



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil et d'Hydraulique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Travaux Publics
Voies et Ouvrages d'art

Réf. : V12/2018

Présenté et soutenu par :
BAHZAZ Youssef

Le : lundi 25 juin 2018

Conception, étude et suivi du contournement ferroviaire de la ville de Biskra

Jury :

Dr. REMADNA Saddek	MCA	Université de Biskra	Président
Dr. KHELIFA Trek	MCB	Université de Biskra	Examineur
Dr. BEN AMMAR Ben Khadda	MCA	Université de Biskra	Rapporteur

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الإهداء

بسم الله والصلاة والسلام على رسول الله أما بعد.....
(وَإِخْفِضْ لَهُمَا جَنَاحَ الذُّلِّ مِنَ الرَّحْمَةِ وَقُلْ رَبِّ ارْحَمْهُمَا كَمَا رَبَّيَانِي صَغِيرًا)

إلى قرة العين... إلى من جعلت الجنة تحت قدميها... إلى التي حرمت نفسها
وأعطتني ومن نبع حنانها سقتني... إلى من وهبتني الحياة، منحنتني الحب و الحنان ربتي
بلطف وعلمتني كلمتي الشرف والحياة... إلى تلك المرأة العظيمة الغالية
أمي الحنونة

إلى أعظم الرجال صبرا... ورمز الحب و العطاء... إلى الذي تعب كثيرا من أجل
راحتي وأفنى حياته من أجل تعليمي... وتوسم في درجات العلى و السمو... إلى ذلك
الرجل العظيم أبي

إلى من علماني كيف أقرأ أعظم كتاب في الحياة الأخ الأكبر و الأخت الحنونة
رشيد و حدة

إلى من جمعهم معي ظلمة الرحم... إلى من يعيش في كل وجودهم أملي و سندي
إخوتي: سعيدة، كلثوم، نجوى، ياسمينة

إلى الأخ و الصديق ورفيق الدرب و الروح: رضا

إلى البراعم الصغار: علي، فارس، فتحي، إياد، سراج، زهرة، أبرار، حليلة.

إلى من جمعني بهم مشعل العلم أصدقائي و إخوتي: ياسين، مصطفى، محمد، هشام

إن الذين نحبهم ونعزهم مكانتهم ليست بين الأسطر والصفحات لأن مقامهم أجل
و أعلى فالقلب سكناهم والذكرى ذكراهم والعقل لن ينساهم

Remerciement

Tout d'abord, je tiens à remercier **ALLAH** de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Mes plus grands remerciements vont à **Dr. Ben Khadda** mon encadreur pour m'avoir guidé à la réalisation de cette étude et le soutien scientifique et moral qu'il nous apporté.

En tant je tiens à exprimer mes remerciements pour **Ministre des Transport Biskra** représenté par **Agence National d'Etude et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (ANESRIF)**.

En tant je remercie l'administratif de la **Gare ferroviaire de Biskra (SNTF)** Surtout le directeur de la gare pour m'avoir les solutions sur cette étude.

Je remercie tout le cadre scientifique du département du génie civil et hydraulique surtout ceux qui ont m'enseigné pendant la période de ma formation.

Je remercie tous les enseignants d'option voies et ouvrage d'art (**VOA**).
Je remercie aussi tous ceux qui ont contribué de près ou loin à la réalisation de ce travail.

BAHZAZ Youssef

JUIN 2018

Sommaire

Dédicace	
Remerciement	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photos	
Résumé	
Introduction générale	

Page

Chapitre I

Notions générales sur les voies ferrées

Introduction	02
I. Réseaux ferroviaires Algérien	02
1. Avantages des chemins de fer.....	02
II. La superstructure de la voie ferrée	04
1. Les rails.....	04
2. Les soudures.....	05
3. Le type de rail utilisé en Algérie.....	08
4. Les traverses.....	09
5. Travelage.....	12
6. Les organes de fixation des rails sur les traverses.....	12
7. Le ballast.....	15
8. Les appareils de voie.....	15
III. Les ouvrages auxiliaires	17
1. Les ouvrages d'assainissement.....	17
IV. Caractéristiques géométriques de la voie ferrée	17
1. Caractéristiques de la voie en alignement.....	18
2. Caractéristique de la voie en courbe.....	20
3. Pose des rails courts dans les courbes.....	24
Conclusion	24

Chapitre II

Présentation du projet

Introduction	25
I-Historique de projet	26
1. Intervenants du projet.....	27
2. Objectifs du projet.....	29
II-Description générale	30
III- Caractéristiques de la voie	32
1. Caractéristique technique et physique.....	32
3. Superstructure de la voie.....	33

IV-les ouvrages d'arts	33
V- les Gares ferroviaires	37
1. Gare de voyageur de Biskra.....	37
2. Gare de marchandises de Biskra.....	37
VI. Drainage	38
Conclusion	38

Chapitre III

Etude géométrique de la voie

I. Tracé en plan	39
1. Les conditions et les règles respectant le tracé en plan.....	39
2. Les éléments de trace en plan.....	40
3. Le dévers.....	40
3.1). Dévers théorique (d_{Th}).....	40
3.2). Le dévers pratique (normale).....	42
3.3). Coefficient de dévers (C).....	42
3.4). Insuffisance de dévers.....	42
3.5). Excès de dévers (E).....	42
4. Application pour notre projet.....	43
II Profil en long	45
1. Règles à respecter dans le tracé du profil en long	45
2. Les éléments de composition du profil en long.....	45
3. Limites imposée par le freinage (pentes).....	45
4. Limites imposée le démarrage (rampe).....	46
5. Déclivités.....	47
6. Le raccordement en profil en long.....	47
7. Longueur minimal des éléments de profil en long.....	48
8. Coordination profil en long-tracé en plan.....	48
9. Détermination pratique du profil en long.	49
10. Application pour notre projet.....	51
III. Profil en travers	52
1. Etablissement du profil en travers type.....	52
2. Les éléments du profil en travers.....	53
3. Profil type de notre projet.....	54
Conclusion	54

Chapitre IV

Etude hydrologique et géotechnique

Introduction	55
I. Etude d l'hydrologie	55
1. Caractéristique du climat (température, Humidité relative, l'évapotranspiration).....	55
2. Caractéristique des bassins versants.....	56
3. Pluviométrie.....	58
3.1) Acquisition des données	58

3.2) Pluies annuelles.....	58
3.3) Précipitations mensuelle.....	58
3.4) Précipitations journaliers.....	59
4. Détermination des débits de crues.....	60
5. Détermination du débit de saturation.....	60
6 .Application au projet.....	61
II. Etude géotechnique.....	63
1. Les moyens de la reconnaissance.....	63
2. Application au projet.....	63
2.1) .Partie voie (Essais in situ et Essais en laboratoire et Recherche de gite)... ..	63
2.2). Partie ouvrages d'art et bâtiment (Essais in situ et Essais au laboratoire).....	64
III. Dimensionnement de la couche d'assise.....	65
1. Couche d'assise.....	65
2. Plateforme.....	66
2.1). Classification des soles pour la plateforme.....	66
2.2) .classification de plateforme.....	67
3. Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise.....	68
4. Application sur le projet.....	69
IV Calcul des cubatures.....	70
1. Définition.....	70
2. Méthodes de calcul utilisées.....	70
3. Application au projet.....	71
Conclusion.....	71

Chapitre V

Suivi de projet

Avant- propos.....	72
I. Situation Administrative.....	73
II. Contraintes et dispositions prises de mois avril.....	75
1. consistances physiques des travaux.....	76
2. Les prestations de la mission suivi et contrôle.....	78
3. l'avancement physique des travaux jusqu'à avril/2018.....	79
III. Avancement global du projet.....	81
1. Prévisions sur le marché.....	82
IV .Intervention du laboratoire.....	82
Conclusion.....	84

Conclusion Générale

Bibliographie

Annexe

Album photo avril et mai 2018

Liste des tableaux

	Page
Tableaux n°1 : Les principales caractéristiques et cotes des rails.....	04
Tableaux n°2 : Paramètres fonctionnels de référence tracée en plan.....	43
Tableaux n°3 : Récapitulatif de calcul de L, A, E, I _{dp}	44
Tableaux n°4 : Déclivité maximale dans les gares.....	47
Tableaux n°5 : Valeurs des rayons de raccordement minimaux à respecter.....	48
Tableaux n°6 : Températures moyennes mensuelles.....	55
Tableaux n°7 : Caractéristiques de bassins versants délimités.....	57
Tableaux n°8 : Pluies annuelles en mm Station C061406.....	58
Tableaux n°9 : Pluies moyennes mensuelles interannuelles (Station C061406).....	58
Tableaux n°10 : Pluies Max. journalières en mm Station C061406.....	59
Tableaux n°11 : Classe de portance de la plate forme (UIC Fiche 719R).....	68
Tableaux n°12 : Volume de terrassement.....	71
Tableaux n°13 : Aspect contractuel du marché.....	73
Tableaux n°14 : Les contraintes du projet.....	75
Tableaux n°15 : Les prestations de la mission suivi et control.....	78
Tableaux n°16 : Avancement de préparation du terrain.....	79
Tableaux n°17 : Avancement de terrassements généraux.....	79
Tableaux n°18 : Avancement de travaux de voie.....	80
Tableaux n°19 : Avancement des travaux gare marchandise et voyageur.....	80
Tableaux n°20 : Avancement des travaux des ouvrages d'art.....	81
Tableaux n°21 : Avancement global du projet.....	81
Tableaux n°22 : Prévisions sur le marché.....	82
Tableaux n°23 : Essai de plaque.....	83
Tableaux n°24 : Essai de mécanique de 07 jours.....	83
Tableaux n°25 : Essai de mécanique de 28 jours.....	84

Liste des figures

	Page
Figure n°01 : Type de rail.....	04
Figure n°02 : Rail Vignole type UIC 54 E1.....	08
Figure n°03 : Le rail utilisé dans le Projet.....	08
Figure n°04 : Crampon et tire-fond.....	13
Figure n°05 : Attache élastique avec boulon tire-fond.....	14
Figure n°06 : Crapaud et boulon de crapaud.....	14
Figure n°07 : Branchement simple.....	16
Figure n°08 : Branchement double.....	16
Figure n°09 : Détails d'un essieu.....	18
Figure n°10 : Rotation de la position.....	20
Figure n°11 : Inscription d'un bogie dans une courbe.....	21
Figure n°12 : Devers.....	22
Figure n°13 : Tracé de raccordements paraboliques.....	24
Figure n°14 : Localisation de Biskra.....	25
Figure n°15 : Schémas représentatif des intervenants du projet contournement Ferroviaire de Biskra.....	27
Figure n°16 : Le tracé du projet de contournement de la voie ferrée.....	28
Figure n°17 : Pont rail au P.K 11+830.....	34
Figure n°18 : Viaduc de la longueur 180 ml.....	34
Figure n°19 : Pont route PK 4 + 555.....	34
Figure n°20 : Pont route PK 7 + 935.....	35
Figure n°21 : Passage inférieur de chemin P.K. 11+470.....	35
Figure n°22 : Pont route P.K. 12 + 200 de longueur.....	36
Figure n°23 : Pont route P.K. 13 + 825.....	36
Figure n°24 : Pont route P.K. 15 + 025.....	36
Figure n°25 : Eléments de trace en plan.....	40
Figure n°26 : Dévers.....	41
Figure n°27 : Schéma du raccordement.....	49
Figure n°28 : Eléments de raccordement parabolique.....	51
Figure n°29 : Les éléments de profil en travers.....	53
Figure n°30 : Profile en travers.....	54
Figure n°31 : Variation des pluies moyennes mensuelles interannuelles.....	59
Figure n°32 : Schéma d'un dalot.....	61
Figure n°33 : Schéma d'un fossé.....	62
Figure n°34 : l'image satellitaire la situation géographique du projet.....	73

Liste des photos

	Page
Photo n°1 : Soudure de LRS.....	06
Photo n°2 : Les traverses en bois.....	10
Photo n°3 : La traverse bi bloc.....	11
Photo n°4 : La traverse monobloc.....	11
Photo n°5 : La traverse métallique.....	11
Photo n°6 : Appareil de voie.....	15
Photo n° 07, 08, 09, 10, 11,12 : Terrassement.....	85
Photo n° 13 ,14 : Déblais en terrain meuble mis en dépôt.....	86
Photo n° 15 et 16 : Déblai rocheux (PK 12+200).....	86
Photo n° 17,18 : La zone saline.....	86
Photo n° 19, 20, 21,22 : Fosse revêtu de protection de la plateforme.....	87
Photo n°23,24 : Rétablissement du chemin communal pk 11+450.....	87
Photo n°25, 26, 27,28 : Ouvrage hydrauliques.....	88
Photo n°29,30 : Ouvrages d'art (PK 11+830).....	88
Photo n°31, 32,33 ,34 ,35 ,36 : Viaduc PK 12+670.....	89
Photo n°37,38, 39, 40, 41, 42, 43,43 : Gare marchandise.....	90
Photo n°44,45 : Essai de plaque.....	91
Photo n°46, 47, 48, 49 : Essai de l'écrasement.....	91

Résumé

Le projet du contournement ferroviaire de la ville de Biskra est classé comme l'un des projets important à Biskra, qui relève du développement de la voie ferrée en Algérie.

La ligne actuelle du chemin de fer cause des accidents sur les intersections des passages à niveaux avec les routes et provoque une suffocation problématique des flux de trafic.

Ce projet vise à éviter l'entrée du train dans le centre-ville et à contribuer au développement économique de la région en reliant le nord et le sud-ouest.

Comme cette recherche étude de l'avant projet détaillée du tronçon de l'évitement de la ville de Biskra ainsi que le suivi du projet du contournement.

Mots clés : Voie ferrée, étude, suivi, tronçon.

خلاصة

يصنف هذا المشروع من أحد المشاريع المهمة في بسكرة. حيث يندرج في إطار تطوير السكك الحديدية في الجزائر الخط الحالي لسكة الحديدية يتسبب في حوادث السير على مستوى تقاطعاته مع الطرق كما يتسبب في إشكالية الاختناق في سيولة المرور في فترة عبور القطار عبر محاور الطرق الرئيسية .

هذا المشروع يستهدف تجنب دخول القطار إلى وسط المدينة و المساهمة في تطوير الجانب الاقتصادي للمنطقة من خلال الربط بين الجهة الشمالية و الجهة الجنوبية الغربية .

حيث أن هذا البحث يتابع الدراسة القبلية المفصلة لمشروع المقطع الإجتنابي للسكة الحديدية على مدينة بسكرة .

كلمات مفتاحيه

مسار سكة حديدية، دراسة، متابعة، مقطع

INTRODUCTION
GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Dans le cadre du développement du réseau ferroviaire de la ville de Biskra parmi lesquels la réalisation de la desserte ferroviaire a une voie unique (future électrification) de l'évitement de la wilaya de Biskra.

La voie de chemin de fer existante est un obstacle important à la perméabilité transversale de la ville. Les motifs essentiels qui ont conduit à la nécessité de concevoir une voie du contournement de la ville de Biskra sont les suivants :

- Le contournement et le réaménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra s'inscrit dans le cadre du plan directeur d'aménagement et d'urbanisation de cette ville.

- La situation de la ville sur cet important axe ferroviaires nord-sud du pays, et sa croissance constante en tant que centre d'activité commercial rendant nécessaire l'augmentation de la fréquence et de la vitesse commerciale de l'offre ferroviaire actuelle.

- L'enrichissement de Biskra des routes nationales (RN 3, RN 31, RN 46 et RN 83) Dont le trafic subit un développement significatif, favorisent cette croissance économique.

Par conséquent, il est nécessaire d'entreprendre les travaux suivants :

- Exécution d'un nouveau couloir ferroviaire dans la périphérie de la ville ;
- Récupération du couloir actuel pour la ville, entre la zone industrielle de Naftal et la gare de voyageurs ;
- Remaniement de la gare des voyageurs actuelle pour la convertir en un centre intermodal de transport de voyageurs (chemin de fer, autobus urbains et autobus interurbains).

Construction d'une nouvelle gare au sud de la ville, destinée exclusivement aux services de marchandises, a un emplacement près de zone d'activité industrielle de Biskra.

Le présent mémoire comporte cinq (5) chapitres :

Au premier chapitre, une notion générale sur les voies ferrées dont on a présenté la superstructure et les caractéristiques géométriques de la voie ferrée.

Au deuxième chapitre on a présenté le projet du contournement et les intervenants de projet.

Au troisième chapitre on a entamé l'étude géométrique et éclairci le tracé en plan, profil en long et en travers. Au quatrième chapitre on a fait une étude hydrologique et géotechnique du site du bassin accueillant le projet et le dimensionnement de la couche d'assise. Enfin au cinquième chapitre on a fait un suivi et contrôle des différentes phases tout en évaluant les taux d'avancements des travaux.

CHAPITRE

«I»

***NOTIONS
GENERALES
SUR LA VOIES
FERREES***



Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter réseaux ferroviaires Algérien, la superstructure de la voie ferrée et les ouvrages auxiliaires.

I Réseaux ferroviaires Algérien

Le réseau ferré Algérien a connu beaucoup d'étapes depuis sa naissance jusqu'à aujourd'hui, soit :

Le réseau avant 1980 qui comptait 2649 km des lignes à voie normale et 1112 km des lignes à voie étroite (le total étant de 3761 km), et dans sa décennie d'investissement (1980) il y en la création de 303 km de lignes nouvelles et renouvellement de la voie et ballast sur 800 km ainsi que 300 ponts et 4 tunnels.

Puis l'investissement dans la décennie 1990, le déploiement de 425 km de fibre optique, 277 km des lignes nouvelles et renouvellement de la voie et ballast sur 1000 km, ainsi que 200 ponts et 4 tunnels.

A partir de l'an 2000, le réseau Algérien a connu l'électrification de 340 km et la réalisation de 500 km des lignes nouvelles.

Parc à matériel

Le parc de matériel a connu dernièrement un effort d'investissement pour le rajeunir et d'adapter ce parc aux différentes missions du chemin de fer (transport collectif sur de longues distances et transport spécialisé). Il est constitué de :

- Matériel moteur: 157 locomotives diesels, 14 locomotives électriques, 49 locomotives manœuvres.
- 463 matériels roulant à voyageurs.
- 10156 matériels frets (dont 109 wagons de particulier).

En outre, il comprend des véhicules d'entretien de travaux de pose et de renouvellement.

Consistance du réseau ferré

Le réseau ferré possède actuellement une longueur des lignes s'élevant à de 4300 km dont 3200 km en voie normale (1435 mm) et 1100 km en voie étroite (1055 mm) avec 394 km en double voie et 283 km de voie électrifiée.

1 Avantage des chemins de fer

Le chemin de fer est le moyen de transport issu de la première révolution industrielle, associant une infrastructure, la voie ferrée, des véhicules spécifiques, les locomotives, voitures et wagons, et un système d'exploitation totalement intégré.

Le transport ferroviaire s'effectue sur des voies ferrées, et comprend par conséquent, le train, le métro, le tramway.

C'est le seul moyen de transport (avec certains navires à propulsion nucléaire)

Qui utilise à ce jour, l'électricité massivement, comme source d'énergie.

Il présente par conséquent de nombreux avantages, sur les autres modes de transport :

- Le transport par voie ferrée est souvent plus rapide que par la route (Système de guidage et absence d'obstacle).
- Il est relativement peu coûteux, car la puissance développée par des moteurs électriques relativement légers permet le transport de charges importantes, parce que l'énergie n'a pas besoin d'être stockée, parce qu'elle est bon marché si elle est produite par des installations nucléaires
- Il est non polluant, et peut être bientôt encore plus si l'énergie est produite par les systèmes géothermiques, solaire.
- Il garantit aux états leur indépendance énergétique à long terme, si le pays n'utilise pas d'hydrocarbures pour la production (Pétrole) de gaz ou de charbon pour la produire, et qu'il en détient pas.
- Fluidité du trafic et respect des délais.

Ceci explique le succès grandissant du transport par voie ferrée de voyageurs au niveau de la ville et du pays (liaisons interurbaines, suburbaines, et urbaines) et maintenant, aussi pour les marchandises au niveau continental grâce aux trains à grande vitesse T.G.V aux ponts et aux tunnels (Tunnel sous la manche).

Le transport ferroviaire de marchandises ou de personnes nécessitent la mise en œuvre d'infrastructures de transferts (multi modalité), pour acheminer et transborder les personnes jusqu'à leur train, et la marchandise ou la remorque et le camion, jusqu'à sa plate-forme, et pour effectuer ensuite l'opération inverse.

II La superstructure des voies ferrées

1 Les rails

Les rails sont des barres d'acier profilées, mises bout à bout et posées sur les traverses en deux ligne parallèle; Ils servent au guidage des roues des convois, à la transmission des informations nécessaires à la bonne marche du train et au retour du courant de traction.

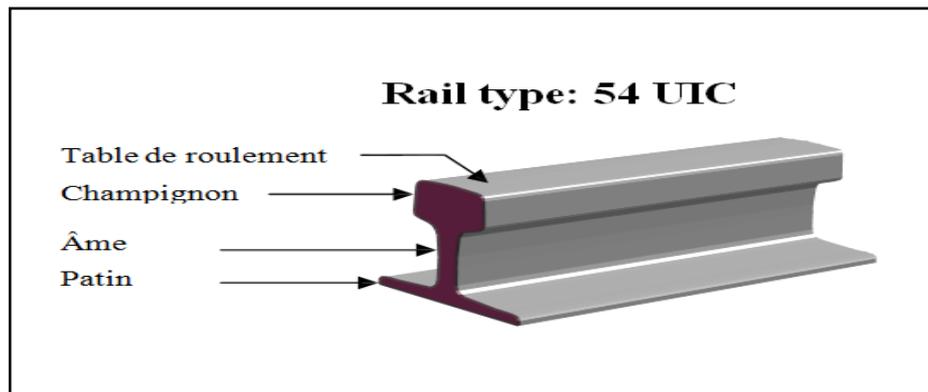


Figure n°1 : type de rail utilisé

Tableau n°1: Les principales caractéristiques et cotes des rails

Désignation		Dimensions (en mm)				Poids (en kg/m)	Utilisation habituelle
SNCF	Europe	Hauteur	Champ.	Patin	Ame		
UIC 54	54 E1	172	72	150	16,5	54,77	Voies courante

Les rails seront assemblés soit par éclissage ou par des soudures:

1.1) L'éclissage

C'est l'assemblage de deux rails consécutifs à l'aide de deux éclisses qui sont constituées par deux plaques laminées placées entre le champignon et le patin, toute on respectant les diamètres des trous de perçage et leurs distance, les éclisses doit avoir la même qualité d'acier que le rail, et permettre au rail de se dilater en fonction des variations de température.

2 Les soudures

Les rails sont mis bout à bout et soudés par procédé aluminothermique qui consiste en un apport de métal en fusion dans une lacune créée entre les extrémités de ceux-ci. La qualité des aciers utilisés et les dispositions adoptées pour assurer une très grande rigidité à la voie permettent la pose en barres soudées de très grande longueur (allant jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres); les contraintes introduites par les changements de température étant absorbées sans déformation.

2.1) les longs rails soudés (LRS)

Les longs rails soudés ou LRS, appelés 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, souvent de plusieurs dizaines de kilomètres.

C'est la méthode de pose adoptée pour toutes les lignes à fort trafic, et notamment les lignes à grande vitesse.

Depuis les origines du chemin de fer, la dilatation des rails a été source de désagrément pour les exploitants ferroviaires.

Comme, de toute façon, la technologie alors disponible ne permettait pas d'avoir de longs rails, ce problème fut résolu en laissant, aux joints entre les rails, un espace suffisant à leur libre dilatation. Une voie posée selon cette méthode est dite en « barres normales ».

Cependant, les joints, du fait de cette discontinuité du roulement, entraînent des chocs au passage des roues. Outre l'inconfort ressenti par les passagers, ces chocs entraînent une usure des constituants du joint ainsi que du ballast sous les traverses supportant le joint et nécessitent un entretien très régulier.

Les exploitants ont donc toujours cherché une solution pour supprimer les joints. C'est ainsi que, dès les années 1930, fut théorisé le fonctionnement des LRS. Mais les matériaux de l'époque, en particulier les attaches rigides, n'assuraient pas un maintien suffisant et ne permettaient donc pas

une mise en œuvre aisée de cette nouvelle technique. Il fallut attendre la mise au point des attaches élastiques pour reprendre l'expérimentation puis passer à la généralisation du procédé.

2.2) Soudure des LRS



Photo n°01 : soudure de LRS

Les rails doivent être soudés bout à bout pour éviter les chocs au passage des joints, ainsi que la détérioration des galets et des pièces mécaniques des engins roulants.

On a deux types de soudure sont employés le soudage par électrique et le soudage aluminothermique.

2.2.1) Soudage électrique

Le soudage par étincelage-forgeage (électrique) est réalisé à poste fixe ou à l'aide de machines mobiles. Le matériau à rails est chauffé et soudé par le courant électrique, aussi le cordon de soudure est-il réalisé dans le même matériau que les rails. Les zones d'influence thermique de dureté réduite sont nettement plus petites que dans le cas du soudage aluminothermique.

Temps requis: 3min/soudure et 2min réglage.

Principe

- Dressage et encastrement des extrémités des rails;
- Brulage des extrémités des rails et réchauffement par le passage du courant ;
- Réalisation du joint par refoulement (forgeage);
- Réchauffement supplémentaire avec des impulsions de courant, ou refroidissement selon des gradients de température prédéfinis (pour obtenir une structure cristalline optimale);

Avantage

- Absence de matériau étranger ;
- Expulsion des impuretés (oxydes) lors du forgeage ;
- Répartition uniforme de la dureté grâce à une zone de réchauffement courte (brulage de 30-40mm);
- Procédé de soudage entièrement mécanisé;
- Soudage constant et régulier, de bonne qualité ; absence de défaut du à la fatigue ou à un manque de concentration du soudeur ;

2.2.2) Soudage par aluminothermique

Le soudage par aluminothermie est un procédé de soudage des rails bout à bout.

Le produit utilisé est un mélange d'oxydes métalliques, d'éléments d'alliages et d'additifs particuliers. Ceux-ci réagissent pour former le métal simultanément à une réaction exothermique pour produire l'acier fondu qui formera la soudure.

Les rails à souder sont alignés en laissant un espace précis entre leurs extrémités.

Des moules réfractaires sont ajustés autour du joint entre les deux rails. Le processus récent fait appel à un creuset jetable.

Avantages et inconvénients

Les LRS présentent deux principaux avantages, qui sont la conséquence de la suppression des joints éclissés:

- ✓ Une réduction des coûts d'entretien de la voie;
- ✓ Une meilleure qualité de roulement et plus grand confort pour les voyageurs. Les inconvénients, largement compensés par les avantages, sont :
- ✓ Une technicité plus grande de leur mise en œuvre et de leur entretien, nécessitant un personnel bien formé;
- ✓ Un risque de déformation par flambement de la voie sous les contraintes de compression excessives lors de périodes de très fortes chaleurs (mais ce risque existe aussi en barres normales);
- ✓ Un risque accru par rapport aux barres normales de rupture de rail lors des périodes de grand froid du fait de la tension régnant dans les barres;

3 Le type de rail utilisé en Algérie

Le type de rail le plus utilisé par la SNTF est le rail Vignole, vu son emploi universellement répandu, la SNTF a adopté pour la ligne étudiée le rail Vignole UIC 54 (54,77Kg/ml) dont les caractéristiques figurent sur la Figure n°02 et la Figure n°03.

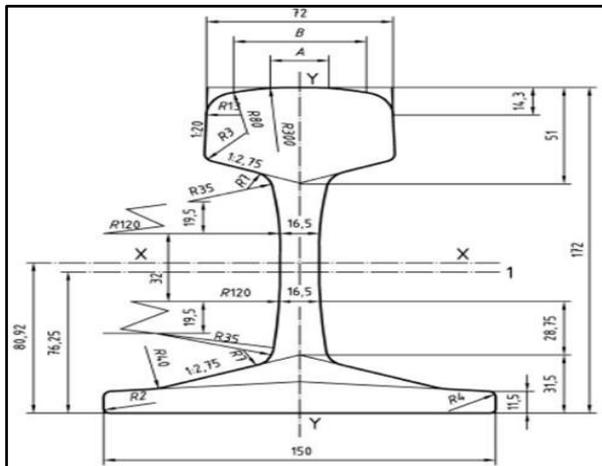
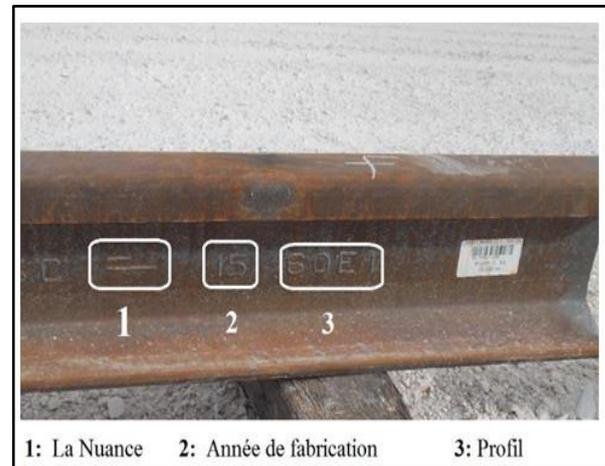


Figure n°02: rail Vignole type UIC 54 E1



1: La Nuance 2: Année de fabrication 3: Profil

Figure n°03 : Le rail utilisé dans le projet

Le rail Vignole est constitué de 3 parties principales, le champignon, l'âme et le patin

- ✓ **Le champignon :** Le profil du bourrelet du rail et celui du bandage de la roue sont étudiés en vue de réaliser les meilleures conditions de roulement et d'assurer le guidage le plus satisfaisant du mentonnet de la roue.
- ✓ **L'âme:** L'âme résiste au cisaillement produit par le chargement de la voie.
- ✓ **Le patin :** Le patin constitue une sorte de buté contre le renversement du rail suite aux efforts transversaux.

3.1) Les rôles des rails

Les rails ont pour rôles de:

- Recevoir la force dynamique venant des matériels roulants ou roue des wagons
- Transmettre les forces dynamiques vers la partie sous-jacente vers la superstructure de la voie
- Guide les bogies des matériels sur alignements droits et dans les courbes

4 Les traverses

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

4.1) Rôles des traverses

Les rôles des traverses sont:

- Recevoir les forces dynamiques verticales et horizontales venant des rails et les transmettre à la couche de ballast
- Amortir ces efforts dynamiques
- Garder l'écartement de la file de rails
- Donner l'inclinaison de rails qui est équivalente à 1/18

4.2) Types de traverses

Il y a plusieurs types de traverses :

4.2.1) Traverse en bois

L'avantage et l'inconvénient des traverses en bois :

Avantage

- Les traverses en bois sont très élastiques par rapport aux autres types de traverses
- Elles sont faciles à confectionner
- Facile à exploiter et à transporter
- Elles ne coûtent pas cher
- Les traverses en bois ont une grande résistance à la rupture, au matage et au cisaillement

Inconvénients

- Elles ont une faible durée de service (de l'ordre de 3 à 5 ans)
- Il faut 80 m³ de bois pour 1km de voies c'est-à-dire destruction de forêt, problème d'environnement.



Photo n°02 : les traverses en bois

4.2.2) Les traverses en béton armé

Avantages

- Conservation de la nature
- Peuvent supporter des grandes charges
- Peuvent résister aux grands efforts et déplacement à cause de leur poids
- Avoir une longue durée de service (de l'ordre de 40 à 50 ans)

Inconvénients

- Moins élastique que le bois
- Plus fragile
- Conducteur de courant électrique
- Plus lourd à manipuler
- Plus chère

Il en existe de deux types, la traverse bi-bloc et la traverse monobloc:

- ✓ **la traverse bi bloc** (Photo n°03)
- ✓ **la traverse monobloc** (Photo n°04)



Photo n°03: la traverse bi bloc



Photo n°04 : la traverse monobloc

4.2.3) Les traverses métalliques

La traverse métallique est un produit industriel de fabrication simple. Elle est constituée d'un laminé en forme de U renversé, embouti à ses extrémités, pour former des bêtes qui s'enfoncent dans le ballast et s'opposent au déplacement transversal de la voie. Le rail est fixé au moyen de crapauds qui appuient sur le bord du patin. Ces crapauds sont serrés par des écrous vissés sur des boulons et la combinaison de deux ou trois modèles permet de réaliser une gamme progressive d'écartement de la voie.



Photo n°05 : La traverse métallique

5 Travelage

Le travelage est la façon d'arranger les traverses perpendiculaires aux files des rails ou normalement à l'axe de la voie dans les courbes, ou précisément c'est le nombre de traverses au kilomètre de voie selon le plan de pose.

Une calcul peut se faire pour calculer le nombre de traverse pour un kilomètre de voie

Et l'espacement entre deux traverses qui se suivent...

D'après les données qu'on a obtenir, Algérie pose 1600 traverse au kilomètre de voie pour l'alignement droit et 1840 au kilomètre dans les courbes. L'espacement entre deux traverses est de 60cm pour les alignements droits et 54cm dans les courbes

6 Les organes de fixation des rails sur les traverses

Les organes de fixation des rails sur les traverses dépendent du type de traverses employées:

- Traverses en bois
- Traverses en béton armé
- traverses en métallique

6.1) Fixation pour les traverses en bois

Les rails sont fixes sur les traverses en bois par des tire-fond (visse à bois) ou par des crampons.

Le tire-fond

Doit être fixé perpendiculairement aux tables de sabotage de traverses et s'appliquer sur le patin des rails avant d'utiliser ou d'utiliser nouveaux le tire-fond, on doit tremper son filetage dans un bain de coaltar.

Les crampons

Sont seulement employés dans le chemin de fer et presque les Américain l'utilisent. Les Soviétique, qui utilisaient autrefois régulièrement la pose à crampons, que l'on a abandonnée au profit des tire-fond et des attaches élastiques. Dans les autres réseaux, on a adopté les tire-fonds depuis longtemps et on a décidé de s'y tenir pour les raisons suivantes :

- Le crampon a une forte résistance latérale; il maintient bien l'écartement de la voie; facile à poser. Par contre, il serre mal le patin ;
- Le tire-fond est moins résistant que le crampon et se couchent facilement mais on obtient une adhérence parfaite du rail sur la traverse. Regardant les phénomènes au niveau des traverses sous une légère charge :

- Avec les tire-fonds, le rail en se redressant soulève la traverse. Il se produit un vide entre la traverse et le ballast. Le battement ne se fait pas entre le rail et la traverse mais entre cette dernière et le ballast. Si on ne rétablit pas ce vide par le bourrage, il pourrait s'accroître brusquement, donc la traverse danse.

- Avec le crampon, dès que le rail est déchargé, il se redresse, et comme la tête du crampon ne bloque pas les rails sur la traverse, il finit par se produire un jeu. Le rail se relève librement, contraire au tire-fond, sans entraîner la traverse. Quand un second essieu atteint les rails, ce dernier se redresse à nouveau et viennent reprendre l'appui sur la traverse pour se redresser dès que l'essieu s'éloigne. Il se produit donc un battement entre le rail et la traverse et ce dernier reste appuyé sur le ballast.

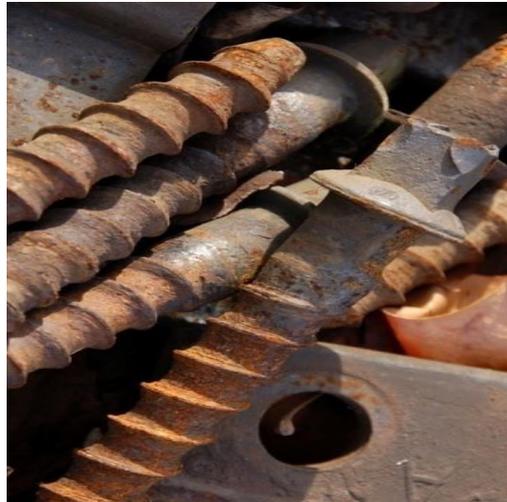


Figure n°04 : crampon et tire-fond

6.2) Fixation sur les traverses en béton armés

Les rails sont fixés sur les traverses en béton armés par de boulons spéciaux ou des boulons tire-fond selon le type de traverse en béton armés utilisé ces organes de fixation sont Plus compliqué que ceux de traverse en bois. Les attaches doivent être élastique entre l'acier (rail et boulon) et la traverse en béton armé, il faut intercaler une semelle ou un coussinet ou une entretoise en caoutchouc afin d'éviter l'usure de béton

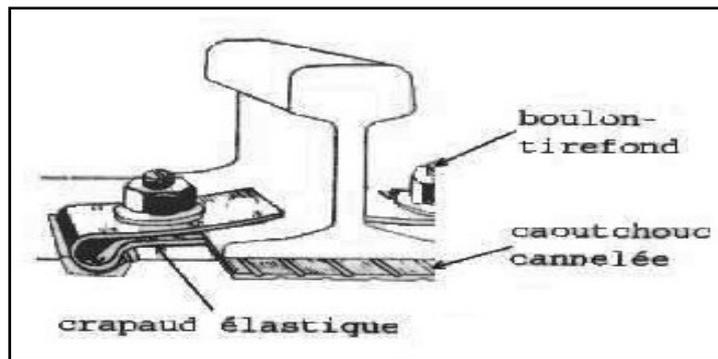


Figure n°05: Attache élastique avec boulon tire-fond

6.3) Fixation sur traverse métallique

Sur la traverse métallique le rail est fixé à l'aide des boulons qui prennent appui sur les crapauds fixant le patin du rail les crapauds sont fixés sur la traverse métallique par des boulons. Des rondelles grower sont intercalées entre l'écrou et le crapaud, afin d'éviter le desserrage rapide de l'écrou a la pose ou à cour des travaux d'entretien, les boulons des crapauds doivent être enduit d'huile, ou de graisser, au droit de filetage

Les crapauds sont classes au type d'attaches rigides donc pour éviter le desserrage rapide de fixation on peut utiliser des crapauds élastique qui permettent d'amortir les efforts dynamiques des matériels roulants appliqués à la superstructure.

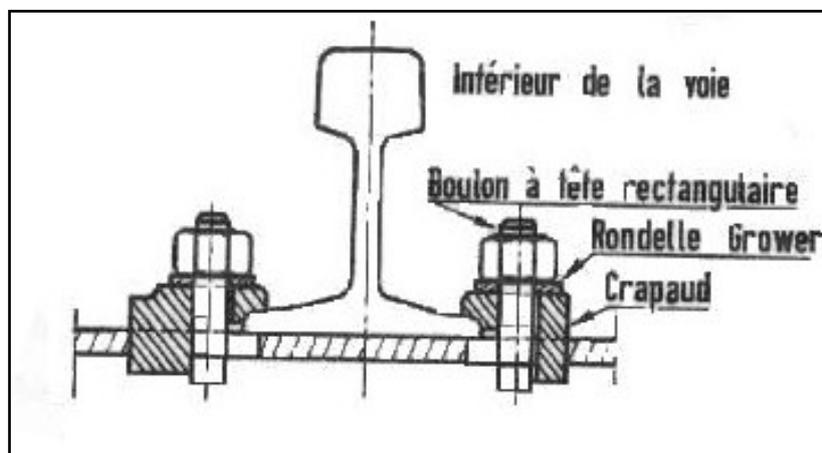


Figure n°06 : crapaud et boulon de crapaud.

7 Le ballast

Le ballast est un granulat de 25/50 mm utilisée actuellement en Algérie), il provient de concassage de roches dures (granite, quartzite, grès, gneiss, etc. ...). La couche de ballast a une épaisseur de 25 à 30 cm avec le rôle de:

- Répartir sur la plate-forme les charges concentrées qu'elle reçoit des traverses.
- Amortir une partie très importante de la vibration grâce à ses propriétés rhéologiques.
- Assurer, en raison de sa granulométrie, le drainage rapide de la voie.
- Permettre de rectifier rapidement le nivellement au moyen du bourrage-dressage mécanisme

8 Les appareils de voie

8.1) Définition et rôle

L'exploitation des voies ferrées exige des dispositifs de liaison et d'intersection des itinéraires, que l'on désigne sous le terme générale d'appareils de voie.

Un appareil de voie est un élément de la voie ferrée qui permet d'assurer le support et le guidage du matériel roulant ferroviaire sur un itinéraire donné.

Les appareils de voie permettent aux véhicules de passer d'une voie à l'autre sans interrompre leur circulation.

En règle générale le terme «appareil de voie » couvre à la fois les aiguillages, les croisements et les traversées-jonctions.

Actuellement, la durée de vie des appareils de voie est d'environ 20 (avec traverses en bois) à 30 ans (avec traverse en béton).

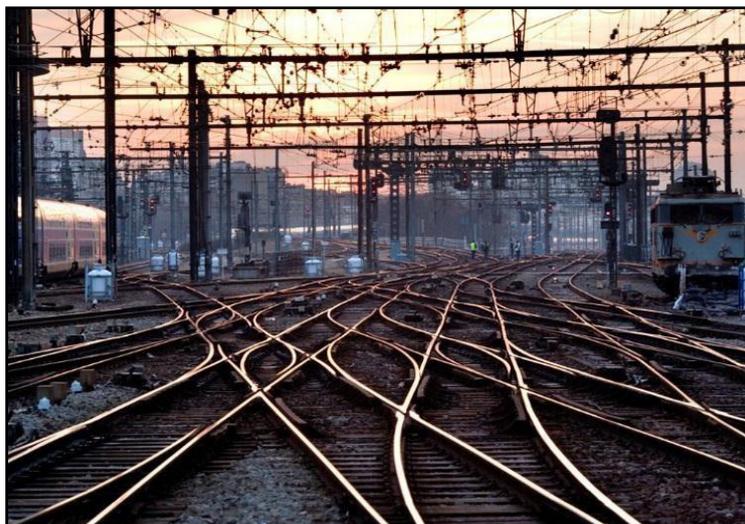


Photo n° 6: appareil de voie

8.2) Type d'appareils de voie

a) Branchement simple (Aiguillage simple)

Dans le cas de l'aiguillage simple, une autre voie (voie déviée) part de la voie en alignement. Si on regarde de la pointe de l'aiguille en direction de la pointe du cœur de croisement, on peut faire la distinction entre le branchement simple à gauche et le branchement simple à droite.

Le branchement simple se décompose de trois parties générales:

1. L'aiguillage
2. Les voies intermédiaires,
3. Le croisement

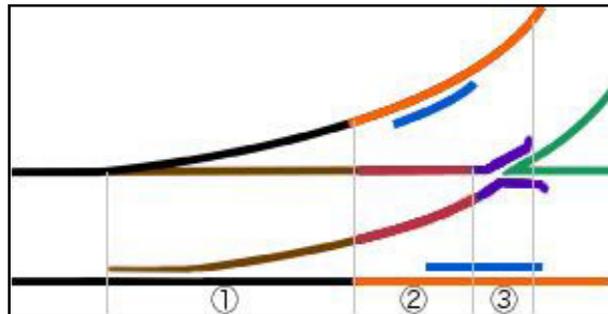


Figure n°07 : Branchement simple

b) Branchement double

Dans le cas du branchement double, deux autres voies (voir la figure..) partent de la voie en alignement (voie directe). Le premier sens de bifurcation est déterminant pour la désignation « à gauche » ou « à droite ».

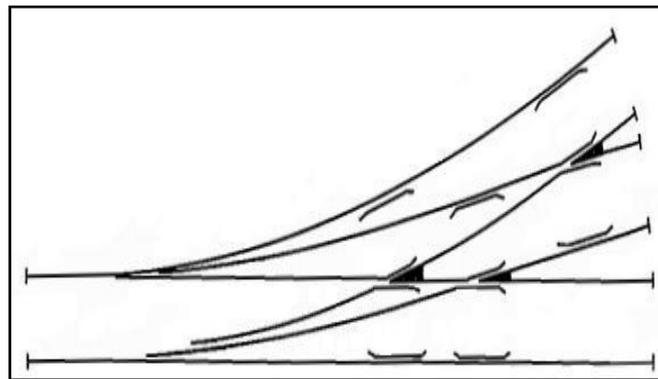


Figure n°08: Branchement double

c) Branchement Junction double

Qui permet la traverse d'une voie par une autre voie la sécurité du guidage des roués et assure par les contre rails, places à l'intérieur et oppose au droit de chacune des lacunes créé des ornières au passage des bogies des roués

III Les ouvrages auxiliaires

1 Les ouvrages d'assainissement

Les fossés défendent la plate-forme et les talus de déblai contre des eaux de ruissellement l'accumulation des eaux de pluie peut ramollir la plate-forme pour cela, les fossés conçus doivent être protégés suivant leurs natures et leur affectation respective

Pour les pentes assez élevées, la vitesse de l'écoulement des eaux est très grande en conséquence on doit envisager des fossés bétonnés par contre, si la pente est faible on peut mettre des fossés en terre

Les dimensions des fossés sont variable selon le débit à évacuer on peut classer les fossés comme suit:

1.1) Fossés de pied

C'est un fossé longitudinal destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant la plate-forme et ceux du talus et à la évacuer vers les exutoires.

1.2) Fossés de crête

C'est un fossé placé au-dessus du talus de déblai pour protéger le talus contre les eaux venant du bassin versant. Ils évacuent les eaux vers les fossés de descentes.

1.3) Fossés de descente

Ce sont fossés perpendiculaires à la plate-forme souvent maçonné en moellons ils évacuent les eaux venant de crêtes vers les fossés latéraux.

1.4) Fossés aux pieds de remblai

Ce sont de fossés longitudinaux recevant les eaux de ruissellement qui ont tendance à créer des affouillements au corps de remblai.

1.5) Saignés

Ce sont des fossés placés perpendiculaires à la plate-forme, et qui ont pour rôle d'évacuer les eaux sur la plate-forme venant des fossés latéraux.

IV Caractéristiques géométrique de la voie ferrée

Pour entrer dans le détail, on doit d'abord savoir les particularités des organes de roulement des véhicules qui déterminent essentiellement le dispositif de la voie. Il est constitué d'un système de bogie ou d'empattement contenant des essieux. Ainsi, chaque essieu comporte deux (2) roues, chaque corps de roue est engendré par un cercle de roulement et d'un boudin.

Le boudin est une sailli sur la roue des matériels roulant garantissant son maintien sur les rails.

L'emmanchement T doit être constant pour un véhicule. En Algérie cette T est de 925mm pour une voie de 1435 mm d'écartement.

Un bogie, c'est un système composé de plusieurs essieux. En générale, les wagons comportent un bogie à deux (2) essieux et les locomotives sont habituellement, un bogie à trois (3) essieux.

L'axe des essieux d'un bogie doit être parallèle, rigide et homogène, sinon il y a risque de déraillement du matériel roulant.

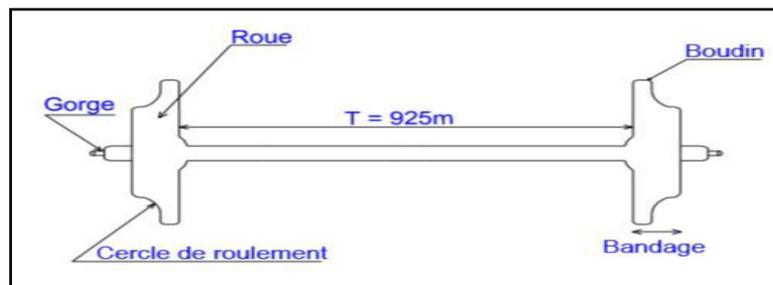


Figure n° 09: détails d'un essieu

Au niveau de chaque essieu, il doit avoir une possibilité de déplacement transversal. Cette possibilité de déplacement transversale de l'essieu favorise l'abord d'un virage par le véhicule, elle diminue l'usure des rails et des roues du véhicule, dans les courbes, elle réduit la résistance au mouvement dans les virages.

Enfin :

- Pour qu'il n'y ait pas de glissement d'une des roues dans les courbes car, dans ce dernier, la roue extérieure a tendance à s'élargir par rapport à celle de l'intérieur. Le bandage ou le cercle de roulement doit avoir une forme conique, qui permet la stabilité du matériel roulant, dont, cette inclinaison ait un angle α selon les pays. En Algérie, la tangente de cet angle α est de 1/18

Respectivement, les rails sont inclinés vers l'intérieur à l'aide de la selle avec un même angle α dont la tangente est 1/18.

1 Caractéristiques de la voie en alignement

Une voie ferrée dans le plan est caractérisée par des alignements droits et des courbes. Pourtant, dans les alignements, les déclivités réelles peuvent atteindre la valeur maximale. On appelle "écartement" une distance parallèle au plan de roulement et entre les deux files limité par les champignons.

En alignement droit, ces écartements de la voie à une valeur constante et cette valeur dépendent de chaque pays. Il a pour équation :

$$S_o = Cte \pm \Delta$$

Avec :

S_o : écartement normal de la voie en alignement (en mm);

Δ : variation selon les pays (en mm).

Voici quelques écartements de la voie dans le monde :

Dans certains pays franco phone d'Afrique:..... $S_o = 1067 \pm \Delta^{+4}$

En Europe: $S_o = 1435 \pm \Delta^{+6}$

En Russie: $S_o = 1520 \pm \Delta^{+6}$

En certain pays de Japon: $S_o = 1200 \pm \Delta^{+4}$

En Algérie: $S_o = 1435 \pm \Delta^{+4}$

On constate que l'écartement de la voie diffère selon le pays, ce qui montre la continuité de la circulation ferroviaire pour les pays voisins. Pour y remédier, les pays avancés ont adopté divers solutions techniques: comme utilisation des bogies à écartement variable et le changement de bogies afin d'assurer la liaison. Dans un alignement droit, les rails sont disposés avec une inclinaison vers l'intérieure d'un angle dont la tangente est égale 1/18. Les rails aussi doivent être disposés sur un même niveau. Entre le champignon du rail et le boudin, il y a une espace vide, noté δ , qui est nécessaire pour:

- Faciliter le mouvement des matériels roulant;
- Diminuer la résistance au mouvement qui peut provoquer l'usure rapide des rails et de la roue d'un véhicule.

2 Caractéristique de la voie en courbe

Condition d'inscription du matériel roulant dans une courbe:

Dans une courbe de rayon R , deux (2) bogies d'un même véhicule espacé d'une longueur peuvent tourner d'un angle α de part et d'autre de leur position normale telle que :

$$\sin \alpha : 1 / 2R$$

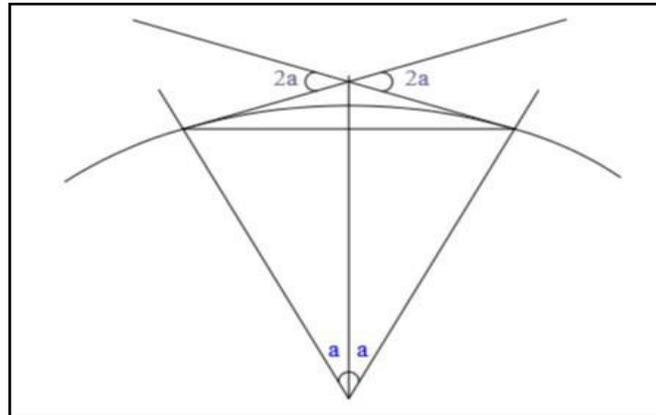


Figure n°10: Rotation de la position

Cette relation donne les conditions de circulation à bogie dans les courbes de faible rayon. Pour qu'un véhicule donné puisse s'inscrire dans une courbe, il faut que les fuseaux ait placé entre les deux (2) cercles représentant le rail extérieur et le rail intérieur de la courbe (voir figure ci-dessus).

Rappelons que le plan de roulement d'un véhicule est le plan horizontal tangent au cercle de roulement établi à 70mm de la face intérieure de tangent. Le plan directeur est situé à 10mm du plan de roulement. La section du boudin par ce plan directeur est d'une courbe en forme d'ellipse appelée "fuseau", ici, nous la représentons par un rectangle.

Dans le cas d'un véhicule à deux (2) essieux, sur ce schéma, les fuseaux sont situés au sommet du quadrilatère $aa'bb'$. Les points de contacts déterminant l'inscription sont les points $AA'BB'$. Pour que ce matériel puisse s'inscrire dans une courbe donnée, il faut essayer de placer les points $AA'BB'$ entre les deux (2) files de rails. Il faut encore que α , l'angle d'attaque que fait la roue avec le rail, ne dépasse pas une certaine valeur sinon la roue risque de monter sur le rail. Cet angle $\alpha \leq 2^{\circ}30$ et exceptionnel 3° .

Un véhicule est caractérisé par son empattement (distance entraxe des essieux) et la longueur des fuseaux de Bandages.

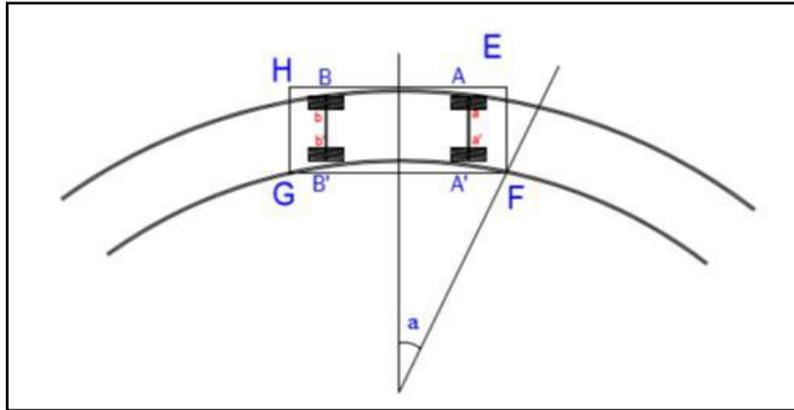


Figure n°11: Inscription d'un bogie dans une courbe

Le véhicule s'inscrit formellement dans les courbes, si on augmente la largeur de la voie quand le rayon diminue.

Si EFGH est le contour extérieur du véhicule, on remarque que dans une courbe de faible rayon, les sommets EH peuvent sortir du gabarit extérieur de la voie, ils forment des saillies extérieures.

On distingue quatre (4) particularités des voies dans les courbes:

- Le sur écartement;
- L'existence des dévers dans les courbes;
- Le raccordement des courbes;
- Pose des rails courts dans la file intérieure.

2.1) Le sur écartement de la voie

Dans les courbes, l'écartement de voie varie en fonction du rayon de courbure de façon à faciliter l'inscription du matériel roulant dans la courbe.

L'écartement optimal de la voie s'acquiert par l'inscription libre du matériel roulant où l'on examinera la moindre résistance au mouvement et l'usure des rails et des roues. Par conséquent, l'écartement minimal s'obtient par l'inscription non coincée du matériel roulant dans la courbe.

2.2) Les devers

Les devers sont le rehaussement de la file extérieure du rail pour assurer la stabilité des véhicules dans les courbes. Ces devers d sont en fonction du rayon de courbure de la courbe et de la vitesse d'inscription du véhicule.

Le véhicule roulant à une vitesse uniforme V est soumis, à part son poids, à une force centrifuge

$$F = \frac{mv^2}{R}$$

La résultante de ces deux (2) forces par rapport l'angle α , tel que :

$$tg\alpha = \frac{v^2}{gR}$$

Ainsi, le devers est donné par la relation suivante :

$$d = \frac{Ev^2}{gR}$$

Avec

E : écartement de la voie ;

R : rayon de courbure ;

V : vitesse d'inscriptions du véhicule de la courbe ;

G : égale 10 m/s^2 ;

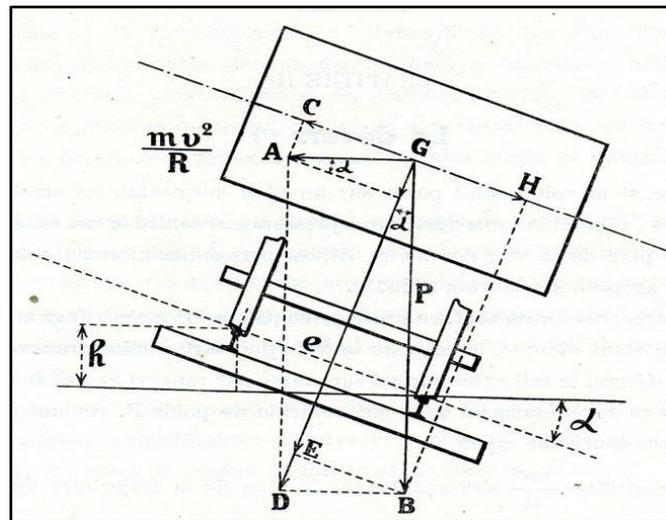


Figure n°12 : devers

En Algérie, l'écartement de la voie est de 1435mm, alors cette expression devient :

$$d = \frac{8v^2}{R}$$

2.3) Raccordement des courbes

Le rayon minimal des courbes circulaires du tracé de la voie est proposé, sauf transformation ultérieure, par le cahier des charges de construction de la voie.

La longueur minimum d'un alignement entre deux (2) courbes circulaires de sens contraires est aussi fixée par le cahier des charges. Pourtant, pour la construction des nouvelles voies, cette distance ne doit pas être inférieure à 70 m.

Les alignements droits sont raccordés aux courbes circulaires par une courbe de raccordement à forme parabolique cubique.

Par conséquent, au point de tangence d'une courbe circulaire et d'un alignement, les flèches sont nulles sur l'alignement et ils prennent instantanément la valeur de la flèche de la courbe considérée. Il en résulte une sollicitation brutale du matériel roulant, génératrice de chocs

Donc, il est nécessaire de raccorder l'alignement et la courbe circulaire par l'intermédiaire d'une parabole pour éliminer cet effet.

La courbe de raccordement parabolique étant donnée par l'équation d'une parabole cubique qui est :

$$Y = \frac{X^3}{6RL}$$

Dont :

Y : ordonner de la courbe au point d'abscisse X (exprimé en m) ;

R : rayon de courbure circulaire (donné en m) ;

L : longueur de raccordement parabolique (présenté en m).

La longueur L, nécessaire pour l'exécutions du raccordement du devers, est donnée par la relations suivant :

$$L = \frac{d}{w}$$

Or, nous avons :

d : dévers dans la courbe considérée (en mm) ;

W : variation du devers par mètre de longueur de voie en mm (ou simplement mm/m).

On a pris cette variation ω est égale à 2‰.

L'origine de l'axe est prise au point de tangence de l'alignement et de courbe circulaire.

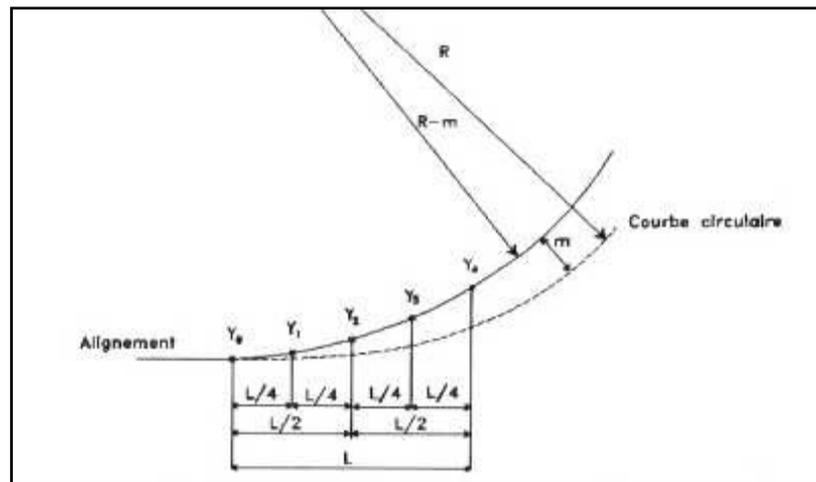


Figure n°13: Tracé de raccords paraboliques

3 Pose des rails courts dans les courbes

Dans une courbe, la longueur des deux (2) files des rails n'est pas identique.

Etant donné que les joints dans les alignements droits doivent être de préférence à équerre ou concordant, alors, il est préférable aussi qu'il soit ainsi dans les courbes.

Pour cela, pour avoir cette concordance des joints dans les courbes, il faut poser des rails courts dans les files intérieures.

La différence moyenne de développement par rail, étant entendue que la condition d'équerrage des joints soit respectée, ce qui implique l'utilisation du même nombre de rail sur les deux (2) files.

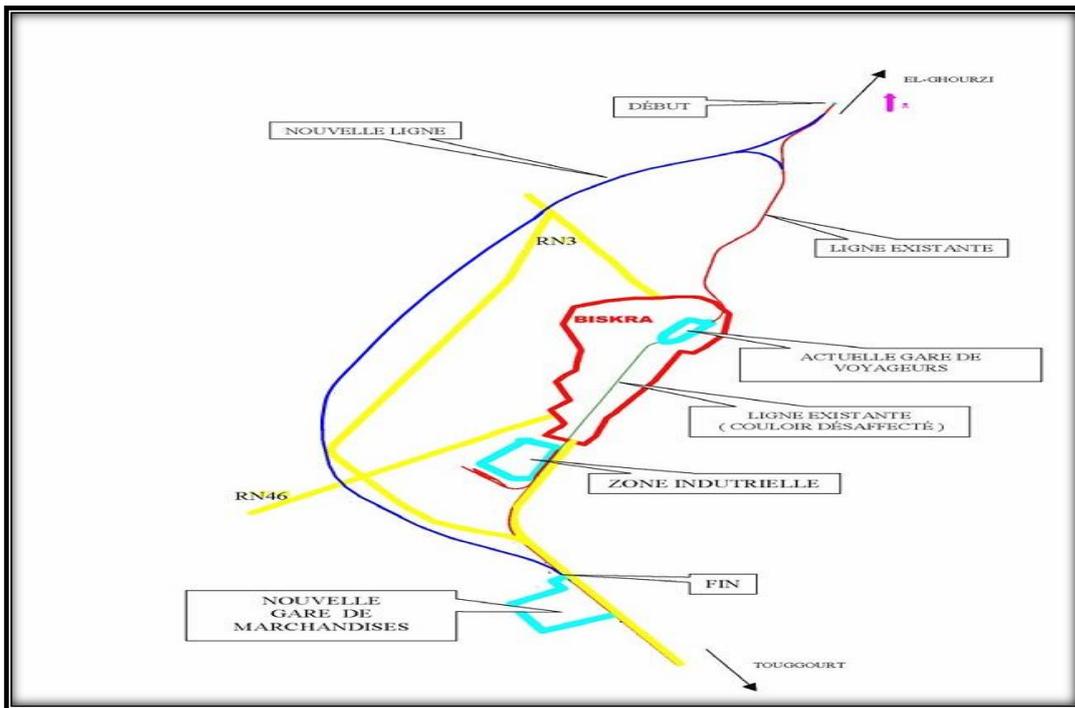
Les rails posés sur la file extérieure sont des rails normaux de longueur standard.

Conclusion

Nous avons parlé dans ce chapitre sur les éléments de base de la voie ferrée (les rails, les type de traverse, les type de fixations, ballast les appareils du voie et les caractéristique de la voie).

CHAPITRE «II»

Présentation du projet



Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter notre projet qui a pour étude le tronçon de l'évitement de la voie ferrée de la ville de Biskra. Nous présentons l'historique du projet caractéristique de la voie, les gares et le drainage.

Présentation de la ville

La wilaya de Biskra est localisée au sud-est de l'Algérie, elle est délimitée au nord par la wilaya de Batna, au nord-est par la wilaya de Khenchela, au nord-ouest par la wilaya de M'Sila, au sud-ouest par la wilaya de Djelfa, au sud-est par la wilaya d'El-Oued et au sud par la wilaya de Ouargla. La ville de Biskra représente un point de passage essentiel des biens et des personnes sur la ligne ferroviaire (**El-Ghourzi - Touggourt**) d'une longueur de 420 Km reliant le nord au sud du pays.

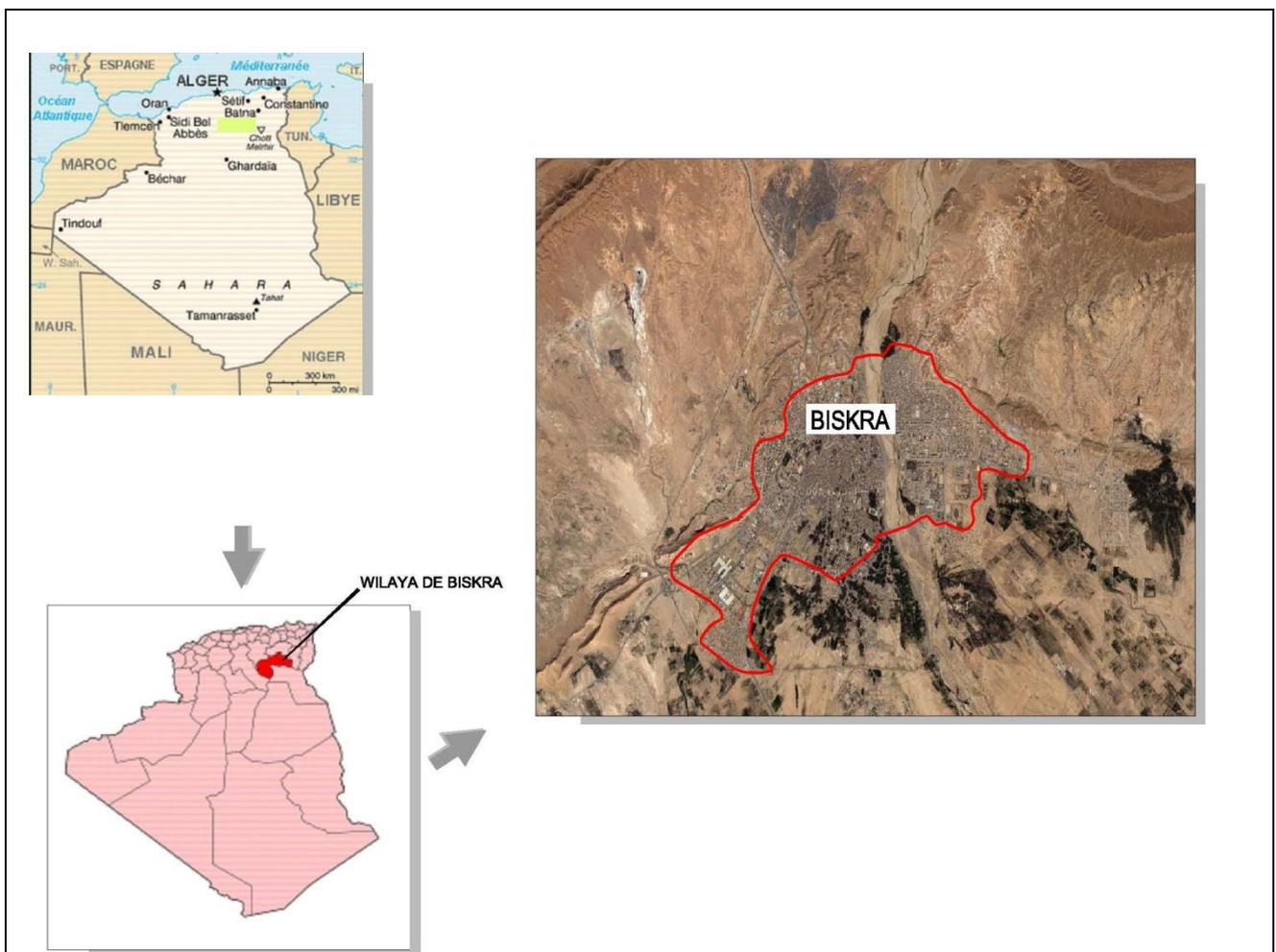


Figure n° 14 : Localisation de Biskra

I Historique de projet

L'Agence National d'Etude et Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (A.N.E.S.R.I.F), a confié au groupement GETINSA-SETIRAIL-SAETI l'étude du « Contournement et aménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra (ligne ferroviaire El-Ghourzi-Touggourt).

Les missions à développer sont les suivantes :

- Révisions de l'Etude Préliminaire précédente : Réalisation d'une nouvelle Etude Préliminaire.
- Etude d'Avant-projet Sommaire (APS).
- Etude d'Avant-projet Détaillé (APD).
- Dossier de Consultation d'Entreprises (DCE).

En Mars de l'année 2007, le groupement GETINSA-SETIRAIL-SAETI a remis le document Analyse critique de l'Etude Préliminaire existante dans laquelle a été choisi le couloir de réalisation des travaux.

En Aout de l'année 2007, le groupement GETINSA-SETIRAIL-SAETI a remis le document Avant-projet Sommaire suite aux études géotechnique et topographique dans lequel a été effectuée une étude du tracé choisi et de ouvrages de drainage ainsi que l'élaboration des plan et des descriptifs technique des éléments constitutifs des voies, des accès aux installations ,des ouvrages d'arts ,des gares de voyageurs et de marchandises, de la signalisation et de la télécommunication.

Dans le présent document Avant-projet détaille sont développés par rapport au tracé choisi par l'A.N.E.S.R.I.F. les moyens humains et matériels à mettre en œuvre pour la réalisation du projet.

1. Intervenants du projet

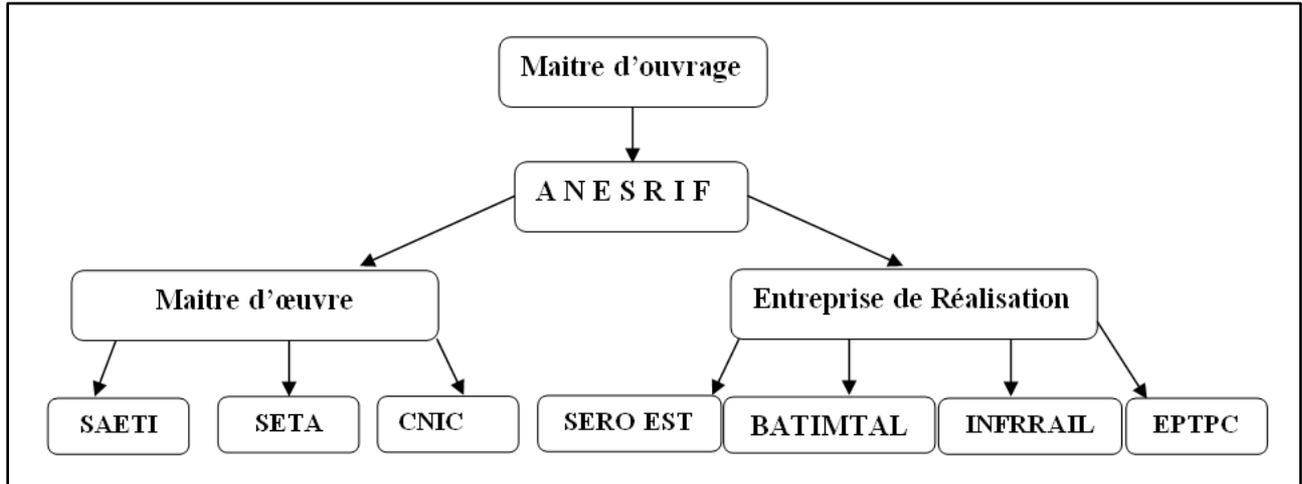


Figure n° 15 : schémas représentatif des intervenants du projet contournement ferroviaire de Biskra

Le chef de file du groupement des entreprises **GET CVB** est **INFRRARAIL**.

Le chef de file du groupement des bureaux d'études **GSSC** est **SAETI**.

* Le partage du groupement des entreprises **GET CVB** du projet est comme suit:

- Installation de chantier (**GET CVB**).
- Travaux de voie et travaux de quais et annexes (**INFRRARAIL**).
- Préparation du terrain, terrassements généraux et assainissement (**EPTPC**).
- Ouvrages d'art et ouvrages de drainage (**SERO -EST**).
- Bâtiments des gares (marchandises et voyageurs) (**BATIMETAL**).

* Le partage du groupement des bureaux d'études **GSSC** du projet est comme suit:

Mission I /Approbation des études d'exécution (**SAETI**).

Mission II/ Suivi et contrôle des travaux :

- Suivi et contrôle des travaux (Installation de chantier, préparation du terrain, terrassements généraux et assainissement et Travaux de voie et travaux de quais et annexes) (**SAETI**).
- Suivi et contrôle des travaux (Ouvrages d'art et ouvrages de drainage) (**SETA**).
- Suivi et contrôle des travaux Bâtiment des gares (marchandises et voyageurs) (**CNIC**).

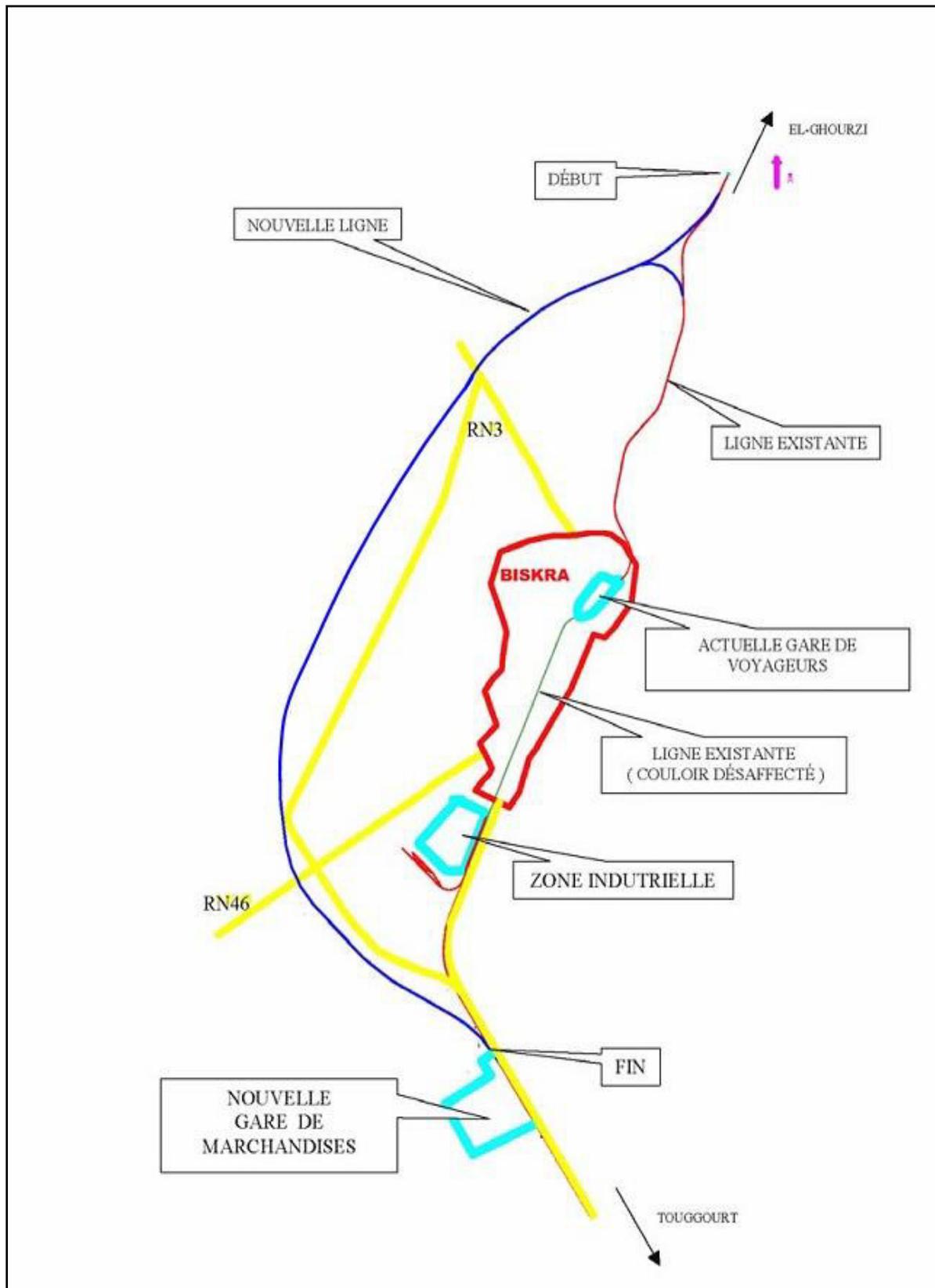


Figure n°16 : Le tracé du projet de contournement de la voie ferrée

2 Objectifs du projet

Les motifs essentiels qui ont conduit à la nécessité de concevoir le contournement de la ville de Biskra sont :

- La voie de chemin de fer existante est un obstacle important à la perméabilité transversale de la ville.
- La situation de la ville sur cet important axe ferroviaire Nord – Sud du pays et sa croissance constante en tant que centre d'activité commerciale rendant nécessaire l'augmentation de la fréquence et de la vitesse commerciale de l'offre ferroviaire actuelle.
- La confluence de plusieurs routes nationales (RN3 – RN31 – RN46 – RN83), dont le trafic subit un développement significatif, favorisent cette croissance économique.
- Comme le but à poursuivre est d'intensifier la circulation passagère au centre ville ainsi que les localités environnantes, il faut qu'une politique de prise en compte des transports collectifs interurbains doive être bien menée et affirmée. L'existante d'une ligne de chemin de fer au milieu du centre urbain nécessite un investissement conséquent pour la réalisation des traversés (ouvrages d'arts, trémies ...) avec un système de sécurité et de protection adéquat tous le long du tronçon jusqu'à l'extrémité de la ville, et cela pour répondre à la fluidité de la circulation routière qui ne cesse de croître.

Par conséquent, il est nécessaire de réaliser le contournement de la ville de Biskra qui offre à celle-ci, la réhabilitation en zones vertes des terrains occupés par la ligne e chemin de fer actuelle.

II Description générale

Dans le cadre de la mission d'étude «Contournement et aménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra (ligne ferroviaire El Ghourzi –Touggourt) Avant-projet Détaillé» dans le présent document est définie une ligne ferroviaire à voie unique pour voyageurs en prévoyant dans le dimensionnement des infrastructures la future électrification de la ligne.

L'origine du tracé (PK 0+000) se trouve au P.K. 195+000 de la ligne ferroviaire reliant El Ghourzi à Touggourt. Le tracé du projet contourne la ville de Biskra par l'Ouest sur une longueur de 16+466 kilomètres pour se connecter sur la voie existante au Sud de la ville de Biskra. Le tracé se termine dans la future gare de marchandises en aval de la connexion de la ligne projetée avec la ligne existante venant de la zone industrielle au P.K .18+840. Le départ du projet se situe au Nord de la ville de Biskra au P.K .19+000 de la ligne actuelle. Après un bref parcours sur la plateforme existante, le tracé prend la direction du Sud-ouest pour commencer le contournement de la ville.

Dans cette zone le tracé passe près de la nouvelle zone de Décharge contrôlée en construction, sans l'affecter directement .On évite aussi tout impact sur les installations du parc de loisirs ‘‘Aqua Park’’. Ensuite, au P.K 4+555, le projet croise le tracé de la route RN-03, le rétablissement de cet axe routier est projeté par la réalisation de deux ponts routiers, un ouvrage par sens de circulation.

A partir de ce point, le projet poursuit son parcours vers le Sud en longeant le tracé de la rocade routière de la ville, la RN-03, de façon à ce que l'emprise foncière entre cette infrastructure routière et le nouveau tracé ferroviaire soit compatible avec le plan de développement urbanistique de la Wilaya de Biskra, qui prévoit la réalisation d'un hôtel

En continuant le tracé dans la direction Sud, on croise divers oueds que l'on franchit au moyen de travaux de drainage transversaux.

Aux alentours du P.K 7+935, on croise un chemin local pour lequel on prévoit le franchissement au moyen d'un passage supérieur.

A continuation de la succession des oueds de taille moyenne, un chemin rural dégradé sera franchi au moyen d'un passage inférieur au P.K 11+470, cadre de 8×5,5 mètres.

Ensuite, le tracé se rapproche de la zone Sud-Ouest de la ville de Biskra, où le tracé est contraint aux conditions les plus restrictive Il convient de souligner entre autre, l'orographie.

Les installations industrielles, les infrastructures routières et les prévisions de service.

Au P.K.13+800, on prévoit la construction d'une future station d'autobus que le tracé doit respecter. Par conséquent, les installations industrielles associées à la briqueterie située entre le P.K11+600 et 12+000 sont modérément affectées.

Aux alentours du P.K11+600 et P.K11+800, le tracé se poursuit entre la zone de stockage des matériaux (situé dans la marge droite) et la briqueterie (marge gauche). Pour minimiser les affectations aux travaux de production, la structure pont-rail au P.K11+800 est projetée avec une longueur de 20 mètres ce qui permettra la circulation des machines et personnel associés aux ouvrages de production de l'industrie entre les installations mentionnées par la route d'accès maintenue.

Par la suite, le tracé traverse la zone de relief la plus élevée en altitude et la plus accidentée du parcours. Aux alentours du P.K12+200 (marge droite), le tracé rencontre la plateforme en terrassement qui constitue actuellement un site d'activité associé à la briqueterie. On projette donc un passage supérieur au P.K12+200 afin de maintenir la communication entre les marges.

Ensuite, depuis le point le plus élevé du tracé le tracé débute une descente pour traverser en remblai la vallée. Le franchissement de la route RN-46 et des oueds proches est résolu au moyen d'un pont-rail. P.K 12+670 de 180 mètres de longueur.

Puis le tracé se dirige dans la direction Sud-est et commence à approcher du tracé de l'actuelle ligne ferroviaire. Dans cette zone, le tracé croise de nombreux chemins agricoles de taille moyenne. On prévoit le maintien de la communication entre les deux marges par la réalisation de deux passages supérieurs au P.K13+825 et 15+025.

Aux alentours du P.K 16+466 le tracé se connecte avec la ligne actuelle où l'on prévoit la construction d'une nouvelle station de marchandises sur la coté droit jusqu'a la fin du tracé au P.K18+840.

La connexion actuelle avec l'installation industrielle de l'entreprise Naftal située u sud de Biskra sera rétablie correctement (limitant la communication en direction du Sud, et utilisant pour la communication vers le Nord le passage obligatoire pour la gare marchandises).

III Caractéristiques de la voie

1 Caractéristique technique

- Largeur de voie : $E = 1,435\text{m}$

1.1) Vitesse admissible en voie Générales

- Vitesse maximale de circulation : $V_{\max} = 180\text{km/h}$

(Moins de 160km/h en raccordement sur la voie existante)

- Vitesse minimale de circulation : $V_{\min} = 100\text{km/h}$

1.2) Rayon minimal

- $R_{\min} = 1275\text{m}$ en voie générale projetée

($R_{\min} = 300\text{m}$ en voie raccordement Nord)

1.3) Profil en long

Dans la définition du profil en long, ont été établies les limitations suivantes :

Inclination maximale : - 16 ‰ (pleine voie)

- 0 ‰ (gares)

1.4) Section type

Les caractéristiques géométriques des sections type à adopter pour les voies générales sont les suivantes :

- Type de ligne : Voie unique (future électrifications) ;
- Ecartement de la voie : 1,435 m ;
- Entraxe : 4,20m ;
- largeur de la plate-forme : 8.0 m (plateformes pour voie unique) ;
- Pente latérale de la plate-forme : 4% ;
- Epaisseur de ballast : 0,30 m ;
- Epaisseur de couche de sous ballast : 0,30 m ;
- Epaisseur de couche de forme : 0,50 m ;
- Distance axe voie- axe caténaire : 3,25 m ;

Pour la plateforme de chemin de fer sous les passages supérieurs sont pris en compte les gabarits de voie double sur plateforme électrifiée :

- Gabarit vertical à partir du rail le plus élevé : 7,0 m ;
- Gabarit horizontal (obstacle/axe de voie la plus proche) : 5,65 m

Pour les viaducs et ponts rails la largeur est conçue pour voie double électrifiée.

En ce qui concerne les gares, sont prises en compte les caractéristiques géométriques suivantes :

- Entraxe entre les voie d'évitement et la voie principale : 4,20 m ;
- Epaisseur de ballast : 0,30 m.

2 Caractéristique physique

- Déblais : 818485 m³
- Remblais : 1153076 m³
- Couche de forme et sous ballast : 288100 m³
- Ballast : 81095 m³
- Pose de voie : 83500 m³
- Ouvrages d'art (01 viaduc de 180ml, 02 ponts rail et 05 ponts route) ;
- Gare voyageurs (R+1) : 933 m³
- Gare marchandise : 3532 m³

3 Superstructure de voie

Le matériel de voie prévu pour la ligne en étude sera le suivant :

- Rail UIC54 ;
- Traverse Bi bloc B440 (anciennement VAX U31) pour rail UIC 54 (pleine voie, voie de gare) ;
- Appareils de voie UIC 54 190 1 : 7 , UIC 54 500 1 :12

IV Les ouvrage d'art

Les travaux singuliers du tronçon sont les suivants :

- Pont rail au P.K 11+830 qui permet la perméabilité entre la zone de dépôt et l'usine de la briqueterie. Ce pont coupe l'axe du chemin en dessous de lui avec un angle droit. L'ouvrage est constitué d'une travée unique d'une portée de 20,00 mètres. Il est de type isostatique. Le tablier se compose d'une dalle évidée, la largeur totale du tablier est de 13,50 mètres. De part et d'autre du tablier, des trottoirs (pour passage d'homme pour une inspection intérieure) sont prévus, ces trottoirs mesurent 95 centimètres. Les culées quant à elles sont pleines et les murs en retour sont ancrés au mur frontal. Les toutes repose sur une semelle superficielle de 2.50 mètres d'épaisseur. La continuité de l'ouvrage est assurée par une série de murs de soutènement de hauteur variable. Ces murs s'étendent sur une longueur de deux fois 20 mètres (20 mètres pour chaque culée). Le tablier se compose d'une dalle évidée, la largeur totale du tablier est de 13,50 mètres. De part et d'autre du tablier, des trottoirs (pour passage d'homme pour une inspection intérieure) sont prévus, ces trottoirs mesurent 95 centimètres.

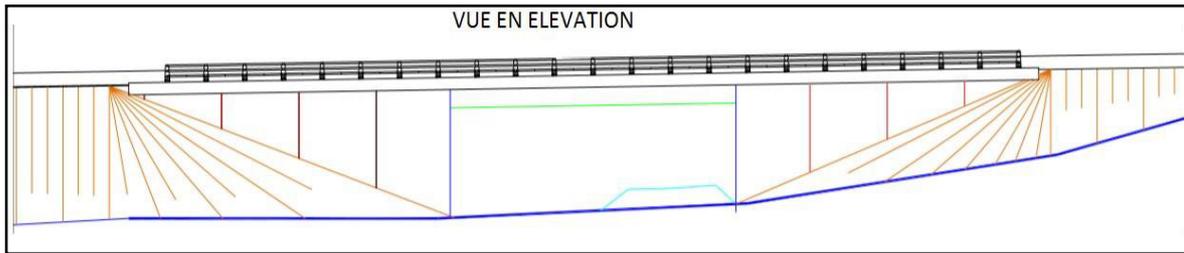


Figure n°17 : Pont rail au P.K 11+830

- Viaduc du P.K 12+550 au P.K 12+630 d'une longueur totale de 180 mètres. Cet ouvrage porte la ligne de chemin de fer et permet le franchissement de la route nationale R.N.46. L'ouvrage est constitué de cinq (05) travées, deux (02) travées extrêmes de 30.00 mètres de longueur et trois (03) travées centrales de 40.00 mètres de longueur. Il est de type hyperstatique. Le tablier se compose d'une poutre caisson en béton précontraint. La largeur totale du tablier est de 13,50 mètres. De part et d'autre du tablier, des trottoirs (pour passage d'homme pour une inspection intérieure) sont prévus, ces trottoirs mesurent 95 centimètres. Les piles au nombre de quatre (04) sont des caissons creux. Quant aux culées, elles sont de types culées remblayées constituées de trois (03) voiles de ,50 mètres d'épaisseur, l'ensemble repose sur des semelles superficielles de 2,50 mètres d'épaisseur.

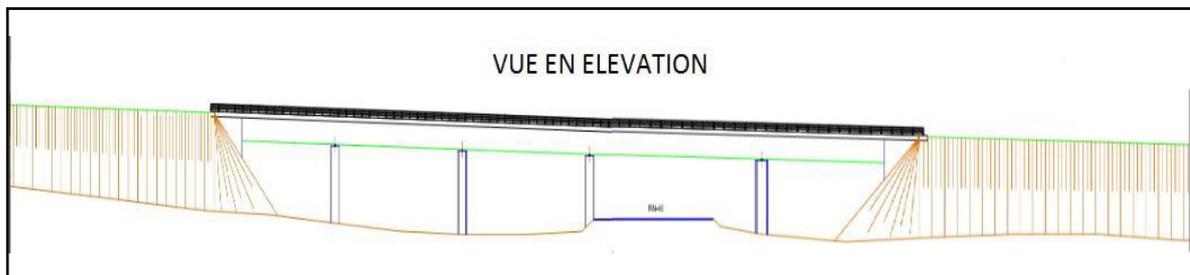


Figure n°18 : Viaduc de la longueur 180 ml

Le rétablissement des routes et des chemins interceptés par la trace a été projeté, les structures suivantes seront construites :

- Pont route R.N. N° 03 P.K 4 + 555 de longueur 49.70 m;

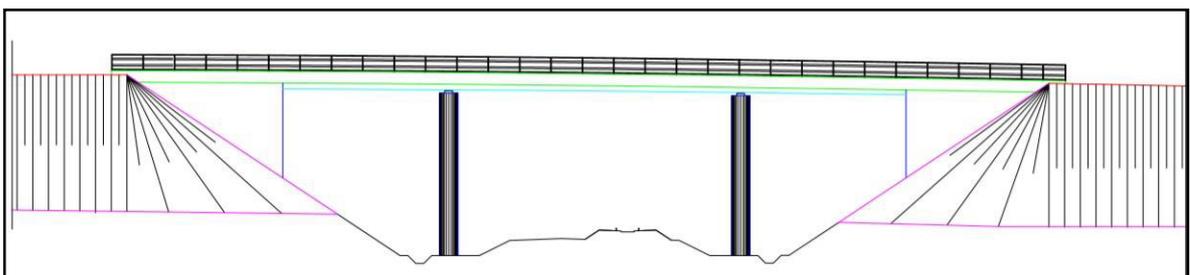


Figure n°19 : Pont route PK 4 + 555

- Pont route P.K 7 + 935 de longueur 46.5 m;

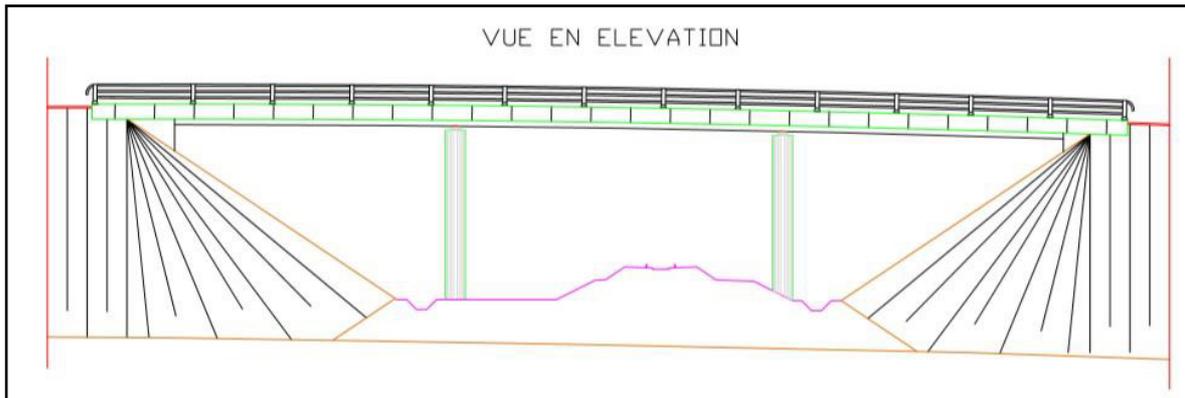


Figure n^o20 : Pont route PK 7 + 935

- Passage inférieur de chemin P.K 11+470 de longueur 15.55 m;

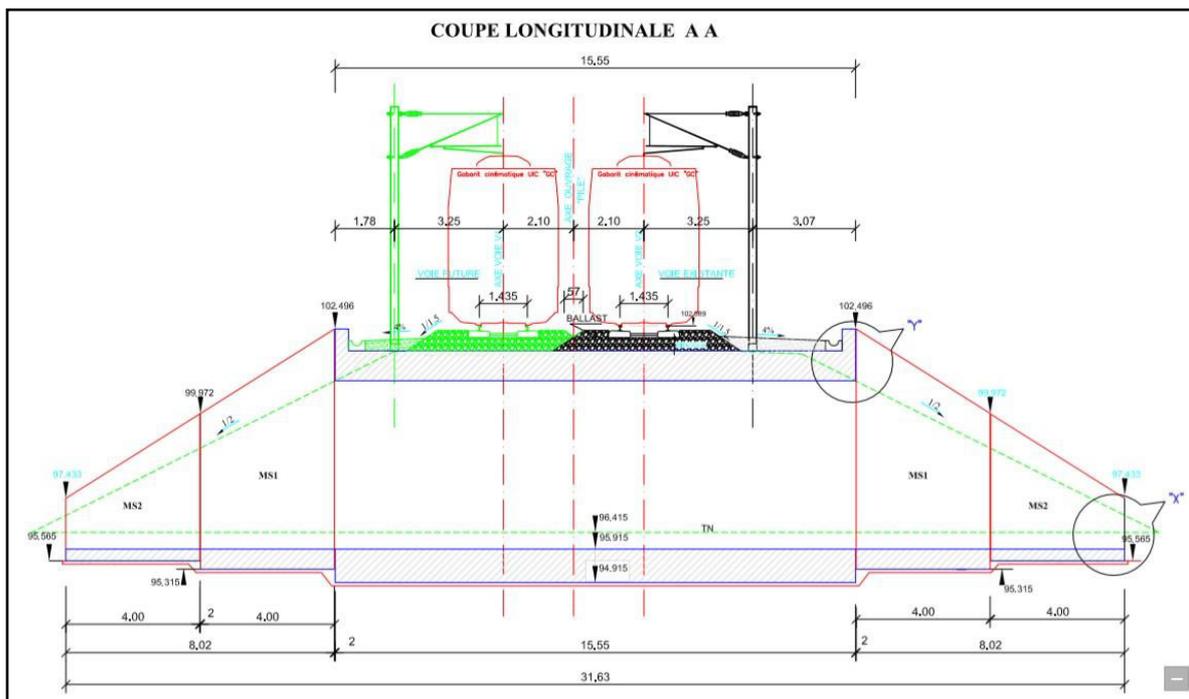


Figure n^o21: Passage inférieur de chemin P.K 11+ 470

- Pont route au P K 12 + 200 de longueur 46.5 m;

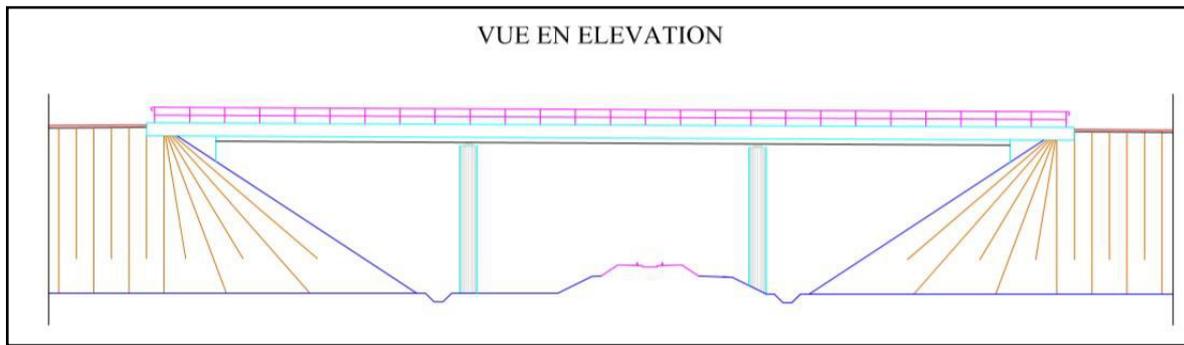


Figure n°22 : Pont route P.K 12 + 200 de longueur

- Pont route P.K 13 + 825 de longueur 46.5 m;

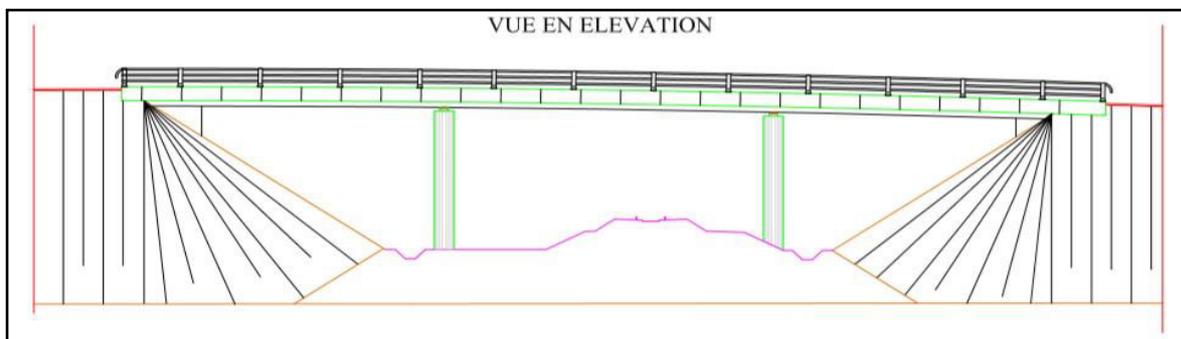


Figure n°23 : Pont route P.K 13 + 825

- Pont route P.K 15 + 025 de longueur 46.5 m.

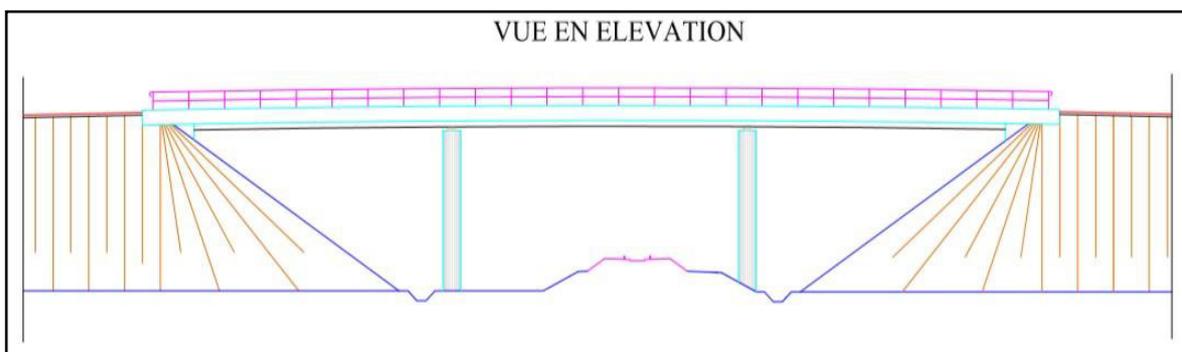


Figure n°24 : Pont route P.K. 15 + 025

V Les Gares ferroviaires

La ville de Biskra représente un point de passage essentiel des biens et des personnes sur la ligne El-Ghourzi- Touggourt d'une longueur de 420 kilomètres reliant le Nord au sud du pays. Par conséquent, il est nécessaire d'entreprendre les travaux suivants :

- Construction d'une nouvelle gare de (suite à la visite de M le Ministre a la wilaya de Biskra en date du 20/01/2015 il a été décidé de déplacé la gare de voyageur en attend toujours la vie des autorités pour le choix du terrain)
- Construction d'une nouvelle gare au sud de la ville, destinée exclusivement aux services de marchandises, à un emplacement près de la zone d'activité industrielle de Biskra.

Par la suite, un schéma des ces procédures est présenté.

1 Gare de voyageurs de Biskra

Suite à la visite de M le Ministre a la wilaya de Biskra en date du 20/01/2015 il a été décidé de déplacé la gare de voyageur en attend toujours la vie des autorités pour le choix du terrain.

Ce plan schématique présente les réalisations urbanistique permettant d'implanter dans les abords extérieurs du bâtiment de la gare un espace esplanade piéton face à l'entrée principale du futur bâtiment de voyageurs, un parc de stationnement pour les véhicules (disposant de place pour les personnes handicapées et à mobilité réduite) possiblement extensible en cas de nécessité, des points de stationnement pour les cycles, ne plateforme de desserte pour les autobus (qui peut se voir dotée d'un arrêt propre au service futur des lignes interurbaines basées dans la gare routière au Sud de la ville de Biskra il s'agit d'un bâtiment voyageur à R+1 d'une surface totale de 928 m².

- 3 quais de dimensions 250 mètres par 6 mètres seront aménagés.

2 Gare marchandises de Biskra

La gare de marchandises sera implantée sur des terrains accueillant actuellement des palmeraies le long de la ligne de chemin de fer existante au sud de la ville de Biskra en aval de l'appareillage de voie permettant d'accéder aux voies desservant la zone industrielle au sud de l'agglomération. La base de partition du schéma fonctionnel considéré correspond à la création conque dans l'étude Préliminaire précédent auquel s'ajoutent les considérations spécifiques manifestées par l'A.N.E.S.R.I.F. durant le développement des travaux.

La gare de marchandises est constituée :

2.1) Bâtiment administratif

Le bâtiment administratif est conçu en rez-de-chaussée, la surface bâtie = 200,00 m.

2.2) Bâtiment de service

Le bâtiment de service est conçu en Rez-de-chaussée, de forme géométrique rectangulaire et doté d'une hauteur sous plafond de 3.00 mètres. La surface bâtie = 180,00 m.

2.3) Poste de contrôle

Le poste de contrôle est conçu à ossature poteaux/poutres de hauteur libre 2,91 mètres sous plafond et de surfaces totales 379 m².

2.4) Poste d'entretien des locomotives

Le poste d'entretien des locomotives est conçu en un seul niveau (double hauteur), de forme géométrique rectangulaire et comporte une fosse de visite avec trois voies et des bureaux technique, la surface bâtie = 800,00 m.

2.5) Poste d'entretien des voitures

Le poste d'entretien des voitures est conçu en un seul niveau (double hauteur), de forme géométrique rectangulaire et comporte une fosse de visite avec trois voies et des bureaux techniques, la surface bâtie = 1000,00 m.

2.6) Halle de stockage

La halle de stockage est conçu en un seul niveau (double hauteur), de forme géométrique rectangulaire et comporte des bureaux techniques, la halle de stockage, des douches et des toilettes, la surface bâtie = 600,00 m.

VI Drainage

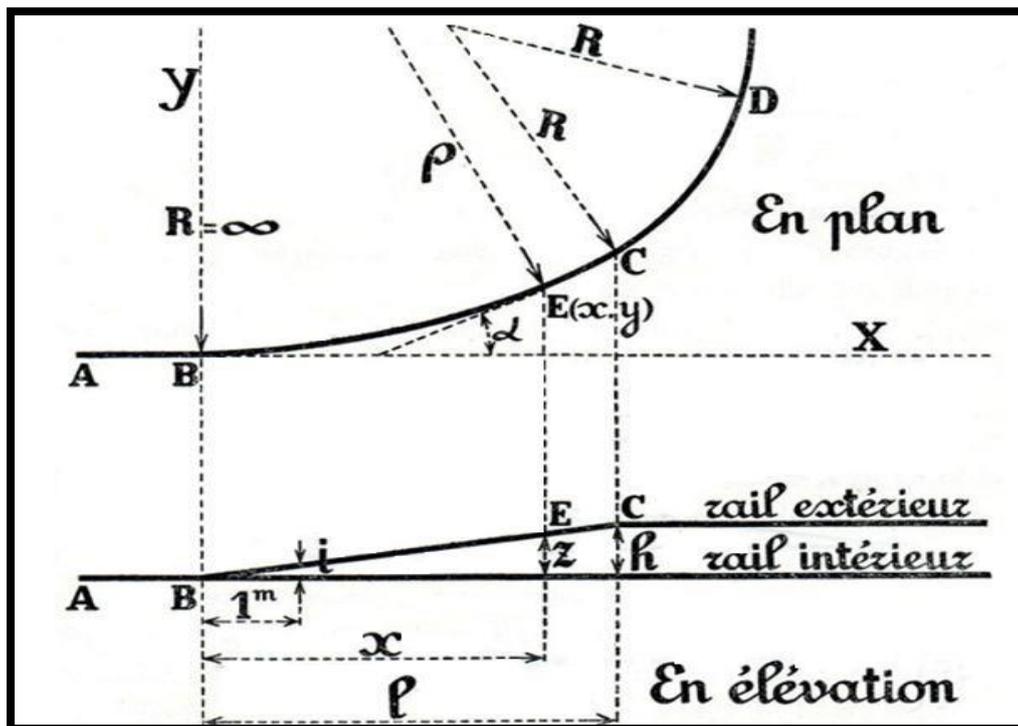
Les bassins interceptés par le tracé ont étudiés. La dimension des ouvrages de drainage nécessaires a été calculée à partir des caractéristiques des paramètres de bassins versants des Oueds traversant la nouvelle voie ferrée et des précipitations maximales dans chaque cas. Pour quelques bassins, une continuité est donnée au lit au moyen de la structure projetée, étant déjà un viaduc. Un pont ou un passage inférieur.

Conclusion

Ce projet comprend la construction et réalisation de :
3 ponts rail dont un viaduc de 180ml, 05 ponts routiers, gare de voyageurs R+1, gare de marchandise (contient : bâtiment administratif, bâtiment de service, poste de contrôle, poste d'entretien de locomotives, poste d'entretien des voitures et halle de stockage) et des ouvrages hydrauliques (13 dalots et 21 ouvrages busés).

CHAPITRE
«III»

ETUDE
GEOMETRIQUE
DE LA VOIE



I Tracé en plan

Introduction

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

Le tracé en plan représente la projection de l'axe de la voie ferrée sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité. Sans omettre que dans les chemins de fer on trouve deux vitesses caractéristiques :

V_R : vitesse des trains rapides (voyageurs).

V_L : vitesse des trains lents (marchandises).

1 Les conditions et les règles respectant le tracé en plan

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

- Utiliser le maximum d'alignements droit éviter le franchissement des oueds et des routes dans la mesure du possible qui nécessite la réalisation des ouvrages d'arts, dans le cas où c'était inévitable le franchissement s'effectuera perpendiculairement à sa ligne d'écoulement ou bien dès les endroits les plus étroits.
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer le terrassement.
- Eviter les problèmes de talus :

Talus en déblai : éviter :

- La présence de nappe.
- Les terrains plastiques.
- La présence de roches fissurées.

Talus en remblai : éviter :

- La présence de terrain instable.
- Les sols très compressibles.

2 Les éléments de trace en plan

Le tracé en plan est un ensemble d'alignements droits raccordés entre eux par des arcs et des courbes de raccordements.

- **Alignement ($R = \infty$)** : c'est un tracé droit, il est considéré comme étant le meilleur tracé pour le confort et la sécurité qu'il offre aux voyageurs.
- **Arcs de cercles ($R = \text{constante}$)** : Le raccordement entre les alignements se fait avec les arcs de cercles, ces derniers doivent assurer un passage sécurisé et confortable des trains afin d'éviter le déraillement.
- **Courbes de raccordement ($R = \text{variable}$)** : C'est un élément géométrique qui raccorde l'alignement à un arc de cercle dont la courbure varie progressivement d'un rayon $R = \infty$ à la fin de l'alignement jusqu'à une valeur R constante au début de l'arc de cercle.

On utilise pour ce type de raccordement la clothoïde qui assure, grâce à sa variation linéaire de courbure, la stabilité et le confort.

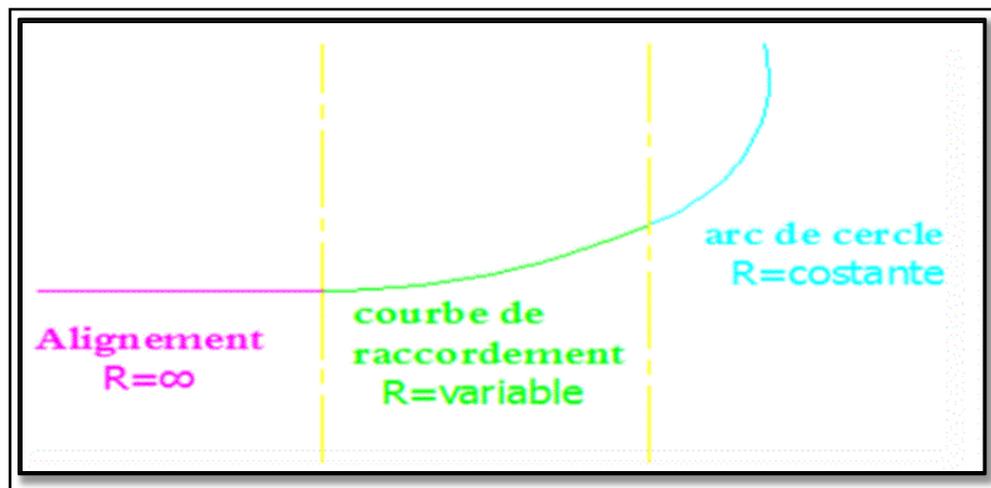


Figure n°25: Eléments de trace en plan

3 Le devers

Le devers est la différence d'altitudes entre les deux files de rail qui composent la voie.

3.1) Dévers théorique (d_{Th})

Lorsque la vitesse d'un véhicule empruntant une courbe est telle que la résultante du poids du véhicule et de la force centrifuge est perpendiculaire au plan de roulement, l'action de l'accélération transversale est entièrement compensée.

Pour obtenir ces conditions, il est nécessaire de surélever la file du rail de grand rayon par rapport au niveau de l'autre, d'une valeur appropriée. Cette valeur appelée dévers théorique (Devers d'équilibre), Il est exprimé en mm.

L'action de l'accélération transversale peut conduire au déraillement du train, la fatigue de la voie et du matériel roulant.

Dans une courbe de rayon R et la force F vaut :

$$F = \frac{mV^2}{R} \quad \text{et} \quad P = m \cdot g \quad \text{et} \quad \text{tg}\alpha = \frac{F}{P} = V^2/Rg$$

On a : $d = e \cdot \sin\alpha$ (α est petit $\Rightarrow \sin\alpha \approx \text{tg}\alpha$)

$$\text{Donc : } d = e \cdot \text{tg}\alpha = e \cdot \frac{V^2}{Rg} \quad (\text{v en m/s})$$

A.N : $e = 1.5(\text{m})$ et $g = 9.81 (\text{m/s}^2)$ et $V (\text{m/s}) = 1/3.6 \times (\text{km/h})$

On aura $d_{\text{Th}} = 11.8 V^2/R$ (d_{Th} en mm, R en mm, V en km/h)

Le résultat final est simplifié comme suit :

$$D_{\text{th}} = \frac{11.8 V^2 (\frac{\text{km}}{\text{h}})}{R(\text{m})} \quad [\text{mm}]$$

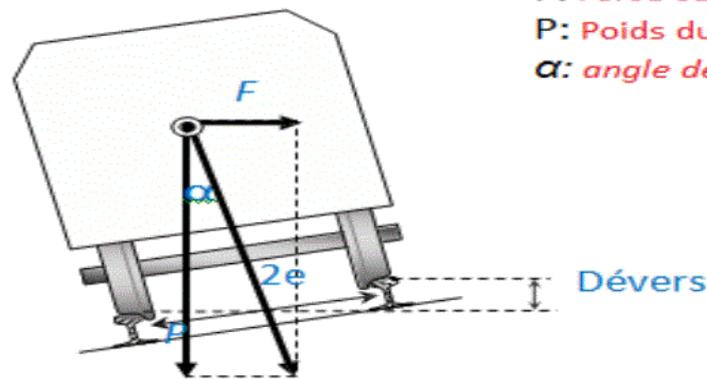


Figure n°26: Dévers

3.2) Le dévers pratique (normale)

Le dévers réel est normalement limité à une valeur inférieure à la valeur théorique ce qui donne une insuffisance de dévers pour les trains les plus rapide, et un excès de dévers pour les trains lents.

C'est pour cela qu'on prévoit un dévers moyen (dévers normal) qui tient compte des grandes vitesses ainsi que des vitesses réduites. Sa valeur est comprise entre celle des trains rapides et celle des trains lents.

La formule du dévers pratique est : $dp = \frac{1000.C}{R}$ (en mm) et C : coefficient de dévers.

3.3) Coefficient de dévers (C)

a la création d'une ligne, le respect d'un coefficient de dévers commun a toutes les courbes conduit a avoir un rapport constant entre courbure et insuffisance de devers. La prise en compte de cette disposition constitue un facteur de confort.

Le coefficient de dévers est donné par la formule suivante :

$$C = 0.006 V^2$$

V : C'est la vitesse des trains rapides.

3.4) Insuffisance de dévers (I)

Lorsque la vitesse d'un véhicule empruntant une courbe est plus élevée que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers pratique, ce véhicule est soumis à une force centrifuge non compensé. Le dévers de la voie est donc insuffisant et la résultante des forces se déplace vers l'extérieur de la courbe. On appelle **insuffisance de dévers** (Exprimé en mm) la différence entre le dévers théorique des trains rapide et le dévers pratique. Elle est donnée par :

$$I = \frac{11.8Vr^2}{R} - dp \quad [\text{mm}]$$

3.5) Excès de dévers (E)

Lorsque la vitesse d'un véhicule en courbe est plus faible que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers pratique, ce véhicule est soumis à une force centripète non compensé. Le dévers de la voie est donc excessif et la résultante des forces se déplace vers l'intérieure de la courbe. On appelle **excès de dévers** (exprimé en mm) la différence entre le dévers pratique et le dévers théorique des trains lents. Elle est donnée par :

$$E = dp - \frac{11.8Vl^2}{R} \quad [\text{mm}]$$

4 Application pour notre projet

On se réfère aux normes **UIC** (union internationale des chemins de fer) pour notre projet.
On a les données **SNTF** du projet :

- Vitesse des trains rapides $V_R = 180$ Km/h.
- Vitesse des trains de marchandises $V_L = 100$ Km/h.

Voici la fiche (UIC 703 R) pour la vitesse maximale de 180 Km/h :

Tableau n°2 : Paramètres fonctionnels de référence tracé en plan

Valeurs	Normales	Maximales	Exceptionnelles
I (insuffisance de dévers) (mm)	100	120	150
E (Excès de dévers) (mm)	70	90	110
d (dévers) (mm)	120	150	160
dI/dt (mm/s)	25	70	-
dd/dt (mm/s)	28	35	-

Pour notre projet on prend comme références les valeurs normales.

Détermination du Rayon minimale normale (R_{min})

$$\text{On a : } I = d_{TR} - d_P \text{ -----(1)}$$

$$E = d_P - d_{TL} \text{ -----(2)}$$

$$\text{Avec : } d_{TR} = 11,8 \cdot V_r^2 / R_{min} \quad (\text{dévers théorique des trains rapides})$$

$$d_{TL} = 11,8 \cdot V_l^2 / R_{min} \quad (\text{dévers théorique des trains de marchandises})$$

De (1) et (2) :

$$I + E = d_{TR} - d_{TL} \quad \Rightarrow \quad R_{min} = 11,8(V_r^2 - V_l^2)/(E + I)$$

$$\text{Pour : } I = 100\text{mm} \quad \text{et} \quad E = 70 \text{ mm}$$

$$\text{On trouve : } R_{min} = 1555 \text{ m}$$

$$\text{On prend : } R_{min} = 1600 \text{ m}$$

Calcul du dévers pratique (d_p)

D'après la formule : $d_p = 1000.C/R$

$$d_p(1600m) = 140 \text{ mm}$$

Calcul de l'insuffisance (I) et l'excès de dévers (E)

On a : $I = d_{TR} - d_p$

$$I = \frac{11.8 \times 180^2}{1600} - 140 = 98,95 \text{ mm}$$

D'après la fiche (UIC703R) $I = 98.95 \leq 100 \text{ mm}$ (vérifié).

On a : $E = d_p - d_{TL} \Rightarrow E = 140 - \frac{11.8 \times 100^2}{1600} = 66,25 \text{ mm}$

D'après la fiche (UIC703R) $E = 66,25 \leq 70 \text{ mm}$ (vérifié).

Calcul de la longueur de clothoïde (L)

D'après la fiche (UIC703R) on a :

$$dd/dt \leq 28$$

On a : $dd/dt = (d_p.V_R)/(3,6.L) \leq 28 \Rightarrow L \geq \frac{(d_p \times V_R)}{100.8} \Rightarrow L \geq 250 \text{ m}$

Calcul du paramètre de clothoïde (A)

Le paramètre de clothoïde est donné par la formule suivante :

$$A = \sqrt{R \times L}$$

A.N :

On prend : $L = 250 \text{ m}$

Donc : $A = 632,45$

Tableau n°3 : récapitulatif de calcul de L, A, E, I, d_p

Coefficient du dévers	C = 224	
	Rayon (m)	1700
d_p (mm)	131,76	175,56
E (mm)	60,3	47
I (mm)	95,9	98
L (m)	235	313,5
A	632,06	632,22

II Profil en long

Définition

Le profil en long d'une voie ferrée est une ligne continue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive. Donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe de la voie en fonction de l'abscisse curviligne.

Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccorde par des cercles.

1. Règles à respecter dans le tracé du profil en long

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements ;
- Respecter les valeurs des rayons préconises par les règlements ;
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulements ;
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la voie ferrée du passage ;
- Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les déblais ;
- Eviter une hauteur excessive en remblai ;
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayons ;
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique ;
- Adapter le profil en long aux grandes du paysage.

2. Les éléments de composition du profil en long

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampe et pentes) raccordés par de courbes circulaires pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel ;
- L'altitude du projet ;
- La déclivité du projet ;

3 Limites imposée par le freinage (pentes)

La problématique du freinage est conditionnée par la capacité du matériel, pour une vitesse Donnée, à maintenir sa vitesse (en pente), à s'arrêter et à maintenir son arrêt (immobilisation) en respectant les limites de capacité énergétique des équipements de freinage.

- **Condition n°1**

La pente de chaque tronçon à pente constante doit respecter l'une des conditions ci-après :

- pente $< 20\text{‰}$ (pour une longueur de tronçon quelconque) ;
- pente $< 25\text{‰}$ (pour une longueur de tronçon $< 2000m$) ;
- pente $< 30\text{‰}$ (pour une longueur de tronçon $< 1000m$) ;
- pente $< 35\text{‰}$ (pour une longueur de tronçon $< 400m$) ;

Définition d'une zone

Une zone est définie comme un ensemble d'un ou plusieurs tronçon à déclivité constante successifs, encadre en amont et en aval par un ou plusieurs tronçon à déclivité constante de déclivité $< 10\text{‰}$ la longueur de chacun de ces deux ensemble de tronçon an amont et en aval étant : 2000m.

- **Condition n°2**

- Pente moyenne $< 20\text{‰}$ pour une zone de longueur quelconque ;
- Pente moyenne $< 25\text{‰}$ pour une zone de longueur $< 2000m$;
- Pente moyenne $< 30\text{‰}$ pour une zone de longueur $< 1000m$;
- Pente moyenne $< 35\text{‰}$ pour une zone longueur $< 400m$;

4 Limites imposée le démarrage (rampe)

La problématique du démarrage est conditionnée par la capacité du matériel à redémarrer avec une certaine accélération et à atteindre une vitesse garantissant un échauffement limites du système de traction dans une déclivité de rampe et de longueur donnée. Les valeurs admissibles à ne pas dépasser sont :

- Lorsque la déclivité est inférieure à 3000 m, la rampe ne doit pas dépasser 16‰ (exceptionnellement 18‰).
- Lorsque la déclivité est comprise entre 3000m et 15000m, la rampe diminuée régulièrement pour passer de 16 ‰ à 13‰ (exceptionnellement de 18‰ à 15‰)
- Lorsque la déclivité est supérieure à 15000m, la rampe ne doit pas dépasser 13‰ (Exceptionnellement 15‰)
- **Cas des gares**

En gare, la déclivité est à limiter en fonction des activités qui y sont prévues selon les valeurs reprises dans le tableau suivant :

Tableau n°4 : déclivité maximale dans les gares

Activité en gare	Déclivité maximale
Service voyageur seul	$\leq 10\text{‰}$
Service voyageur et modification de position des rames	$\leq 5\text{‰}$
Service voyageur et stationnement prolongé de rame	$\leq 1\text{‰}$

Dans les deux derniers cas, des valeurs supérieures de déclivité peuvent être dans le cadre d'une demande de dérogation.

5 Déclivités

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Une déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale, appelée pente pour les descentes et rampe pour les montée.

5.1) Pentes maximales

En inter station la pente maximale est fixée à 55‰ (55 mm/m), compte tenu des performances envisagées pour le matériel roulant.

5.2) Pentes minimales

En station, au trottoir de manœuvre est sur les positions de garage, où l'on peut craindre une dérive du matériel roulant, la pente des voies sera au minimum égale à 2‰ (2 mm/m), et pour assurer également l'écoulement des eaux.

6 Le raccordement en profil en long :

La succession de deux déclivités en profil en long nécessite un raccordement circulaire permettant d'assurer le confort et la sécurité en réduisant l'accélération centrifuge due à la vitesse des véhicules, alors on est obligé d'intervenir pour que l'accélération verticale ne dépasse pas sa valeur maximale permise.

Selon l'UIC le rayon minimale des courbes de raccordement ne doit pas être inférieur à 2000m.

Selon la SNTF le rayon minimal se calcule suivant le tableau ci-dessous :

Tableau n°5: valeurs des rayons de raccordement minimaux à respecter.

Valeur normale	$0,35 V^2$
Valeur exceptionnelle	$0,25 V^2$

R : rayon de la courbe de raccord (m).

V : vitesse du train le plus rapide (km/h).

7 Longueur minimal des éléments de profil en long :

7.1) Déclivité constante

A fin d'éviter les oscillations des véhicules dues aux variations successives des déclivités, une longueur minimale de déclivité constante est à prévoir.

Valeur limite normale : $V/2$

Valeur limite exceptionnelle : $V/2.5$

V : entant la vitesse du train le plus rapide exprimée en km/h

7.2) Raccord des déclivités

Leur longueur doit, en principe, être d'au moins 30m pour tenir compte des bases de nivellement des bourreuses.

8 Coordination profil en long-tracé en plan

Pour garantir une bonne coordination entre le profil en long et le tracé en plan, on doit respecter les conditions suivantes :

- * Eviter les coïncidences entre les rayons du profil en long et les rayons du tracé en plan
- * Eviter le placement d'une courbe en profil en long immédiatement après une courbe en tracé en plan
- * Les points singuliers du tracé en plan ne doivent pas être précédés d'un point élevé
- * Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en courbe ou bien en déclivité.

8.1) Le respect de ces conditions a pour but de

- * Distinguer clairement les dispositions des points singuliers
- * Prévoir de loin l'évolution du tracé et assurer une bonne visibilité
- * Garantir la sécurité des voyageurs et du matériel roulant
- * Offrir du confort aux voyageurs

9 Détermination pratique du profil en long

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

$$X^2 + Y^2 - 2RY = 0$$

A l'équation de parabole :

$$X^2 - 2RY = 0 \Rightarrow Y = \frac{X^2}{2R}$$

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D ;

Donnée la pente P1 de la droite (AS) ;

Donnée la pente P2 de la droite (DS) ;

Donnée le rayon R ;

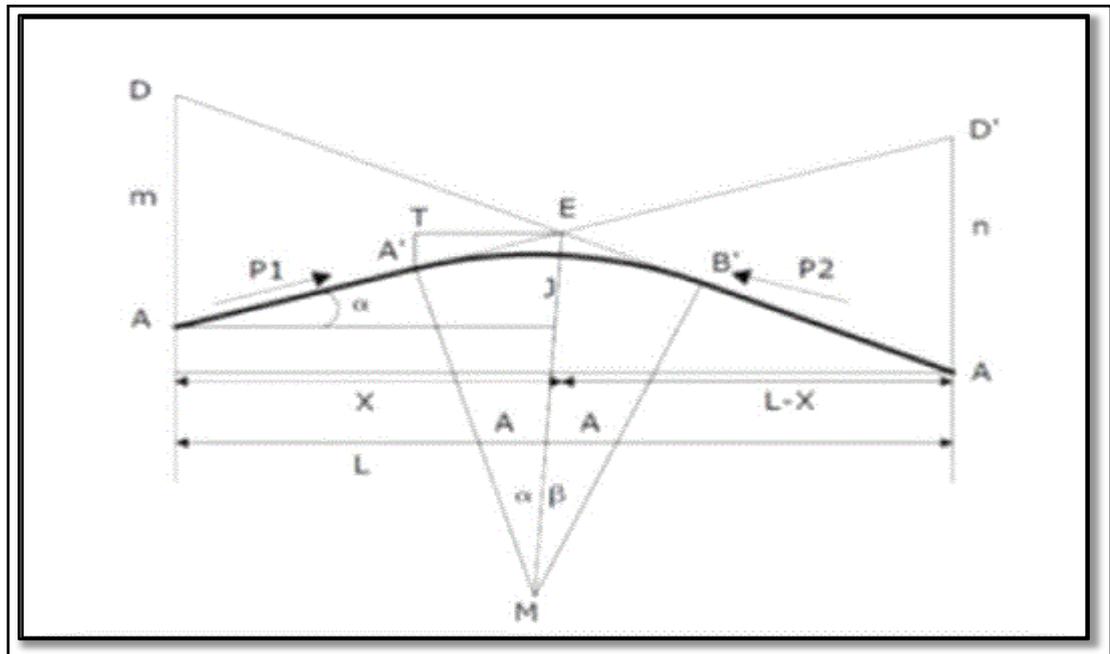


Figure n°27 : schéma du raccordement

Avec :

A' et B' : Extrémité du raccordement

T : tangente de part et d'autre du sommet

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 de cercle de rayon R

E : sommet ou point de changement de déclivité

L ; distance entre les deux points A et B

Déterminations des pentes

$$P1 = \Delta Z1 / \Delta S1$$

$$P2 = \Delta Z2 / \Delta S2$$

Déterminations de tangente T

$$T = EA = EB = R \tan(\alpha + \beta)$$

Tel que : $\tan \alpha = P1$ et $\tan \frac{\beta}{2} = P2$

Alors : $T = \frac{R}{2} \times |P2 + P1|$ P1 et P2 les pentes prisent avec leurs sens.

Détermination de la flèche F :

$$F = \frac{T^2}{2R}$$

Détermination de coordonnées du sommet E :

$$X_E = X_A + X$$

$$Z_E = Y_A + X \cdot P1$$

Coordonnée de A et B :

$$A' (X_{A'} = X_A - T, Y_{A'} = Y_E - P1 \cdot T)$$

$$B' (X_{B'} = X_E + T, Y_{B'} = Y_E - P2 \cdot T)$$

PK et altitude des points singuliers :

$$L = PK_{B'} - PK_{A'}$$

$$Z = Z_{A'} + P1 \cdot I$$

$$PKE = PK_{A'} + I$$

$$I = (Z_{A'} - Z_{B'}) + \frac{(P2 \cdot L)}{(P2 - P1)}$$

Point du milieu de raccordement G :

$$Z = Z_E - F$$

$$PKG = PKE$$

La flèche prise avec son signe

Point de début et de fin du raccordement :

Début :

$$Z_{A'} = Z_E - P1 \cdot T \quad \text{et} \quad PK_{A'} = PKE - T$$

Fin

$$Z_{B'} = Z_E - P_2 \cdot T \quad \text{et} \quad PK_{B'} = PK_E + T$$

10. Application pour notre projet

On va calculer les caractéristiques en profil en long du point de changement de déclivité (E) :

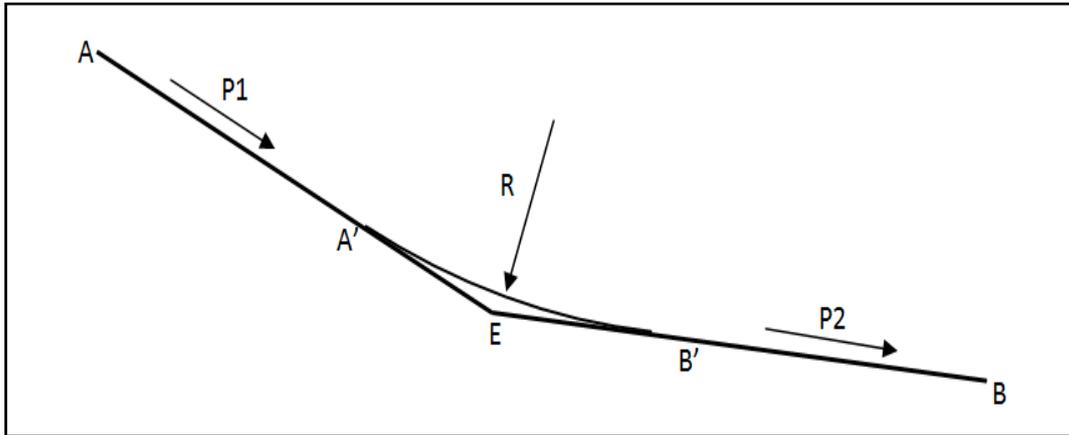


Figure n°28: Eléments de raccordement parabolique

Calcul des éléments de profil en long :

$$\begin{array}{l}
 \left. \begin{array}{l} S_0 = 0 \\ Z = 171,77\text{m} \end{array} \right\} \text{A} \\
 \left. \begin{array}{l} S_0 = 632,797 \text{ m} \\ Z = 162,844 \end{array} \right\} \text{E} \\
 \left. \begin{array}{l} S_0 = 1196,712 \text{ m} \\ Z = 159,911 \text{ m} \end{array} \right\} \text{B}
 \end{array}$$

On a **R = 3500 m**

Calcul des pentes (P) :

$$P1 = \frac{\Delta Z1}{\Delta S1} = \frac{(162,843 - 171,77)}{(632,797 - 0)} = -0,014$$

$$P2 = \frac{\Delta Z2}{\Delta S2} = \frac{(159,911 - 162,843)}{(1196,712 - 632,797)} = -5,2 \times 10^{-3}$$

Calcul de la tangente T ;

$$T = \frac{R}{2} \times |P2 + P1| = \frac{3500}{2} \times |-0,014 - 5,2 \times 10^{-3}| = 33,6\text{m}$$

Calcul de la flèche F :

$$F = \frac{T^2}{2R} = 0,161\text{m}$$

Calcul de la cote de point au milieu de raccordement parabolique :

$$Z_G = Z_E - F = 162,844 - 0,161 = 162,683\text{m}$$

Calcul des PK et cotes des points A' et B'

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_{A'} = Z_E - P_1.T = 163,314 \\ PK_{A'} = PK_E - T = 599,197 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} Z_{B'} = Z_E + P_2.T = 162,670 \\ PK_{B'} = PK_E + T = 666,397 \end{array} \right.$$

III Profil en travers

Définition

Profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la voie projetée.

Un projet de voies ferrée comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs de voie, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....).

1 Etablissement du profil en travers type

Le profil en travers doit contenir tous les éléments suivants.

1.1) Élément de la superstructure

- Le rail et son type.
- La valeur de l'écartement de la voie.
- L'entraxe de la voie.
- Les traverses et leur type.
- Poteaux caténaire et caniveaux à câbles (pour les voies électrifiées).
- L'épaisseur de la couche de ballast.
- La pente latérale de la couche de ballast.

1.2) Éléments de l'infrastructure

- Les pentes transversales de chaque couche.
- La pente latérale de la plate-forme.
- Les épaisseurs et les nominations de chaque couche.

1.3) Éléments de talus

- La pente de chaque talus.
- Les ouvrages de consolidation éventuels, tels que les murs de soutènement.

1.4) Eléments d'assainissement

- Type et dimension des fossés ou des drains.

2 Les éléments du profil en travers

2.1) Emprise

C'est la surface du terrain naturel affecté à la voie, limitée par le domaine public.

2.2) Assiette

C'est la surface de la voie délimitée par les terrassements.

2.3) Plate-forme

Elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la voie et les accotements.

2.4) La voie

C'est la partie de la voie ferrée affectée à la circulation des trains.

2.5) La berme

Supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations...). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

2.6) Le fossé

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la voie et talus et les eaux de pluie.

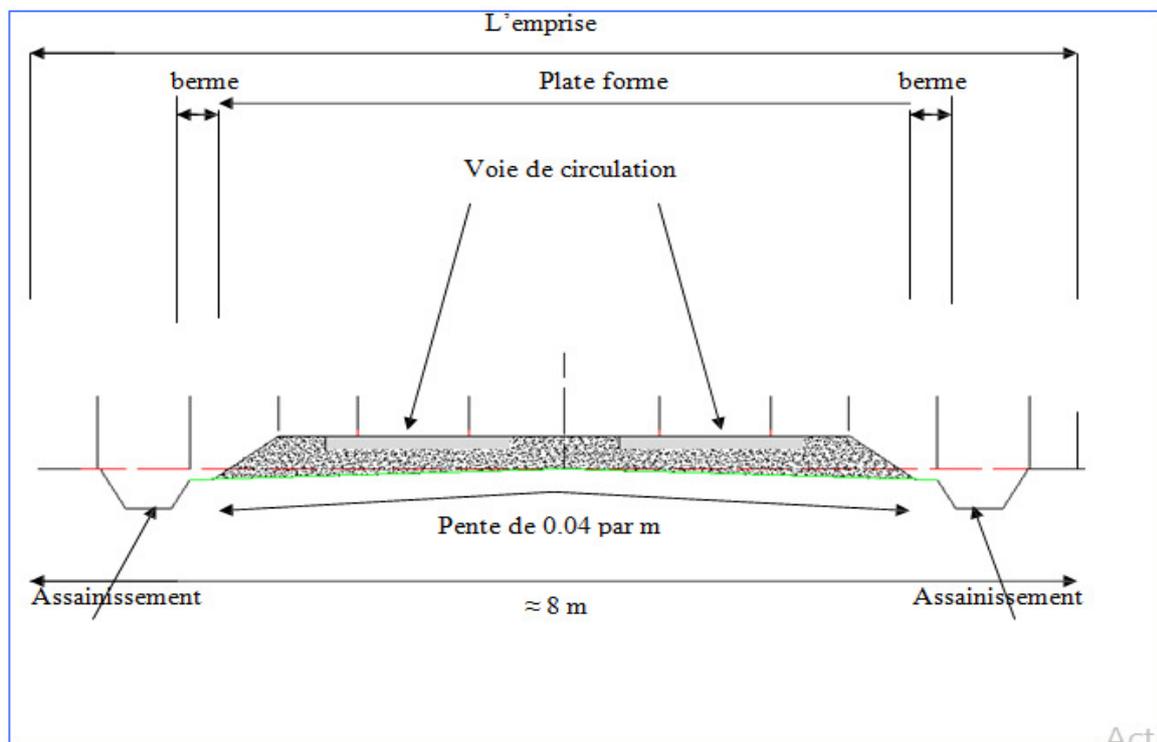


Figure n°29 : Les éléments de profil en travers

3 Profil type de notre projet

Pour notre projet, on adopte pour les sections types exigées par la **SNTF** :

- * Ecartement de la voie : 1.435 m (standard).
- * Largeurs de la plate-forme voie unique : 8 m.
- * Pente latérale de la plate-forme : 4%.
- * Pente latérale de la couche de ballast : 2/3.
- * Pente (déblai : 2/3 et remblai : 1 / 2).
- * Fossé trapézoïdale (b= 0.5 m ; h= 0.5 m)

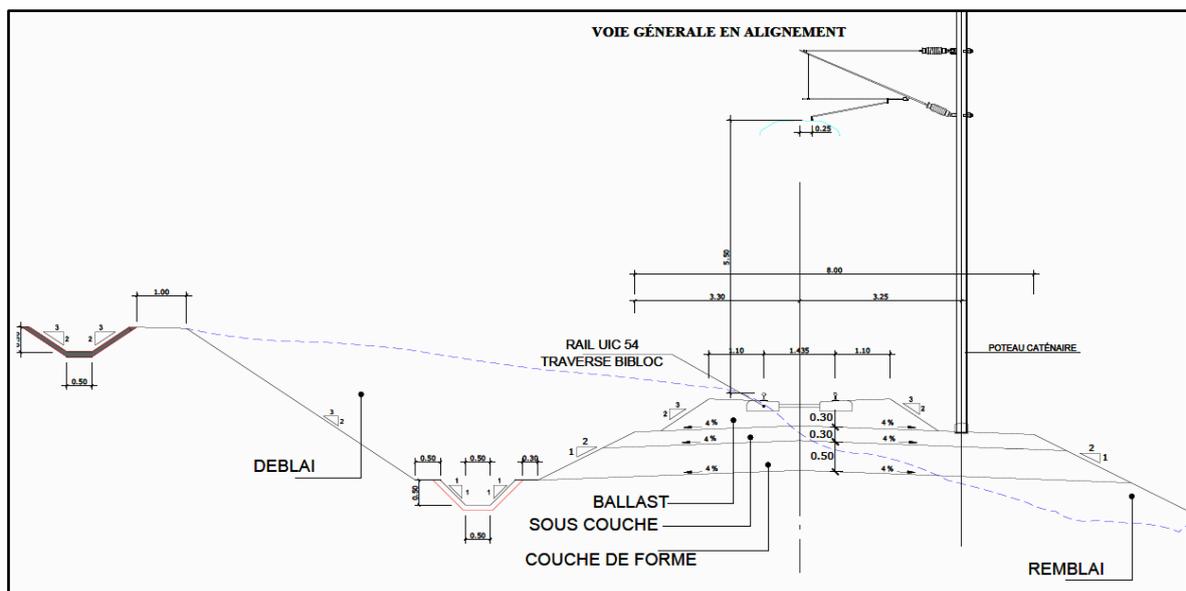


Figure n°30 : profile en travers

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit les principales étapes pour la conception du projet, les plus importants et les plus adéquates.

CHAPITRE

«IV»

ETUDE

GEOTECHNIQUE

ET

HYDROLOGIE



Introduction

Dans ce chapitre nous allons étudier notre projet de coté hydrologie, et géotechnique, et dimensionnement couche d'assis.

I Etude d'hydrologie

1 Caractéristique du climat

1.1) Les températures

Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude sont obtenues à partir des données de la station météorologique de Biskra pour une période s'étalant de 1967 à 1990.

La région se caractérise par une forte température (moyenne annuelle : 21,6°C) avec de fortes variations saisonnières (33°C en juillet et 11,8°C en janvier).

L'amplitude thermique est de 12,8°C en juillet et de 9,1°C en décembre. Le nombre de jours où la température est inférieure à 35°C est de 86 jours, avec un maximum de jour pendant le mois de juillet (28,8°C).

Le nombre de jours où la température est supérieure à 40°C est de 31 jours avec un maximum de jours pendant le mois juillet.

Tableau n°6: Températures moyennes mensuelles

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T (°C)	11.8	13.5	16.1	19.8	24.8	29.8	33.0	32.6	27.9	21.9	16.1	12.2

1.2) Humidité relative de l'aire

L'humidité relative est plus élevée en hiver qu'en été. Ceci s'explique par l'effet de la température qui est élevée en été et basse en hiver.

Les valeurs les plus importantes sont enregistrées en hiver (58.64%). Celles-ci chutent presque de moitié en été à 32.55%.

Le maximum de l'humidité relative correspond au mois le plus froid.

La moyenne annuelle est de 42.64%.

1.3) Les vents

Dans les régions arides le vent est l'un des principaux facteurs de la construction des reliefs (dunes) et de la dégradation des sols (vannage). Les vents sont relativement fréquents au printemps et mais surtout en été. Le Sirocco est un vent chaud et sec qui souffle en été (juillet, août et septembre) et accélère l'évapotranspiration. Le sirocco s'installe durant juillet Août et septembre. Les vents de sable sont fréquents surtout au printemps et en été.

Ceux-ci sont présents en moyenne 39 jours par an et leur fréquence augmente en hiver et à la fin de l'été

Les vents dominants sont orientés au Sud-Est pendant les mois de juin, juillet, août et septembre et au Nord-Ouest pendant l'automne, l'hiver et au début du printemps.

1.4) L'évapotranspiration

L'évapotranspiration est très importante dans la région, la méthode de Turc donne une valeur de 2540,85 mm/an. L'intensité de l'ETP est fortement renforcée par les vents et notamment ceux qui sont chauds (Sirocco).

2 Caractéristique des bassins versants

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.

La superficie (S) des bassins, exprimée en km², est déterminée avec une précision acceptable, la délimitation des lignes de partage des eaux est faite sur les cartes d'état major à différentes échelles selon l'importance des bassins versants qui sont au nombre de trente (30) au droit de la ligne ferroviaire de Biskra.

La superficie est mesurée à l'aide d'un planimètre tandis que le périmètre et la longueur des cours d'eau des bassins versants sont mesurés à l'aide d'un curvimètre.

Ainsi, la surface, le périmètre, l'indice de compacité Kc (paramètre de forme du bassin), la longueur de l'oued, l'altitude (maximale et minimale), l'indice de pente globale et la longueur Du rectangle équivalent sont évalués et calculés pour chaque Oued qui traverse la voie ferrée à partir des cartes aux échelles (1/25 000 et 1/50 000).

Les PK (Points Kilométriques) ont servi du repérage du passage d'un tronçon de la voie ferrée sur l'oued. La délimitation des bassins versants est faite à partir de leur intersection.

Les caractéristiques des paramètres de bassins versants des Oueds traversant la nouvelle voie ferrée de Biskra sont données par le tableau récapitulatif suivant:

Tableau n°7: Caractéristiques de bassins versants délimités

N° BV	Exutoire Au PK	A (Km ²)	P (Km)	L (Km)	K _C	t _C (h)	L _r (Km)	H _{max} (m)	H _{min} (m)	H _{moy} (m)
1	0+120	0.080	1.080	0.301	1,069	0,305	0,283	250	166	208
2	0+880	0.778	3.574	1.478	1,135	0,788	1,039	330	164	247
3	2+480	3.569	8.000	2.404	1,186	1,417	2,659	356	162	259
4	3+300	0.990	4.121	1.438	1,160	1,948	1,299	185	154	169,5
5	4+331	2.044	6.641	2.912	1,301	1,546	2,506	285	152	218,5
6	5+480	1.796	8.307	4.138	1,736	1,388	3,664	354	137	245,5
7	5+640	0.054	0.928	0.176	1,118	1,055	0,232	140	136	138
8	6+060	0.033	0.754	0.136	1,162	0,950	0,239	136	133	134,5
9	7+160	4.650	11.730	5.212	1,523	1,719	4,919	410	124	267
10	7+730	0.950	4.590	2.078	1,319	2,344	1,754	150	122	136
11	8+820	3.340	11.967	5.564	1,833	1,554	5,359	429	112	270,5
12	9+100	9.470	13.853	5.380	1,260	2,098	5,048	403	108	255,5
13	9+200	2.428	10.185	5.013	1,830	1,556	4,559	350	106	228
14	9+800	6.206	11.925	5.747	1,340	1,751	4,617	459	107	283
15	10+800	0.210	1.877	0.219	1,147	1,274	0,571	113	104	108,5
16	11+340	7.396	14.551	7.566	1,498	2,272	6,053	398	99	248,5
17	11+560	15.298	19.888	9.743	1,424	2,595	8,044	520	95	307,5
18	12+080	0.115	2.060	0.400	1,701	0,293	0,903	231	92	161,5
19	14+050	84.919	43.976	13.400	1,336	4,839	16,985	520	87	303,5
20	14+280	0.043	0.841	0.295	1,136	1,298	0,246	90	87	88,5
21	15+160	0.034	0.687	0.261	1,043	0,706	0,172	94	86	90
22	15+240	0.007	0.335	0.120	1,121	0,344	0,087	93	86	89,5
23	16+060	0.017	0.486	0.123	1,044	0,472	0,122	93	86	89,5
24	16+330	0.014	0.437	0.144	1,034	0,497	0,109	89	83	86
25	16+400	0.008	0.337	0.080	1,055	0,345	0,084	89	83	86
26	16+530	0.017	0.488	0.125	1,048	0,512	0,122	89	83	86
27	16+980	0.011	0.381	0.108	1,017	0,460	0,095	88	83	85,5
28	17+000	0.015	0.487	0.184	1,113	0,605	0,122	88	83	85,5
29	17+200	0.008	0.347	0.083	1,086	0,348	0,087	88	82	85
30	17+440	0.011	0.385	0.109	1,028	0,421	0,096	88	82	85

- S : Surface (km²).
- P : Périmètre (km).
- L : Longueur du cours d'eau principal (km).
- K_C : Indice de compacité (paramètre de forme du bassin).
- L_r : Longueur du rectangle équivalent (km).
- H_{min} : Altitude minimale (m).
- H_{max} : Altitude maximale (m).

3 Pluviométrie

3.1) Acquisition des données

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources en eau (A.N.R.H.) et de l'Office National de la Météorologie (O.N.M.). Il s'agit d'observations journalières reportées sur des tableaux de cumuls mensuels (T.C.M.). Ces données mensuelles ont permis reconstituer les valeurs de pluies annuelles.

3.2) Pluies annuelles

La pluie annuelle moyenne dans la région est comprise entre 120 et 150mm d'après la carte des pluies de l'Algérie du Nord de l'ANRH. Il est pris en considération la valeur de $P_{\text{moy}} = 146 \text{ mm/an}$ pour un nombre de 35 jours de pluie environ.

Il faut remarquer une pluviosité annuelle très faible et très irrégulière.

Tableau n°8: Pluies annuelles en mm Station C061406

Période de retour	Fréquence	Variable de Gauss	Station C061406
10 ans	0,9	1,282	246.1
20 ans	0,95	1,645	296.5
50 ans	0,98	2,054	365,6
100 ans	0,99	2,327	420,6

3.3) Précipitations mensuelle

Les pluies moyennes mensuelles présentées dans le tableau 3 traduisent clairement les variations saisonnières et leur distribution à l'échelle annuelle. La station prise en considération dans la région d'étude, fait ressortir deux périodes distinctes, une saison sèche et une autre relativement humide.

Tableau n°9 : Pluies moyennes mensuelles interannuelles (Station C061406)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P_{Moy} (mm)	15.7	14.7	18.9	17.5	14.5	9.8	17.3	12.8	11.8	7.6	1.7	3.6
P (%)	10.8	9.5	13.0	12.2	10.0	6.8	12.0	8.8	8.1	5.3	1.2	2.4

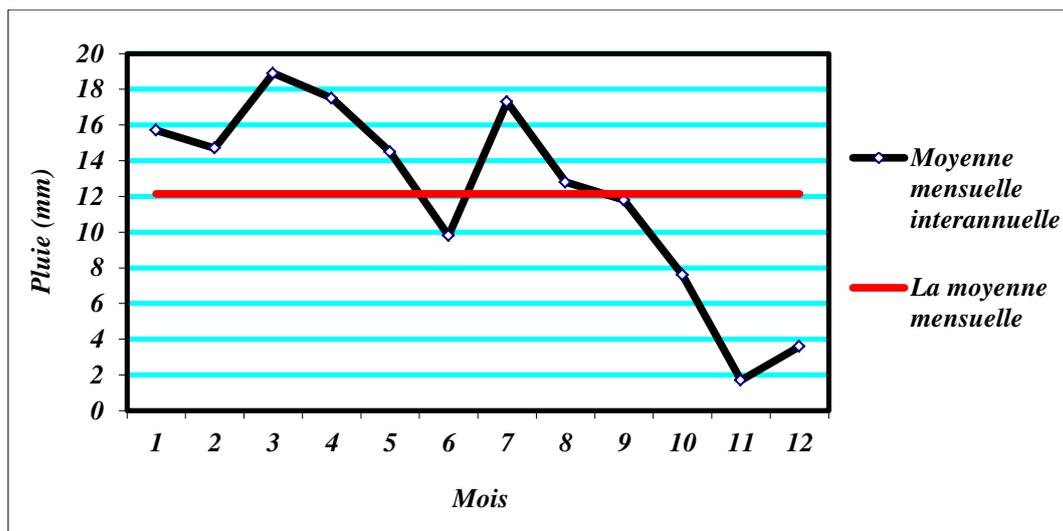


Figure n°31: Variation des pluies moyennes mensuelles interannuelles

Le régime des pluies moyennes mensuelles interannuelles présente un maximum principal, généralement situé entre novembre et décembre, mais les pluies orageuses de l'automne et du printemps sont non négligeables, des maxima secondaires sont assez fréquents les mois d'octobre, mars et avril.

On remarque l'existence d'une intense saison sèche qui correspond aux mois de juin à août, avec des pluies moyennes mensuelles égales ou inférieures à 8 mm et une saison relativement humide qui correspond aux autres mois.

3.4) Précipitations journaliers

La protection contre les dégâts des eaux précises la réalisation d'une étude des pluies journalières maximales annuelles.

En Algérie il est vérifié que les pluies journalières maximales annuelles s'ajustent à une loi de Gumbel ou Log - normale.

Dans le tableau suivant sont présentées les pluies maximales journalières de la station étudiée pour différentes fréquences.

Tableau n°10: Pluies Max. journalières en mm Station C061406

Période de retour	Fréquence	Variable de Gauss
10 ans	0,90	1,282
20 ans	0,95	1,645
50 ans	0,98	2,054
100 ans	0,99	2,327

4 Détermination des débits de crues

Les crues sont considérées comme des risques naturels contre lesquels il faut se protéger par la prévention et la prévision, La prédétermination du débit maximum probable a un intérêt socio-économique évident en raison des effets destructifs de ces changements hydrologiques, et la nécessité de calculer certains ouvrages de protection dont les dimensions sont essentiellement déterminées par le maximum probable de la crue, auquel ces ouvrages doivent faire face.

Pour estimer les débits de crue des différents bassins versant obtenus par délimitation, on utilise la formule rationnelle de **TURRAZA** qui est élaborée en fonction de la pluie et des caractéristiques physiques des bassins versants :

$$Q_{\text{Max, F}\%} = \frac{C \times P_{Tc, F\%} \times A}{3,6 \times Tc}$$

- $Q_{\text{Max, F}\%}$: Débit maximal instantané de la crue de fréquence F, (m^3/s).
- **C** : Coefficient de ruissellement du bassin par la crue considérée
Pour terrain naturel $C = 0,2$, sol perméable $C = 0,4$, talus sol perméable $C = 0,3$
- **Tc**: Temps de concentration du bassin versant (heures).
- $P_{Tc, F\%}$: Hauteur totale maximale de précipitation correspondant au temps. de concentration du bassin pour une fréquence donnée $P_{Tc, F\%} = P_j (Tc/24)^b$
 - $P_j = \frac{P_{j\text{Moy}}}{\sqrt{C_V^2 + 1}} e^{u \sqrt{\ln(C_V^2 + 1)}}$
 - $u = 2,32$ (variable de Gauss pour une période de retour de 100 ans)
 - L'exposant climatique : $b = 0,19$
 - Pluie moyenne journalière : $P_{j\text{Moy}} = 25,6 \text{ mm}$
 - Le coefficient de variation climatique : $C_V = 0,6$
- **A** : Aire du bassin versant (km^2).

5 Détermination du débit de saturation Q_s

Le diamètre de la canalisation est fonction du débit maximum à évacuer, ce dernier est donné par la formule de **MANING-STRIKLER**.

$$Q_s = K_{st} \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times S$$

- Q_s : débit maximum.
- K_{st} : coefficient de rugosité de canalisation.
- **I**: pente de canalisation (m/m).
- **S**: section transversale de l'écoulement.

- **RH**: rayon hydraulique ($RH = S_m/P_m$). Avec $S_m = \pi R^2$ et $P_m = 2 \pi R$
- **Kst** : 80 bétons (buses préfabriquées).
- **Kst** : 70 bétons (dalots).

6 Application au projet

6.1) Dimensionnement des buses

Pour dimensionner les buses on prend : $Q_{Max} = Q_s$

Calcul de débit de saturation (QS):

On a : S_m : surface mouillée = $\frac{1}{2} \pi R^2$

Rh : rayon hydraulique = $\frac{\pi R^2}{2\pi R} = \frac{R}{2}$

Kst = 80 (pour les buses)

I : la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4,5 m/s.

Pour notre projet on prend : $I = 1 \%$

$$Q_s = 80 \times \frac{1}{2} \pi R^2 \times R^{\frac{2}{3}} \times (0.01)^{\frac{1}{2}} \Rightarrow Q_s = 12,56 R^{\frac{8}{3}}$$

On prend le BV2

$Q_{Max} = 4,573 \text{ m}^3/\text{s}$ (voir la annexe 2 tableau 1 : Valeurs des débits maximal par la formule de Turraza)

Donc $R^{\frac{8}{3}} = 0,364$ $R = 0,685 \text{ m}$ d'où $\text{Ø} = 1\,400 \text{ mm}$

6.2) Dimensionnement des dalots

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

Dans notre projet, les dalots sont en béton.

On fixe aussi la hauteur de remplissage à $\text{Ø} = 0.8h$.

$$S_m = 0,8 h \times L$$

$$P_m = 1,6 h + L$$

$$\text{Donc : } Rh = \frac{0,8h \times L}{1,6h + L}$$

Avec : $I = 1 \%$ et $Kst = 70$ (pour les dalots)

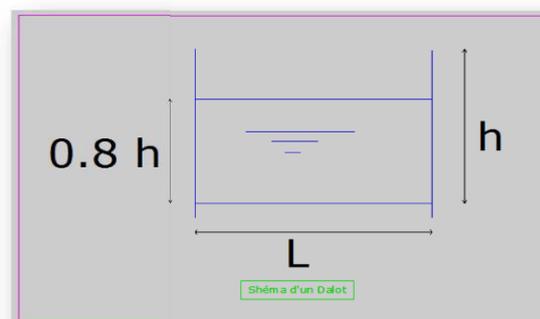


Figure n°32 : schéma d'un dalot

$$Q_{\max} = Q_s = K_{st} \times R h^3 \times I^{\frac{1}{2}} \times S$$

$$Q_{\max} = K_{st} \times \sqrt{\frac{0,8h \times L}{1,6h+l}} \times \sqrt{I} \times 0,8h \times l$$

$$h = \frac{Q_{\max}}{K_{st} \times \sqrt{\frac{0,8h \times L}{1,6h+l}} \times \sqrt{I} \times 0,8 \times l}$$

Tableau récapitulatif des ouvrages hydrauliques de franchissement voir l'annexe 2 tableaux 2

6.3) Dimensionnement des fossés

On prévoit les fossés dans les zones en déblai, pour recueillir et évacuer les eaux de ruissellement qui provient de la voie et du talus de déblai.

On choisit des fossés de forme trapézoïdale en béton, on donne un schéma d'un fossé trapézoïdale suivant :

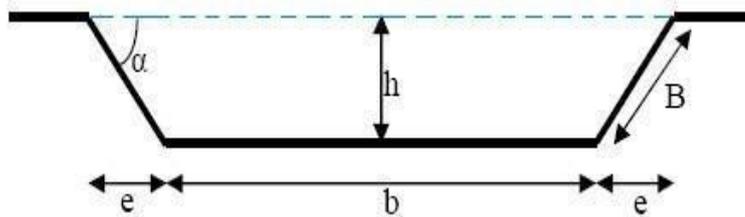


Figure n° 33: Schéma d'un fossé

- **S_m** : surface mouillée.
- **U** : périmètre mouillé. a h B
- **R**: rayon hydraulique R =S/U.
- **P** : pente du talus P =1/n.

On fixe la base du fossé à (b = 50 cm) et la pente du talus à (1/n =1/1.5) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h.

K_{st} : 70 (fosse en terre). et Pente de fosse I = 1 %

Calcul de la surface mouillée

$$S_m = b \times h + 2 \times \frac{eh}{2} = b \times h + n \times h^2 = h (b + n.h) \quad \text{donc } S_m = h (b + n.h)$$

$$\text{Avec : } \text{Tg } \alpha = h/e = 1/n \quad \text{d'où } e = n.h$$

Calcul du périmètre mouillé

$$P_m = b + 2B \quad \text{donc } P_m = b + 2 \times h \times \sqrt{1 + n^2}$$

$$\text{Avec : } B = \sqrt{h^2 + n^2} = \sqrt{h^2 + n^2} \times h = h \times \sqrt{1 + n^2}$$

Calcul du rayon hydraulique

$$\text{On a } R_h = \frac{S_m}{P_m} \quad \text{donc } R_h = \frac{h (b + n.h)}{b + 2 \times h \times \sqrt{1 + n^2}}$$

Calcul du débit max pour d'un talus de déblai

$Q_{\text{Max}} = 0.067 \text{ m}^3/\text{s}$ (formule du Turraza)

On prend $b = 50 \text{ cm}$

$$\text{On a } Q_{\text{max}} = Q_s = K_{\text{st}} \times \sqrt{I} \times h (b+nh) \times \left(\frac{h (b + n.h)}{b+2 \times h \times \sqrt{1+n^2}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Après un calcul itératif, on trouve $h \approx 0,3$

Pour des raisons de sécurité on choisit un fossé pour tout le projet, de dimensions :

$$\mathbf{b = 0,5 \text{ et } h = 0,5}$$

II Etude géotechnique

La conception, la réalisation et la maintenance d'ouvrages complexes (ouvrages d'art, routes, voies ferrées, etc.) nécessitent une connaissance fine du sol, de sa nature, de son comportement.

L'étude géotechnique, en définissant les caractéristiques précises du terrain, en mesurant les déformations, les résistances, permet d'optimiser le dimensionnement des ouvrages et de leurs infrastructures, et de proposer des solutions efficaces.

1 Les moyens de la reconnaissance

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

- ✓ L'étude des archives et documents existants ;
- ✓ Les visites de site et les essais (in-situ) ;
- ✓ Les essais de laboratoire.

2 Application au projet

2.1) Partie voie

Les objectifs du programme géotechnique de la partie routière sont comme suit ;

- ✓ Reconnaissance du sol de fondation de la voie ;
- ✓ Dimensionnement du coche d'assis ;
- ✓ Recommandation sur les gites d'emprunt

Pour réaliser ces objectifs on va suivre le programme suivant :

a) Essais in situ

- ✓ On réalise (46) puits de reconnaissance ;
- ✓ Reconnaissance de surface ;
- ✓ Sondage mécanique ;
- ✓ Essais de pénétration dynamique type Borro

b) Essais en laboratoire

- ✓ Essais d'indentification
- ✓ Analyse granulométrique
- ✓ Limites d'Atterberg
- ✓ Teneur en eau
- ✓ Teneur en eau de saturation
- ✓ Degré de saturation
- ✓ Densité sèche et humide

c) Recherche de gites

Recherche de gites a matériaux pour remblais et corps de chaussée la recherche de ces gites concernent les TUF et/ou TVO, les essais à réaliser seront comme suit :

- ✓ Analyse granulométrique
- ✓ Masse volumique sèche, humide et teneur en eau
- ✓ Equivalent de sable
- ✓ Essais Proctor modifié
- ✓ Essais CBR immédiat
- ✓ Essais CBR à 4 jours
- ✓ Essais teneur en sol
- ✓ L'analyse chimique

2.2) Partie ouvrages d'art et bâtiment

Les objectifs du programme géotechnique de la partie ferroviaire sont comme suit :

- Reconnaissance du sol de fondation des ouvrages ;
- Détermination du taux admissible du sol de fondation ;
- Calcul des tassements prévisible ;
- Recommandation sur l'agressivité de sol de fondation

Pour réaliser ces objectifs on va suivre le programme suivant :

a) Essais in situ

- ✓ (46) puits de reconnaissance ;
- ✓ Essais de plaque ;
- ✓ (38) pénétrations dynamique qui serviront à déterminer la nature du sol de fondation et déterminer le taux de travail du sol de fondation.

b) Essais au laboratoire

- ✓ Essais d'identification ;
- ✓ Analyse granulométrique ;
- ✓ Densité sèche et humide ;
- ✓ Limite d'Atterberg ;
- ✓ Teneur en eau naturelle ;
- ✓ L'analyse chimique ;
- ✓ Essais de cisaillement à la boîte pour déterminer la cohésion et l'angle de frottement interne ;
- ✓ Essais de compressibilité à l'odomètre pour déterminer la pression de consolidation p_c l'indice de compressibilité cc l'indice de gonflement cg ;

III Dimensionnement de la couche d'assise**1 Couche d'assise**

La couche d'assise contribue à assurer, par sa nature et son épaisseur, le bon comportement de la voie ferrée du point de vue de la rigidité, de la stabilité et du drainage. Elle comprend la couche de ballast et la sous couche de ballast.

L'épaisseur et la nature de la couche d'assise dépendent :

- Caractéristique intrinsèques des sols de la plateforme ;
- Caractéristique globales de la plateforme ;
- Conditions climatique du site ;
- Trafic (tonnage, charge et vitesse) ;
- L'armement (profil des rails, nature et espacement des traverses).

1.1) Ballast

Le ballast est un granulat de 25/50 mm utilisée actuellement en Algérie, il provient de concassage de roches dures (granite, quartzite, grès, gneiss, etc. ...). La couche de ballast a une épaisseur de 25 à 30 cm avec le rôle de :

- ✓ répartir sur la plate-forme les charges concentrées qu'elle reçoit des traverses.
- ✓ amortir une partie très importante de la vibration grâce à ses propriétés rhéologiques.
- ✓ assurer, en raison de sa granulométrie, le drainage rapide de la voie.
- ✓ permettre de rectifier rapidement le nivellement au moyen du bourrage-dressage mécanique.

- ✓ s'opposer par le frottement de ses éléments entre eux et contre les traverses à tout déplacement de la voie. (Le choix de la grosseur du ballast dépend de la nature des traverses).

1.2) Sous-ballast

La sous-couche est une couche d'adaptation interposée entre la couche de ballast et la plateforme.

Les rôles de sous-ballast :

- Amélioration de la portance et meilleur répartition des charges transmises ;
- Contribution à l'amélioration des propriétés vibratoires ;
- Anticontamination entre la plateforme et la couche de ballast ;
- Protection contre l'érosion et le gel ;
- Evacuation des eaux pluies ;

2 Plateforme

Constituée de sol rapporté en remblai ou en place en déblai, la partie supérieure de la plate-forme est aménagée en couche de forme, à une pente transversale de 4%. Dans le cas d'un remblai, cette couche de forme est d'un sol de qualité meilleure. Son taux de compactage est de 95% OPM. Parfois la couche de forme est traitée aux liants hydrauliques. Par contre dans le cas de déblais elle est obtenue par compactage à 95% OPM sur une épaisseur minimal de 30cm.

2.1) Classification des sols pour la plateforme

D'après les règlements de l'union internationale des chemins de fer (fiche UIC 719R- voir la annexe 2 tableau 3)

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, en ce qui concerne l'influence sur la portance des sols, sont réputées bonnes si :
 - La couche supérieure du sol considéré est hors de toute nappe naturelle (niveau de cette dernière mesuré avant toute opération de rabattement complémentaire et en période climatique défavorable.
 - La plate-forme n'est pas le siège de percolations naturelles nocives transversales longitudinales ou verticales
 - Les eaux de pluie sont évacuées correctement de la plate-forme et les dispositifs longitudinaux de drainage sont en bon état de fonctionnement.

On distingue, selon les conditions ci-dessus sont bonnes ou mauvaises, les quatre classes de qualité QS_i de sol ci-après :

QS₀ : " Sols impropres " à la réalisation d'une plate forme correcte nécessitant certains mesures confortatives, (substitution du matériau sur une certaine épaisseur, traitement aux liants, utilisation de géotextiles, renforcement par pieux, etc.

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 moyens "

QS₃ : " Sols bons "

2.2) classification de plateforme

La portance d'une plateforme dépend :

- De la qualité et de l'épaisseur de la couche de forme (lorsque cette dernière existe).
- De la qualité du sol constituant le corps de remblais ou du sol en place du fond du déblai

On peut distinguer, en fonction des paramétrés ci-dessus les trois classes de portance de plateforme suivantes

- ✓ P1 : plate –forme médiocre.
- ✓ P2 : plate-forme moyenne.
- ✓ P3 : bonne plate – forme

Les méthodes pour effectuer ce classement sont diverses. Une de ces méthodes est donnée ci-après : (voir annexe 2 tableau 4)

En fonction des paramètres cités ci-dessus, l'**UIC (Fiche 719R)** classe la portance des Plates-formes suivant ce tableau

Tableau n°11 : Classe de portance de la plate forme (UIC Fiche 719R)

Classe de qualité du sol support	Classe de portance envisagée pour la plate-forme	Couche de forme à mettre en œuvre pour obtenir cette classe de portance	
		Qualité	Epaisseur minimale (m)
QS1	P1	QS1	-
	P2	QS2	0,50
	P2	QS3	0,35
	P3	QS3	0,50
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0,35
QS3	P3	QS3	-

3 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise

L'épaisseur de la couche d'assise « e » est donnée par la formule suivante :

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

Valeur de E : facteur dépendant des classes de portance (P1, P2 ou P3).

- **E = 0,70** Pour les plat-formes de classe de portance **P1**
- **E = 0,55** Pour les plat-formes de classe de portance **P2**
- **E = 0,45** Pour les plat-formes de classe de portance **P3**

Valeur de a : facteur dépendant de l'UIC groupes (groupe 1 à 6, UIC 714).

- **a = 0** pour les lignes des groupes UIC 1et 2 ou lignes à $V \geq 200$ km/h.
- **a = -0.05** pour les lignes de groups UIC 3 et 4
- **a = -0,10** pour les lignes de groupe UIC 4, 5,6 et 7, 8,9 avec voyageurs.
- **a = -0.15** pour les lignes de groupe UIC 7, 8,9 sans voyageurs.

Valeur de b : facteur dépendant de type de traverse.

- **b = 0** pour les travers en bois de longueurs $L = 2.60m$.
- **$b = \frac{2,50-L}{2}$** pour les traverses en béton de longueur L, L et b en metre, si $L > 2,5$ peut être négatif

Valeur de c : facteur dépendant des conditions de travail.

- **c = 0** pour un dimensionnement normal.
- **c = -0,05** ou **c = -0,10** pour des lignes de groupe UIC 7, 8,9 ou pour des voies de service de catégories B et C.

Valeur de d : facteur dépendant de la charge maximale d'essieu des véhicules.

- **d = 0** pour la charge nominale maximale d'essieu des véhicules remorques est inférieur ou égale a 200 KN.
- **d = 0,05** pour cette charge est de 225 KN.
- **d = 0,12** pour cette charge est de 250 KN.
- **d = 0,35** pour cette charge est de 300 KN.

Valeur de f : facteur dépendant de la vitesse.

- **f = 0** pour toutes les lignes parcourues à $V \geq 160 \text{ km/h}$ et pour les plates-formes de portance P3
- **f = 0,05** pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues a grande vitesse.
- **f = 0,10** pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues a grande vitesse

Valeur de g : facteur dépendant de l'installation de géotextiles.

- + géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2.
- **0** (pas de géotextile), lorsque la couche de forme est en sol QS3.

4 Application sur le projet

Le sol de notre variante c'est de limons, il est considérée comme un mauvais sol, classé en QS1, pour augmenter de la plateforme on à intérêt à emmener un sol d'une carrière proche (oued) qui sera en P3 (selon rapport géotechnique).

Alors, d'après le tableau précédent l'épaisseur de couche de forme est de **0,50m**

Détermination des paramètres de dimensionnement :

- ✓ Pour les plates-formes de classe de portance **P3** on a **E = 0,45m**
- ✓ La ligne étudiée est de groupe UIC 4 avec voyageurs \Rightarrow **a = -0,10m**
- ✓ Les traverses en béton (bi-bloc), $L=2,24\text{m} \Rightarrow b = \frac{2,5-2,24}{2} = 0,13\text{m}$
- ✓ Pour une dimensionnement normal \Rightarrow **c = 0**
- ✓ Charge par essieu = 250KN \Rightarrow **d = 0,12**
- ✓ Pour les plateformes de classe de portance P3 \Rightarrow **f = 0**
- ✓ La couche de forme est en sol QS3 \Rightarrow **g = 0**

Alors : **$e = E + a + b + c + d + f + g$**

$$e = 0,45 - 0,10 + 0,13 + 0 + 0,12 + 0 + 0$$

$$e = 0,60\text{m}$$

Donc :

Couche de ballast : **0,30 m**

Couche de sous ballast : **0,30 m**

Plateforme : **0,50 m**

Epaisseur total : 1,10 m

IV Calcul des cubatures

1 Définition

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

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, dans la première, il s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième, il s'agit d'enlever des terres (déblai).

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

2 Méthodes de calcul utilisées

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

- Méthode de la moyenne
- Méthode de l'air moyenne
- Méthode approché
- Méthode de la longueur applicable

2.1) Sous-méthode de calcul

Après avoir choisi une méthode de calcul parmi la méthode passées on va choisir la sous méthode de calcul c'est-à-dire prendre en considération ou non la courbure au niveau d'axe en plan donc on distingue deux sous-méthode.

2.1.1) Méthode linéaire

Les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe.

2.1.2) Méthode de gulden

Les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit de profil.

3) Application au projet

En calcul les cubatures de notre projet sont calculées automatiquement à l'aide du logiciel « PISTE5 » en utilisant la sous-méthode linéaire et nous avons obtenu les résultats suivants :

Tableau n°12 : volume de terrassement.

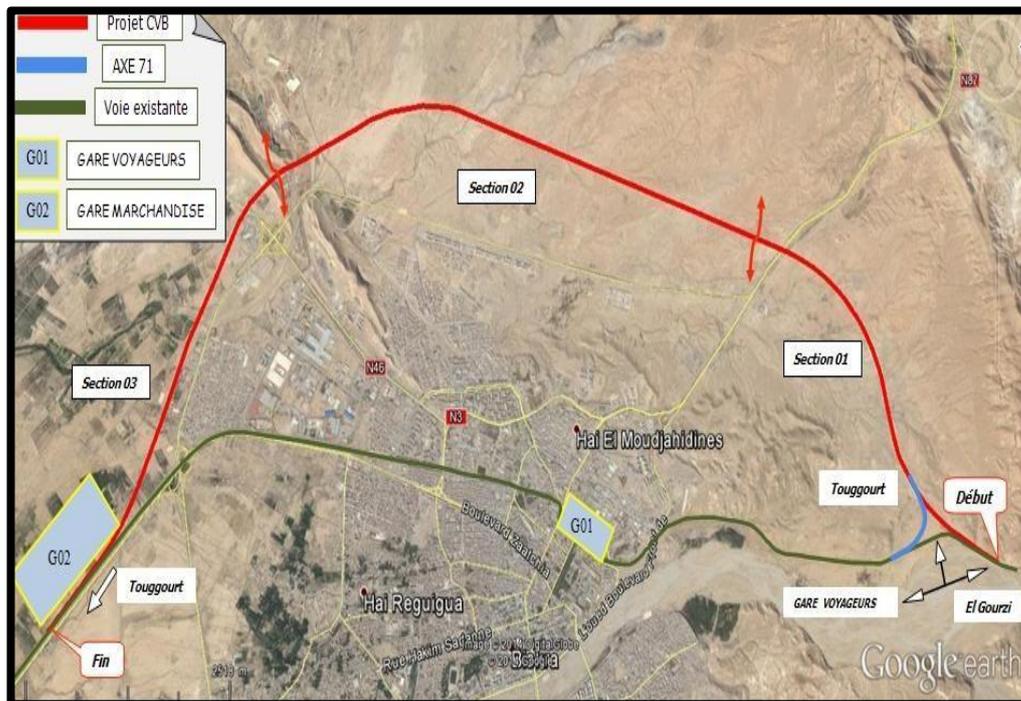
Désignation	Volume en m ³
Remblai	888944,60
Déblai	386627,50
Décapage de la terre végétale	150887,90
Ballast	038630,90
Couche de sous ballast	051710,40
Couche de forme	105564,40

Conclusion

- Dans ce chapitre on a décrit les caractéristiques du climat et du bassin versant (la température et l'humidité)
- On a étudié aussi la géotechnique de notre tronçon et on a dimensionné la couche d'assise ainsi qu'on a estimé les cubatures.

CHAPITRE «V»

SUIVI DU PROJET



Avant-propos

La croissance démographique et les activités commerciales importantes que connaît le pays ont imposé l'élaboration par l'état d'un vaste programme d'investissement visant la modernisation des infrastructures existantes et la création de nouvelles lignes ferroviaires.

C'est dans ce contexte que la wilaya de Biskra a inscrit dans le cadre du plan d'aménagement et d'urbanisation de cette ville le projet de contournement ferroviaire dont le maître de l'ouvrage est l'ANESRIE, (Agence créée par l'état pour la gestion des projets ferroviaires).

La réalisation de ce projet est confiée aux différentes entreprises qui se sont constituées en deux groupements, à savoir :

Groupe GSSC composé des bureaux d'étude, **SAETI**, **SETA** et **CNIC**, représentant la maîtrise d'œuvre qui a été désignée pour le suivi et contrôle des travaux.

Groupe GETCVB constitué par les entreprises, **INFRARAIL**, **EPTPC**, **SEROEST** et **BATIMETAL** pour l'exécution des travaux.

L'ensemble des travaux a été divisé en **huit (08) lots** répartis entre différents soumissionnaires.

- Lot n°01 Installation de Chantier.
- Lot n°02 Préparation du Terrain.
- Lot n°03 Terrassements Généraux.
- Lot n°04 Assainissement et Ouvrages de Drainage.
- Lot n°05 Travaux de Voie.
- Lot n°06 Ouvrages d'Art.
- Lot n°07 Bâtiment des Gares.
- Lot n°08 Travaux de Quais et Annexes.

Le projet est partagé en trois sections :

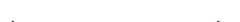
- Section 01  PK 00+000 au PK 06+000
- Section 02  PK 06+000 au PK 12+000
- Section 03  PK 12+000 au PK 16+500
- AXE 71(voie de raccordement de la gare voyageur)  SUR 1540 ml.
- G1  Gare Voyageurs
- G2  Gare Marchandise



Figure n°34: l'image satellitaire la situation géographique du projet

I Situation Administrative

1 Aspect contractuel

Le maître d'œuvre : L'Agence Nationale d'Etude et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (A.N.E.S.R.I.F), a confié au groupement GETINSA-SETIRAIL-SAETI l'étude de « Contournement et Aménagement des Installations Ferroviaires de la ville de Biskra (ligne ferroviaires El-Ghourzi-Touggourt).

Tableau n°13 : Aspect contractuel du marché

	Marché Travaux	Marché Contrôle et Suivi
Mode de passation du marché	GRE A GRE	GRE A GRE
Objet du marché	Réalisation du Contournement et l'Aménagement des Installations Ferroviaires de la ville de BISKRA rentrant dans Le cadre de la ligne Biskra/Touggourt sur 18+840 Kms	Contrôle et suivi des travaux de réalisation du contournement et d'aménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra (ligne El Gourzi / Touggourt) 18,8 Km.
Montant initial (TTC)	10.729.689.095,71 DA	305.875.440,00 DA
Délai d'exécution initial	36 mois	36 mois
Date de mise en vigueur(O.D.S)	ODS n°1/2012 du 12/11/2012	ODS n°01/2013 du 06/08/2013
Date de fin du délai contractuel	12/11/2015	06/08/2016
Montant modifié par les Avenants (TTC) (Avenant N°1)	/	/

Montant modifié par les Avenants (TTC) (Avenant N°02)	11 476 193 035.16	314 614 170,00
Délai d'exécution modifié par les avenants (Avenant N°02)	60 mois et 13 jours	52 mois
Montant modifié par les Avenants (TTC) (Avenant N°03)	12 112 117 401,29	368 139 180.00
Délai d'exécution modifié par les avenants (Avenant N°03)	72 Mois et 13 Jours	64 mois

2 Etat des avenants en cours

- Pour marché Travaux : Avenant 03

Mise à jour et prorogation des délais contractuels, Désengagement des travaux en diminution. Introduction des travaux complémentaires et supplémentaires d'un montant : 635 924 366.13 DA / TTC.

L'avenant n° 03 est approuvé par la commission sectorielle et visé par la BAD Alger.

Délai global : 72 mois et jours.

Fin délai contractuel: 25/11/2018.

- Pour Marché Contrôle et Suivi: Avenant 03(projet prolongation du délai et prestations supplémentaires)

Délai de l'avenant : 12 mois.

Délai global : 64 mois

Fin délai contractuel : 25/11/2018.

Montant du marché + avenant 03 368 139 180.00 DA TTC.

II Contraintes et dispositions prises de mois avril

Tableau n°14 : les contraintes du projet

Contraints		
Déplacement et surélévation des lignes électriques H.T.		
Solution adoptée	Actions engagées au niveau du (projet, centrale...)	Observation
07 croisements des lignes concernées établie contradictoirement sur terrain avec le service gestionnaire (GRTE).	Marche conclu entre le groupement d'entreprise et le service GRTE, avenant de prolongation de délai de 06 mois et 24 j	Les travaux ; (Chantier en arrêt pour des problèmes techniques).
Protection OLEODUC - SONATRACH.		
Solution adoptée	Actions engagées au niveau du (projet, centrale...)	Observation
02 pipes concernées par la protection établie contradictoirement sur terrain avec le service gestionnaire (SONATRACH).	Etudes de protection approuvées par Maitrise d'œuvre/ et le service gestionnaire (SONATRACH).	pk 4+400 (achevée à 100%) et pk 14+200 (phase d'étude par le service gestionnaire).
Protection Lignes téléphoniques (Câble Fibre Optique).		
Solution adoptée	Actions engagées au niveau du (projet, centrale...)	Observation
04 câbles concernés par la protection établie contradictoirement sur terrain avec les services gestionnaires.		Travaux achevés à 100%. -01 Câble Fibre Optique Secteur Militaire. pk 4+375 -01 Câbles Fibre Optique SONATRACH. pk 4+400 -01 Câble Fibre Optique Algérie Telecom. pk 4+590

Protection des conduites d'eau : (Conduite environnement pk 3+650, Conduite Hammam Salhine pk 7+930, conduite ADE 12+600, Conduite d'irrigation pk 4+500).		
Solution adoptée	Actions engagées au niveau du (projet, centrale...)	Observation
La protection de ces conduites d'eau se fait selon les recommandations du service gestionnaire.	Conduite environnement pk 3+650, Conduite Hammam Salihin pk 7+930 et Conduite d'irrigation pk 4+500 (achevées à 100%) qui croise la voie ferrée conduite ADE 12+600 : étude non approuvée.	Système d'irrigation (nouvellement apparue) est en cours (sortie sur terrain et réunion de travail avec le service gestionnaire) pk 4 + 500 (forêts).

1 Consistance physique des travaux

La consistance des travaux de ce projet est définie comme suit :

- **Lot 01 Installation de chantier** (sièges du groupement, du maître de l'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre, amenée du matériel, les pistes chantier, de plan d'hygiène et sécurité et plan d'intervention contre les incendies, responsable de l'hygiène et sécurité, la carrière et station de béton, fourniture et installation d'un laboratoire de chantier y compris le chef de laboratoire, repli du matériel et des installations de chantier.....).

- **lot 02 préparation du terrain**

désignation des travaux	quantités prévues marche et av 03
protection de réseaux souterrains	618.35 m ²
déplacement de lignes aériennes	2815,00 ml
dépose de voie existante	11210 m
dépose d'appareil de voie	12 u
démolition d'ouvrages massifs	5000 m ³
abattage d'arbres singuliers diamètre > 20 cm	2220 u

- **lot 03 Terrassements généraux :**

désignation des travaux	quantités prévues marche et av 03
Déblais	816 803,02 m ³
Remblais	1 129073.406 m ³
Couche de forme	194 055 m ³
Sous ballast	94 047 m ³
Traitement de zone saline	850 ml
34 OH et 09 OA	43 U

- lot 04 Assainissement et Ouvrages de Drainage

désignation des travaux	quantités prévues marche et av 03
Ouvrages de Drainage	34 u
Drainage des gares	8 350 ml
Assainissement	60 830 ml

- lot 05 Travaux de voie

désignation des travaux	quantités prévues marche et av 03
Voie principale	18 842 ml
Voie de service	22 750 ml
Appareil de voie	46 u

- lot 06 ouvrages d'art

désignation des travaux	quantités prévues marche et av 03
Viaduc	01 u
Pont rail	05 u
Pont route	03 u

- lot 07 Bâtiments des gares

désignation des travaux	quantités prévues marche et av 03
Gare voyageurs	01 u
Gare marchandises	06 u

- lot 08 Travaux de quais et annexes

désignation des travaux	quantités prévues marche et av 03
Quais	750 ml
Abris de quais	250m ²
Rampes de chargement	200 ml
Cours de débord	6 000 m ²
Pont bascule	01 u

2 Les prestations de la mission suivi et contrôle

Tableau n°15 : les prestations de la mission suivi et control

N° du lot	Suivi technique des Travaux	Observation
Lot N°1 : installation de chantier		
Lot N°02 : préparation du terrain	<ul style="list-style-type: none"> - Assistance de l'abattage d'arbres singuliers diamètre > 20 cm du PK14+000 au PK 16+000. - Assistance des travaux de protection de réseaux souterrains (Conduite d'irrigation pk 4+500). 	
Lot N°03 : terrassements	<ul style="list-style-type: none"> - Constat du terrassement. - Réception géotechnique des couches des remblais (2ème, 3ème section et remblai d'accès l'OApk7+930). - Réception géotechnique des couches du remblai technique pour les OH (PK6+681, PK 8+787et PK8+900) - Réception géotechnique des couches de forme 2ème section. - Réception tapis géotextile ST25, assistance de soudage de recouvrement du tapis en question et mise en place de matériaux 20/40 sur 75 ml de la zone saline. 	
Lot N°04 : assainissement et ouvrages de drainage	<ul style="list-style-type: none"> -Assistance au coulage de fosse revêtue de protection de la plateforme et de crête de déblai 1ere Section - O.H PK 0+938 : assistance au coulage du radier - O.H PK 9+153: Réception de l'ouvrage. - OH PK 11+350 : assistance au coulage du radier et MS coté amont. - Assistance à l'essai mécanique des éprouvettes. 	
Lot N°05 : travaux de voie		
Lot N°06 : ouvrages d'art	<ul style="list-style-type: none"> - Assistance à l'essai mécanique des éprouvettes de l'O.A PK 11+572, PK 11+830 et PK 12+670. - Réception du coffrage & ferrailage et assistance au coulage de dalle du tablier (1ère travée) de l'O.A PK 11+830. - Réception du coffrage & ferrailage et assistance au coulage du voile pile P3 1ère, 2ème et 3ème élévation (H = 7,50m) de l'O.A PK 12+670. - Réception du coffrage & ferrailage et assistance au coulage du voile pile P6, 2ème et 3ème élévation (H = 5,00m) de l'O.A PK 12+670. - Réception du coffrage & ferrailage et assistance au coulage du voile culée C1, 3ème élévation (H = 2,50m) de l'O.A PK 12+670. - Réception du coffrage & ferrailage et assistance au coulage 2ème élévation (H = 2,50m) des voiles pile P1 et pile P2 de l'O.A PK 12+670. - Réception du coffrage & ferrailage et assistance au coulage des (06) six poutres (H = 1 ,80 .L = 20 m). 	
Lot N°07 : Bâtiments des gares	<ul style="list-style-type: none"> - Réception le ferrailage des poteaux RDC de poste de contrôle. - Réception le coffrage des poteaux RDC de poste de contrôle. - Assistance de coulage des poteaux RDC de poste de contrôle de dosage du ciment 350kg/m³en CPJ. 	

	<ul style="list-style-type: none"> - Réception du ferrailage et coffrage de voile et Poteaux 2^{er} niveau (1^{er} joint) du bloc de service pour le coulage de dosage ciment 370kg/m³ en CRS. - Assistance de coulage de voile et Poteaux (1^{er} joint) 2^{er} niveau du bloc de service de béton dosé à 370kg/m³ en ciment CRS. - Gare voyageurs: Les travaux non entamées à cause présence des anciens bâtisse de SNTF non démolir. 	RC7js, 28js
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

3 l'avancement physique des travaux jusqu'à avril/2018

3.1) Avancement de préparation du terrain

Tableau n°16 : Avancement de préparation du terrain

	Quantités prévues	Quantités réalisées	Taux d'avancement
protection de réseaux souterrains	618.35 m ²	479,95	77,61%
déplacement de lignes aériennes	2815,00 ml	1573,65	55.90 %
dépose de voie existante	11210 m	00,00	0%
dépose d'appareil de voie	12 u	00,00	0%
démolition d'ouvrages massifs	5000 m ³	4200	84%
abattage d'arbres singuliers diamètre > 20 cm	2220 u	2220	100%

3.2) Avancement de Terrassements généraux

Tableau n°17 : Avancement de terrassements généraux

	Réalisée		
	Volume en m ³ (réalisé/prévu)	Linéaire en ml (réalisé / prévu)	Taux
Déblais	771 667,48 / 816 803,02	2 500 / 2 700	94,47
Remblais	876 413,51 / 1 129 073,406	15 900 / 16 340	77,62
Couche de forme	82 238,79 / 194 055	12500 / 18 840	42,38
Sous ballast	48 513,42 / 94 047	9050 / 18 840	51,58

3.3) Avancement de travaux de voie

Tableau n°18 : Avancement de travaux de voie

	Prévue (km)	Réalisée (km)	Observation
Voie principale	18,842	0	Etudes d'exécution en cours
Voie de service	22,750	0	

	Quantités du marché	Quantités réalisées	Observation
Pose de Ballast	81 095 m ³	/	- réception de fourniture des 4 667 barre de rail de UIC 54 E1 longueur de 18 m composition chimique et mécanique conforme au Marché. - réceptions des 20 ADV [12(1/7)], [4(1/12)] ,[3(1/9) et1 (1/18.5)] les 20 ADV conforme au Marché et étude d'exécution (les 20 ADV sans moteur).
Traverses (BI-BLOC)	69 805 U	/	
Rail UIC 54	83 500 ml	/	
Ballastage, Bourrage, dressage et nivellement	83 500 ml	/	
Libération contrainte LRS et nivellement définitif	83 500 ml	/	
Appareil de voie	46u	/	

3.4) Gare voyageur et marchandise

Tableau n°19 : Avancement des travaux gare marchandise et voyageur

Nom	Etat d'avancement	Taux	Observation
Gare voyageurs	Non entamé	0%	études d'exécution Approuvée par le ctc-Est
Gare marchandise	En cours	48.34%	Etude d'exécution achevée 6 Blocs en cours
- Bâtiment de service		48.27%	
- Bâtiment administratif		77.97%	
- Poste de contrôle		50.54%	
- Poste d'entretien des voitures		33.48%	
- Poste d'entretien des locomotives		43.52%	
- Hangar de stockage	36.28%		

3.5) Ouvrages d'art :**Tableau n°20 : Avancement des travaux des ouvrages d'art**

	Quantité du marché	Réalisé	En cours	Taux	Observation
Viaduc	01	00	01	48.36 %	Viaduc Pk 12+670 en cours
Pont rail	05	01	02	45.61 %	OA (100%), 11+470,11+830 et pk 11+570 en cours
Pont route	03	02	00	66.67%	OA (pk 7+930, pk 04+555) 100 %
Ouvrage de Drainage	34	27	02	79.61 %	01OH approbation en cours
Assainissement	69180 m	5456 m	410m	9.15 %	Etude approuvée sous réserve.

III Avancement global du projet :**Tableau n°21 : Avancement global du projet**

	Taux d'avancement (%)
Etudes d'exécution	89.15%
Installations de chantiers	87.50 %
Préparation du terrain	75.60 %
Terrassement	81.74%
Pose de voie	35.10 %
Ouvrages d'art	53.51%
Ouvrage de drainage et assainissement	65.15 %
Bâtiments des gares voyageurs et marchandises	41,43%
Avancement global du projet	56.33%

1 Prévisions sur le marché :

	Date prévisionnelle	Glissement de délai (en mois)	Justification
Date estimée de l'achèvement des travaux	25/11/2018	12 mois	- Mise en place tardive de la maîtrise d'œuvre - Opposition des propriétaires de terrain (palmiers et constructions)
Date estimée du transfert du projet	25/11/2019		Contraintes expropriation Travaux supplémenter et complémente

IV Intervention du laboratoire

Le laboratoire est destiné à exécuter tous les essais d'agrément, de fonctionnement et réceptions à l'exclusion des essais spéciaux qui sont à la charge de l'Entrepreneur, mais qui peuvent être réalisés dans un autre laboratoire agréé par l'ingénieur ou en usine.

En cas de mauvais fonctionnement du laboratoire de l'Entrepreneur, l'ingénieur pourra donner l'ordre d'arrêter la production jusqu'à ce que l'Entrepreneur ait complété ou changé le personnel et/ ou le matériel déficient et dans ce projet nous avons prenons quelques essais suivant :

a. Essai de plaque

Enterprise de réalisations des travaux : EPTPC

Date d'essai : 08/02/2018

Sections : PK 11+600 au PK 11+800

Climat : ensoleille

Niveau des essais :

- Corps de remblai
- Couche de forme
- Couche de fondation

Tableau n°23 : Essai de plaque

désignation		Charge	Pression	Lecteur		Déflexion
1 ^{ere} cycle	Chargement	15t	0,3		0,15	0,60
			2,5		0,34	1,36
	Déchargement					
			0		0,17	0,68
2 ^{eme} cycle	Chargement					
			2		0,33	1,32
	Déchargement					

$$Z_1 \text{ (mm)} = 1.36 v_1 \text{ (mpa)} : 82,72 \quad \Longrightarrow \quad \mathbf{K=1,70}$$

$$Z_2 \text{ (mm)} = 0,64 v_2 \text{ (mpa)} : 140,63$$

Résultat conforme

b. Essai mécanique

Entreprise de réalisation des travaux : BATIMETAL

Date d'essai : 04/04/2018

Destination du béton : hangar de stockage –coulage des semelles filantes.

Mode de mise en place : vibration

Ciment : 370 kg/m³ CRS hammame edallaa

Forme et dimension des éprouvettes : 16 × 32 cm cylindrique

Tableau n°24 : Essai mécanique de 07 jours

Ciment	Date de coulage	Date de d'essai	Age (jours)	Poids (kg)	Compression		OBS
					Charge (KN)	R.C (kg/cm ²)	
CRS 42,5	04/04/2018	12/04/2018	07	15,10	520	260	Moyenne =287kg/cm ²
				15,00	580	290	
				15,20	620	310	

Tableau n°25 : Essai mécanique de 28 jours

Ciment	Date de coulage	Date de d'essai	Age (jours)	Poids (kg)	Compression		OBS
					Charge (KN)	R.C (kg/cm ²)	
CRS 42,5	04/04/2018	31/04/2018	28	15,10	860	430	Moyenne
				15,00	840	420	=
				15,20	840	420	424kg/cm ²

Moyenne = 424kg/cm² > 270 **Résultat conforme**

Conclusion

L'achèvement du processus de projet est très lent, sachant que le rapport d'avancement global est 56.33%, cela est du aux contraintes rencontrées suivants :

Expropriation: Terrain et bâtis

Opposition des propriétaires de terrain (palmiers et constructions)

Transformer les réseaux affectés : HT-Electriques et MT, hydraulique AEP et irrigation, Téléphonique, Gaz.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale

Actuellement, le transport, que ce soit routier ou ferroviaire, est l'un des facteurs de développement d'un pays.

Le programme de la relance économique qui a pour objet le développement durable du pays, donne une place importante et un grand intérêt au domaine du génie civil, et cela en s'intéressant à l'amélioration et l'aménagement d'infrastructures de qualité, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les utilisateurs des voies ferrées, et les autoroutes, et qui répondent à l'offre et à la demande en matière de transport.

Sachant que notre pays souffre énormément des problèmes de trafic, ce programme vient donc pour donner un nouveau souffle à notre économie, en aménageant et en réalisant divers projets importants.

Un de ces projets d'aménagement, est la réalisation de la voie ferrée qui passe la ville de Biskra, qui est elle-même considérée comme une grande infrastructure contribuant au développement de notre économie.

Pour notre étude nous avons respecté toutes les normes U.I.C qu'on ne peut pas négliger en évitant, les contraintes rencontrées sur le terrain et on a pris en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement.

A la fin, ce mémoire de fin d'étude nous a permis d'avoir plus de connaissances approfondies sur le milieu professionnel et surtout d'acquérir une nouvelle vision plus claire et plus détaillée dans le domaine des travaux publics en Algérie.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- 1) A.N.E.S.R.I.F étude du contournement et de l'aménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra avant projet détaillé (**APD**).
 - 2) Cours de chemins de fer de l'Ecole National supérieur des Travaux Public, par **Mr.GHAFFAR**
 - 3) Mémoire de la fin d'étude de l'étudiant Bourezg Abdelhamid, thème : Suivi et contrôle de réalisation du contournement et l'Aménagement des Installations Ferroviaires de la ville de Biskra, promotion 2017.
 - 4) Fiche UIC :
 - **703R** : Caractéristiques de trace des voies parcourues par des trains de voyageurs rapides. (2ème éditions, 01/01/1989)
 - **719R** : Ouvrages en terre et couches d'assises ferroviaire (2ème éditions du 01/01/1994).
 - 5) CHENOUI Zakaraya (2014), mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat des travaux publics thème : Etude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire à double voie électrifiée (Khemis Miliana- El-Afroun) (du pk116+000 au pk 123+000).
- 6) Sites Internet :**
- Société nationale des transports ferroviaire [<http://www.sntf.dz>].
 - Ministère des transports algériens [www.ministere-transport.gov.dz].
 - Ainsi que d'autre sites (Google, Wikipédia....etc.)

Annexe

Album photo mai et avril 2018

Remblai PK 4+555



Photo n° 07, 08, 09, 10, 11,12 : Terrassement

Déblais en terrain meuble mis en dépôt



Photo n° 13 ,14 : Déblais en terrain meuble mis en dépôt

Déblai rocheux (PK 12+200)



Photo n° 15 et 16 : Déblai rocheux (PK 12+200)

Zone Saline PK 8+950



Photo n° 17,18 : la zone saline

Fosse revêtu de protection de la plateforme



Photo n° 19, 20, 21,22 : Fosse revêtu de protection de la plateforme

Rétablissement du chemin communal pk 11+450



Photo n°23,24 : Rétablissement du chemin communal pk 11+450

Ouvrages hydrauliques



Photo n°25, 26, 27,28 : Ouvrage hydrauliques

Ouvrages D'art (PK 11+830)



Photo n°29,30 : Ouvrages D'art (PK 11+830)

Viaduc PK 12+670



Photo n°31, 32,33 ,34 ,35 ,36 : Viaduc PK 12+670

Gare marchandises avril 2018



Photo n°37,38,39,40,41,42,43,43 :gare marchandise

Essai de plaque PK 11+600 au PK 11+800



Photo n°44,45 : Essai de plaque

Essai mécanique de 07 jours et 28 jours (coulage des semelles filantes –hangar de stockage)



Photo n°46, 47, 48, 49 : Essai de l'écrasement

Annexe N°02 :

Pour la détermination des débits de projets par la formule de Turraza une période de retour de 100 ans est utilisée. Les débits max centennaux (Q100) en m³/s obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Valeurs des débits maximal par la formule de Turraza

N° BV	PK	S (km ²)	Débit max (m ³ /s)
1	0+120	0.080	1,014
2	0+880	0.778	4,573
3	2+480	3.569	13,041
4	3+300	0.990	2,795
5	4+331	2.044	6,960
6	5+480	1.796	6,673
7	5+640	0.054	0,251
8	6+060	0.033	0,167
9	7+160	4.650	14,530
10	7+730	0.950	2,309
11	8+820	3.340	11,325
12	9+100	9.470	25,181
13	9+200	2.428	8,224
14	9+800	6.206	19,104
15	10+800	0.210	0,836
16	11+340	7.396	18,437
17	11+560	15.298	34,242
18	12+080	0.115	1,506
19	14+050	84.919	114,745
20	14+280	0.043	0,17
21	15+160	0.034	0,22
22	15+240	0.007	0,08
23	16+060	0.017	0,15
24	16+330	0.014	0,12
25	16+400	0.008	0,09
26	16+530	0.017	0,14
27	16+980	0.011	0,10
28	17+000	0.015	0,11
29	17+200	0.008	0,09
30	17+440	0.011	0,11

Tableau 2: récapitulatif des ouvrages hydrauliques de franchissement

N° BV	P.K.	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Ouvrage Final
1	0+361	1.01	D1000
2	0+714	4.57	2.00 x 2.00
-	0+939	0.45	D1000
-	1+403	1.00	D1000
-	0+938 AXE 71	1.00	D1000
35%(3)	2+344	4.56	2.00 x 2.00
30%(3)	2+495	3.91	2.00 x 2.00
35%(3)	2+589	4.56	2.00 x 2.00
4	3+319	2.80	D1500
-	4+000	1.04	D1000
5	4+327	6.96	2.00 x 2.00
-	5+212	0.40	D1000
6	5+402	6.67	2.00 x 2.00
7	5+629	0.25	D1000
8	6+048	0.17	D1000
-	6+681	-	D1000
9	7+154	14.53	3.00 x 2.50
10	7+708	2.31	D1500
9+10	0+436 AXE 62	16.84	2 x (3.00 x 2.00)
-	8+342	-	D1000
11	8+790	11.33	3.00 x 2.00
12	9+049	25.18	2 x (3.00 x 2.00)
	9+189	0.25	D1000
13	9+367	8.22	3xD1500
14	9+799	19.10	2 x (3.00 x 2.00)
15	10+842	0.84	D1000
-	11+072	2.21	D1500
16	11+342	18.44	3.00 x 2.50
17	11+572	34.24	2 x (3.00 x 2.50)
18	12+095	1.51	D1500
-	13+433	-	D1500
19	14+054	114.75	3 x (5.00 x 4.00)
21	15+193	0.22	D1000
-	16+059	0.15	D1000
-	16+262	-	D1000

Tableau 3 : classification de la qualité des sols fiche UIC 719R

Classification des sols (Identification géotechnique)	Classe de qualité des sols
0.1 Sols organiques 0.2 Sols fins (comportant plus de 15 % de fines (1)) foisonnés, humides et donc non compactables 0.3 Sols thixotropes (2) (quick-clay par exemple) 0.4 Sols comportant des matériaux solubles (sel gemme ou gypse) 0.5 Sols comportant des matériaux polluants (déchets industriels, par exemple) 0.6 Sols mixtes "minéraux organiques" (2).	QS0
1.1 Sols comportant plus de 40 % de fines (1) (sauf sols 0.2) 1.2 Roches très évolutives Par exemple : - Craies de $\rho_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ et de friabilité forte - Marnes - Schistes altérés	QS1
1.3 Sols comportant de 15 à 40 % de fines (1) (sauf sols 0.2) 1.4 Roches évolutives Par exemple : - Craies de $\rho_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ et de friabilité faible - Schistes non altérés 1.5 Roches tendres Par exemple : Si microdeval en présence d'eau (MDE) > 40 et Los Angeles (LA) > 40	QS1 (3)

- (1) Les analyses granulométriques permettant d'évaluer ces pourcentages sont effectuées sur les passants à 60 mm. Les pourcentages indiqués ici sont des ordres de grandeur (les règles en usage diffèrent quelque peu suivant les Réseaux) ; ils peuvent être majorés d'une quantité pouvant atteindre 5 % sous réserve que les analyses portent sur un nombre d'échantillons suffisamment représentatif.
- (2) Certains Réseaux placent ces sols dans certains cas en classe de qualité QS1.
- (3) Ces sols peuvent être de qualité QS2 si l'on sait avec certitude que les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont bonnes.

Classification des sols (Identification géotechnique)	Classe de qualité des sols
2.1 Sols comportant de 5 à 15 % de fines (1) 2.2 Sols comportant moins de 5 % de fines (1) mais uniformes ($C_U \leq 6$) 2.3 Roches moyennement dures Par exemple : Si $25 < \text{MDE} \leq 40$ et $30 < \text{LA} \leq 40$	QS2 (2)
3.1 Sols comportant moins de 5 % de fines (1) 3.2 Roches dures Par exemple : Si $\text{MDE} \leq 25$ et $\text{LA} \leq 30$	QS3

Tableau 4 : Classification de la plateforme

Spécifications pour le coeur du remblai ou esplanade naturelle de déblai		Capacité de support nécessaire pour la plateforme	Spécifications pour la couche de forme		
Qualité du matériel	^(a) CBRmin		Qualité du matériel posé	^(b) CBRmin	Epaisseur minimale (m)
QS1	2-3	P1	QS1	2-3	--
		P2	QS2	5	0.50
		P2	QS3	10-17	0.35
		P3	QS3	10-17	0.50
QS2	5	P2	QS2	5	--
		P3	QS3	10-17	0.35
QS3	10-17	P3	QS3	10-17	--

- ^(a) Le CBR sur échantillon inaltéré lorsqu'il s'agit du terrain naturel, et sur échantillon remoulé et compacté quand il s'agit du coeur du remblai (les échantillons doivent être saturé durant l'essai).
- ^(b) Le CBR sur échantillon remoulé et compacté (les échantillons doivent être saturés durant l'essai)

Tracé en plan

Profil en long

Profil en Travers