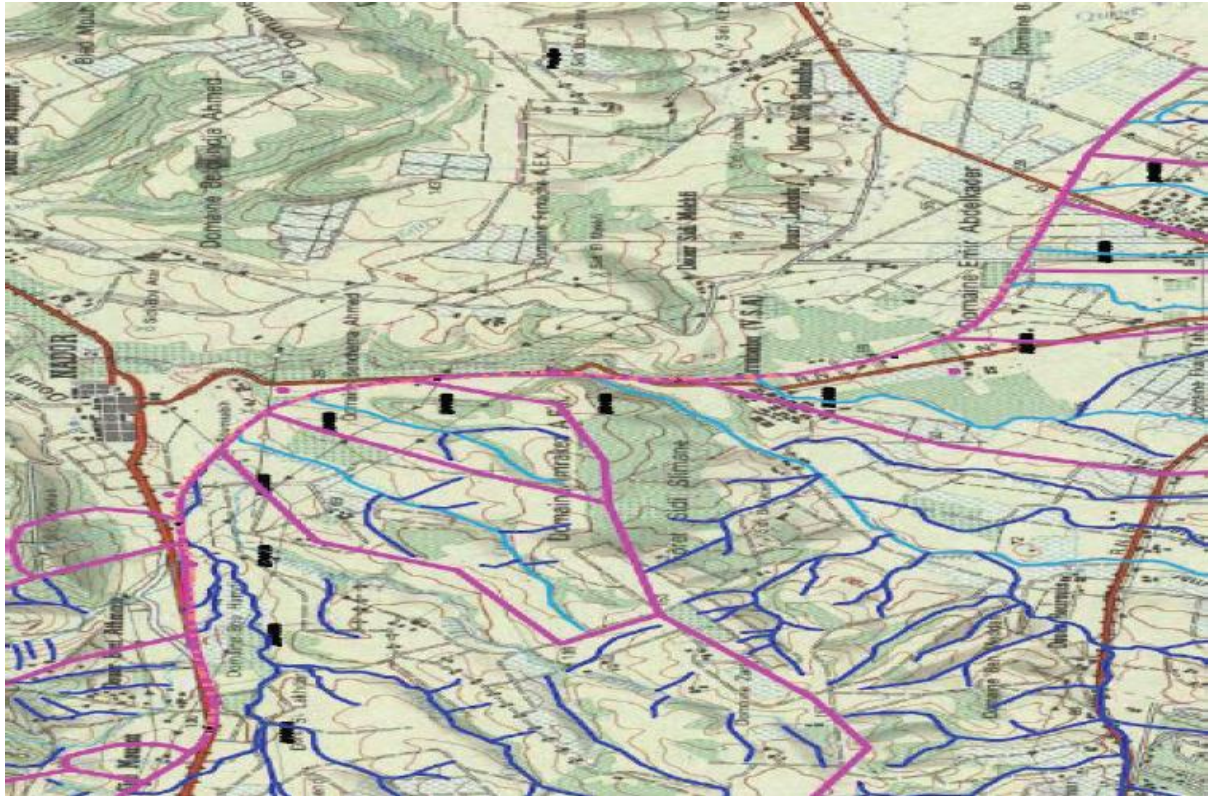
l'essai préssiométrique(pk 28+525) :



ANNEXE 4.1 : Extrait carte réseau hydro climatologique Algérie ouest



ANNEXE 4.2 : Carte des bassins versant du tracé.



ANNEXE 4.3 : les valeurs de débits des BV.

N°BV	PK	Surface A (km2)	C	TC (h)	I (100 ans) (mm /h)	Q (100ans) (m3/ s)
1	19+210	2.68	0.5	1.242	60.67	22.58
2	19+950	0.99	0.5	0.674	90.82	12.49
3	20+422	36.145	0.5	3.059	33.46	81.46
4	22+260	30.333	0.4	3.129	32.97	68.37
5	23+140	43.84	0.4	3.605	30.03	53.22
6	24+650	1.379	0.6	0.651	92.93	21.36
7	25+198	2.884	0.5	1.128	64.65	25.90
8	25+665	10.58	0.5	2.120	42.63	61.51
9	26+403	0.49	0.6	0.227	186.26	15.21
10	26+753	2.533	0.6	0.606	97.42	41.13
11	27+742	2.26	0.6	0.653	92.74	34.93