République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العمومية
فرنسـيس جانســون
École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base /Matériaux & Structures

Thème

Etude APD de la nouvelle ligne ferroviaire TISSMSILET – BOUGHEZOUL Du PK 25+000 au PK 42+080 , Avec la conception de la gare HASSI FEDOUL

Présenté par :

-KOUASMI CHAIMA

- RAHAL ASMAA

Encadré par :

- BENINAL ABDELAZIZ

- HAMADI KAMEL

Promotion 2021 /2022

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciements

Ce modeste travail ne sera jamais pu être réalisé sans la volonté de Dieu qui nous offre santé, force, courage, et volonté jusqu'au dernier moment. Dieu merci pour tes bénédictions et tes faveurs envers nous.

Un Grand Merci s'adresse particulièrement à nos familles qui nous encouragent et nous soutiennent volontiers moralement et financièrement sans répit et sans relâche.

Nous reconnaissons avec gratitude l'important intérêt et les mesures adoptées par nos encadrants qui par leurs talents d'habilité et leurs connaissances étendues et approfondies, nous guidaient vers la réalisation de notre mémoire de fin d'étude. D'un ton humble et respectueux, nous remercions vivement **Mr. BENINAL ABDELAZIZ** et **Mr. HAMADI KAMEL,** pour leurs incessants conseils et leurs positions encourageantes.

Nous remercions vivement **Mr.KHELIFI AYYOUB** pour son encadrement exceptionnel , pour son soutien incessant et pour son encouragement permanent.

Un gros Merci à tout le personnel de L'ENSTP pour leurs précieux conseils et leurs efforts spécialement les sœurs **Bourebia** et Mme. **Makoudi** , Sans oublier tout le personnel de **SETI-RAIL**

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Au nom d'ALLAH, le très Miséricordieux Je remercie ALLAH le tout Puissant, clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail.

À ma très chère mère < que dieu ait son âme >

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercie comme il se doit. C'est vrai que tu n'es pas avec nous pour récolter le fruit de tes sacrifices mais tu restes toujours la plus présente.

A mon cher père

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère votre bénédiction m'accompagne toujours

A mon soutien moral et source de joie et de bonheur, mon frère Mohammed pour l'encouragement et l'aide qu'il m'a toujours accordé

A ma chère sœur Amina qui n'a pas cessé à me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études.

A mon adorable amie Ghania qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur à moi.

A mon grand frère et sa femme que dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A l'ingénieur Ayoub qui m'a aidé et guidé durant tout mon travail.

A tous mes amis Qui m'ont accompagné dans les différentes périodes de ma vie

Sans oublier mon binôme Chaimaa pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet

Rahal Asmaa

Après avoir rendu grâce à Dieu le Tout Puissant et le Miséricordieux
Je dédie ce modeste travail à :

Ma chère mère

Lorsque, je n'avais personne qui m'entourait, je savais que je pouvais compter sur toi. Lorsque toutes les routes étaient fermées, ta porte m'était l'unique ouverte. Et quand tout est devenu difficile, t'étais à mes côtés en me disant que tout ira bien. Merci maman pour tout ce que tu as fait et pour tout ce que tu pourras le faire si je te le demandais. Sans toi, je ne saurais pas qui je suis aujourd'hui.

Mon cher papa

Plus je vieillis, plus j'apprécie tout ce que tu as fait pour moi. Je ne serais pas la personne heureuse et prospère que je suis maintenant sans tes conseils aimants. Merci pour tout ce que tu as fait. Merci d'être le meilleur père du monde.

Ma très chère sœur NOOR EL HOUDA et mon frère adoré SEIF EDDINE

MASSINISSA le plus beau bébé au monde

Mes adorables amies (sœurs) : IKRAM, MARWA et DJOUMANA

Merci d'exister et de me rendre meilleure. Merci de remarquer quand je ne vais pas bien. Merci de remarquer mes yeux bouffis d'une dure nuit. Merci de m'offrir le support dont j'ai besoin quand ça ne va pas. Merci pour ton écoute, pour tes conseils et pour cette amitié qui nous attache de plus en plus.

A mon binôme et ma sœur RAHAL ASMAA :

Merci pour ta patience, ta rigueur et ta disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

A tous ma famille et mes Amis sans exception.

A tout qui connait CHAIMA de près ou de loin.

KOUASMI CHAIMA

RESUME :

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude avant-projet détaillé (A.P.D) d'un tronçon de la nouvelle ligne ferroviaire Tissemsilt –Boughezoul (tronçon de 17 km), avec aménagement de la gare de HASSI FEDOUL .

L'identification des caractéristiques techniques les plus appropriées pour la ligne ferroviaire projetée sera basée sur les recommandations ainsi que les pratiques qui sont suivies par la SNTF et les autres systèmes ferroviaires plus développés normes UIC (union internationale de chemin de fer), la modélisation géométrique du projet a été exécutée sous logiciel CIVIL 3D 2022

مـــلخـــــص

تتعلق هذه المذكرة بدراسة تفصيلية أولية لما قبل المشروع لجزء من خط السكة الحديدية الجديد الرابط بين بوغزول و تيسمسيلت (17 كيلومتر) مع تهيئة محطة حاسي الفضول .

وسيعتمد تحديد الخصائص التقنية لخط السكة الحديدية المقترح على التوصيات وكذلك الممارسات التي يتبعها (SNTF الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية) وغيرها من أنظمة السكك الحديدية الأكثر تطوراً معايير (UIC الاتحاد الدولي للسكك الحديدية)، وقد تم تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع تحت برنامج CIVIL 3D 2022

Summary

This project is mainly to study detailed design (ODA) of a section of the new railway line Tissemsilt –Boughezoul (section 17 km), with development of the station HASSI FEDOUL .

The identification of the most appropriate specifications for the proposed railway line will be based on the recommendations and practices which are followed by SNTF (National Railway Transport Company) and other more developed rail systems UIC standards (International Federation of Railways), geometric modeling of the project was carried out under CIVIL 3D 2022 software

Sommaire

Introduction Générale …… 1

Chapitre I : Recherche Bibliographique

I.1Chemin de fer : 3
I.2Importance réseau ferroviaire : 3
I.3Historique de chemin de fer en Algérie : 4
I.3.1 Avant l'indépendance : 4
I.3.2 Après l'indépendance : 6
I.4 Conclusion : 7

Chapitre II : Présentation du projet

II.1 Introduction : 9
II.2 Présentation de la région d'étude : 9
II.2.1 Objectifs du projet : 10
II.3 Caractéristiques du traçons projeté : 11
II.3.1 Condition de base : 11
II.3.2 Caractéristiques de base : 11
II.4Caractéristiques de la voie : 11
II.5Conclusion : 12

Chapitre III : Superstructure de la voie

III.1 Introduction : 14
III.2 Eléments constitutifs de la superstructure : 14
III.2.1 le rail : 14
III.2.2 Les traverses: 20
III.2.3 Les semelles : 21
III.2.4 Les attaches : 21
III.2.5 Les appareils de voie : 23
III.3 Conclusion : 25

Chapitre IV: Tracé en plan

IV.1 Introduction : 27
IV.2 Règles à respecter dans tracé en plan : 27
IV.3 Eléments du tracé en plan : 27
IV.3.1 Alignements : 28
IV.3.2Les courbes circulaires …….. 28
IV.3.3 Les courbes de raccordement : 30
IV.4Application sur notre projet : 32
IV.4.1 Application pour R=4000 m 33
IV.4.2 Application pour R=1700 m 33
IV.5 Conclusion : 34

Chapitre V: Etude hydrologie et hydraulique

V.1 Introduction : 36
V.2Etude hydrologique : 36
V.2.1 Présentation de la zone hydraulique : 36
V.2.2 Caractéristiques climatiques et pluviométriques : 37
V.2.3 Caractéristiques morphologiques des bassins versants : 37

Application du projet : **42**
V.3 Etude Hydraulique : **43**
V.3.1 Assainissement transversal : **43**
V.3.2 Ouvrages d'assainissement longitudinaux : **45**

Chapitre VI: Profil en long

VI.1 Introduction : **50**
VI.2 Eléments géométrique du profil en long : **50**
VI.3 Règles à respecter dans le tracé du profil en long : **50**
VI.4 Paramètres du profil en long à respecter : **51**
VI.4.1 Déclivité maximale : **51**
VI.4.2 Rayon admissible en raccordements de profil en long : **51**
VI.4.3 Détermination de la longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements enprofil **52**
VI.5 COORDINATION PROFIL EN LONG-TRACE EN PLAN : **53**
VI.6 Application au projet : **53**
VI.7 Conclusion : **53**

Chapitre VII: Etude géologique et géotechnique

VII.1 Etude géologique : **58**
VII.1.1 Introduction : **55**
VII.1.2 La géologie de l'Algérie : **55**
VII.1.3 Cadre régional : **55**
VII.1.4 Géologie local : **56**
VII.1.5 Cadre lithologie : **57**
VII.1.5 Cadre sismique : **57**
VII.2 Etude Géotechnique : **58**
VII.2.1 Introduction : **58**
VII.2.2 Objectifs du Programme d'investigations géotechniques : **59**
VII.2.3 Compagne de reconnaissance Géotechnique : **59**

ChapitreVIII: Assise ferroviaire

VIII.1 Introduction : **66**
VIII.2 Caractéristique et rôles des diverses couches d'assise : **66**
VIII.2.1 La couche de ballast : **66**
VIII.2.2 La sous-couche : **67**
VIII.2.3La Plate forme : **68**
VIII.4 Classe de qualité des sols : **68**
VIII.5 Classes de portance des plates-formes : **70**
VIII.6 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise : **71**
VIII.7 Application au projet : **72**
VIII.8 Conclusion : **73**

Chapitre IX : Profil en travers

IX.1 Introduction : **75**
IX.2 Les types du profil en travers : **75**
IX.2.1Profil en travers type : **75**
IX.2.2Profil en travers courant : **75**
IX.3 Les éléments du profil en travers : **75**
IX.3.1Eléments de superstructure : **75**

IX.3.2 Eléments d'infrastructures : 75
IX.3.3 Eléments du talus (remblai ou déblai) : 75
IX.3.4 Eléments d'assainissement : 75
IX.3.5 Eléments de protection de la voie : 76
IX.4 Profil en travers type de mon projet : 76
IX.5 Calcul des cubatures : 76
IX.6 Conclusion : 76

ChapitreX: Les ouvrages d'art

X.1 Introduction : 78
X.2 Influence sur le choix du type d'ouvrage : 78
X.3 Les croisements avec la route : 78
X.4 Les ouvrages d'art de notre projet : 80
X-5 Conclusion …… 80

Chapitre XI: Conception de la gare HASSI FEDOUL

XI.1 Introduction : 82
XI.2 L'emplacement de la gare : 82
XI.3 Types des gares : 82
XI.4 Eléments de base dans la conception d'une gare : 83
XI.5 Aménagement de la gare : 83
XI.5.1 Installation d'une gare à voyageurs : 83
XI.5.2Installation d'une gare à marchandises : 83
XI.5.3 Marges de glissement à l'aval des signaux : 84
XI.5.4 Garage franc : 84
XI.5.5 Heurtoir : 85
XI.6 Caractéristiques géométriques des gares : 85
XI.6.1 La longueur utile de la voie de stationnement : 85
XI.6.2 Déclivité dans les gares : 86
XI.6.3 Quai 86
XI.6.4 Les appareils de voie : 87
XI.5 Application au projet 90
XI.6 Assainissement de la gare 92
XI.7 Profil en travers type : 92
XI.8 Conclusion : 92

ChapitreXII : Signalisation ferroviaire

XII.1 Introduction : 94
XII.2 Les principaux risques ferroviaire : 94
XII.3Types de signalisation : 95
XII.3.1 Signalisation mécanique : 95
XII.3.2Signalisation lumineuses : 95
XII.4 Implantation des signaux : 96
XII.4.1Visibilité des signaux : 96
XII.5 Principe de signalisation ferroviaire : 97
XII.5.1 Signalisation classique : 97
XII.5.2 Signalisation moderne : 101
XII.6 Conclusion : 102

Chapitre XIII: Impact sur l'environnement

XIII.1 Introduction : **104**
XIII.2 Analyse de l'état initial : **104**
XIII.2.1 Environnement physique : **104**
XIII.2.2 Environnement biologique : **104**
XIII.2.3 Environnement socioculturel : Population et habitat : **104**
XIII.3 Identification et description des impacts : **104**
XIII.3.1 Les impacts positifs du projet : **104**
XIII.3.2 Les impacts négatifs du projet : **105**
XIII.4 Les mesures prises pour minimiser les impacts : **105**

Chapitre XIV: Devis estimatif et quantitatif

Conclusion **112**

Liste des figures :

Figure I-1: Duvivier de Guelma (33 km) 23 avril 1877 ……5
FigureI-2 : Carte de chemin de fer 1942 ……6
Figure I-3 : Plan de développement des chemins de fer en Algérie…….....7
Figure II-1 : Localisation du projet …… . 9
Figure II-2 : Carte de zone sismique …… 10
Figure III-1 : les constituent de la section transversal de rail Vignole …… 15
Figure III-2: Rail a gorge …… ;……...…….....16
Figure III-3 : Rail a double champignon ……. 16
FigureIII-4: profil du rail UIC60 E1 ……..…17
Figure III-5: L'écartement des rails …….. ..18
Figure III-6: les longs rails soudés (LRS) ……..……19
Figure III-7- Eclissage des rails ……..……...19
Figure III-8:Travers bibloc ……..……...20
Figure III-9: Les semelles …… 21
Figure III-10 : les attaches ……...……21
Figure III-11: Attache type Nabla ……....22
Figure III-12 : Assemblage des constituants ……...23
Figure III-13 : Un branchement et ses éléments constitutifs ……24
Figure III-14 : schéma illustratif d'un appareil de voie ……24
FigureIV-1 : Eléments géométriques du tracé en plan ……..28
Figure V-1 : Carte de situation de la région d'étude ……36
Figure V-2 : les dimensions d'un fossé trapézoïdale ……..47
Figure VII.1 : La carte géologique 1/500 000 …… 56
Figure VII-2 : Carte de zonage sismique de l'Algérie du nord établie après le séisme du 21mai 2003 ……..…….... 58
Figure VIII-1 : Profil en travers de l'assise ferroviaire ……..……. 66
Figure VIII-2 : Epaisseur de la couche d'assise ……. …… 71
Figure X-1 :Passage supérieure …… 79
Figure X-2 : Passage à niveau …… 79
Figure X-3 : Passage inférieur ……79
FigureXI-1 : photo d'une gare ……82
Figure XI -2 : schématisation de la marge de glissement …… 84
FigureXI-3 : marque de limite de garage franc…… 84
Figure XI-4 : un heurtoir ……85
Figure XI-5 : longueur utile d'une voie de stationnement …… 85
Figure XI-6: la hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie …….. 87
Figure XI-7: Appareils de voie …… 87
Figure XII-8 : schéma illustratif ……89
Figure XII-1 : collision nez à nez …… 94
Figure XII-2 : collision par rattrapage …… 94
Figure XII-3 : signalisation lumineuses ……96

Liste des tableaux :

Tableaux III-1 : Carctéristiques de rails du type UIC 60 E1 ……17
Tableau III-2 : Les caractéristiques d'appareils de voie de projet. ……..25
Tableau IV- 1 : Valeurs limite de divers ……29
Tableau IV- 2 : valeurs limite d'insuffisance de divers …… 29
Tableau IV- 3 : valeurs limite l'excès de divers …… 29
TableauIV-4 : les valeurs de la courbure ……30
TableauIV-5 : limitation de la courbure …… 30
Tableau IV-6 : Limite de la variation de devers par rapport à la longueur ……. 31
TableauIV-7 : Limite de variation de divers en fonction de rayon et devers de la courbe adjacente …….. 31
TableauIV-8 : Limite de variation de l'insuffisance de devers dans les raccordements …… 32
Tableau V-1 pluies maximales journalières (mm)…… 37
Tableau V-2 Caractéristiques morphologiques de bassin versant…….. 38
Tableau V-3 Caractéristiques climatiques de la station de Ksar Chellala…… 39
Tableau V-3 Coefficient C1…… 40
Tableau V-4 Coefficient C2…… 41
Tableau V-5Coefficient C3…….. 41
Tableau V-6 Résultats de calcul de Tc …….. 42
Tableau V-7 Résultats de calcul des débits ……... 43
Tableau V-8 : Valeurs de Ks selon SETRA ……...44
Tableau V-9 Liste d'ouvrage à projeter …… 45
Tableau V-9 Listing des buses d'équilibre …… 45
Tableau VI-1 : Valeurs de Rayon Vertical minimale …….. 52
Tableau VI-2 : les longueurs minimales des éléments de profil en long ……... 53
Tableau VII-1 : tableau récapitulatif des résultats des essais d'identification et de propreté des sols et leur classification GTR …… 62
Tableau VII- 1 : tableau récapitulatif Des Essais mécaniques ……... 63
Tableau VII-3: Tableau récapitulatif des essais chimiques …… 64
Tableau VIII-1 : la classe de qualité des sols …… 69
Tableau VIII-2 la classe la portance de la plate-forme (normes UIC 719R p.34)…. 70
Tableau IX-1 Les cubatures de terrassement …….. 76
Tableau X-1 Liste des ouvrages d'art pour mon projet …….. 80
Tableau XI-1: longueurs minimal de tracé …… 88
Tableau XI-2: les branchements …… 89
Tableau XI-3 : Coordonnées des quais …….. 90
Tableau XI-4 : Coordonnées des GF …… 90
Tableau XI-5 : Coordonnées des heurtoirs …… 91
Tableau XI-6 : Piquetage des appareils de voie …… 92
TableauXII-1 : Les principaux signaux ferroviaires et leur indication …….. 98
TableauXII-1 : Plaques d'identification et leurs indication ……101

INTRODUCTION GENERALE :

Le transport est un secteur clé pour le développement d'un territoire donné. En effet, dans une économie moderne, le transport joue un rôle prépondérant, non seulement il facilite les échanges entre les agents économiques, mais également améliore la circulation des personnes des biens, des idées et des services, ainsi que le raffermissement des liens d'amitié et de fraternité entre les peuples.

Réseau routier :

Un des plus importants du Maghreb et d'Afrique, d'une longueur de 108 302 km, répartie sur 76 028 km de routes nationales/départementales et 32 274 km de routes secondaires, le réseau routier est en plein développement grâce au programme de modernisation des transports routier et ferroviaire qui prévoit la réalisation de l'Autoroute Est-Ouest de (1 216 km) l'autoroute des hauts plateaux de (1 330 km), et la réalisation de 19 000 km de route, ainsi la finition de la route transsaharienne (nord-sud).

L'Algérie sera traversée du Nord au Sud par la route transsaharienne. Cette route est promue par le gouvernement pour accroître le commerce entre les six pays traversés par la route transsaharienne (Algérie, Mali, Niger, Nigeria, Tchad et Tunisie).

Réseau ferroviaire :

Le réseau ferroviaire est estimé à 4 200 km en 2011, il connaît depuis peu une électrification au niveau de certains tronçons, ce qui doit conduire incessamment à l'installation de trains à grande vitesse qui devraient relier les villes les plus importantes du pays. Le trafic du réseau ferroviaire est géré par la Société nationale des transports ferroviaires (SNTF). Ce réseau s'étend sur 4 209 km et doté de plus de 200 gares couvrant surtout le nord du pays. Il est constitué de 2 888 km de voies normales dont :

- 299 km de voies électrifiées
- 305 km de voies doubles.
- 1 085 km de voies étroites.

Réseau aérien :

L'Algérie compte 35 aéroports, dont 13 internationaux qui sont tous gérés par l'établissement de gestion des services aéroportuaires. Le plus important est l'Aéroport d'Alger avec une capacité, depuis2019, de 22 millions de passagers par an.

Réseau maritime :

La Compagnie nationale algérienne de navigation (CNAN) et Algérie Ferries sont des acteurs du transport maritime en Algérie. Plusieurs ferries font la liaison des passagers vers les côtes européennes ainsi que le transport de marchandises à travers le monde

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

CHAPITRE I : Recherche bibliographique

I.1 Chemin de fer :

Les infrastructures de transport représentent la base sur laquelle repose le développement économique d'un pays. D'ailleurs la densification de ces infrastructures de transport est considérée comme le phénomène le plus observé dans l'analyse de la situation des pays développés. C'est bien un secteur qui améliore le transport des biens et des personnes et facilitent aussi les échanges entre agents économiques.

Parmi ces infrastructures on distingue le transport ferroviaire qui permet d'offrir aux voyageurs et aux chargeurs des services compétitifs avec les autres modes de transport, sur l'ensemble du territoire, pour répondre à des besoins très diversifiés. C'est un facteur clé de compétitivité et d'attractivité, à l'échelle nationale comme à celle des territoires il est même devenu un enjeu économique, social et écologique. Avec d'autant d'avantages par rapport au transport routier, il constitue également le moyen de transport le mieux adapté pour le déplacement de gros volumes sur de longues distances.

I.2 Importance réseau ferroviaire :

1/Une solution pour émettre moins de gaz à effet de serre (GES)

Le train s'avère être un moyen de transport particulièrement pertinent pour réduire l'empreinte carbone des déplacements. Le recours à une énergie électrique essentiellement décarbonée limite en effet fortement les émissions de GES produites par le fer. Agir pour un report modal sur le rail constitue un levier puissant en faveur du climat et de la transition énergétique.

2/Une réponse pour consommer moins d'énergie d'un point de vue énergétique

Le ferroviaire assure un rendement élevé : les roues en acier sur les rails présentent une faible résistance au roulement, et dissipent moins d'énergie que les autres modes de transport.
Le rail utilise l'énergie en moyenne 3 fois plus efficacement que la route.

3/Un moyen de transport moins consommateur d'espace que le mode routier

Le transport ferroviaire consomme moins d'espace que la route à volume transporté égal.
Son atout : sa forte capacité d'emport.
Conséquence : cette moindre pression foncière est plus favorable au fonctionnement des milieux naturels, à la préservation de la biodiversité ainsi qu'aux activités agricoles.

4/Un mode de transport sécurisé . Le système ferroviaire permet de transporter les voyageurs et les marchandises à un niveau de sécurité très élevé. Les voyageurs et chargeurs qui choisissent le train contribuent ainsi à faire baisser l'accidentologie routière et à réduire les coûts pour la société.

5/Une solution occasionnant moins de congestion

Le ferroviaire s'avère parfaitement adapté au transport de masse, en particulier dans les grandes métropoles . Ce n'est pas le cas des autres modes de transport, et notamment de la route qui se trouve rapidement congestionnée aux heures de pointe.

Un train de fret permet de transporter en moyenne plus de 500 tonnes de marchandises, soit l'équivalent d'une trentaine de camions sur la route.

6/ **Une exposition moindre au bruit ferroviaire par rapport à la route**

7/Un moyen développant l'économie des territoires

Le ferroviaire facilite les échanges entre villes, permet d'optimiser la localisation des activités de production, et améliore l'adéquation entre l'offre et la demande de travail. La fluidité des déplacements en zones urbaines favorise ainsi la productivité des travailleurs. Pour ces raisons, la proximité d'une desserte ferroviaire influence le prix du foncier. Plus largement, les transports créent de la valeur sur le marché foncier, mais cette rente n'est pas captée par le ferroviaire qui ne récupère qu'une partie des bénéfices qu'il génère pour la collectivité

8/Le transport par voie ferrée est souvent plus rapide que par la route (Système de guidage et absence d'obstacle).
Ceci explique le succès grandissant du transport par voie ferrée de voyageurs au niveau de la ville et du pays et aussi pour les marchandises au niveau continental.

I.3 Historique de chemin de fer en Algérie :

L'histoire des chemins de fer algériens commence en 1857 durant la colonisation française de l'Algérie avec la construction de 5 014 km de voies ferrées.
Depuis l'indépendance, l'Algérie a ajouté 4498km en engageant le déclassement de tronçons, la construction de nouvelles lignes, le doublement de voies et l'électrification de certains tronçons.

I.3.1 Avant l'indépendance :

Pendant la période coloniale, la création du réseau ferroviaire long de 5 014 kilomètres s'est faite en trois étapes principales.

Première étape 1857-1878 :

La concrétisation des projets de chemin de fer en Algérie, intervient le 8 avril 1857, par un décret du gouvernement français qui autorise la construction de 1 357 km de voies ferrées dans sa colonie d'Algérie. Le premier chantier débute le 12 décembre 1859, il porte sur la construction de la ligne d'Alger à Blida. Sa gestion est confiée à la société privée dénommée Compagnie des chemins de fer algériens.

Les travaux de construction sont également entrepris pour relier Oran à Saint-Denis-du-Sig ainsi qu'une liaison entre le port de Philippeville (auj. Skikda) et Constantine, mais les problèmes financiers poussent la compagnie à en interrompre les travaux et à développer la ligne d'Alger à Blida, qui sera ouverte le 8 septembre 1862.
Cinq autres compagnies sont créées pour construire les lignes restantes, la Compagnie des chemins de fer Bône-Guelma (BG), la Compagnie de l'Est algérien (EA), la PLM réseau d'Algérie (PLM),
La Compagnie de l'Ouest algérien (OA), la Compagnie Franco-Algérienne (CFA).
L'objectif des 1 357 km est atteint et même dépassé, avec des tronçons construits représentant 1365 km de voie et touchant presque toutes les villes importantes d'Algérie.



Figure I-1: Duvivier de Guelma (33 km) 23 avril 1877 [1]

Deuxième étape 1879-1906 :

Le 18 juillet 1879, une nouvelle campagne d'investissement est lancée à l'échelon national pour renforcer les lignes « d'intérêt général » avec comme objectif d'ajouter 1 747 km au réseau existant. La construction de ces lignes dites « d'intérêt local » est laissée à la charge des investisseurs privés et des collectivités locales. Dans les trente années qui suivent, 2 035 km de lignes chemin de fer s'ajoutent en constituant le réseau ferroviaire algérien.

En 1900, la Compagnie franco-algérienne, endettée, perd sa concession. Le même sort touchela Compagnie des chemins de fer Bône-Guelma en 1905 puis celle de l'Est Algérien en 1908.

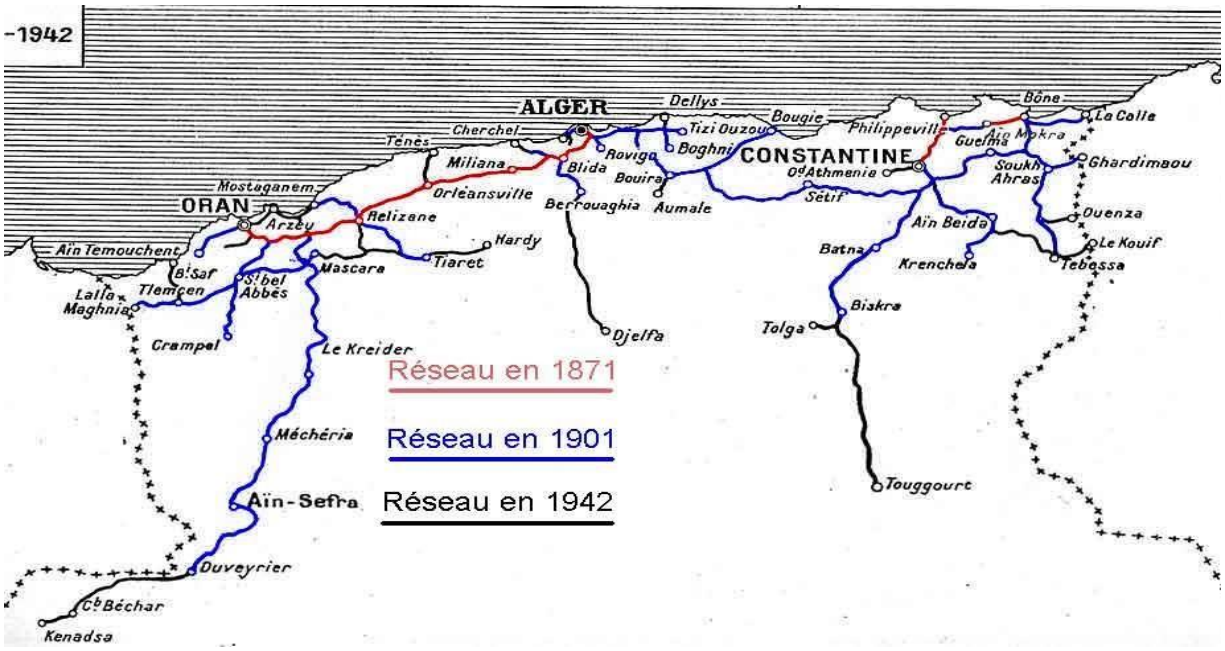
Troisième étape 1906-1946 :

À partir du 27 septembre 1912, les réseaux des compagnies en faillite passent sous le contrôle de laCompagnie des Chemins de fer algériens de l'Etat (CFAE). Elle exploite le réseau ferroviaire avec la seule compagnie survivante, la filiale algérienne de la compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, la PLMA.

Entre 1907 et 1946 une troisième campagne d'investissement ajoute 1 614 km au réseau. Le 1er juillet 1921, les lignes existantes sont réparties entre les compagnies CFAE et PLMA : ce partage dura jusqu'au 30 mai 1938, date à laquelle les lignes d'intérêt général des deux compagniessont nationalisées et rattachées à la Société nationale des chemins de fer français (SNCF). La gestiondes lignes algériennes est alors confiée à compter du 1er janvier 1939 à l'Office des chemins de fer algériens (OCFA).

[1] : https://www.cdha.fr/la-premiere-ligne-de-chemin-de-fer-en-algerie

À la fin de la Seconde Guerre mondiale le réseau ferroviaire algérien s'étend sur 5 015 km. Le service proposé est identique à celui de la Métropole, supérieur parfois: trains de nuit composésde voitures-lits, trains rapides de jour INOX de style Mistral, diésélisation totale contrairement à la SNCF qui utilise encore de nombreuses locomotives à vapeur.



FigureI-2 : Carte de chemin de fer 1942 [2]

Le 30 juin 1959, l'État français et l'OCFA signent une convention créant la Société nationale des chemins de fer français en Algérie (SNCFA).

I.3.2 Après l'indépendance :

La Société nationale des chemins de fer français en Algérie devient la Société nationale des chemins de fer algériens (en gardant le même sigle SNCFA) le 16 mai 1963. Le matériel français est conservé mais, rapidement, des commandes de locomotives et de voitures, provenant des Pays du bloc soviétique, complètent le parc.

Le 31 mars 1976 à la fin de la concession de l'État français, l'état algérien divise la SNCFA en trois organismes distincts, La Société nationale des transports ferroviaires (SNTF), la société nationale d'études et de réalisations de l'infrastructure ferroviaire (SNERIF) et la société d'ingénierie et de réalisation des infrastructures ferroviaires (SIF).

Un nouveau programme d'investissement permet la réalisation de 203 km de nouvelles lignes, le doublement de 200 km de voie sur la rocade nord et le renouvellement de 1 400 km de voie et ballast.

En 1986, la crise financière poussera à la dissolution de la SNERIF et de la SIF dont les prérogativesont reprises par la SNTF qui changera de statut en 1990 pour devenir un EPIC.

À la fin des années 1990, la SNTF exploite un réseau de 3 500 km

[2] : https://encyclopedie-afn.org/ALGERIE_Chemins_de_fer

Les principaux projets :

En 2005, l'agence nationale d'études et de suivi de la réalisation des investissements ferroviaires (ANESRIF) est créée pour gérer un nouveau programme d'investissement public avecl'objectif de porter le réseau à 12 500 km en 2025 .

En 2010, 315 km de nouvelles voies sont ouvertes (Bordj Bou Arreridj à M'Sila, Ain Touta à M'Sila, nouvelle ligne de Béchar), les lignes de banlieue d'Alger ont été électrifiées.

En 2015, sur un programme de 2 300 km de nouvelles lignes, 1 324 km sont en travaux dont la majeure partie concerne la partie ouest de la boucle des hauts plateaux.

Le 10 septembre 2018, la mise en service du système de télécommunication ferroviaire GSM-R pour la première fois en Afrique, ce système de télécommunication vise à sécuriser les communications sur un réseau autonome entre le centre installé à Alger et les trains ainsi qu'entre les trains et les opérateurs chargés de l'entretien du réseau

La grande évolution c'est la mise en service des TGV et LGV avec des vitesses supérieurs ou égales à 220 km/h pour les train à voyageurs et 120km/h pour les train à marchandises sur des distance supérieure à 3km (ex : DJELFA BOUGHZOUL) .

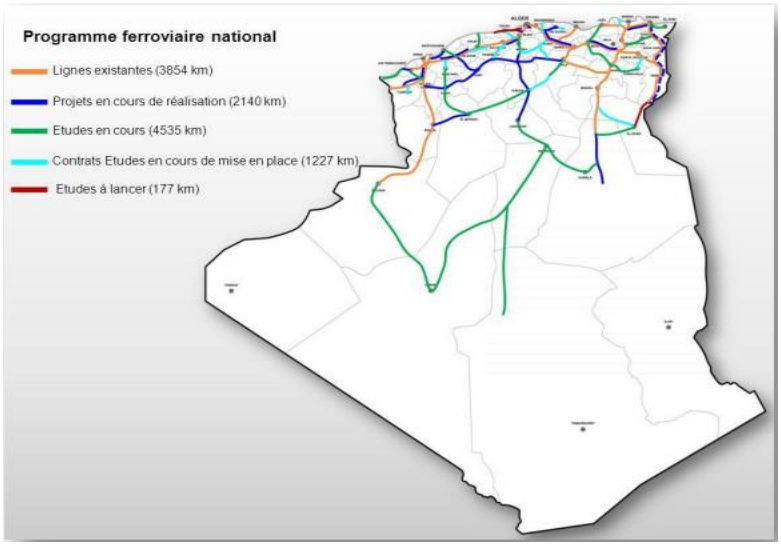


Figure I-3 : Plan de développement des chemins de fer en Algérie

I.4 Conclusion :

L'Algérie a réussi à développer son réseau des chemins de fer en agissant d'une manière optimiste suivant des programmes de développement bien étudiés. L'ambition des pouvoirs publics est de connecter toutes les villes d'Algérie entre elles par le réseau ferroviaire. Actuellement ce réseau est de plus de 4 000 km.

Parmi ses programmes nationaux de développent des chemins de fer et dans le cadre du Schéma Directeur National des Infrastructures Ferroviaires inscrit au plan quinquennal de l'année 2011, l'état prévoit la réalisation de la nouvelle ligne ferroviaire « TISSMSILT – BOUGHZOUL» dans un linéaire de 131,065 km. C'est ainsi que notre sujet de fin d'étude est inscrit il s'agit d'une étude en APD d'un tronçon de (17) km qui prend son origine au PK 25+000 et il se termine au PK 42+080. Aussi il est prévu la conception de la gare de HASSI FEDOUL

CHAPITRE II :

Présentation du projet

II.1 Introduction :

Le présent projet a pour objet la construction du tronçon Tissemsilt –Boughezoul dans le cadre de la réalisation de la Rocade des Hauts Plateaux et ses interconnexions avec la rocade ferroviaire est-ouest (Oran - Alger - Annaba).

Le tracé constitue une nouvelle liaison ferroviaire entre Tissemsilt et Boughezoul. La longueur est définie comme suit :

Tissemsilt –Boughezoul: PK (–[1+165,172]) à PK 129+900, L = 131,065 km

La nouvelle ligne présente par le prolongement de la ligne Tiaret-Tissemsilt, elle part de Tissemsilt vers Bouguezoul et parcours Colonel bougara -Hassi Fedoul -Sidi Ladjel Chahbounia pour rejoindre la ville de Bouguezoul.

Cette ligne relie les 04 wilayas (Tissemsilt-Tiaret-Djelfa et Médéa). La partie de Pk (25+000 à 46+084 ,51) contient la conception de la gare de la ville de Hassi Fedoul .

En accord avec les termes du Dossier Technique, la ligne est conçue comme ligne de grande vitesse (LGV) sur voie normale, avec des caractéristiques géométriques selon les standards UIC.

II.2 Présentation de la région d'étude :

La zone d'étude se situe entre la commune de Bougara et la commune de Hassi el Fedoul Wilaya de Djelfa.

La wilaya de Djelfa se compose de 12 daïras et 36 communes , et ses limites :

-au nord les wilayas de Tissemsilt et Médéa

-à l'est, les wilayas de M'Sila et Biskra

-à l'ouest les wilayas de Laghouat et Tiaret

- au Sud les wilayas de Ouargla et Ghardaïa.



Figure II-1 : Localisation du projet

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

Relief :

La zone d'étude se situe dans région des hauts plateaux dont l'altitude est 795 m

Climat :

La zone d'étude possède un climat méditerranéen chaud avec été sec selon la classification deKöppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne est de 18.8°C et les précipitations sont en moyenne de 248.6 mm.

Sismicité :

Le classement des Hauts Plateaux en une zone d'activités sismiques oblige impérativement à considérer le facteur sismique. D'après le Règlement parasismique Algérien « RPA 99/version 2003 »Le territoire national est divisé en cinq (05) zones, la zone d'étude ce situer dans zone sismique « zone II a»

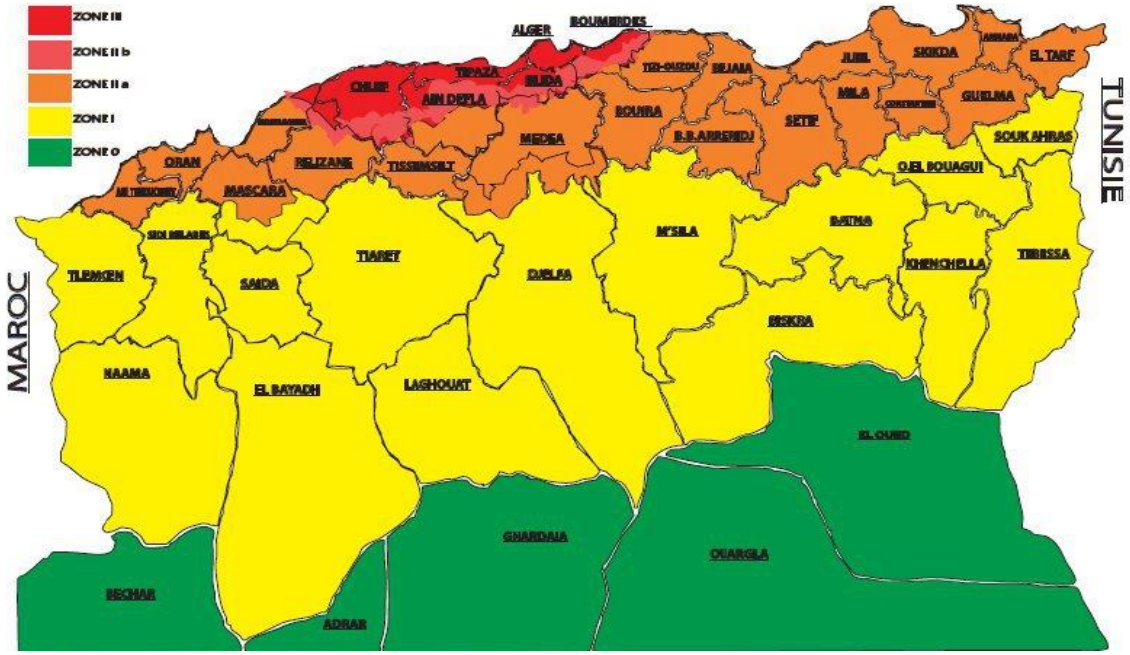


Figure II-2 : Carte de zone sismique

II.2.1 Objectifs du projet :

-Cette étude a pour but de trouver un tracé le plus optimiser qui permettre la réalisation d'une liaison ferroviaire entre ces deux gares.
- La correction des déséquilibres régionaux.
-Le désenclavement de certaines régions.
-L'ouverture des régions les unes aux autres.
-L'adaptation et le développement des zones industrielles et des zones économiques.
- Un gain de temps de transport et une amélioration de la sécurité.
- Son objectif et d'alimenter les unités d'industrie et favoriser le développement des villes commeTissemsilt et la nouvelle ville de Boughezoul.

II.3 Caractéristiques du traçons projeté :

II.3.1 Condition de base :

Le tracé est conçu pour une ligne de chemin de fer à voie unique. Cependant, tous les ouvrages d'art comme les ponts rails, les ponts routes etc. ont été dimensionnés pour une extension par une deuxième voie et une électrification ultérieure.

Du au fait que le tracé sera clôturé sur toute sa longueur, des passages dénivelés ont été prévus , notamment aux endroits où se trouvent actuellement des routes secondaires et chemins ruraux, afin de donner la possibilité de traverser la ligne de chemin de fer.

II.3.2 Caractéristiques de base :

-Longueur 17+080 km
- Caractéristiques géométriques selon les standards UIC
- Ligne à voie unique posée sur plate-forme une voie
- Pont-rail et pont-route prévus pour double voie
- Trafic mixte voyageurs et marchandises
- Traction actuellement diesel

II.4 Caractéristiques de la voie :

- **Ecartement:**

La voie normale sera construite à écartement normal e = 1435 mm sans sur écartement dans les courbes.

- **Gabarit:**

Le gabarit à dégager est celui des lignes à grande vitesse, c'est-à-dire le gabarit GC de l'UIC (y compris future caténaire en 25 KV).

- **Charges à l'essieu:**

- Pleine voie 20 t
- Ouvrages d'art 25t

- **Vitesses:**

- Vitesse maximale :160 km/h
- Vitesse marchandises : 100 km/h

- **Entraxes des voies:**

- L'entraxe des voies est de 4,20m (sans obstacles dans l'entrevoie), la voie unique étant réalisée à son emplacement définitif l'axe de la deuxième voie sera placé ultérieurementà 4,20 m de l'axe de la voie unique.

- **Superstructure :**

-Rails :
En pleine voie et en gares, rail UIC60 E1.
-Traverse :
Traverses bi-bloc en pleine voie et voie de gare
Traverses en bois pour les appareils de voie
-Attache :
Attaches élastiques de type NABLA

- **Appareils de voie :**

Choisis dans la gamme ci-après :

_ UIC-60 190-1:9 avec une vitesse de 40 km/h
_ UIC-60 500-1:12 avec une vitesse de 60 km/h

II.5 Conclusion :

La réalisation des liaisons ferroviaires entre les grandes villes du pays est un facteur qui influe directement sur le développement économique d'une région.

En Algérie, malheureusement, le secteur du transport ferroviaire a été quelque peu négligé au profit du secteur du bâtiment, de la route et des aéroports. Le pays consent actuellement un grand investissement pour la relance de ce secteur, ceci va permettre l'émancipation de nombreuse région qui va sortir en même temps de leur isolement géographique.

Ce projet a pour but de répondre aux objectifs économiques et aux besoins sociaux de la région, de régler le problème de transport entre Tissmsilet et Boughezoul à la fois des personnes et de marchandise, aussi de diminuer le temps du parcours pour permettre aux voyageurs de gagner du temps de déplacement tout en respectant les exigences environnemental.

CHAPITRE III: Superstructure de la voie

III.1Introduction :

La superstructure ferroviaire comprend toutes les installations fixes qui permettent d'assurer le bon guidage des wagons à leur trajectoire et de supportant les efforts transversaux, longitudinaux et verticaux .Elle se compose de deux files de barre en acier appelées (rails) posées parallèlement sur des supports transversaux que l'on nomme (traverses) reposant sur une couche de ballast.

III.2 Eléments constitutifs de la superstructure :

III.2.1 le rail :

Un rail est une barre d'acier profilée. Deux files parallèles de rails mis bout à bout forment une voie ferrée. Ils reposent alors généralement sur des traverses pour conserver un écartement constant.

Les rails servent à la fois de guide et de support de roulement pour les véhicules. Étant conducteurs électriques, ils peuvent aussi être utilisés pour la transmission de signaux (circuits de voie) et pour le retour des courants de traction et des auxiliaires du train (ligne train pour le chauffage et la climatisation sur les rames tractées).

Un système de transport fondé sur l'utilisation d'un seul rail est un monorail . Un (voir deux) rail(s) peut (peuvent) servir aussi à l'alimentation électrique (alimentation par troisième rail ou par troisième et quatrième rail).

Outre ses fonctions de roulement et de guidage, le rail a souvent une fonction de sécurité : il sert de circuit aux courants de signalisation, ce qui permet de mettre au rouge automatiquement un signal lorsqu'un véhicule court-circuite les deux rails. De plus, le rail constitue le circuit de retour du courant électrique de traction vers la sous-station d'alimentation.

Pour favoriser le centrage des roues de train, Les rails sont généralement inclinés par rapport au plan de roulement avec une pente de 1/20 .

III.2.1.1 Type de rails :

- **Le rail vignole:**

Le rail dans une section transversale, on distingue le patin qui s'appuie sur la traverse, le champignon qui constitue le chemin de roulement, et l'âme, filet vertical qui relie le champignon au patin. Sur les lignes importantes, la masse linéique standard du rail est de 60 kg/m.

- **le champignon** caractérisé par sa largeur, sa hauteur, le bombement de sa table de roulement et l'inclinaison de ses faces latérales, il assure le guidage le plus satisfaisant de la roue.
- **l'âme et portées d'éclissage:** Leur tracé est caractérisé par l'épaisseur de l'âme, la forme des congés de raccordement avec le champignon et le patin, et l'inclinaison des portées d'éclissage, le rôle de l'âme est de résister au cisaillement produit par le chargement de la voie
- **le patin**: caractérisé par sa largeur ainsi que par l'épaisseur et la forme de ses ailes, Il permettant l'appui sur la traverse

.

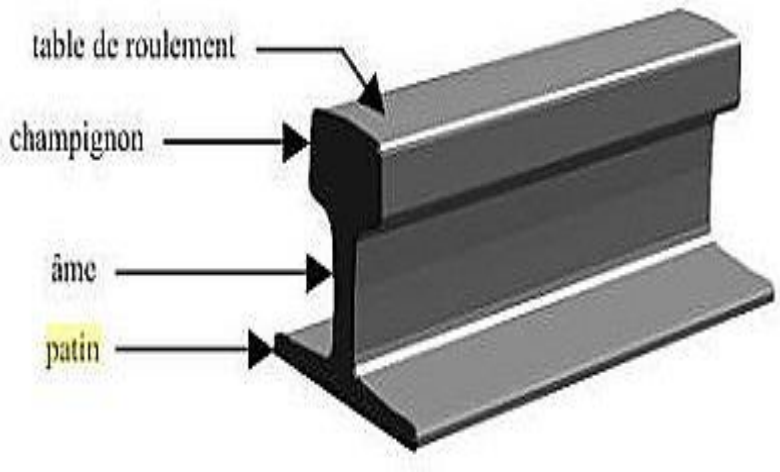


Figure III-1 : les constituent de la section transversal de rail Vignole [3]

La pose des rails se fait normalement avec des joints de dilatation , les rails, de 18 ou 36 m de long, coulissant librement dans les éclisses (pièces qui assurent la jonction de deux rails successifs). Dans ce cas la continuité électrique doit être assurée.

De plus en plus se développe la technique dite des « barres longues » ou LRS (longs rails soudés), dans laquelle les coupons de rail de 80 m sont soudés en atelier en longueurs de 320 à 400 mètres. Ces barres sont posées sur de très grandes longueurs, sans limite réelle, les soudures nécessaires étant réalisées sur place.

La dilatation est contrainte par le frottement des traverses sur le ballast. Cela suppose réunies certaines conditions de stabilité de la plate-forme et de rayon de courbure minimum. À l'extrémité des LRS sont installés des appareils de dilatation, ainsi qu'au droit de certains ouvrages d'art.

❖ Rail a gorge :

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

[3]: Construction de la LGV V.2 – FreeLUG



Figure III-2: Rail a gorge

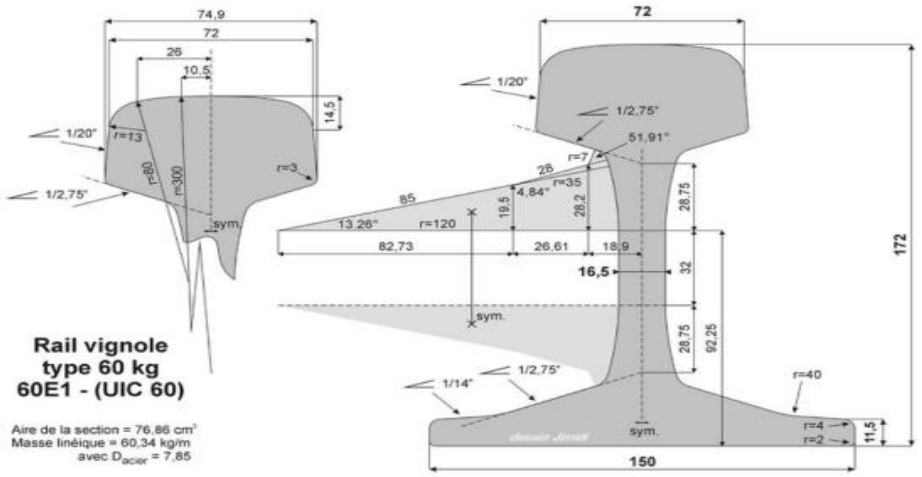
- **Rail a double champignon**

Le rail à double champignon symétrique avait été conçu pour permettre de retourner le rail usé et donc de doubler sa durée de vie



Figure III-3 : Rail a double champignon

Dans notre projet on a utilisé le rail Vignole du type 60 E1



FigureIII-4: profil du rail UIC60 E1[4]

Tableaux III-1 : Carctéristiques de rails du type UIC 60 E1 [5]

Caractéristique	Valeur
Masse	**60.21 kg/ml**
Surface de la section	**76.7 cm^2**
Hauteur du rail	**172 mm**
Largeur du champignon	**72 mm**
Largeur du patin	**150 mm**
Moment d'inertie (axe x-x)	**3038.3 cm^4**
Moment d'inertie (axe y-y)	**512.3 cm^4**
Résistance à la traction	**R ≥ 880 N/mm^2**
Allongement	**R ≥ 10%**
Durté au milieu de la table de roulement	**260-300 HBW**

[4] : cours voie ferre Enstp

[5] **:** Etude APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique avec une vitesse 220 Km/h entre Boughezoul - Djelfa sur un tronçon du PK136+00au PK141+00 avec conception de la gare intermodale d'Ain Oussera – Kouah Med Amin Walid © ENSTP-FJ – Garidi

III.2.1.2 L'écartement des rails :

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

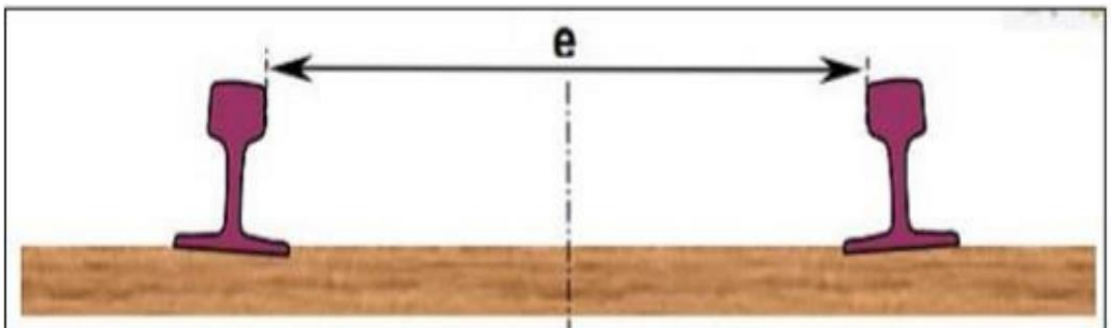


Figure III-5: L'écartement des rails

III.2.1.3 Assemblage des rails :

L'assemblage des rails se fait par deux méthodes, soit par:

¬Les longs rails soudés (LRS)

¬Les éclisses

- **Les longs rails soudés (LRS) :**

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

Cette technique offre de nombreux avantages, notamment:

¬ une amélioration de la qualité de trajet.

¬ une usure moins des rails.

¬ un coût de maintenance extrêmement réduit.

¬ permis l'augmentation de la vitesse des trains.

¬ réduire les discontinuités dans la voie et par conséquent d'éliminer les chocs au passages des roues



Figure III-6: les longs rails soudés (LRS)

❖ **L'eclaisage**

Une éclisse de chemin de fer est une pièce métallique servant à raccorder deux rails consécutifs d'une voie ferrée. Les éclisses sont apposées par paire, à l'aide de boulons.

-Le passage de trains à l'intersection des rails et donc sur les éclisses provoque des vibrations et des chocs répétitifs qui, à la longue, peuvent provoquer le desserrage des boulons-écrous, voire le bris des éclisses. Le temps et les intempéries peuvent également provoquer l'apparition de rouille et le blocage des boulons-écrous. Périodiquement, les bénévoles contrôlent les éclisses de manière visuelle et en testant tous les boulons-écrous.

Si des problèmes sont constatés, plusieurs solutions sont possibles :

- Resserrage des boulons-écrous à la clé dynamométrique
- Si le resserrage est impossible, le boulon est disqué et remplacé.

L'éclissage doit satisfaire aux conditions suivantes :

-Relier les rails de façon à ce qu'ils se comportement comme une poutre Continue.

-Avoir la même qualité d'acier que le rail

-Empêcher les mouvements verticaux des extrémités des rails l'une par rapport à l'autre.



Figure III-7- Eclissage des rails

III.2.2 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 du rail 1/20, et transmettre au ballast les charges des véhicules circulant sur les rails. On utilise principalement des traverses en bois ou en béton.

III.2.2.1 Types de travers les plus utilisées en Algérie :

- **Travers en bois :**

Traditionnellement les traverses sont en bois dur, généralement en chêne ou plus rarement en hêtre matériau apprécié pour sa résistance et sa flexibilité, pour sa facilité de mise en œuvre, mais de durée de vie réduite (20 à 30 ans) car il est putrescible .

- **Travers en béton :**

Les traverses en béton ont une durée de vie plus importante (50 ans). Il en existe de deux types :

- **BIBLOC:** formées de deux blocs de béton reliés par une entretoise métallique, qui absorbe les efforts en milieu de traverse

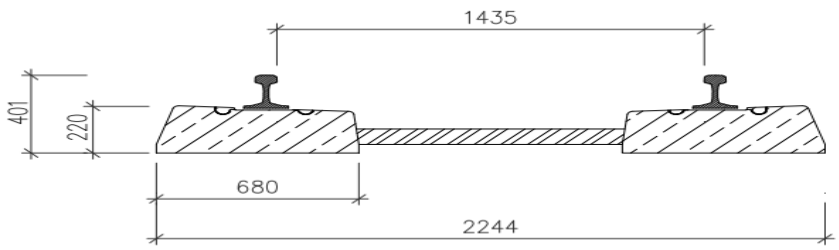


Figure III-8:Travers bibloc [6]

- **MONOBLOC** : en béton précontraint, amincies dans leur partie centrale, armées de fils à haute résistance.

L'utilisation des traverses en béton est en nette augmentation, tant à cause de leur qualité intrinsèque que pour le prix élevé des traverses en bois. Les traverses en béton, par leur poids important, assurent un bon ancrage de la voie dans le ballast. Elles sont en particulier utilisées pour les lignes nouvelles à grande vitesse. La fixation des rails se fait par des attaches élastiques munies de dispositifs isolants en caoutchouc.

Dans notre projet on a utilisé :

-Traverses bi-bloc en pleine voie et voie de gare .

-Traverses en bois pour les appareils de voie .

---

[6] :AGENCE NATIONALE D'ETUDESET DE SUIVI DE LA REALISATION DES INVESTISSEMENTS FERROVIAIRES DIRECTION VOIE OUVRAGE BATIMENT

III.2.3 Les semelles :

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



Figure III-9: Les semelles

III.2.4 Les attaches :

Le système d'attaches permet de fixer le rail sur la traverse. Il existe plusieurs systèmes permettant la fixation du rail sur les traverses en béton armé, ils varient en fonction du type de traverses, du type de rail, du mode de pose de la voie (Longs Rails Soudés ou Barres Normales).



Figure III-10 : les attaches

- **Attaches Rigides :**

Système d'attaches manquant de souplesse, n'accompagne pas le rail dans son mouvement vertical – Exemple Crampons et tire-fonds .

❖ **Attaches élastiques** :

Le système attache dit « élastique » assure le maintien du rail lorsque celui-ci s'affaisse sous la charge des circulations. Elle s'oppose donc à son cheminement longitudinal et peut être utilisée pour la pose de long rail soudé (LRS) . L'attache élastique est conçue d'une pièce métallique élastique (ressort) fixée à la traverse et appuyant sur le patin du rail. Lors du passage des circulations, le ressort accompagne le mouvement du rail tout en assurant constamment son action de maintien.

Semelles en caoutchouc : Elles se placent entre la traverse et le dessous du rail. Ces semelles ont pour rôle d'amortir une partie des vibrations et de permettre le cheminement longitudinal du rail sans endommager la traverse.

Butées en plastique : Pour assurer le maintien latéral du rail. Les différences entre attaches élastiques portent essentiellement sur le type de ressort utilisé, ainsi que sur son mode de fixation aux traverses.

Pour notre projet on a utilisé des attaches élastiques de type NABLA



Figure III-11: Attache type Nabla [7]

[7]:http://www.railfasteners.fr/big_img.html?etw_path=http://www.railfasteners.fr/1-4-elastic-railclip.html&big_etw_img=1-rail-fastening/4-4-1b.jpg)

Assemblage des constituants :

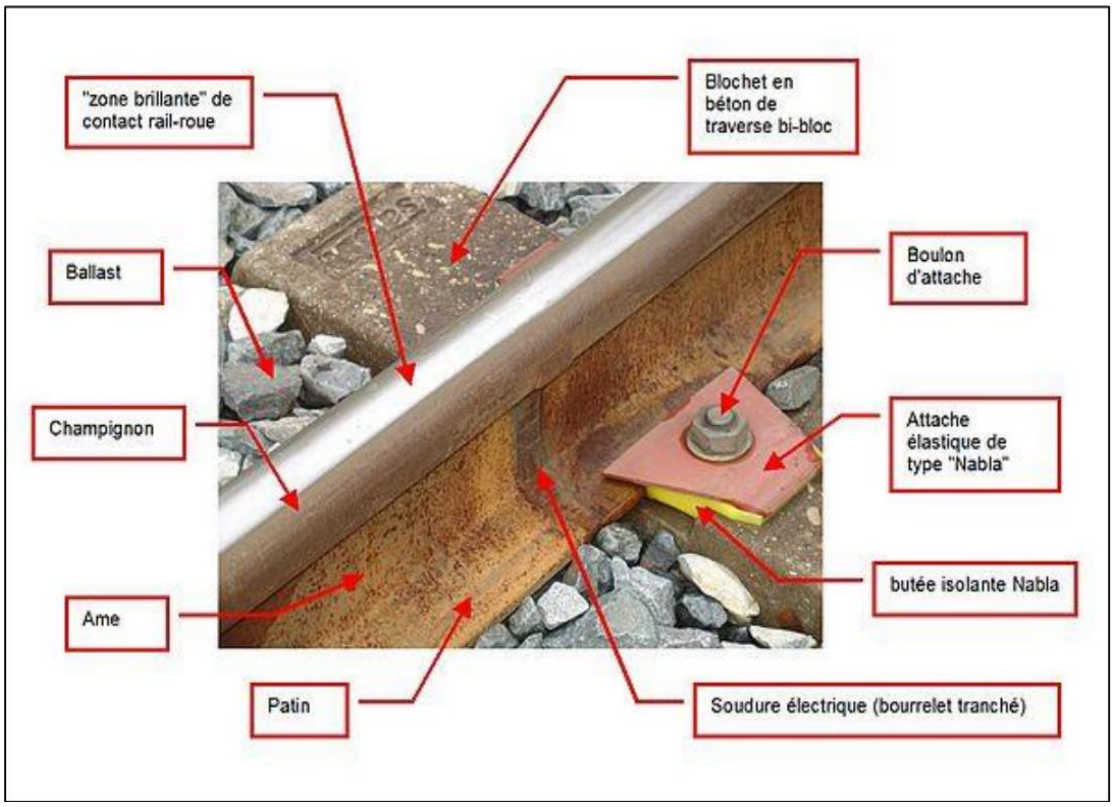


Figure III-12 : Assemblage des constituants

III.2.5 Les appareils de voie :

L'exploitation du chemin de fer exige des dispositifs de liaison et d'intersection des itinéraires .Ils sont désignés sous le terme d'appareils de voie .

Les appareils de voie comprennent :

- Les branchements simples .
- Les croisements ou traversées simples.
- Les traversées à jonction :
  - Les traversées à jonction simple (TJS).
  - Les traversées à jonction double (TJD).

Les éléments constitutifs d'un appareil de voie sont :

- Aiguillage (la partie mobile)
- Le croisement proprement dit (qui comprend essentiellement le cœur de croisement)
- Une partie intermédiaire

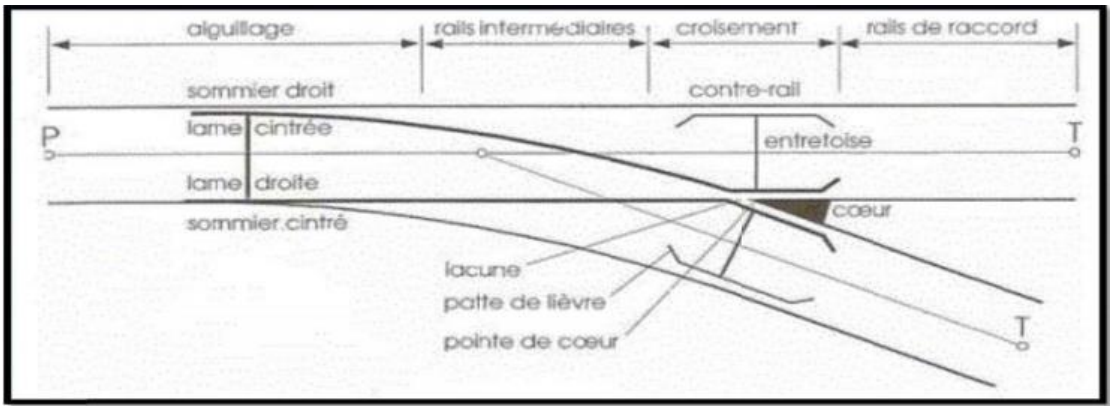


Figure III-13 : Un branchement et ses éléments constitutifs [8]

Pour notre projet on a utilisé :

- UIC-60 190-1:9 avec une vitesse de 40 km/h
- UIC-60 500-1:12 avec une vitesse de 60 km/h

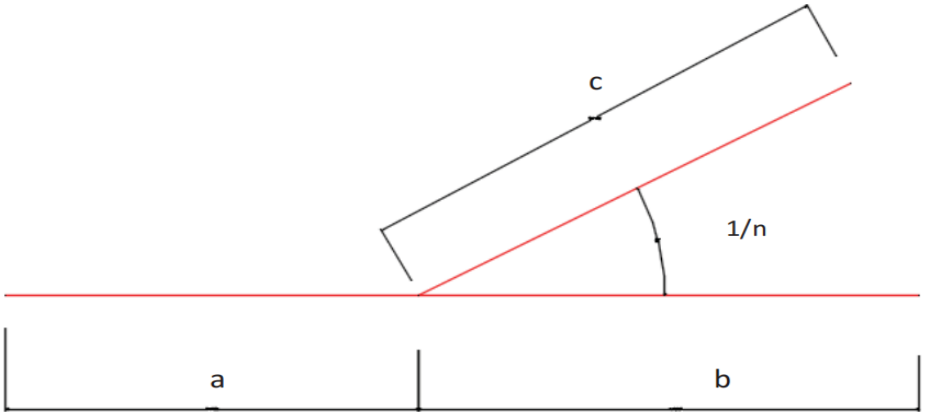


Figure III-14 : schéma illustratif d'un appareil de voie

[8] : SNCF 2003 , IN2915

Les caractéristiques des appareils de voie de notre projet sont résumées dans le tableau suivant:

Tableau III-2 : Les caractéristiques d'appareils de voie de projet

Appareil de voie (1/n)	R (m)	a(m)	b(m)	C(m)	V (km/h)
1/12	500	20.7 97	22.6 84	22.6 84	**65**
1/9	300	16.6 16	17.9 22	19.9 22	**50**
	190	**10.5 23**	**17.8 05**	**17.8 05**	**40**

Remarque : dans le chapitre structure d'assise. Nous allons voire la plateforme, la sous couche, la couche de fondation et le ballast

III.3 Conclusion :

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

CHAPITRE IV

Tracé en plan

IV.1Introduction :

Le tracé en plan est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la voie ferrée. Il est constitué par une succession de segments de droites raccordés entre eux par des arcs de cercles.

En courbe circulaire de rayon **R**, tout point de masse m animé d'une vitesse constante subit une accélération perpendiculaire à la trajectoire, de valeur: $\Gamma = V2 / R$ (dirigée vers l'extérieur dela courbe).

L'établissement de tracé d'une voie ferrée, tant en plan qu'en profil, résulte de la nécessité de limiter les effets de cette accélération centrifuge produite lors du franchissement de ces courbe.

L'assimilation simplificatrice de toutes les parties du véhicule à un point se justifie par le fait que le rapport entre le rayon des courbes et les dimensions des véhicules est important.

Notre projet est caractérisé par deux vitesses :

Vr : vitesse des trains rapides (voyageurs)

Vl : vitesse des trains lents (marchandises)

IV.2 Règles à respecter dans tracé en plan :

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

-Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.

-Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques ; si on n'a pas le choix on essaie de les franchi perpendiculairement à la ligne d'écoulement des oueds ou bien dans les endroits les plus étroits.

-Adapter au maximum le terrain naturel.

- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.

- Respecter la cote des plus hautes eaux.

- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.

-Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.

-S'inscrire dans le couloir choisi.

-Raccordement à la voie existante au début et fin du projet.

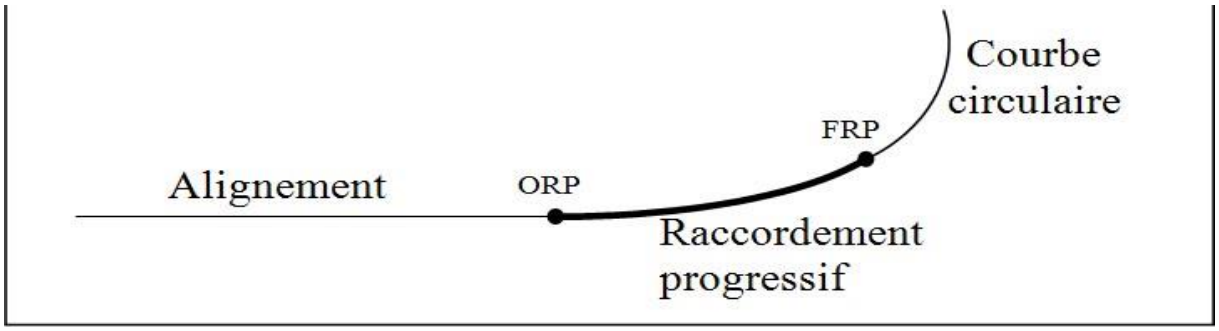
IV.3 Eléments du tracé en plan :

Le tracé en plan est constitué de 3 éléments :

- Des Alignements (droites)

- Des arcs de cercle

- Des courbes de raccordement de courbures progressives



FigureIV-1 : Eléments géométriques du tracé en plan [9]

IV.3.1 Alignements :

Un alignement droit est une courbe de rayon infini (R=∞) (de courbure nulle (ρ=0)) ; sur le plan technique c'est le meilleur tracé qui convient aux voies ferrées.

IV.3.2 Les courbes circulaires :

Dans un virage R une véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoque une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge en incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite - devers exprimée par sa tangente.

IV.3.2.1 Dévers théorique :

La valeur théorique du dévers qui compense entièrement la force centrifuge. La valeur du devers théorique sera donnée par la relation suivante :

$$D_{th}=\frac{11.8\times V^2}{R}$$

où V est la vitesse en km/h et R le rayon de la courbe en m

IV.3.2.2 Dévers pratique :

En pratique, rouler en dévers théorique est impossible car les trains roulent à des vitesses minimales différentes selon leur nature (trains lents et trains rapides), Pour cela, il a été convenu de définir un devers pratique

Le dévers pratique est : dp = 1000×C / R. (d en mm, R en m).

Coefficient de devers C :

La valeur de C doit être une multiple de 15 et doit répondre à la relation suivante :

$C = 0{,}006 \times Vr^2$ Ou C = Rmin × d(Rmin)/1000

La SNTF a retenu Pour une vitesse V≤220 Km/h

[9] : https://geniecivilettravauxpublics.blogspot.com/2012/11/les-voies-ferreestrace-en-plan.html

Le dévers maximal dp(max) en plain courbe :

La valeur de divers maximal de la voie doit satisfaire à la condition suivante :

Tableau IV- 1 : Valeurs limite de dévers [10]

Valeur limite normale (mm)	**160**
Valeur limite exceptionnelle (mm)	180

IV.3.2.3 Insuffisance de dévers :

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

$$I=d_{th}-d_p = \frac{11.8*Vv^2}{R} - d_p < I_{max}$$

La SNTF a retenu Pour une vitesse V≤220 Km/h

V=160Km/h selon la fiche UIC-703 , Notre voie est de catégorie II

Tableau IV- 2 : valeurs limite d'insuffisance de dévers [11]

Valeur limite normal (mm)	**150**
Valeur limite exceptionnelle(mm)	160

IV.3.2.4 Excès de dévers :

Le dévers théorique qui assure l'équilibre de train lent est inférieur aux devers pratique, ce qui donne des efforts transversaux non compense qui tend a poussé le véhicule vers l'intérieur de la voie, Donc on limite la valeur de ces efforts en limitant la valeur de la différence des devers. C'est la limitation de la valeur de l'excès de devers E , Exprimé par la formule :

$$E=d_p-d_{th}=d_p-\frac{11.8*Vm^2}{R} < E_{max} \qquad (mm)$$

Tableau IV- 3 : valeurs limite l'excès de dévers [12]

Valeur limite normal (mm)	**110**
Valeur limite exceptionnel (mm)	130

[10 11 12] : Référentiels technique SNTF

IV.3.2.5 Rayon minimum :

Pour éviter l'usure du rail et assurer le confort des passagers une valeur minimale est admise pour le rayon.

La valeur de rayon minimal est le max entre :

En fonction de I et Dp ---- (Vitesse voyageurs)

$$R_{min} = \frac{11.8 * Vv^2}{Imax + dp}$$

– En Fonction de E max et Imax

$$R_{min} = \frac{11.8 * (Vvoy^2 - Vmar^2)}{Imax + Emax}$$

IV.3.3 Les courbes de raccordement :

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité.

La courbe de raccordement la plus utilisée dans un tracé en plan est la Clothoïde grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique

On construit des courbes de raccordement entre :

- Un alignement et une courbe
- Entre deux courbes de même sens avec des rayons différents
- Une courbe et contre courbe

L'emploi des courbes de raccordement se justifier par le calcul de la courbure Δc

TableauIV-4 : les valeurs de la courbure [13]

Alignement-courbe	$\Delta c = \frac{1000}{R}$

Les courbes de raccordement sont recommandés si

$$\Delta c \geq \frac{2000}{Vmax^2}$$

Les courbe de raccordement sont obligatoires si

TableauIV-5 : limitation de la courbure [14]

$V < 100\ Km/h$	$\Delta c \geq \frac{9000}{Vmax^2}$
$V > 100\ Km/h$	$\Delta c \geq \frac{7000}{Vmax^2}$

[13] [14] : Référentiels technique SNTF

IV.3.3.1 Variation de dévers dans le raccordement :

Dans le raccordement parabolique, le divers varier progressivement de 0 à d_P la variation de divers Δd sur la longueur Δl est exprimé par : $\frac{\Delta d}{\Delta l}$ en (mm/m)

La variation de divers $\frac{\Delta d}{\Delta l}$ doits satisfaire aux deux conditions suivantes :

- **Condition 1 :** fonction de la vitesse du mouvement le plus rapide

Tableau IV-6 : Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur [15]

Valeur limite normal (mm/m)	180 /V
Valeur limte exceptionnelle(mm/m)	**216/V**

Les valeurs ci-dessus correspondent respectivement a une variation de dévers en fonction du temps de 50et 60 mm/s .

- **Condition 2 :** fonction des valeurs du dévers et du rayon de la plein courbe adjacente aux raccordements considérés

TableauIV-7 : Limite de variation de dévers en fonction de rayon et dévers de la courbe adjacente [16]

Valeur du dévers en plein courbe	Valeur limite de la variation de dévers (mm/m)
$\frac{R-100}{2} \geq dp \geq \frac{R-150}{2}$	2
$\frac{R-150}{2} \geq dp \geq \frac{R-250}{3}$	3
$\frac{R-250}{3} \geq dp$	4

Il en résulte pour la longueur de raccordement Lmin

Lmin= $\frac{dp*Vmax}{180}$ et exceptionnellement Lmin= $\frac{dp*Vmax}{216}$

IV.3.3.2 Variation de l'insuffisance de dévers dans le raccordement :

Cette variation d'insuffisance « ΔI ». s 'exprime par rapport à Δt en mm/s.

$\frac{\Delta I}{\Delta t}=\frac{\Delta I}{\frac{\Delta L}{v}}$ V en m/s

V=v/3.6 v

$\frac{\Delta I}{\Delta t}=\frac{\Delta I}{\Delta L}*\frac{V}{3.6}$

[15] [16] : Référentiels technique SNTF

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

Limite de la variation d'insuffisance de dévers

TableauIV-8 : Limite de variation de l'insuffisance de devers dans les raccordements [17]

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

IV.4 Application sur notre projet :

Selon la SNTF on a les données suivantes :

Valeur limite admissible	Valeur normale	Valeur exceptionnelle
Vitesse des trains rapide	160 Km/h	
Vitesse des trains lents	100Km/h	
Excès de dévers	110 mm	130 mm
Insuffisance de dévers	150 mm	160 mm
Dévers max	160	180
Variation dévers (en fonction de la longueur)	1.125 mm/m	1.35 mm/m
Variation dévers (en fonction du temps)	50 mm/s	60 mm/s
Variation de l'insuffisance	75 mm/s	90 mm/s

- **Calcul de rayon minimal :**

$R_{min} = \frac{11.8 * Vv^2}{Imax + dp}$ **A.N** : $R_{min} = \frac{11.8 * 160^2}{150 + 160} = 974.45$ m

Le rayon minimal est $R_{min} = 1000$ m

Dévers pratique du R_{min}

$dp = \frac{1000C}{R}$ avec C=160 A.N : $dp = \frac{1000 * 160}{1000} =$ **160 mm**

[17] : Référentiels technique SNTF

IV.4.1 Application pour R=4000 m

$dp = \frac{\text{Rmin} * \text{d(Rmin)}}{\text{R}}$ AN : $dp = \frac{1000*160}{4000}$ =40 mm

$dth+= \frac{11.8\ \text{Vv}^2}{\text{R}}$ AN : $dth+= \frac{11.8*160^2}{4000}$ =75.52 mm

$dth-= \frac{11.8\ \text{Vm}^2}{\text{R}}$ AN : $dth-= \frac{11.8*100^2}{4000}$ =29.5 mm

I= (dth+) - dp AN : I= 80-40= **35.52 mm**

E= dp- dh- AN : E = 40-29.5 = **10.5mm**

3657.1m<R<12800m →Les courbes de raccordement sont recommandés

$\Delta d/\Delta I = \frac{180}{\text{Vmax}} = \frac{180}{160}$ = **1.125**

L(RP) min = dp/($\Delta d/\Delta I$) = 40/1.125 = 35.55 m → **L(RP) utilisée = 80m**

$\Delta I/\Delta t = \frac{I*V}{3.6L(RP)} = \frac{40*160}{3.6*40}$ = **39.46 mm/s**

$\Delta dp/\Delta t = \frac{dp*V}{3.6L(RP)} = \frac{40*160}{3.6*40}$ = **39.46mm/s**

IV.4.2 Application pour R=1700 m

$dp = \frac{\text{Rmin} * \text{d(Rmin)}}{\text{R}}$ AN : $dp = \frac{1000*160}{1700}$ =94.11 mm → dp utilisé : **dp=100mm**

$dth+= \frac{11.8\ \text{Vv}^2}{\text{R}}$ AN : $dth+= \frac{11.8*160^2}{1700}$ =177.69 mm

$dth-= \frac{11.8\ \text{Vm}^2}{\text{R}}$ AN : $dth-= \frac{11.8*100^2}{1700}$ =69.41 mm

I= (dth+) - dp AN : I= 177.69-100= **77.69 mm**

E= dp- dh- AN : E = 100-69.41 = **30.59 mm**

On a R =1700m → R < 3657.1m → raccordement obligatoire.

$\Delta d/\Delta I = \frac{180}{\text{Vmax}} = \frac{180}{160}$ = **1.125**

L(RP) min = dp/($\Delta d/\Delta I$) = 100/1.125 = 88.88 m → L(RP) utilisée = **150m**

$\Delta I/\Delta t = \frac{I*V}{3.6L(RP)} = \frac{77.69*160}{3.6*100}$ = **34.52 mm/s**

$\Delta dp/\Delta t = \frac{dp*V}{3.6L(RP)} = \frac{100*160}{3.6*100}$ = **44.44mm/s**

R(m)	Dth+	Dp calculé	Dp utilisé	Dth -	I	E	L(RP) min	L(RP) utilisée
4000	75.52mm	40mm	40mm	29.5mm	35.52mm	10.5mm	35.55m	80m
1700	177.69mm	94.11mm	100mm	69.41mm	77.69mm	30.59mm	88.88m	150m

IV.5Conclusion :

L'étude géométrique du tracé de la voie a pour but d'obtenir un bon roulement des trains qui peuvent atteindre une vitesse de 160 km/h

Pour atteindre ce but on a basé dans le calcul sur les paramètres géométriques et techniques recommandés par l'UIC et les règles de la SNTF.

Le calcul automatique est fait à l'aide du logiciel civil 3d.

CHAPITRE V :
Etude Hydrologique et hydraulique

V.1 Introduction :

La réalisation d'une ligne voie ferrée apporte des modifications pour le terrain par des déblais et remblais, ces modifications perturbent les écoulements d'eau naturels préexistants provenant des précipitations atmosphériques ainsi que des affleurements d'eaux souterraines.

Donc pour assurer la stabilité de l'infrastructure et afin d'éviter toute inondation de celle-ci, on doit effectuer une étude hydrologique, cette étude comprend la délimitation des bassins versants qui sont interceptés, ainsi que leurs caractéristiques physiques qui servent de référence pour l'analyse des écoulements.

Par ailleurs, cette étude inclut également l'analyse statistique des données pluviométriques disponibles pour la zone d'étude. Elles visent notamment à définir les ouvrages de drainage et à fournir les données hydrauliques nécessaires aux autres disciplines concernées par le projet.

V.2 Etude hydrologique :

V.2.1 Présentation de la zone hydraulique :

Le tracé de la nouvelle voie ferrée se situe au Nord - Ouest de l'Algérie, Cette région se caractérise par un climat méditerranéen avec parfois des averses très importantes qui peuvent conduire à des catastrophes naturelles.

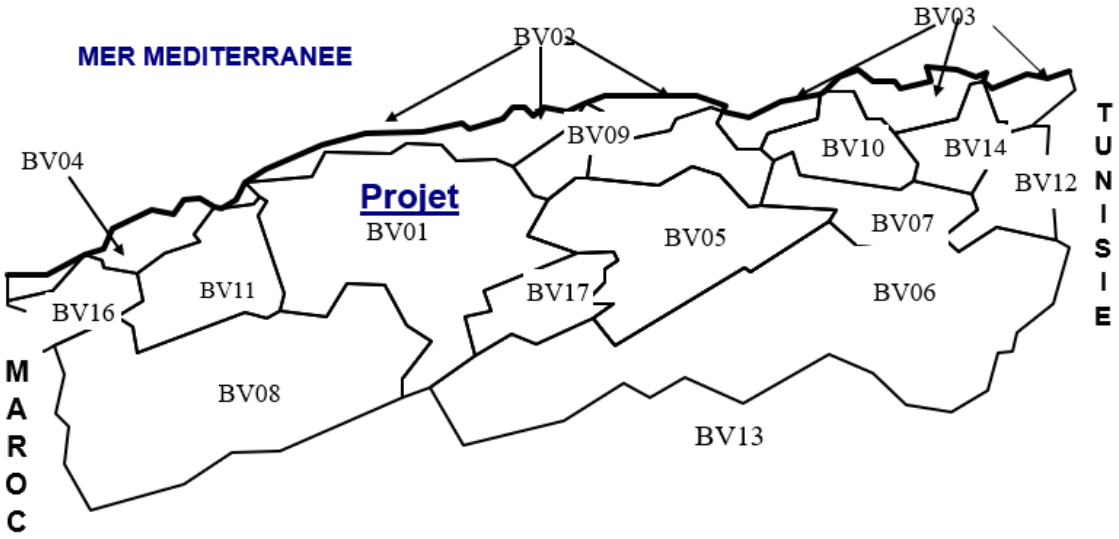


Figure V-1 : Carte de situation de la région d'étude

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

La desserte ferroviaire reliant la ville de Tissemsilt à celle de Boughezoul traverse le bassin versant du Chéliff.

Le bassin du Chéliff codé (01) par l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydriques), est situé au Centre-Ouest du pays entre les bassins des Côtiers Algérois (02) au Nord, de l'Isser (09) et Chott Hodna (05) à l'Est, de Zahrez (17) et du Sahara (13) au Sud, des Côtiers Oranais (04), des Hautes Plaines Oranaises (08) et Macta (11) à l'Ouest.

V.2.2 Caractéristiques climatiques et pluviométriques :

Les précipitations :

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).

Dans cette partie on s'intéresse en particulier :

- Aux pluies annuelles des pluies et ses fluctuations temporelles.
- Aux pluies journalières maximales.
- Aux pluies de courtes durées en tant que facteur déclenchant des crues.

Pluie annuelle

La pluie annuelle moyenne dans la région est comprise entre 240 et 400 mm d'après la carte des pluies de l'Algérie du Nord de l'ANRH , nous prenons en considération la valeur de **Pmoy = 248.6 mm**.

Précipitations journalières :

Les pluies maximales journalières de rares fréquences sont des pluies génératrices des crues d'importants débits, contre lesquels il faut protéger les différents ouvrages hydrauliques.

Tableau V-1 pluies maximales journalières (mm)

Période de retour	Fréquence	Ksar Chellala
10ans	0,9	36,4
20ans	0,95	46,2
50ans	0,98	58,8
100ans	0,99	68,3

V.2.3 Caractéristiques morphologiques 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, exprimées en km^2, est déterminée avec une précision acceptable, la délimitation des lignes de partage des eaux est faite sur les cartes d'état major au 1/50 000.

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

Avec :
S (km^2): Surface.
P (km) : Périmètre.
L (km) : Longueur du cours d'eau principal.
K_c : Indice de compacité.
T_C (h) : Temps de concentration en heures
H_{max}(m) : Altitude max.
H_{min}(m) : Altitude min.
H_{moy}(m) : Altitude moyenne.
I(m/m) : pente du talweg principal en m/m.
C : coefficient de ruissellement.

Tableau V-2 Caractéristiques morphologiques de bassin versant

N° BV	PK	S (Km²)	P (Km)	L_w (Km)	Kc	Hmax (m)	Hmin (m)	Hmoy (m)	Δh (m)	pente talweg (m/m)	C1
1	34+800	1559,87	208,98	90,44	1,48	1455	817	1136	638	0,007	0,32

V.2.3.1 Le temps de concentration « tc »:

Les formules de détermination du temps de concentration sont utilisées suivant la superficie du bassin versant :
S : Surface du bassin versant en km²
P ou I : Pente moyenne du bassin versant en (m/m).
L : Longueur du cours d'eau principal en km

- **La formule de SCS (Tc en heures) :**

$$T_c = 0{,}059 \times \frac{L^{0,8}}{\sqrt{I}}$$

- **la formule de GIANDOTTI (Tc en heures) :**

$$T_c = \frac{1.5\,L + 4\sqrt{S}}{0{,}8\sqrt{H}}$$

Avec :H = Hmoy –Hmin (m).

- **Formule Espagnole (tc en mn) :**

$$T_c = 18 \times L^{0,77} \times I^{-0,1925}$$

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

- **Formule l'US corps of Engineers (Tc en mn) :**

$$T_c = 16{,}682 \times (L \times I^{-0{,}25})^{0.77}$$

- **Formule de Bransby Williams (USSCS) (Tc en mn) :**

$$T_c = 14{,}557 \times L \times S^{-0.1} \times I^{-0.2}$$

V.2.3.2 Calcul de l'intensité de pluie :

$$I = \frac{P(t)}{Tc}$$

- I: Intensité de la pluie (mm/h).

- Tc : Temps de concentration(h)

- P(t): Hauteur de la pluie de durée Tc, (mm).

La relation Intensité - Durée - Fréquence recherchée est la suivante :

$$I = \frac{a}{t^b}$$

- I: Intensité de la pluie (mm/h).

- Tc: Temps de concentration.

- a et b: Paramètres climatique

Vu l'importance des pluies de courtes durées dans la détermination des débits maximales du projet, et la non disponibilité de données pluviographique Hassi el fedoul , nous avons pris en considération la station pluviographique de Kasar el chellala

Tableau V-3 Caractéristiques climatiques de la station de Ksar Chellala

K_w	b	$P_{maxj(10)}$	$a_{(10)}$	$P_{maxj(100)}$	$a_{(100)}$
1,14	0,75	36,4	18,7	68,3	35,2

V.2.3.3 Calcul du débit maximal dans les bassins :

Nous avons le choix entre une multitude de formules pour le calcul du débit de projet, et comme nous avons une superficie supérieure à 200 Km^2, on a calculé le débit avec 3 formules suivantes :

a/ La méthode de TURAZZA :

Pour les bassins versants dont la superficie dépasse 200km^2, on a opté pour la méthode de Turazza, les résultats obtenus par cette formule sont relativement plus élevés, et cela par mesure de précaution.

$$Q_{max\%} = P_{p\%,tc} \cdot S \cdot C / (3,6 * tc)$$

Qmax % : débit de crue de période de retour voulue (en m3/s)
tc : temps de concentration du bassin (en heures)
$P_{p\%,tc}$: pluie de durée **tc** et de période de retour voulue en mm
C : coefficient de ruissellement du bassin.
S : superficie du BV en Km².
La pluie Pp% ,tc peut être calculée par la formule :

$$P_{p\%,tc} = 1.13 \cdot P_{maxj,p\%} \left(\frac{t}{24}\right)^b$$

Tel que :

$P_{maxj,p\%}$: pluies maximales journalières

b : paramètre climatique de la station.

- **Le coefficient de ruissellement :**

Le coefficient de ruissellement C signifie le pourcentage des eaux écoulées sur la terre saturée de pluies par rapport à la quantité totale des eaux courantes, il dépend de :
- La nature du sol.
- L'état de végétalisation sur la terre écoulée.
- dépendant de la pente du bassin versant.

$$C = \frac{\text{hauteur d'eau ruisselée en mm}}{\text{hauteur d'eau précipité en mm}} * 100$$

- **Choix du coefficient de ruissellement :**

Le coefficient de ruissellement est estimé par la méthode préconisée de KENESSEY qui est la somme de trois (03) coefficients partiels

***Coefficient C1 : dépendant de la pente du bassin versant*.**

Tableau V-3 Coefficient C1

Pente	C1		
≤ 3,5 %	0,01	0,03	0,05
Entre 3,5 et 11 %	0,06	0,08	0,10
Entre 11 et 35 %	0,12	0,16	0,20
> à 35 %	0,22	0,26	0,30

Coefficient C2 : dépendant de la nature du sol (perméabilité).

Tableau V-4 Coefficient C2

Nature du sol	C2		
Imperméable	0,22	0,26	0,30
Peu perméable	0,10	0,15	0,20
Perméable	0,06	0,08	0,10
Très perméable	0,03	0,04	0,05

Coefficient C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant.

Tableau V-5Coefficient C3

Couverture végétale	C3		
Rocheux	0,22	0,26	0,30
Prairie	0,17	0,21	0,25
Labours champs	0,07	0,11	0,15
Forêt et territoire sableux	0,03	0,04	0,05

b/ *La méthode de Fuller II :*

$$Q(T) = (1+ a \log T)(A^{0.8}+\frac{8}{3} A^{0.5}) \frac{4}{3} \frac{N}{100}$$

Q(T) : Debit de pointe en m^3/s de période de retour T

A : Surface du BV(>10 km^2)

a : Coefficient variant entre 0,7et 0,8

- ✓ a= 0,8 regions humides
- ✓ a=2 régions arides
- ✓ a= 3 à 3,5 oueds sahariens

N : Coefficient régional A : superficie du bassin versant en Km^2

- ✓ N=80 en plaine
- ✓ N=85 en région accidentée
- ✓ N=100 en montagne

c/ *La méthode de Mallet -Gauthier :*

$$Q(T) = 2.K.Log(1+aH).(S/L^{0.5}).[1+4Log(T)-Log(S)]^{0.5}$$

Q= débit fréquentiel de pointe en m^3/s
S=Surface B.V en Km
T : période de retour (10 ans)
H : hauteur moyenne annuelle des pluies (mm)
a= coefficient d'influence (pris égale 20 en Algérie)
K= coefficient variant de 0.5 à 6 (on retiendra K=2)

La connaissance et la détermination de ces paramètres sont indispensables pour la prédétermination des débits de projet nécessaires pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques .

Application du projet :

- **Temps de concentration :**

Tableau V-6 Résultats de calcul de Tc

	Giandotti	SCS	Espagnole	Us corps of Engineers	Bransby Williams	La moyenne
Tc(h)	**20.45**	**25.9**	**25.02**	**23.19**	**28.37**	**24.58**

- **Intensité de pluie :**

$I_{(tc,100)} = \frac{a(100)}{tc^b} = \frac{35,2}{24.58^{0.75}} = 3,18$ mm/h

$I_{(tc,10)} = \frac{a(10)}{tc^b} = \frac{18,7}{24,58^{0,75}} = 1,69$ mm/h

- **Coefficient de ruissellement :**

C = C1 + C2 + C3

Pente = 2 % alors C1 = 0.05

Sol peu perméable alors C2 = 0.2

Prairie comme couverture végétale alors C3 = 0.05*0.25+0.05*0.15+0.96*0.05=0.065

Donc C = 0.05+0.2+0.065 = 0,32

- **Estimation de débit :**

Tableau V-7 Résultats de calcul des débits

BV	PK	S (Km^2)	P_{tc} (100 ans)	Tc (h)	C	Turazza Q_{100} (m^3/s)	Fuller II Q_{100} (m^3/s)	Mallet-Gauthier Q_{100}(m^3/s)	Débit adopté (m^3/s)
1	34+800	1559.87	78.57	24.58	0.32	443.21	1286.29	1461.12	1373.70

V.3 Etude Hydraulique :

V.3.1 Assainissement transversal :

Aux intersections de la voie ferrée et des cours d'eau naturel, il sera construit des ouvrages hydrauliques qui devront assurer l'écoulement des eaux pluvial.

Ces ouvrages traversent l'emprise de la voie dans le sens de l'écoulement des eaux et sont implantés le long du tracé. Ces ouvrages sont des buses dont la génératrice supérieure est au minimum à 1m de niveau rail et un pont rail

Méthode utulisé :

Méthode de MANNING STRICKLER pour le dimensionnement :

Les écoulements superficiels interceptés par l'infrastructure ferroviaire seront rétablis par la mise en place d'ouvrages hydrauliques adaptés et réalisés dans les règles de l'art.

Ces ouvrages seront dimensionnés par la formule de MANNING-STRICKLER pour un événement pluvial d'occurrence centennale (T=100 ans)

$$Qs = V.\,Su \quad et \quad V = Kst\ J^{1/2}\ Rh^{2/3}$$

Kst : Coefficient de rugosité.

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

Rh : Rayon hydraulique = $\frac{\text{sélection mouillée}}{\text{Périmètre mouillé}}$

St : Section totale de l'ouvrage (m^2).

Su : Section utile de l'ouvrage b x Hu (m^2).

b : Largeur de l'ouvrage (m).

Hu : Hauteur utile (m).

Pour Ht ≤ 2,5 m → hauteur utile = 80 % hauteur totale

Les valeurs de coefficient K_s sont organisées dans le tableau suivant :

Tableau V-8 : Valeurs de Ks selon SETRA.

Ks	Valeur
Terre	30
Buses métalliques	40
Maçonneries	50
Bétons (buses et dalots préfabriqués)	70

Calcul la hauteur d'eau :

$Q = K_s * S_m * R_h^{2/3} * I^{0.5}$ Avec $S_m = b(0.8h)$

Avec : $R_h = \frac{0.8hb}{2*0.8h+b}$

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

Avec : Ks=30

b=27m

I=0.007

Q= 1373.70 m^3/s

On trouve h par itération :

H (m)	$\frac{1}{\left(\frac{Q}{Ks\ I^{1/2}}\right)^{3/5}}$	0.8hb	$(1,6h+b)^{2/5}$	$(1,6h+b)^{2/5}$ /0.8hb	
5	0.0227	108	4.1500	0.038	Non vérifie
6	0.0227	129.6	4.2208	0.0326	Non vérifie
7	0.0227	151.2	4.2936	0.0284	Non vérifie
8	0.0227	172.8	4.3647	0.0252	Non vérifie
9	0.0227	194.4	4.4340	0.0228	Non vérifie

Donc h=9m pour que $Q_S \geq Q_{apport}$

Tableau V-9 Liste d'ouvrage à projeter

BV	Exutoire au PK	P_{projet}(100ans) m^3 /s	Hauteur d'ouvrage	Description constructive
01	34+800	194.98	10,5 m	Pont rail

Le terrain est plat, ce qui nous a poussés à revoir quelques dimensions des ouvrages proposés et projeter en plus des ouvrages de drainages calculer des buses d'équilibres.

Buses d'équilibre :

Les buses d'équilibre ont pour rôle principal d'équilibrer les quantités d'eaux de chaque côté de la ligne ferroviaire. Leur positionnement exact a été donné par la configuration du terrain et du tracé.

Tableau V-9 Listing des buses d'équilibre

PK	Buse étude d'exécution
26+025	1000
27+325	1000
28+045	1500
29+575	1500
29+725	1500
32+025	1500
32+510	1500
33+125	1000
33+875	1500
34+450	1500
35+525	1500
35+925	1500
37+125	1500
38+425	1500
38+875	1500
39+475	1500
40+150	1500
40+925	1500
41+740	1500

V.3.2 Ouvrages d'assainissement longitudinaux :

Pour la détermination de l'intensité des averses, on a considéré une période de retour de 10 ans. Ainsi, pendant la grande partie de la vie utile du système de drainage, les débits entrants seront très inférieurs à ceux du dimensionnement.

Ce fait est particulièrement important lorsque les ouvrages hydrauliques sont implantés dans des pentes réduites qui favorisent des phénomènes d'ensablement pouvant avoir de graves conséquences sur la sécurité de l'ouvrage, en particulier s'il s'agit des organes principaux du système.

On a également adopté, pour la conception générale du système de drainage longitudinal, les principes suivants :

-Un fossé à section trapézoïdale sera mis en place dans les zones de déblai, au niveau des accotements de la plate-forme.

- L'écoulement des eaux du drainage longitudinal se fera toujours par gravité, sans avoir recours à des stations de pompage qui impliqueraient des coûts d'investissement initial et d'entretien du système plus chers.

-Dans les zones de déblai de grande hauteur, en vertu de l'inclinaison du terrain adjacent, des fossés de crête permettant d'éviter l'érosion des talus et l'accès des eaux de surface à la plate-forme seront prévus.

-Des fossés de drainage, de taille différente selon la quantité d'eau reçue, ont été disposés dans les déblais, des deux côtés du palier de la voie.

Pour le dimensionnement des fossés, on utilise la formule de Manning-Strickler

$$\mathbf{Q= K_S \times A \times R_h^{⅔} \times I^{½}} \quad \mathbf{et} \quad \mathbf{V = Kst\ J^{½} Rh^{2/3}}$$

- La surface mouillée : $Am = (b+z.h).h$

- Le périmètre mouillé $Pm = b+2h.\sqrt{1 + z2}$

- Le rayon hydraulique : $Rh = Sm/P$

Avec : - I pente longitudinale de fossé

- z la pente des berges

Les hypothèses suivantes ont été émises pour le dimensionnement :

- Coefficient de rugosité Strickler Ks = 50 (correspondant à des fossés consolidés, revêtement en béton grossier).

- Pente
- La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique au gradient du profil en long de la voie.
- Forme de construction
- Profil trapézoïdal avec déclivité du talus 2:3.
- Les fossés sont divisés en 3 types selon de débit nécessaire :
- Le débit à évacuer qui est la somme des 3 débits La plate-forme, les bermes et les talus :

Qa =Qpf +Qb +Qt.

- Le Calcul des débits se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a un remblai ou un déblai qui s'étend sur une grande longueur avec une hauteur importante.
Chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle :

$$\boldsymbol{Q = 0.278.\ C.\ I.\ A}$$

-Q : Débit de crue correspondant au bassin versant, avec une période de retour T (m^3/s).
-C : Coefficient de ruissellement
- I : Intensité de pluie (mm/h).
- A : Surface du bassin versant considérer : la plate-forme / les bermes / les talus, en (km^2)

Vérification des conditions d'auto curages :

L'auto curage c'est l'aptitude de conduite d'assainissement à transporter la particule solide, donc une bonne auto curage impose que la capacité de transport des particules solide soit suffisante pour éviter leur sédimentation et leur dépôt Pour vérifier ces conditions il faut vérifier :

- V > 0.6 m/s pour : Q = 0.1 Qps.
- V > 0.3 m/s pour : Q = 0.01 Qps
- Vps < 4 m/s

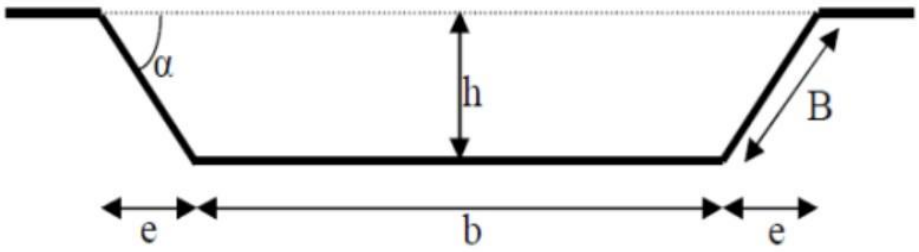


Figure V-2 : les dimensions d'un fossé trapézoïdale

Application au projet :

$S_m = (b+b+2e)\times h\ 2 = h\times(b+e) = 0{,}5\times (0{,}5+0{,}5) = 0{,}5\ m^2$

$P_m = b + 2B = b + 2 \times \sqrt{e^2 + h^2} = 1{,}91\ m^2$

Pour déblai i = 0,014 alors Q_s =1,08 m^3/s et V= 2,42 m /s

Pour remblais i= 0,01 alors Q_s= 0,9 m^3/s et V= 2,04 m/s

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

		CAS REMBLAI	CAS DEBLAI
		Le cas plus défavorable : Longueur=1819.79 m H_{talus}= 3.77 m Berme =0 m Largeur de la plateforme=8 m	**Le cas plus défavorable : Longueur=183.5m H_{talus}= 1.54 m Berme = 0m Largeur de la plateforme=8m**
Plateforme	**C_r**	0.7	**0.7**
	P(m/m)	0.04	**0.04**
	A(Km^2)	0.014558	**0.001468**
	Tc(h)	0.076	**0.024**
	I (mm/h)	129.19	**306.67**
	Q_{pf}(m^3/s)	0.365	**0.0876**
Talus	**C_r**	0.5	**0.5**
	P(m/m)	½	**2/3**
	A(Km^2)	0.00686	**0.00028259**
	Tc(h)	0.014	**0.0026**
	I (mm/h)	459.45	**1624.09**
	Q_T (m^3/s)	0.438	**0.063**
Q_a (m^3/s) (totale)		**$Q_{pf}+Q_B+Q_T$=0.803**	**$Q_{pf}+Q_B+Q_T$=0.1506**

Les dimensions retenues pour les fossés sont celles qui répondent à :

- **La condition de débit :**

Qa <Qs

- **Vérification d'auto curage**

Cas déblai avec Vps= 2.42 m/s

1 ère condition : Vécoulement > 0,6 m/s ; Pour $\frac{Q_a}{Q_{PS}}$ = 0,1

$\frac{Q_a}{Q_{ps}}$ = 0.1 alors $\frac{V}{V_{ps}}$ = 0,64 donc V= 0,64×Vps = 0,64×2.42 = 1,54 m/s Condition vérifiée

2 ème condition : Vécoulement > 0,3 m/s ; Pour $\frac{Q_a}{Q_{ps}}$ = 0.01

$\frac{Q_a}{Q_{ps}}$=0.01 alors $\frac{V}{V_{ps}}$ =0.32 donc V=0.32 ×V_{ps} = 0.32×2.42=0.77 m/s Condition vérifiée

3 éme condition : $V_{ps} < 4m/s$

V_{ps}=2.42 m/s < 4m/s Condition vérifiée

Cas remblais avec V_{ps}= 2.04 m/s

1 ère condition : Vécoulement > 0,6 m/s ; Pour $\frac{Q_a}{Q_{PS}} = 0,1$

$\frac{Q_a}{Q_{ps}} = 0.1$ alors $\frac{V}{V_{ps}} = 0,64$ donc V= 0,64×Vps = 0,64×2.04 = 1,30 m/s Condition vérifiée

2 ème condition : Vécoulement > 0,3 m/s ; Pour $\frac{Q_a}{Q_{ps}} = 0.01$

$\frac{Q_a}{Q_{ps}}$=0.01 alors $\frac{V}{V_{ps}}$ =0.32 donc V=0.32 ×V_{ps} = 0.32×2.04=0.65 m/s Condition vérifiée

3éme condition : $V_{ps} < 4$ m/s

Vps = 2.04 m/s < 4 m/s Condition vérifiée

En conclusion, les types des fossés adoptés pour notre projet sont : (tracé nous prenons un fossé de : h=0.5m, b=0.5m).

V.4 Conclusion :

A partir de l'étude hydrologique le trace comporte :

- Un pont rail
- 19 buses d'équilibres
- Un fossé de h=0.5m, b=0.5m le long du tracé sur les deux côtes de la voie.

CHAPITRE VI:
Profil en long

VI.1Introduction :

La constitution du profil en long est la tâche la plus importante par laquelle on peut évaluer un projet ferroviaire, soit sur le plan économique, soit sur le plan technique.

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la voie, développée et représentée sur un plan avec une échelle. En général le tracé d'une voie ferrée en profil est constitué par une succession de paliers et de déclivités reliés par des courbes

Le profil longitudinal sera défini par la projection horizontale de la cote de la file des rails des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé.

VI.2 Eléments géométrique du profil en long :

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

VI.3 Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Pour le bon tracé du profil en long il faut respecter les règles suivantes :

- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à certaines règles.

-Ne pas dépasser les déclivités maximales.

-Respecter les pentes minimales pour assurer un bon écoulement des eaux.

-Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.

- Eviter les hauteurs excessives en remblai et respecter les hauteurs maximales en déblai.

En voie ferrée, on recherche toujours à avoir les paliers dans le tracé pour faciliter la traction du train. Le profil en long et composées de paliers et de déclivités raccordés par des courbes de très grands rayons, qui ne nécessitent généralement pas de courbes de raccordement

VI.4 Paramètres du profil en long à respecter :

VI.4.1 Déclivité maximale :

La déclivité admise varie en fonction de sa longueur :

- En déclivité de longueur inférieure à 3000 m, elle ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.

- En déclivité de longueur comprise entre 3 000 m et 15 000 m, elle diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰.

- En déclivité de longueur supérieure à 15 000 m, la déclivité ne doit pas dépasser 13‰ et exceptionnellement 15‰.

VI.4.2 Rayon admissible en raccordements de profil en long :

Les valeurs des rayons minima admissibles en profil en long sont limitées pour tenir compte des considérations suivantes :

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

$$A_V=\frac{V^2}{3.6^2 * Rv}$$

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

Pour restreindre la variation brutale d'accélération verticale pour les circulations à vitesse maximale on doit limiter le rayon minimum de ces courbes. Il en résulte ci-dessous les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil, exprimés en mètres, à respecter (la vitesse V est exprimée en km/h) :

Tableau VI-1 : Valeurs de Rayon Vertical minimale [18]

Valeur limite normale	**0,35 ×V²**
Valeur limite exceptionnelle	0,25 ×V²
Points particuliers à des vitesses inférieures ou égales à 140 km/h (notamment les sauts de mouton)	0,15 × V²

VI.4.3 Détermination de la longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil

Entre deux accélérations verticales brutales, un temps assez long doit s'écouler afin de permettre à la suspension d'amortir le choc et d'éviter les effets conjugués de plusieurs accélérations rapprochées, sources d'oscillations importantes du véhicule. La valeur de la longueur minimale des déclivités constantes est donc limitée à :

[18] : Référentiels technique SNTF

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

Tableau VI-2 : les longueurs minimales des éléments de profil en long [19]

Valeur maximal normal	V/2=80
Valeur maximal exceptionnelle	**V/2,5=64**

VI.5 COORDINATION PROFIL EN LONG-TRACE EN PLAN :

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

• Eviter les coïncidences entre les rayons du profil en long et les rayons du tracé en plan (Positionner les points de changement de déclivité dans des éléments de tracé constants (alignements ou pleine courbe)).

• 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.

• Assurer un palier de 800 à 1200m pour l'implantation de la gare.

VI.6 Application au projet :

	Valeur maximale normale	Valeur maximale exceptionnelle
Vitesse en (km/h)	160	/
Rayon de raccordement de profil minimum en (m)	9000	6400
Longueur minimale des pentes/rampes	80	64
Déclivité maximum des pentes/rampes en pleine voie	16 $^{0}/_{00}$	16 $^{0}/_{00}$

VI.7 Conclusion :

D'après le profil en long du terrain naturel on remarque que notre tracé est situé dans une zone à terrain plat ce qui nous a conduit à passer par des pentes moyennement faibles.

On a une pente minimale de 0.8‰, une pente maximale de 14.1‰

On n'a pas prévu un palier le long des 17 km car la gare se situe après ce tronçon

On a un rayon minimal de 10000.00m

On a une hauteur de remblais maximale de 3.77m

On a une hauteur de déblai maximale de 1.54m

On a rencontré aussi un oued ce qui a donné nécessité à construire un ouvrage d'art

CHAPITRE VII :

Etude géologique et géotechnique

VII.1 Etude géologique :

VII.1.1 Introduction :

L'étude géologique est nécessaire dans toute étude pour un bon tracé, à détecter ses points critiques et à bien connaitre la nature du terrain qui servira d'assise de notre projet, afin d'éviter ou du moins limiter d'éventuels problèmes pouvant se poser en phase de réalisation ou après.

VII.1.2 La géologie de l'Algérie :

Le pays comprend quatre grands domaines du nord au sud :

- l'**Atlas tellien** (ou le Tell), constitué de reliefs escarpés et de plaines littorales dont les plus riches d'Algérie sont la Mitidja au centre, le Chelif à l'ouest et le Seybouse à l'est.
- **les Haut Plateaux**, sont une zone steppique localisée entre l'Atlas Tellien au nord et l'Atlas Saharien au sud.
- **l'Atlas saharien**, qui forme une longue suite de reliefs orientés NE-SO s'étendant de la frontière marocaine à celle de la Tunisie. Le plus haut pic de la chaîne est le djebel Chélia, dans les Aurès (Algérie), à 2 328 m d'altitude.
- **le Sahara algérien**, qui recèle l'essentiel des ressources en hydrocarbures, est un désert formé de grandes étendues de dunes (Erg Oriental et Erg Occidental), de plaines caillouteuses (regs) et parsemé d'oasis, qui sont autant de centres urbains comme El Oued, Ghardaïa et Djanet (. Le massif des Eglab à l'ouest et le massif du Hoggar à l'est forment, pratiquement, la limite méridionale du Sahara algérien.

VII.1.3 Cadre régional :

Les trois domaines paléogéographiques de l'Algérie du Nord sont séparés par des couloirs déprimés, bordés par des accidents tectoniques majeurs à déversement vers le Sud. L'accident sud atlasique sépare le domaine de la plate-forme saharienne du domaine atlasique.

Au Nord entre l'Atlas saharien et le domaine tellien (pays des nappes) s'intercale le couloir sud-tellien dit usuellement les « Hauts Plateaux » bordés au Nord par le front de la première nappe méridionale du système tellien. La ligne projetée dans le présent tronçon s'intègre dans le domaine des Hauts Plateaux, à la limite de l'Atlas Tellien. C'est une région qui présente différentes formes de relief; avec des altitudes variant généralement entre 400m et 1000m.

Le domaine des Hauts Plateaux (avant-pays alpin) se présente en une dépression allongée, grossièrement orientée SW-NE, dans laquelle s'est écoulé le matériel plastique de sédiments crétacés et tertiaires. Ces derniers forment une couverture sédimentaire réduite, dont les affleurements sont masqués souvent par des dépôts d'âge Quaternaire.
Ce domaine géographique est irrigué par des rivières ou des ruisseaux à régime saisonnière, néanmoins les plus importants (Oued Touil, Oued Leham, etc.). Leur courant est orienté suivant la direction générale des reliefs (SW-NE). Ils franchissent les chaînes montagneuses dans les zones de faiblesses (les failles et les formations meubles par exemple).

La ville de Tissemsilt (ex : Vialar) est une région à vocation agricole et pastorale, située dans la partie Nord-Ouest du territoire national. Elle s'intègre dans le domaine tellien externe (Maghrébides) de l'Algérie occidentale. Elle présente une allure géomorphologique plate à faiblement moutonnée et montre une élévation moyenne qui varie généralement entre 850 et 900 mètres au-dessus du niveau de la mer. Elle correspond, en majeure partie, au Miocène autochtone (ou sillon miocène) de Tiaret-Tissemsilt. Cette région est occupée par des formations géologiques d'origine marine ou continentale, tendres ou rocheuses, attribuées stratigraphiquement au Miop-Plio-Quaternaire.

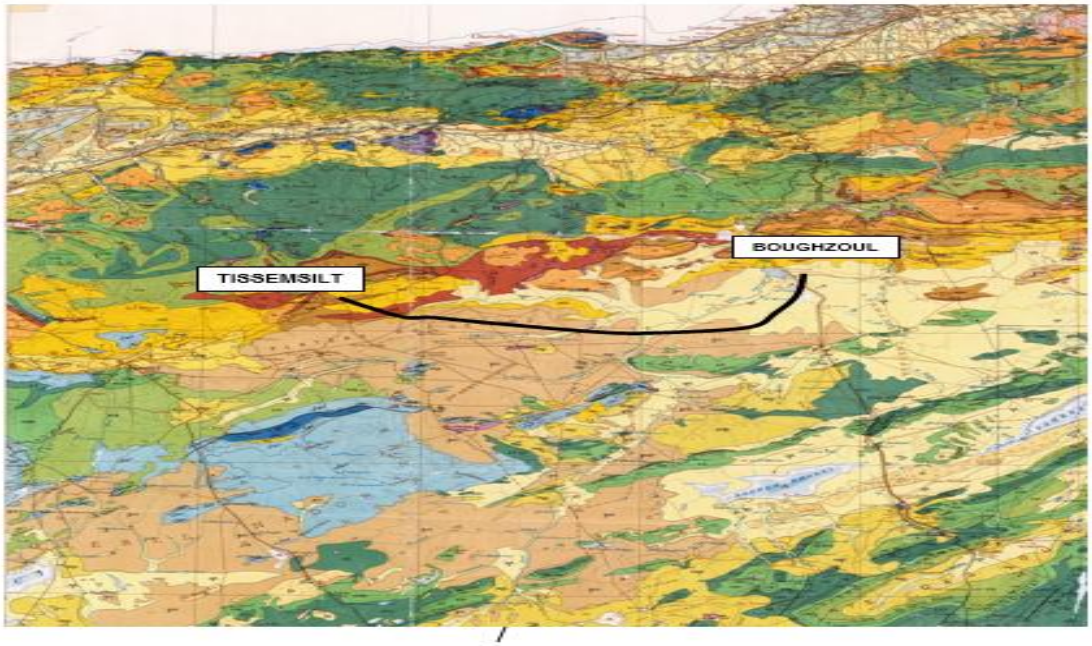


Figure VII.1 : La carte géologique 1/500 000

VII.1.4 Géologie local :

Sur le plan géologique le tracé s'étend généralement sur des roches cohérentes néogènes et Pliocene –Eocene, les grès et les marnes argileuse du Milocene ainsi que les formations alluvionnaire du quaternaires. Les niveaux rapportés au Miocène sont matérialisés généralement par des grès massifs en gros bancs – dit grès de Tiaret – ainsi que des marnes et des argiles à nombreuses intercalations silteuses et gréseuses allant de fines plaquettes à des bancs de plusieurs décimètres de puissance. Ils se présentent sous forme de couches à pendages qui varie rapidement et sur de faibles distances (effet de la tectonique). Ces formations, reposent, en profondeur, sur une succession argilo-gréseuse d'âge Jurassique, par le biais d'une discordance angulaire.

Les faciès attribués au Plio-Quaternaire sont constitués généralement de dépôts caillouteux et alluvionnaires, formés surtout de sables argileux. L'ensemble s'achève par une terre végétale de faible épaisseur.

VII.1.5 Cadre lithologie :

Du point de vue la litho-stratigraphie, les régions Tissemsilt et Djelfa sont caractérisées par la succession lithologique suivante :

- **Trias :**

Il est essentiellement formé de gypse, de dolomies, de calcaires, et de marnes. Les importants dépôts de gypses affleurent aux environs des communes de Lardjem et Tamelaht.

- **Jurassique** :

Les formations de cet âge affleurent uniquement sur le grand pic de l'Ouarsenis et ses alentours. Elles sont constituées de calcaires massifs, de calcaires à silex, de marnes et de marno-calcaires.

- **Crétacé :**

Ces affleurements sont largement développés sur le territoire de la wilaya excepté au sud ou ils paraissent sous les dépôts tertiaires. Les formations sont représentées par des schistes argileux, des marnes, des marno-calcaires, des argilites et des grès quartzifères**.**

- **Tertiaire :** Il est représenté par :

✓ **Paléocène :**

Il est constitué essentiellement de marne à intercalations carbonatées

✓ **Eocène :**

Il est constitué de calcaires massifs localement dolomitisés, des argiles et de marne affleurant au sud de la région.

- **Miocène** :

Il est constitué d'argiles, marne, grès et conglomérats. Il affleure à l'Est et à l'Ouest du chef de la wilaya.

- **Quaternaire :**

Il est représenté par le Plio-quaternaire et est constitué de dépôts caillouteux et alluvionnaires, limons, limons sableux, sables argileux, grès, conglomérats, poudings qui affleurent à l'Est de Khemsti.

VII.1.6 Cadre sismique :

La conception et la réalisation du projet devront tenir compte de la sismicité de la région et se référer à la réglementation.

Le projet en étude est situé dans une région ayant une activité sismique moyenne, (zone II a) d'après le RPA 99 VERSION 2003. L'ouvrage devra être conçu de façon de ce qu'il résiste aux plus fortes secousses telluriques.

La Willaya de Tissemsilt fait partie du groupe 1A, elle est située en zone sismique II a, dont la valeur de coefficient d'accélération est égale à 0.20 pour les calculs de génie civil et de stabilité.

La Willaya de Djelfa fait partie du groupe 1B, elle est située en zone sismique I, dont la valeur de coefficient d'accélération est égale à 0.12 pour les calculs de génie civil et de stabilité.

Zone 0 : sismicité négligeable Zone I : sismicité faible ;
Zone IIa, IIb : sismicité moyenne Zone III : sismicité élevée.

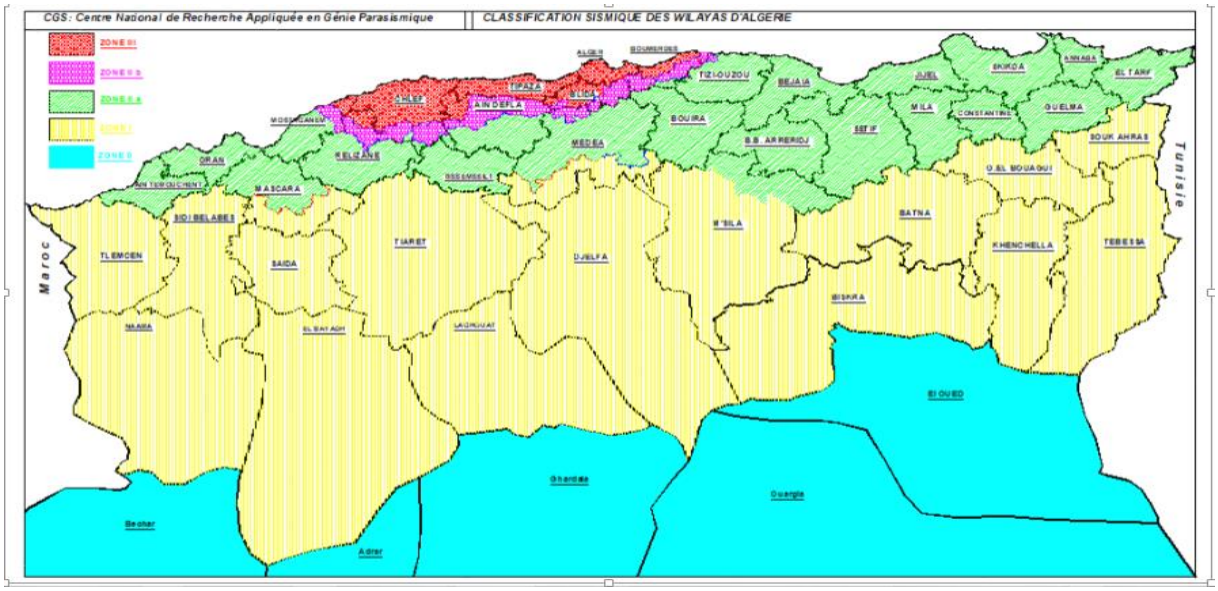


Figure VII-2 : Carte de zonage sismique de l'Algérie du nord établie après le séisme du 21mai 2003 [20]

VII.2 Etude Géotechnique :

VII.2.1 Introduction :

Dans premier temps ,on procède à des essais in situ en vue de déterminer la nature des terrains .On procède à des essais de compression simple, cisaillement, compression triaxiale, essais œdométriques, qui permettent de ca1culer : la stabilité des ouvrages en terre, les tassements des terrains sous les remblais et les pentes à donner aux talus de déblais et de remblais.

Les éléments géologiques recueillis doivent être complétés par des éléments géotechniques précis, conduisant à la connaissance du comportement du sol vis-à-vis des essais in situ. A ce stade de l'étude, on vise de connaitre les caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques des terrains,ces donnée serviront à classer les sols pour permettre à la détermination de la classe de la plateforme nécessaire au dimensionnement de la structure d'assise.

[20] : https://fr.scribd.com/document/469391437/RPA99-VERSION-2003-Carte-zonage-sismique-d-Algerie

VII.2.2 Objectif du programme d'investigations géotechniques :

-Détermination des conditions de fondation des remblais
-Détermination des conditions d'extraction et la nature des matériaux envisageant leurs réutilisations pour le corps des remblais
-Détermination la partie supérieure des terrassements (PST) et couche de forme
-Détermination de la portance des remblais et de l'arase, etc. ;

VII.2.3 Compagne de reconnaissance Géotechnique :

Afin de prévoir le comportement géotechnique des différentes formations que va traverser le projet du chemin de fer, une campagne d'investigation géotechnique in-situ, consistant à l'exécution des essais suivants :

- La réalisation de 13 puits de reconnaissance chaque 1.5 Km de 0 à 4m de profondeur avec les essais SPT dans les formations sableuses et alluvionnaires.
- Les essais de laboratoires sont réalisés selon les normes techniques de l'AFNOR en vigueur ou d'autres normes internationales existantes.

VII.2.3.1 Résultats des puits de reconnaissance :

Puits	PK	Profondeur	LITHOLOGIE
1	**24+500**	**0,00 – 0,30m** **0,30 – 0,70m** **0,70 – 3,00 m**	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et bocs Croûte calcaire, assez dure Tufs sableux à graveleux, peu caillouteux, rosâtres
2	**26+000**	**0,00 – 0,40m** **0,40 – 0,80m** **0,80 – 3,00m**	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Croûte calcaire, assez dure Tufs sablo-graveleux, par endroits, caillouteux, rosâtres
3	**27+500**	**0,00 – 0,35m** **0,35 – 0,80 m** **0,80 – 2,20 m**	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Croûte calcaire, dure Tufs sableux, graveleux, rosâtres avec passages consolidés par endroits
4	**29+000**	**0,00 – 0,20m** **0,20 – 0,45m** **0,45 – 1,00m** **1,00 – 3,00m**	Sable limoneux, graveleux avec galets en surface et racines végétales Sable gravelo-caillouteux avec galets Croûte calcaire assez dure Tufs sableux, graveleux, rosâtres
5	**30+500**	**0,00 – 0,30m** **0,30 – 1,00m**	Sable graveleux, peu caillouteux avec racines végétales Croûte calcaire assez dure à dure en profondeur
6	**32+000**	**0,00- 0,30m** **0,30 – 0,50m**	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Croûte calcaire dure
7	**33+500**	**0,00 – 0,30m** **0,30 – 0,50m**	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Croûte calcaire dure
8	**35+000**	**0,00 – 0,40m** **0,40 – 0,80m** **0,80 – 2,30m**	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Croûte calcaire dure Tufs sableux, peu graveleux à graveleux, rosâtres à blanchâtres (refus à 2,30m)
9	**36+500**	**0,00 – 0,30m** **0,30 – 0,80m**	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Croûte calcaire dure Tufs sableux, peu graveleux à graveleux, rosâtres (refus à 2,30m)

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

		0,80 – 2,60m	
10	**38+000**	**0,00 – 0,40m** **0,40 – 0,50m**	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Refus sur croûte calcaire dure
11	**39+500**	**0,00 – 0,40 m** **0,40 – 0,80m**	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Refus sur croûte calcaire dure
12	**41+000**	**0,00 – 0,50m** **0,50 – 0,80m** **0,80 – 3 m**	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Croûte calcaire dure Tufs sableux, peu graveleux à graveleux, rosâtres
13	**42+500**	**0,00 – 0,40m** **0,40 – 0,50m**	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Refus sur croûte calcaire dure

D'après les résultats ,la géologie révélée à partir des puits de reconnaissance montre un sol homogène, occupé par des tufs sableux, graveleux, par endroits consolidés, surmontés par une croûte calcaire, assez dure, située en général entre 0.40 et 0.90m de profondeur. Le tout est recouvert par des dépôts sablo-limoneux

VII.2.3.2 Essais au laboratoire :

Tous les échantillons prélevés à partir des puits de reconnaissance réalisés ont fait l'objet des analyses en laboratoire conformément aux normes en vigueur, ainsi le programme d'essai en laboratoire a consisté à l'exécution des essais suivants :

- **Essais d'identification :**
  - Analyses granulométriques.
  - Analyses sédimentométriques.
  - La teneur en eau
  - Le poids spécifique
  - Limites d'Atterberg.
  - Essais de propreté 'Equivalent de sable.
  - Essai au Bleu Méthylène VBS

- **Essais mécaniques :**
  - Essais Proctor modifié
  - Essais CBR imbibé

- **Analyse chimique**
  - Carbonates **Caco3**
  - Sulfates **SO4**

VII.2.3.2.1 Essais d'identification :

1) Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer quantitativement la distribution des particules de sol par classes de diamètres, elle s'effectue par tamisage pour les grains d'un diamètre supérieur à 80 µm.

2) Analyse sédimontrique :

L'analyse granulométrique d'un sol par la méthode de sédimentation a pour objet de déterminer la distribution pondérale de la taille des particules d'un sol fin.

Cet essai s'applique sur les particules passant au travers d'un tamis maille carré de 0.080 mm, cependant les particules d'une taille inférieure à 0.001 mm ne peuvent être différenciées, par cet essai.

3) La teneur en eau

La teneur en eau du sol se définit par le pourcentage d'eau contenue dans un sol

4) Le poids spécifique :

L'essai décrit dans le présent mode opératoire à pour objet la détermination du poids spécifique sec et humide et de la teneur en eau des sols fins. Ces caractéristiques sont déterminées par pesées avant et après séchage d'échantillons de sols de volume connu prélevés par battage d'anneau volumétriques

5) Limits d'Atterberg :

Cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action des variations de teneur en eau. L'essai s'effectue en deux phases :

- Recherche de la limite de liquidité à l'aide de l'appareil de Casagrande.
- Recherche de la limite de plasticité par déformations de rouleaux de 3 mm de diamètre.

6) Essai de propreté

L'équivalent de sable est un indicateur caractérisant la propreté d'un sable ou une grave. Il indique la teneur en éléments fins.

7) **Essai au bleu méthylène VBS:**

La valeur de bleu de méthylène d'un sol (VBS) mesure la capacité d'absorption d'un sol ou d'un matériau rocheux. Elle constitue un des paramètres d'identification de la classification des sols.

L'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être adsorbée par le matériau mis en suspension dans l'eau.

Les résultats des essais d'identification et de propreté des sols traversés par la nouvelle ligne ferroviaire Tissemsilt-Hassi el fedoul avec leur classification selon GTR (guide des terrassements routiers) sont donnés par le tableau récapitulatif si dessous:

Tableau VII-1 : tableau récapitulatif des résultats des essais d'identification et de propreté des sols et leur classification GTR

Puits n°	Profondeur (m)	Teneur en eau	VBS	Limites d'Atterberg				Granulométrie				Classification NFP 11 - 300
		%	%	WL	WP	IP	Ic	<50 mm	<2mm	<80µ	<2µ	
PU 1	1.40 – 2.20	17.25	0.78	49.58	26.60	**22.98**	**1.40**	95	70.00	44.00	20.00	**$C1A_1$** m
PU 2	1.00 – 2.00	12.32	0.59	47.78	27.74	**20.04**	**1.76**	94	67.00	45.00	14.00	**$C1A_1$ ts**
PU 3	1.00 – 1.80	10.8	0.57	55.31	31.37	**23.94**	**1.85**	89	64.00	37.00	10.00	**$C1A_1$ ts**
PU 4	1.40 – 2.30	10.72	0.23	36.32	18.85	**17.47**	**1.46**	88	67.00	31.00	7.00	**$C1B_5$ s**
PU 8	1.20 – 2.30	9.31	0.38	45.90	31.21	**14.69**	**2.49**	70	50.83	25.33	8.00	**$C1B_5$ts**
PU 9	1.30 – 2.20	9.05	0.34	61.31	22.12	**39.19**	**1.85**	88	65.38	48.64	7.00	**$C1A_1$ts**
PU 12	1.40 – 2.20	7.64	1.60	50.96	32.78	**18.18**	**2.38**	89	67.02	37.71	12.20	**$C1A_1$ts**

L'analyse granulométrique montre un pourcentage de passants à 80µ compris entre **9.05% et 17.25 %** .Ces résultats montrent qu'on est en présence d'un terrain à prédominance de **sols fins et parfois grenus**

Les résultats des limites d'Atterberg réalisés sur les échantillons ont donné des indices de plasticité « IP » variables entre **14.69%** et **22.98%** , et des limites de liquidité entre **36.32%** et **61.31%** . Selon la norme NF P 94–011, les valeurs de plasticité « IP » obtenu montrent que les sols sont **peu plastiques** .

Qualificatif de la fraction du sol constituée d'éléments inférieurs à 400 µm en fonction de l'indice de plasticité

Indice de plasticité (%)	Qualificatif
$I_P \leq 12$	non plastique
$12 < I_P \leq 25$	peu plastique
$25 < I_P \leq 40$	plastique
$I_P > 40$	très plastique

VII.2.3.2.2 Essais mécaniques :

1. Proctor modifié :

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

2. CBR :

Est un essai de portance qui donne l'aptitude des matériaux à supporter les charge des remblais et des couche de forme, il permet d'évaluer la traficabilité des engins des terrassements.

Tableau VII- 1 : tableau récapitulatif Des Essais mécaniques

Puits N°	Profondeur (m)	Proctor normal		Proctor Modifié		CBR imbibé						Indice CBR à 95 % de l'OPM
						56C/C		25C/C		10C/C		
		γ_d (t/m^3)	ω (%)	γ_d (t/m^3)	ω (%)	γ_d (t/m^3)	I_{CBR}	γ_d (t/m^3)	I_{CBR}	γ_d (t/m^3)	I_{CBR}	
PU 1	1.40-2.20	1.64	18	1.7	18.	1.7	28.	1.6	15.	1.5	7.5	14.77
PU 2	1.00-2.00	1.66	16.	1.7	18.	1.7	21.	1.6	16.	1.5	10.	14.98
PU 3	1.00-1.80	1.75	16.	1.8	16.	1.8	36.	1.7	23.	1.5	15.	27.61
PU 4	1.40-2.30	1.83	15.	1.9	12.	1.8	55.	1.7	34.	1.6	12.	42.03
PU 8	1.20-2.30	1.75	16.	1.7	16.	1.7	35.	1.6	25.	1.5	23.	26.25
PU 9	1.30-2.20	1.77	15.	1.7	15.	1.7	24.	1.7	17.	1.6	6.1	10.77
PU 12	1.40-2.20	1.60	19.	1.6	15.	1.6	47.	1.6	22.	1.4	6.8	24.11

Les résultats des limites d'essai Proctor sur les échantillons ont donné Les valeurs de densités optimale (γdOPM) varient entre 1.69 t/m3 et 1.91 t/m3 , Et des teneurs en eaux optimales (WOPM) varient entre 12.9 % et 18.4%, Ces résultats montrent que le matériau analysé, présente une forte densité au compactage,

Les essais de portance CBR ont donné bonne valeurs d'indices CBR à 95% de compacité, les valeurs obtenus varient entre 10.77% et 27.61%

Remarque : Un matériau dont I CBR ≤ 20 recommandé pour la couche de fondation

VII.2.3.2.3 Essai chimiques :

L'objectif de ces essais consiste à identifier la présence des éléments actifs dans les sols Les résultats Des Essais sont donnés par le tableau récapitulatif si dessous:

Tableau VII-3: Tableau récapitulatif des essais chimiques

Puits N°	Profondeur (m)	Carbonates CaCO3 (%)	Anhydrides carboniques (%)	Chlorures (NaCl) (%)	Sulfates (CaSo4,2H2o) (%)	Interprétation des résultats suivant la norme NF P18-011
PU 1	1.40-2.20	58	25.52	0.29	Traces	**Sol non agressif**
PU 2	1.00-2.00	56	24.64	0.47	Traces	**Sol non agressif**
PU 3	1.00-1.80	72	31.68	0.23	Traces	**Sol non agressif**
PU 4	1.40-2.30	70.68	31.10	0.23	Traces	**Sol non agressif**
PU 8	1.20-2.30	60.34	26.55	0.58	Traces	**Sol non agressif**
PU 9	1.30-2.20	73	32.12	0.41	Traces	**Sol non agressif**
PU 12	**1.40-2.20**	**53.44**	**23.51**	**0.53**	**Traces**	**Sol non agressif**

Le taux des carbonates varie entre 53.44% et 72% ce qui signifie que le sol non carbonaté donc le sol est caractérisé par des formations Tufs sablo-graveleux

L'échantillon de sol analysé présente un degré d'agressivité traces vis à vis du béton. Donc le sol est inorganique, sensible à l'eau et agressif. Le ciment ordinaire par endroit **n'est pas toléré** pour la **fabrication du béton au contact de ce sol.**

CHAPITREVIII :
Assise ferroviaire

VIII.1 Introduction :

Les couches d'assise contribuent à assurer le bon comportement de la voie ferrée des points de vue rigidité, tenue du nivellement et drainage. Elles comprennent la couche de ballast et la sous-couche.

Nous avons défini dans le chapitre constituent de la voie la couche d'assise, et afin de compléter ce dernier, nous présenterons dans ce chapitre le ballast, la sous couche et la plat forme .



Figure VIII-1 : Profil en travers de l'assise ferroviaire

VIII.2 Caractéristique et rôles des diverses couches d'assise :

VIII.2.1 La couche de ballast :

On appelle ballast le lit de pierres ou de graviers sur lequel repose une voie de chemin de fer. La couche de ballast proprement dit composé de pierre de granulométrie 25/50. De type plutonique : granite, diorite…etc. On utilise du gravillon fin (10 mm à 35 mm) pour le nivellement. Les carrières où l'on extrait et transforme ces matériaux sont appelées ballastières. Il est aussi possible d'utiliser le laitier (produit par les hauts-fourneaux) .

Rôle de ballast :

- La transmission des efforts engendrés par le passage des trains au sol, sans que celui-ci ne se déforme par tassement.
- Le rôle du ballast est aussi d'enchâsser les traverses afin d'assurer une résistance aux déformations longitudinales, particulièrement importante pour la technique des longs rails soudés
- Assure en raison de sa granulite particulière le drainage et l'évacuation des eaux superficielle
- Jeux le rôle d'un amortisseur de vibration très efficace grâce à sa propriété rhéologique (dissipation de l'énergie de vibration par attrition (contact des éléments)

Caractéristiques de ballast :

- **Résistance à l'attrition** : sous l'effet des charges concentrées et des vibrations, en raison de frottement de granulat de ballast aux points de contact entre eux, se produisent une usure. Ce fait se reproduit en laboratoire sous le nom ESSAI DEVAL. Le coefficient Deval selon le document de SNTF :

Deval avec DS	**> 14 pour les pierres dur (ballast)**
Deval humide DH	> 12 *pour les calcaires (pierres carbonatées)*

- **Resistance à la compression :** Les contraintes verticales transmises au ballast peuvent lui provoquer des ruptures, en effet, les granulats doivent présenter une résistance à la compression suffisante, elle est mesurée à partir d'un essai en laboratoire.

En Algérie, d'après le document SNTF :

Résistance à la compression RC	**> 14 KN/cm^2**

- **Résistance aux chocs :** Sous l'effet des contraintes transmises au ballast, il se produit un frottement des granulats entre eux, donc il faut réalise l'essai LOS ANGELES pour mesurer la résistance combinée à la fragmentation par chocs et l'usure par frottement réciproque des granulats. Pour un ballast acceptable le coefficient LA:

Los Angeles LA	**< 25%**

- **La dureté :** Elle est exprimée par le coefficient de la dureté relative globale, pour notre ballaste il faut :

La dureté relative global DRG	**>18 (il varie selon la nature des traverses et du trafic**

VIII.2.2 La sous-couche :

C'est une couche d'adaptation interposée entre ballast et plate-forme, cette sous- couche est pente transversalement de 3% à 5% vers des dispositifs d'assainissement longitudinaux, elle peut être selon la nature de la couche de forme sous- jacente, mono ou multi couche.

Rôle de la sous-couche :

- Protection contre l'érosion et le gel.
- L'évacuation des eaux.
- Meilleure réparation des chargements.
- Elle assure une transition de granularité entre le ballast et la plateforme, évitant la contamination du ballast.

Elle comprend :

Une couche de sous ballast : en grave bien gradué de 0 à 31,5 mm comportant ou moins de 30% de concassé et compacté à 100%, cette couche existe dans tous les cas même sur les plates formes rocheuses.

Une couche de fondation : les matériaux utilisés sont en générale soit des sous-produits de carrière de ballast, de tout venant d'oued ou du gravier bien gradué compacté à 95%.
Une couche anti contaminante : sable propre et complétée par une feuille géotextile.

VIII.2.3 La Plate forme :

La plateforme c'est la partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche. Le sol support dont la partie supérieure est compacté en couche de forme, qui a également une pente transversale de 4%. La plate-forme est constituée de sol rapporté dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai :

- **1 ère cas** : 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.

- **2 éme cas** : dans le cas de déblais elle est obtenue par compactage à 95% OPM sur une épaisseur minimale de 30cm.

Le sol constituant la plate-forme doit remplir plusieurs fonctions :

- La réparation des charges reçues par la superstructure.
- La protection contre la pénétration du ballast par les limons et par les argiles provenant du sol.
- Rabattement des eaux souterraines.
- L'amortissement des vibrations résultant de la circulation des véhicules.
- L'évacuation des eaux de ruissellement et zénithales vers L'assainissement.
- Le sous-ballast, la couche de fondation, la couche anti- contaminant et la couche de forme doivent être posés en pente transversale afin de mener l'eau de pluie vers l'assainissement.
    - 4% pente normale.
    - 3% pente posée dans les zones de désert.
    - 5% pente posée dans les zones littorales.

VIII.3 Classe de qualité des sols :

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

- ✓ La nature géotechnique du sol, à cet égard, on utilise l'indentification géotechnique évoquée dernièrement (fiche 719R)
- ✓ Les conditions hydrauliques et hydrologiques locales, qui sont donnes si :

• La couche supérieure du sol considéré est hors de toute nappe naturel (niveau de cette dernière est 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 plat forme et les dispositifs longitudinaux au transversaux d'assainissement sont en bon fonctionnement.

• Si l'une au moins de ces trois conditions n'est pas remplie, les conditions hydrologiques sont réputées mauvaises ;

•On distingue, alors selon les paramétrés ci-avant les quatre classes de qualité des sols notées ci-après :

Tableau VIII-1 : la classe de qualité des sols

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 ρ_d < 1,7 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 ρ_d < 1,7 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)
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 < MDE ≤ 40 et 30 < LA ≤ 40	QS2 (2)
3.1 Sols comportant moins de 5 % de fines (1) 3.2 Roches dures Par exemple : Si MDE ≤ 25 et LA ≤ 30	QS3

Le tableaux ci-après donne la classification du sol GTR + UIC, pour tous les puits de reconnaissance réalisés :

Puits n°	PK	Granulométrie		Limite	VBS	Classification GTR et NF P11-300	Classe de qualité du sol
		50	0,08	I_p			
PU1	**24+5**	78	44.00	**22.98**	0.78	**$C1A_1$ m**	**QS1**
PU 2	**26**	76	45.00	**20.04**	0.59	**$C1A_1$ ts**	**QS1**
PU 3	**27+5**	99	37.00	**23.94**	0.57	**$C1A_1$ ts**	**QS1**
PU 4	**29+5**	99	31.00	**17.47**	0.23	**$C1B_5$ s**	**QS1**
PU 5	**35**	99	25.33	**14.69**	0.38	**$C1B_5$ ts**	**QS1**
PU 6	**36+5**	99	48.64	**28.19**	0.34	**$C1A_1$ ts**	**QS1**
PU 31	**41**	100	37.71	**18.18**	1.60	**$C1A_1$ ts**	**QS1**

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

Selon les résultats des essais géotechniques obtenues et la norme (NFP 11-300), les sols de la plate forme du projet, sont en grande partie de la **classe C** avec sous classe **C1A1** pour l'ensemble du tronçon.

Selon la fiche UIC 719R, la classe de qualité du sol de la plate forme, correspond globalement à la classe de sol type **QS1.**

VIII.4 Classes de portance des plates-formes :

On peut distinguer les trois classes suivantes de plateforme en fonction de la qualité de leur portance :

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

Le tableau suivant représente les classes de plateforme en fonction de la classe de qualité du sol support :

Tableau VIII-2 la classe la portance de la plate-forme (normes UIC 719R p.34)

Classe de qualité du sol	Classe de portance de la plateforme	Couche de forme mettre en œuvre pour avoir cette portance	
		Qualité	Épaisseurs min e_f(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	-

Plate forme proposé :

Compte tenu de ce qui précède, notamment la classe des qualités du sol support est en **QS1**, ainsi que les prescriptions données par les UIC nous conseillons d'opter pour une plate forme de type P3 (Bonne plate forme) dimensionnée préalablement pour un tel type de sol (QS3).

Couche de forme :

Les résultats des travaux du terrain et les résultats montre que si on envisage pour une classe **A2 ,** une bonne plate forme, c'est-à-dire de classe **P3,** on aura :

Sur les matériaux **QS1**, une couche de forme dont la qualité de sol est **QS3** et cela sur une épaisseur de **50 cm**.

VIII.5 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise :

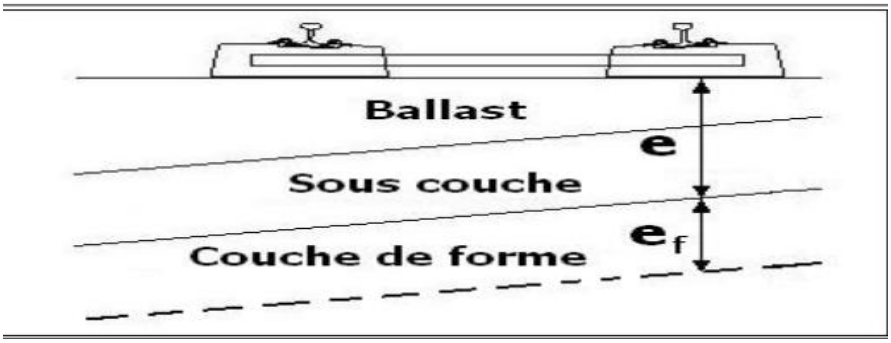


Figure VIII-2 : Epaisseur de la couche d'assise

L'épaisseur de la couche d'assise (e = épaisseur du ballast + épaisseur du sous couche) est donnée par la formule suivante :

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

- « E » - des classes de portance (P1, P2 ou P3).
- « a » - de l'UIC groupes (groupes 1 à 6, UIC 714).
- « b » - de la type de traverses.
- « c » - des conditions de travail.
- « d » - de la charge maximale d'essieu des véhicules.
- « f » - de la vitesse.
- « g » - d'installation de géotextiles

E : Elle est déterminée selon la classe, et qualité du sol support et la portance de la plate-forme:

E=0.7m pour les plates-formes de classe de portance P1.

E=0.55m pour les plates-formes de classe de portance P2.

E=0.45m pour les plates-formes de classe de portance P3 .

Valeur de a

a= 0 m : pour les groupe UIC1et2 ou les lignes à vitesse >160km/h quel que soit le groupe UIC.

a= -0.05m : pour le groupe UIC 3et4

a= -0.100m : pour les groupes UIC 5, 6,7, 8,9 avec voyageurs.

a = -0.15m : pour le groupe UIC 7, 8,9sans voyageurs.

Valeur de b :

b =0 pour les travers en bois de longueur L=2.60m.

b = (2.50−L)/2; pour les travers béton de longueur L

Valeur de c :

C =0, pour un dimensionnement normal.

C =-0.1m, pour les lignes autre de groupes UIC7, 8,9sans voyageurs

C =-0.05 pour les lignes de groupes UIC7, 8,9sans voyageurs

Valeur de d :

d =0m : lorsque la charge maximale d′essieu ne dépasse pas 200KN .

d =0.05m: lorsque la charge maximale d′essieu ne dépasse pas 225KN.

d =0.12m: lorsque la charge maximale d′essieu ne dépasse pas 250KN .

Valeur de f :

f =0m : pour les lignes de V≤160Km/h et pour les plates forme de classe P3 des lignes quelle que soit la vitesse.

f =0.5m : pour les plates forme de classe P2 ou bien des lignes de V>160 km/h.

f =0.1m : pour les plates forme de classe P1.

Géotextile :

+ géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 et QS2.

0 géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS3.

l'épaisseur du ballast :

On adopte les valeurs suivantes (fiche UIC-719 R)

- 35 cm pour une vitesse > 200 km/h

- 30 cm pour une vitesse comprise entre 120 et 200 km/h

- 25 cm pour une vitesse comprise entre 80 et 120 km/h

- 20 cm pour une vitesse comprise entre 60 et 80 km/h

VIII.6 Application au projet :

On prend e= 30 cm.

E = 0,45 m pour la plateforme P3

a= - 0,10 pour ligne UIC 5

b=0.13 (L est la longueur du travers 2,24 m pour mon projet)

c= 0,00 m pour voie nouvelle
d= 0,00 m pour charge pour essieux 200 KN

f= 0,00 pour vitesse V≤ 160 KN/h

g= 0 couche de forme sol QS3.

e=0.45-0.1+0.13+0+0+0+0 =0.48 m

On prend e=0.5 m

-Bonne Plateforme P3

Ballast: 30 cm (sous traverse)

Sous-ballast : 20cm

Couche de forme de type QS3 : de 50 cm compacté 100 % de la densité sèche correspondant à l'optimum Proctor normal.

Épaisseur totale : 100 cm selon le type de sol rencontré

VIII.7 Conclusion :

Le dimensionnement nous a permis de mettre en évidence les épaisseurs des différentes couches devant être présentes pour supporter et diffuser la charge transmise par le matériel roulant. Nous avons respecté les normes de l'UIC en vigueur en Algérie.

CHAPITRE IX :

Profil en travers

IX.1 Introduction :

Le profil en travers est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

Un projet ferroviaire 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 » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, système d'évacuation des eaux etc.

Pour l'échelle des profils en travers, on opte souvent pour 1/100.

IX.2 Les types du profil en travers :

Il existe deux types de profil en travers qui sont :

IX.2.1 Profil en travers type :

Contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs de voie, pentes des surfaces et talus, dimensions de l'infrastructure et de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc.…).

IX.2.2 Profil en travers courant :

S'applique au PK indiqué, prend et mentionne toutes les données caractérisant la section transversale de la voie au PK considéré, notamment la cote du terrain naturel, la cote de projet et le dévers de la plateforme.

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance de 20 m.

IX.3 Les éléments du profil en travers :

Le profil en travers type doit indiquer tous les éléments suivants :

IX.3.1 Eléments de superstructure :

-Le type de rail utilisé.
-La valeur de l'écartement de la voie.
-La distance entre les axes (cas de plusieurs voies), pour notre projet on a une seule voie.
-Le type de traverse utilisé.
-La valeur de devers en courbe (maximum).

IX.3.2 Eléments d'infrastructures :

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

IX.3.3 Eléments du talus (remblai ou déblai) :

-La pente de chaque talus.
-Les ouvrages de consolidation éventuelle telle que les murs de soutènement.

IX.3.4 Eléments d'assainissement :

-Type et dimensions des fossés (assainissement longitudinale).

IX.3.5 Eléments de protection de la voie :

-Butée en terre en cas d'ensablement
-Ecrans de protections contre les chutes de pierres

IX.4 Profil en travers type de mon projet :

Pour notre projet on caractérise nos profiles en travers comme suit :
-Type de ligne : Voie unique.
- Ecartement de la voie : 1.435 m (standard).
-Largeurs de la plate-forme :8 m.
-Pente latérale de la plate-forme : 4%.
- Entraxe : 4,2 m
-Pente latérale de la couche de ballast : 3/2
- Epaisseur du ballast : 30 cm.
-Epaisseur du sous-ballast : 20cm.
-Epaisseur de la couche de forme : 50 cm.
-Pente (déblai : 3H /2V et remblai : 2H / 1V).
-Fossé trapézoïdale (b= 0.5 m ; h= 0.5 m).

IX.5 Calcul des cubatures :

Les cubatures de terrassement c'est l'évolution des cubes des déblais et des remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne de projet.
Les éléments qui permettent cette évolution sont :
- Les profils en long.
- Les profils en travers.
- Les distances entre les profils. Pour notre projet, le calcul des cubatures de terrassement a été fait à l'aide du logiciel CIVIL 3D 2021, les détails de calcul sont joints dans l'annexe.

Tableau suivant représente les résultats de calcul automatique :

Tableau IX-1 Les cubatures de terrassement

Volume déblais (m^3)	Volume remblais (m^3)
71 995.63	1 358 037.77

IX.6 Conclusion :

Le bon dimensionnement du profil en travers et la couche d'assise tout en respectant les normes permettre à la voie de supporter et transmettre la charge provoquée par le matériel roulant, et garantir une longue durée de vie.

CHAPITRE X :

Les ouvrages d’art

X.1 Introduction :

Pour concevoir un meilleur tracé qui répond aux exigences techniques et économiques tout en assurant la perméabilité transversale de la ligne ferroviaire a projeté et le franchissement des différentes infrastructures existantes et aussi les cours d'eau, on doit doter cette nouvelle ligne des ouvrages d'art suivants :

- **Ponts rail** (ouvrages ferroviaires) :

• Pont sur oued.

• Passage inférieur.

- **Ponts routiers** :

• Passage Supérieur

- **Les ouvrages hydrauliques** :

• Dalot (détaillé dans le chapitre de l'assainissement et hydrologie).

X.2 Influence sur le choix du type d'ouvrage :

Dans tous les cas le choix du type d'ouvrage dépend des contraintes imposées, ces conditions sont de deux sortes :

- **Données naturelles :**

Ecoulement des eaux nature du sol, etc….

- **Exigences techniques :**

Elles sont portées, programme de charge gabarit, etc….

Toutefois, les contraintes dimensionnelles et fonctionnelles sont :

- l'obstacle franchi
- Gabarit.
- Tirait d'eau.
- Adaptation architecturale à la région

X.3 Les croisements avec la route :

En général, le problème de croisement doit prendre en considération la nature et le débit de la voie, l'analyse au cas par cas tous les types de croisement en fonction de la vitesse de base maximale doit être faite. On prévoit en effet, trois solutions possibles :

Passage supérieur : On appelle passage supérieur un ouvrage de franchissement à un niveau supérieur d'une route ou d'une voie ferrée ou d'un canal.



Figure X-1 :Passage supérieure

Passage à niveau: lorsqu'il y a un Croisement d'une route et de rails de chemin de fer. Ces passages peuvent être protégés par des barrières, des feux et un signal sonore ou simplement d'un stop. Le passage à niveau est pour les routes de faible débit surtout



Figure X-2 : Passage à niveau

Passage inférieur : La vitesse de train est importante >100km/h et si la topographie et nature de zone ne le permet.



Figure X-3 : Passage inférieur

X.4 Les ouvrages d'art de notre projet :

Liste des ouvrages d'art pour mon projet :

Tableau X-1 Liste des ouvrages d'art pour mon projet

Type de passage	Localisation
Pont route	25+925
Pont route	27+160
Pont route	29+656
Pont route	31+460
Pont route	33+500
Pont route	35+075
Pont route	36+375
Pont route	38+580

X.5 Conclusion :

On peut conclure que dans notre projet les ouvrages d'art utilisé sont des passages supérieurs.

CHAPITRE XI :

Conception de la gare HASSI FEDOUL

XI.1 Introduction :

Une gare ferroviaire, est un endroit où les trains s'arrêtent pour faire embarquer, descendre des passagers, ou charger et décharger des marchandises. Construites avec le développement du chemin de fer, les gares peuvent être implantées en ville ou à la campagne, et être de taille plus ou moins importante.

Dans notre projet on va réaliser une conception de la gare de voyageurs de HASSI FEDOUL.



FigureXI-1 : Photo d'une gare

XI.2 L'emplacement de la gare :

La gare de Hassi El Fedoul se situe à la Wilaya de Djelfa exactement au PK 45 + 087,1 (PK début 44 + 639,51 et fin de gare PK 46 + 084,51).

XI.3Types des gares :

Gare de voyageur :

Les gares de voyageurs sont généralement implantées dans les grandes villes, et dans les lieux de grandes populations, ces gares sont chargées de tous installations pour recevoir les voyageurs.

Gare marchandise :

Les gares de marchandise sont implantées dans les lieux industriels, agricoles et commerciaux importants, à proximité des grandes villes, des ports, des mines, des raffineries de pétrole et des grands laboratoires.

Les gares marchandise sont chargées de toutes les installations pour le chargement, le déchargement et le stockage des marchandises. Émis et reçus par eux.

Gare mixte :

Ces gares seront implantées dans la ville industrielle, agricole et commerciale, et elles seront chargées de plusieurs installations pour recevoir les passagers et pour charger, décharger et stocker les marchandises délivrées par la gare.

Gare de croisement :

C'est l'une des plus petites gares, Ces gares sont implantées généralement sur les chemins de fer à voie unique, et elles sont chargées d'effectuer le travail de réception des trains des deux côtés de la gare en toute sécurité après l'arrêt de l'un des deux (ou sans arrêt).

XI.4Eléments de base dans la conception d'une gare :

La conception de la gare s'effectue en tenant compte des éléments suivants :

- **Catégories de la voie** :

Elle permet de déterminer le rôle et les constituants de la gare.

- **Le trafic** :

C'est un élément très important pour estimer et évaluer l'importance de la gare afin de l'aménager d'une manière convenable.

- **L'emplacement de la gare** :

Généralement, c'est l'élément qui définit et détermine les deux éléments précédents.

XI.5 Aménagement de la gare :

XI.5.1 Installation d'une gare à voyageurs :

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

- **Le bâtiment de voyageurs :**

C'est un espace réservé aux voyageurs dans lequel on peut trouver une salle d'attente, guichet de billet, poste de sécurité, kiosque...etc.

- **Les bâtiments à usages divers (B.U.D) :**

C'est un espace de service réservé aux agents de chemins de fer.

- **Quais :**

C'est une bande parallèle à la voie ferrée qui permet l'accès aux trains.

- **Abris de quais :**

C'est une installation sur le quai qui a pour but de protéger les voyageurs des intempéries.

- **Les passages sous terrain et les passerelles :**

Ils sont construits dans les gares afin de permettre aux voyageurs de traverser la voie et de changer le quai en pleine sécurité.

XI.5.2Installation d'une gare à marchandises :

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

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

XI.5.3 Marges de glissement à l'aval des signaux :

La marge de glissement est la section de voie située dans le prolongement d'un parcours train à l'aval d'un signal fermé, sur laquelle aucune autre circulation n'est autorisée.

La marge de glissement a pour but de minimiser les conséquences d'un accident et même en cas d'interdiction d'occupation, d'éviter une collision lorsqu'un train n'a pas pu être arrêté avant cette marge.

Selon UIC 741 Les longueurs de la marge de glissement sont définies comme suit :

- 50-200 m : selon la vitesse de la ligne, comme à l'aval des signaux de protection, des signaux d'entrée, des signaux intermédiaires ou de sortie :
  - LG = 200 m pour V ≥ 60 km/h
  - LG = 100 m pour 40 km/h ≤ V ≤ 60 km/h
  - LG = 50 m pour V < 40 km/h.
- 50 m : à l'aval des signaux de blocs.

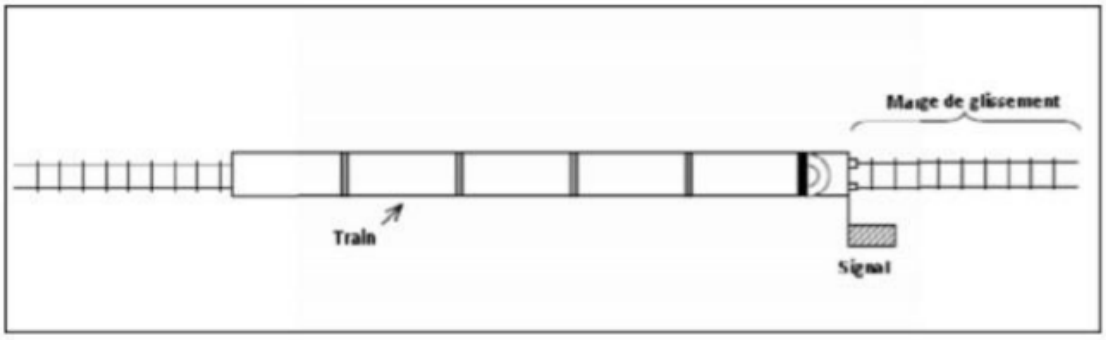


Figure XI -2 : schématisation de la marge de glissement

XI.5.4 Garage franc :

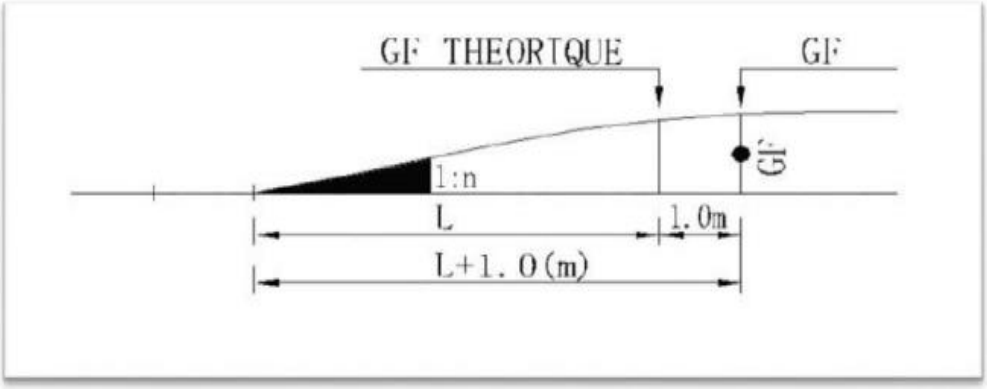
De part et d'autre de la voie de stationnement, il marque la partie de voie à occuper par les véhicules garés.

Le garage franc est implanté par rapport au cœur de l'appareil de voie à une distance D qui positionne l'élément.

$$D=3.57m$$

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

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



figureXI-3 : marque de limite de garage franc

XI.5.5 Heurtoir :

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

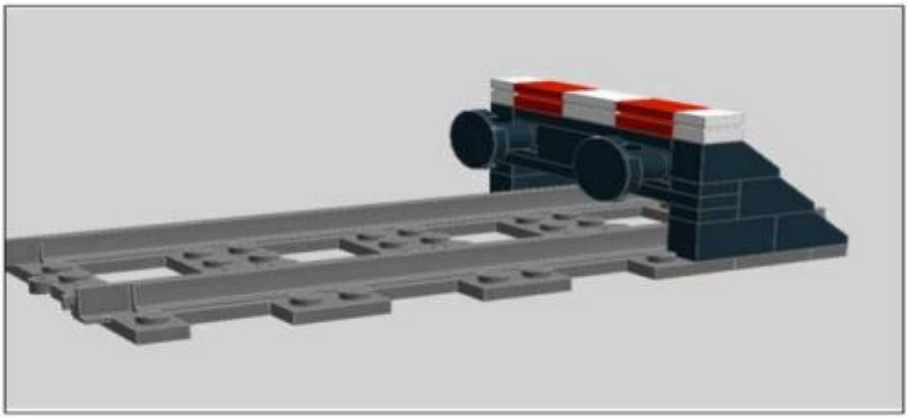


Figure XI-4 : un heurtoir

XI.6 Caractéristiques géométriques des gares :

XI.6.1 La longueur utile de la voie de stationnement :

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

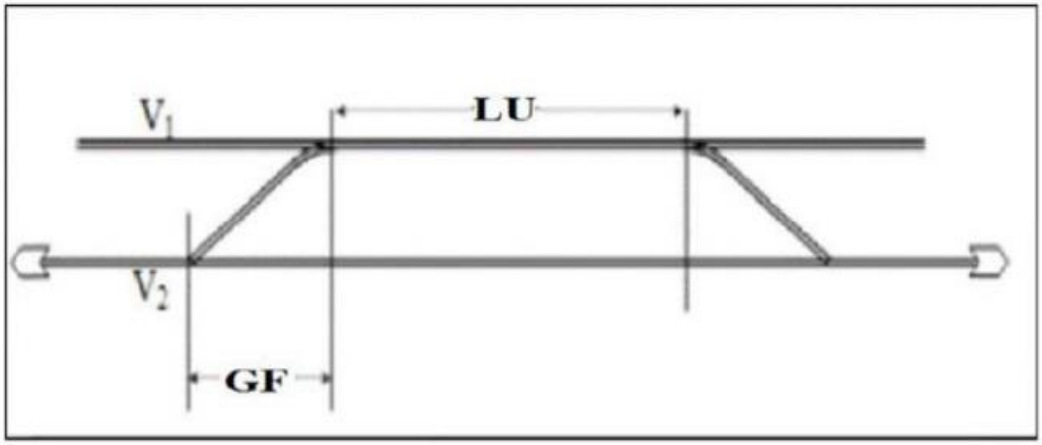


Figure XI-5 : longueur utile d'une voie de stationnement

LU=LG+LS+LT+LA+LC.

LU : longueur utile.

LG : longueur de glissement.

LS : longueur de sécurité.

LT : longueur maximale de train.

LA : marge de tolérance d'arrêt.

LC : tronçon d'isolation pour le système de contrôle.
La longueur utile est la distance séparant deux garages francs.
Selon la SNTF La longueur utile minimale est de :

- 1200 m : pour les trains voyageurs.
- 870 m pour les trains de marchandise (pour la voie principale et la voie de service)

XI.6.2 Déclivité dans les gares :

En gare, la déclivité est à limiter en fonction des activités qui y sont prévues.
Dans notre projet, la déclivité est de 0 ‰ afin d'éviter tous déplacement possible des trains.

XI.6.3 Quai :

1-Longueur de quai:

Selon les normes SNTF :

- Grande ligne 450 m.
- Service régional 350 m.
- Banlieue 225 m.

2-La largeur des quais :

La SNTF recommande pour une telle gare :

- Quai intermédiaire B > 8 m
- Quai extérieur B ≥ 6m 3.

3-Hauteur des quais :

La hauteur du bord du quai devra être de 350, 550 ou de 760 mm au-dessus de la surface de roulement, et cela selon le type du matériel roulant qui est susceptible de s'arrêter dans ce quai.
En se basant sur les normes de l'UIC 741 OR Une hauteur de quai de 550 mm est recommandée.

4- La distance à l'axe de la voie :

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

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

La valeur de S est donnée par la formule :

$$S\ (mm)= (3750/R) + ((I-1435)/2)$$

- R : le rayon de la voie (m).
- I : l'écartement de la voie (mm).

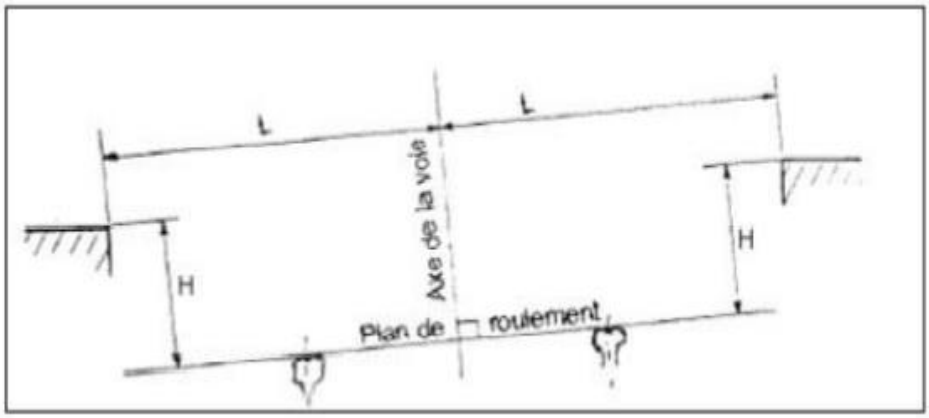


Figure XI-6: la hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie

5- L'entre axe des quais :

Selon SNTF :

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

XI.6.4 Les appareils de voie :

Un appareil de voie est un dispositif permettant d'assurer la continuité de la voie pour un itinéraire choisi parmi divers itinéraires divergents ou sécants. Le type de l'appareil est désigné par la valeur de tangente d'implantation exprimée sous la forme décimale. L'appareil de voie se compose de trois parties :

- Aiguillage
- la partie intermédiaire
- partie cœur (croisement).



Figure XI-7: Appareils de voie

Il existe trois catégories d'appareils de voie :

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

1-Conditions générales : (selon les recommandations SNTF)

Les appareils de voie seront implantés en déclivité constante. Il en sera de même des communications.

D'autre part, dans les zones situées à proximité d'un ouvrage d'art, les appareils de voie devront être situés à des distances minimales qui sont fonction de la longueur L de celui-ci:

Tableau XI-1: longueurs minimal de tracé[21]

Lmin	Longueur de l'appareil
≥20m	L ≤30m
≥50m	30m < L ≤ 90m
≥50m	L>90m depuis le côté opposé à l'appareil de dilatation

Remarque :

Si la longueur L rend obligatoire l'installation d'un appareil de dilatation, l'appareil de voie devra être implanté à une distance minimale de 100 m de l'extrémité de celui-ci.

2- Règles d'implantation :

En tracé en plan : L'implantation des appareils de voie s'effectuera conformément aux longueurs minimales du tracé retenues ci-dessous :

En pointe : La longueur minimale d'alignement (L1) devra être égale à Vd/2, Vd étant la vitesse exprimée en km/h de franchissement en voie déviée.

En talon de la branche déviée : Si la sortie d'appareil est en alignement La longueur minimale d'alignement à respecter devra être égale à Vd/2.

Si la sortie d'appareil est en courbe :

- **V_d < 100:** il conviendra de réserver un alignement de longueur minimale égale à Vd /2 ou de prolonger la courbe de l'appareil suivie elle-même d'un raccordement progressif

- **100 ≤ V_d < 160 :** il est conseillé de prolonger la courbe de la voie déviée par un raccordement progressif dans le même sens et ce pour toute situation nouvelle.

[21] : REFERENTIEL TECHNIQUE SNTF

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

- **$V_d \geq 160$:** la condition ci-dessus est obligatoire. Quelle que soit V_d, la longueur des raccordements sera calculée afin d'obtenir une variation maximale d'insuffisance de dévers $\Delta I/\Delta t$ de 75 mm/s (valeur normale) et 90 mm/s (valeur exceptionnelle).

En talon de la voie directe : Longueur minimale d'alignement L2, à réserver, doit être supérieure à 50m

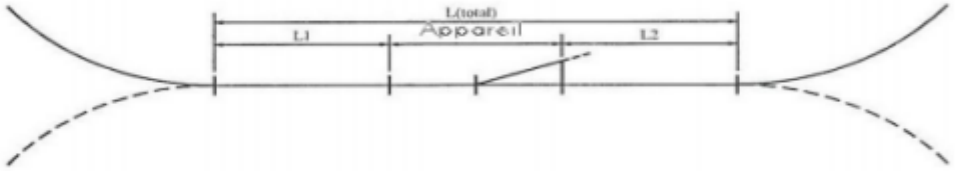


Figure XI-8 : schéma illustratif

Tableau XI-2 : Les branchements

Domaine d'emploi du branchement	Vitesse (Km/h)	Type de branchement
• **Dans les faisceaux de classement, remisage, voie de nettoyage et toutes les voies de manœuvre.**	40	R190- 1/7 tg (0,143) R190- 1/9 tg (0,111)
• **Comme branchement d'entrée et de sortie de voies de quais les trains de voyageurs** • **Dans un faisceau de transfert à la gare de marchandises** • **Dans la voie de circulation des trains marchandises**	50	R300-1/9tg (0.111)
• **Comme branchement d'entrée et de sortie des voies de quai utilisées par les trains de banlieue ou de voyageurs** • **Dans les communications des voies de lignes** • **Dans la bifurcation d'une voie de ligne comme branchement d'entrée et de sortie des gares**	60	R500-1/12tg (0.083)

XI.7Application au projet :

La gare de HASSI FEDOUL est une gare intermédiaire conçue comme gare voyageurs composée de trois voies de quai.
Les voies A (voie principale), B et C sont destinées à recevoir des trains d'une longueur maximale de 750m dont des séparations par des quais intermédiaires de 8m de large et de 300 m de long sont préconisées.
Cette gare intermédiaire sera caractérisée par un trafic voyageur moyen

- **Longueurs de la marge de glissement** :

Comme V ≥ 60 km/h alors LG = 200m

- **La longueur du quai** : Pour notre gare on prend 300 m comme longueur des quais, en considérant 4 wagons de 75 m.
- **Coordonnées des quais** :

Tableau XI-3 : Coordonnées des quais

Quai	Pts	X(m)	Y(m)
A	1	429007.723	3922240.218
	2	429009.215	3922246.030
	3	429299.786	3922171.405
	4	429298.294	3922165.594
B	1	429011.280	3922254.069
	2	429013.270	3922261.817
	3	429303.840	3922187.193
	4	429301.850	3922179.444

- **Largeur des quais** :

On prend
B= 6 m pour les quais extérieurs
B= 8 m pour les quais intermédiaires.

- **Hauteur des quais :**

On prend pour notre cas h= 55 cm.

- **Entre–axe des quais :**

On prend: e= 15.3 m (entre quai A et B).

- **La distance à l'axe de la voie :**

La gare est située en alignement droit donc R= ∞

$S = 3750 \times R + (I - 1435) \times 2 = 3750 \times \infty + (1435 - 1435) \times 2 = 0$

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

- **La longueur utile d'une voie de stationnement** :

Selon le maitre de l'ouvrage longueurs utiles des voies de la gare sont

- ✓ **Voie A :** Lu= 1460 m

- ✓ **Voie B** : Lu=1200 m
- ✓ **Voie C** : Lu=1150m (voie de service)

- **Longueur de garage franc :**

Pour l'appareil de voie type 1/12 : lg= 44m
Pour l'appareil de voie type 1/9 : lg= 38m

- **Coordonnées des GF :**

Tableau XI-4 : Coordonnées des GF

N°	X(m)	Y(m)
1	428789.5108	3922307.5135
2	428847.3208	3922296.2802
3	428824.8097	3922303.8460
4	430031.6301	3921993.9086
5	430008.2570	3921998.1271
6	430064.3258	3921980.1139

- **Le passage souterrain :**

Il permet le franchissement sans risques des voies.

Pour notre gare, un passage souterrain est conçu pour les déplacements des passagers au sein de la gare, entre les quais et les bâtiments des voyageurs dont les dimensions sont :

La largeur doit être : B ≥ 2.4 m, donc on prend : B= 3 m
La hauteur doit être : H ≥ 2.4 m, donc on prend : H= 3 m

- **Coordonnées des heurtoirs :**

Tableau XI-5 : Coordonnées des heurtoirs

N°	X(m)	Y(m)
H1	428810.696	3922309.779
H2	430046.856	3921992.306

- **Appareils de la voie**

-02 appareils type UIC 60- 500-1/12 DD
-02 appareils type UIC 60- 500-1/12 DG
-01 appareil type UIC 60- 190-1/9 DD.
-01 appareil type UIC 60- 190-1/9 DG.

Tableau XI-6 : Piquetage des appareils de voie

N°	PK	Type d'appareil	Déviation
01	44+639.510	UIC 60- 500-1/12	DD
02	44+698.510	UIC 60- 500-1/12	DG
03	44+781.986	UIC 60- 190-1/9	DD
04	45+895.020	UIC 60- 190-1/9	DG
05	45+976.630	UIC 60- 500-1/12	DD
06	46+038.040	UIC 60- 500-1/12	DG

XI.8 Assainissement de la gare :

Pour l'assainissement de la gare, le drainage longitudinal se fait par la mise en place de conduites perforées, circulaires et enterrées.

Des collecteurs fermés assureront l'évacuation des eaux de pluie vers l'exutoire naturel, une tête de buse sera mise en place sur chaque point de décharge.

Pour assure un bon drainage des eaux pluviales dans la gare, les quais doivent avoir une pente de 2% en toit, avec inclinaison transversale des plates-formes de 4%.

Le système de drainage des entre-voies évacue ses eaux à la sortie des ouvrages hydrauliques conçus pour les cours d'eau avoisinant ce système ou dans le fossé longitudinal au pied du remblai de l'infrastructure ferroviaire.

Pour le bâtiment de voyageur le réseau sanitaire devrait se raccorder au réseau municipal existant, en fonction de sa capacité.

Si le drainage vers le cours d'eau n'est pas envisageable, rejeter les eaux dans le réseau municipal existant en prévoyant leur captage dans des puisards aux points bas et en s'assurant de respecter les critères de rejet.

Le système de drainage des voies des gares consiste en un drain-collecteur. Cet élément de drainage est formé d'un tube-drain qui recueille les eaux filtrées, sous lequel un collecteur en béton est placé. Le tube-drain décharge le débit recueilli dans le collecteur de transport dans des b ornes de visite placées tous les 50 m. Les débits transportés dans le collecteur sont déchargés tous les 300 m maximum pour assurer le bon fonctionnement du système.

XI.9 Profil en travers type

Voir l'annexe

XI.10 CONCLUSION :

La conception de la gare de HASSI EL FEDOUL est conforme aux normes en vigueur pour répondre aux exigences de sécurité et de confort, afin d'absorber la demande sur ce mode de transport qui ne cesse qu'augmenter au fil de temps.

CHAPITRE XII

Signalisation ferroviaire

XII.1 Introduction :

La signalisation ferroviaire est définie comme l'ensemble des systèmes destinés à contrôler le trafic ferroviaire d'une façon plus efficace et entièrement sécurisée .

Depuis leur naissance , les chemins de fer se doivent de garantir une circulation des trains sure et sans entrave . Des systèmes de commande et de sécurité sont donc nécessaires , et leur développement n'a cessé de croitre . Au fil du temps , la signalisation a évolué des signaux manuels jusqu'aux systèmes de contrôle commande informatisés .

XII.2 Les principaux risques ferroviaire :

- **Collision nez à nez :** il s'agit d'une collision frontale entre deux trains quand ils se trouvent face à face sur la même voie



Figure XII-1 : collision nez à nez

- **Collision par rattrapage** : c'est le risque de collision par l'arrière lorsqu'un train percute un autre train qui se trouve devant lui .



Figure XII-2 : collision par rattrapage

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

- **La collision avec un obstacle :** c'est le risque de rencontre avec un obstacle non ferroviaire (rocher, animal, véhicule…) par exemple le risque de collision sur un passage à niveau entre un train et une voiture. Ce risque est pris en charge par des dispositifs d'annonce des trains

- **Le déraillement** : incident ou accident dans lequel un véhicule ferroviaire sort des rails, totalement ou partiellement et dont l'origine peut être diverse (l'excès de vitesse, la manœuvre d'un appareil de voie au passage du train, une panne du système d'aiguillage ou au mauvais état de la voie ou du matériel roulant)

- Permettre un freinage sans risque par une distance d'arrêt suffisante dans certains cas, lamise en scène des signaux d'arrêt s'avère nécessaire :
- Signal d'annonce d'arrêt,
- Signal de ralentissement et de rappel de ralentissement indiquant au mécanicien une limitation de vitesse sur un aiguillage franche en voie déviée ou à l'entrée des gares ou encore à cause des travaux temporaires.

XII.3 Types de signalisation :

XII.3.1 Signalisation mécanique :

La signalisation initiale se fait à l'aide d'une signalisation mécanique :

• Les signaux sont envoyés à travers des ailes, des badges de couleur ou des panneaux mécaniques.

• La visibilité des badges est parfois difficile,

• leur permettent également d'observer de nuit ou par mauvaise visibilité, ces signaux comportent généralement un ou plusieurs feux,

• La signalisation mécanique est simple, peu coûteuse et facile à utiliser,

• Cependant, les commandes du signal sont lourdes et fragiles, et certains dysfonctionnements peuvent survenir.

XII.3.2 Signalisation lumineuses :

La signalisation optique est désormais plus populaire que la signalisation mécanique car elle présente plusieurs avantages par rapport à cette dernière :

• Plus grande sécurité de fonctionnement grâce à l'absence de pièces mécaniques,

• Meilleure visibilité de jour comme de nuit, même par temps de brouillard, (les feux utilisés pour la signalisation sont colorés pour une bonne perception des grandes longueurs d'onde (rouge et jaune) par l'œil humain, (le blanc est limité à la manœuvre pour éviter les interférences avec l'éclairage général) risque de confusion des lampes) .

• Disposition facile à voir des indications lumineuses.

• Le tableau lumineux est toujours allumé, une seule indication (jusqu'à deux) est affichée, et pas plus de 3 lumières sont visibles .

• facile à maintenir.

• Aux points d'information, les signaux mécaniques sont remplacés par un panneau unique pour une visualisation aisée.

• La possibilité d'introduire des signaux clignotants.

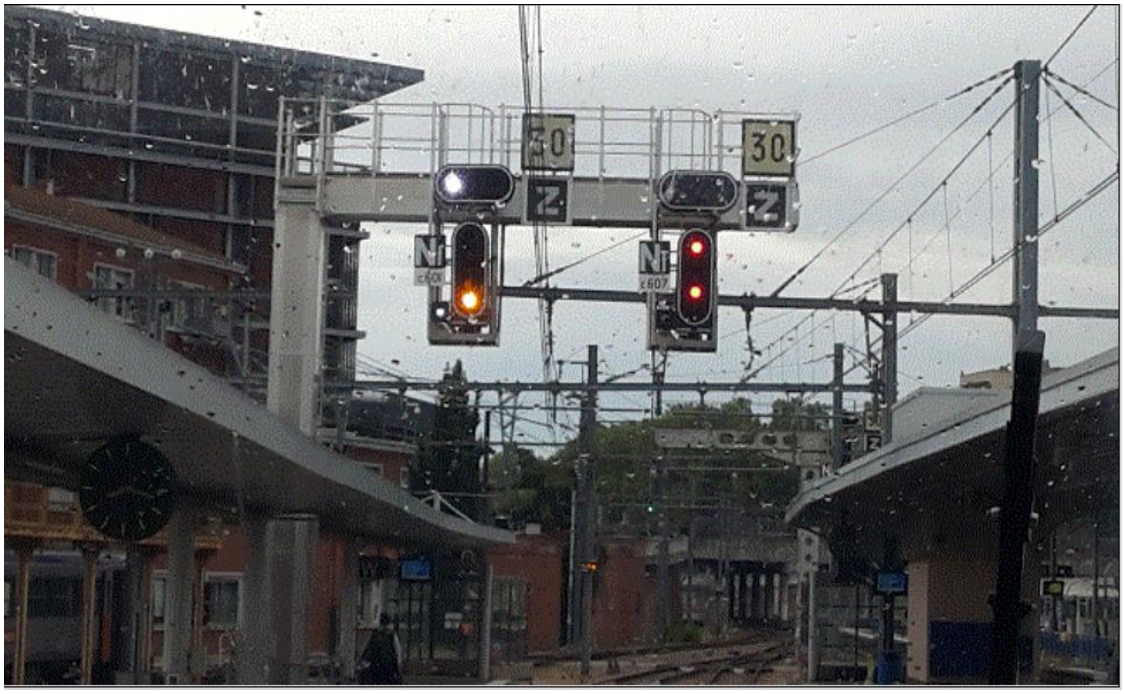


Figure XII-3 : Signalisation lumineuses

XII.4 Implantation des signaux :

L'implantation des signaux revêt une importance capitale car elle permet de communiquer des ordres aux conducteurs, et conditionne ainsi la sécurité des circulations.

Les signaux ferroviaires sont divisés en deux catégories : les lampes et les panneaux. Le dernier est généralement sur le côté gauche de la voie, puisque les trains circulent sur la gauche sauf dans le cas où le positionnement n'est pas possible.

XII.4.1 Visibilité des signaux :

Deux principales conditions concernant la visibilité à partir des cabines de conduite :

- **Visibilité des signaux hauts :**

Les signaux hauts, supposés implantés à droite ou à gauche à 2,42 m de l'axe de la voie, et dont la hauteur est comprise entre 2,800 m et 6,3 m au-dessus du plan de roulement doivent être visibles à une distance supérieure ou à 10 m du plan de front des tampons.

- **Visibilité des signaux bas :**

Les signaux bas, supposés implantés à droite ou à gauche, à 1,75 m de l'axe de la voie et à 0,240 m au-dessus du plan de roulement, doivent rester continus -éléments visibles

XII.5 Principe de signalisation ferroviaire :

XII.5.1 Signalisation classique :

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

XII.5.1.1 Principe de cantonnement :

La ligne de chemin de fer est divisée en plusieurs secteurs que l'on appelle des cantons. Chaque canton, est protégé par un signal, le cantonnement le moyen généralement employé pour assurer l'espacement des trains circulant dans le même sens sur une même voie. Par principe, on n'admet que la présence d'un seul train dans un canton donné. Lorsqu'un train entre dans un canton, les essieux du train engendrent un court-circuit entre les deux fils du rail. Cela provoque la fermeture du signal à l'entrée du canton, il présente donc un feu rouge. Lorsque le train pénètre dans le canton suivant, le signal protégeant présente à son tour un feu rouge, alors que le signal du premier canton présente désormais un feu orange, Lorsque le train pénètre dans le troisième, le signal le protégeant donne l'indication feu rouge. Le signal du second canton donne l'indication feu jaune, et le signal du premier canton donne désormais l'indication voie libre. (Feu vert). Pour ce type de signalisation, il n'y a donc pas d'intervention humaine. C'est le train qui se protège lui-même

XII.5.1.2 Types de blocs :

Les différents systèmes utilisés pour gérer les signaux sont appelés "blocks", et selon la catégorie de ligne on utilisera l'un des trois types de blocks ci-dessous :

- Le block manuel (B.M.).
- Le block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R.).
- Le block automatique lumineux (B.A.L.).

-Le block manuel (B.M) : est caractérisé par des postes successifs dans lesquels des « gardes » actionnent les signaux de cantonnement. Ces postes sont connectés par une liaison téléphonique ou des blocks pour que les gardes annoncent le **passage des trains**. Lorsqu'un train est passé, le garde s'assure de la **libération complète du canton** par observation visuelle (ou par un dispositif approprié). Ce système, peu coûteux et dépendant essentiellement de l'humain, est encore employé dans les zones rurales où le chef de gare aval (destination) va appeler le **chef de gare** amont.

-Le block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R) : Blocage automatique avec autorisation restreinte : pour les lignes à trafic modéré .C'est un système automatique, mais la longueur des blocs est relativement grande (quelques kilomètres). L'avantage de ce système est qu'il est plus sûr Blocage manuel (réduit le risque d'erreur humaine) tout en conservant l'économie car le nombre de signaux implantés reste faible. De par son fonctionnement ce type de block ne permet pas des débits élevés sur une ligne.

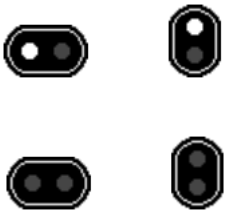
-Le block automatique lumineux (B.A.L) : est utilisé sur les lignes principales. Ce système est automatique et permet un débit maximal sur une ligne, d'autre part il autorise également un espacement réduit des circulations puisque le franchissement des signaux d'espacements fermés en marche à vue est autorisé (c'est un système "permissif").

C'est le système le plus souple pour régler les circulations, mais c'est aussi le plus onéreux (installation de nombreux signaux et postes de commande complexes).

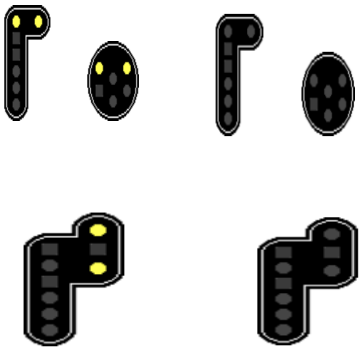
TableauXII-1 : Les principaux signaux ferroviaires et leur indication [22]

Signal	Indication	Signalisation lumineuse	Signalisation mécanique
Le feu vert - signal de voie libre (VL)	Le feu vert indique au mécanicien que la voie est libre, et que la marche normale est autorisée si rien ne s'y oppose.		
Le feu vert clignotant (VL)	ce signal commande au mécanicien de réduire sa vitesse à 160 Km/h le plus tôt possible		
Le feu jaune clignotant(A)	commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le signal annoncé à distance réduite par l'avertissement suivant		
Le feu jaune - avertissement (A).	commande au mécanicien de pouvoir s'arrêter avant le signal suivant : carré, sémaphore, carré violet; ou d'être en mesure de respecter un rouge clignotant.		
Le disque (D)	commande au mécanicien de passer en marche à vue aussitôt que possible, et de marquer l'arrêt au premier signal ou aiguillage rencontré		

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

Le feu rouge clignotant (S)	Le mécanicien qui rencontre ce signal peut le franchir en marche à vue, sans marquer d'arrêt, et sans dépasser la vitesse de 15 Km/h.		
Le feu rouge - sémaphore (S)	commande au mécanicien de s'arrêter avant le signal. C'est un signal d'espacement qui permet d'éviter le rattrapage des trains.		
Le carré (C).	C'est un signal de protection non franchissable. Il sert à protéger des aiguillages (croisements)		
Feu violet ou Carré Violet fermé + feu de Nuit	Commande l'arrêt, il est installé sur les voies de service, son ouverture seule		
Le feu blanc - manœuvre (M).	commande ou confirme au mécanicien d' observer la marche en manœuvre,		
Le feu blanc clignotant - manœuvre réduite (M).	Dans tous les cas, il interdit le départ en ligne d'un train.		

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

Le ralentissement 30 (R).	Il commande au mécanicien de ralentir à 30 Km/h pour le franchissement d'aiguillages.		
Le rappel de ralentissement 30 (RR).	Il confirme au mécanicien de ralentir à 30 Km/h pour le franchissement d'aiguillages.		
	Il commande au mécanicien de ralentir à 60 Km/h pour le franchissement d'aiguillages.		
Guidon d'arrêt	La bande rouge horizontale commande au mécanicien de s'arrêter avant le signal.		
La bande jaune	Elle indique au mécanicien que son train est dirigé vers une voie en impasse de longueur réduite		
Les feux de heurtoir	Ils servent à repérer de nuit, ou en gare, les heurtoirs de fin de voie		

XII.5.2 Signalisation moderne :

Le système de signalisation classique a été installé il y a 80 ans, il était révolutionnaire et adapté aux besoins de l'époque. Mais aujourd'hui, nous devons faire circuler plus de trains que jamais auparavant, et à mesure que le trafic et la demande augmentent, la SNTF doit installer l'ERTMS pour améliorer les performances et augmenter la capacité de trafic du réseau existant.

TableauXII-1 : Plaques d'identification et leurs indication [23]

Plaques d'identification	Indication
	un carré (ou d'un carré violet)
	un sémaphore de B.A.L
	Un sémaphore de B.A.P.R
	Un sémaphore de B.M
	Un disque
	un avertissement
	un guidon d'arrêt

Système de signalisation :

Dans la nouvelle ligne Tissmsilet-Boughzoul ,le type de système de signalisation choisi par le maitre d'ouvrage est ERTMS/ETCS Niveau 1 (Européen Rail Traffic Management System/European Train Control System) pour contrôler et surveiller la sécurité de la circulation des trains. Les composants ETCS viendront en complément du système de signalisation lumineuse classique, dont la fonctionnalité est entièrement maintenue

XII.5.2.1 Définition du système ERTMS :

L'ETCS est le principal composant de signalisation et de contrôle des trains de l'ERTMS (European Rail Traffic Management system). L'ETCS calcule en permanence la vitesse de sécurité maximale pour chaque train . Signalisation en cabine pour les systèmes du conducteur et de l'outil Véhicule embarqué qui reprend le contrôle en cas de dépassement de la vitesse autorisée.

[22] : https://geillon.pagesperso-orange.fr/trains/signaux/signaux.htm#Signalisation1
[23] : https://geillon.pagesperso-orange.fr/trains/signaux/signaux1.htm

Avoir, Standardisation des équipements au sol et des systèmes embarqués dans le cadre de l'ETCS
Sur des trains qui répondent aux différents niveaux rencontrés par l'ETCS.

Surveillance automatique (contrôle de la vitesse) des trains (ATP, train automatique) protection) est une autre caractéristique importante utilisée pour la première fois en Algérie ETCS. Si le train dépasse la vitesse autorisée sur un tronçon ou franchit le signal arrêter, déclencher automatiquement le freinage d'urgence.

XII.6 Conclusion :

Avec l'avènement d'outils informatiques de plus en plus puissants, la signalisation ferroviaire a parcouru un long chemin ces dernières années et a grandement contribué à réduire les accidents et à faciliter la circulation des équipements faire défiler.

CHAPITRE XIII : Impact sur l'environnement

XIII.1 Introduction :

Dans cette partie, on présente une analyse des impacts directs et indirects du projet de la desserte ferroviaire a voie unique Tissmsilet-Boughzoul sur l'environnement social et naturel, tout en identifiant les zones sensibles et à protégé contre ces impacts. Afin d'assurer Intégration de notre projet dans le milieu récepteur et de réduire ses répercussions environnementales.

En général, l'étude d'impact sur environnement comprend trois parties importantes. La première est de présenter le projet sur la situation initial de la zone d'étude, ensuite une seconde partie illustre et évalue les impacts susceptibles d'être engendrés, enfin la dernière partie fait l'objet des mesures à envisager en faveur de l'environnement.

XIII.2 Analyse de l'état initial :

XIII.2.1 Environnement physique :

L'environnement physique regroupe l'ensemble des éléments (Climat, relief, insolation ...) qui entourent un individu ou une espèce et dont certains contribuent directement à satisfaire ses besoins.

Température	T max (°C) : 30° T min (°C) : 8°
Climat	La zone d'étude appartient à la zone climatique II
Sismologie	La région étudiée a une Sismicité faible. Classée dans la zone sismique II a
Relief	Notre traçons traverse un relief moyennement plat « Un mélange entre les hauts plateaux et les steppes »

XIII.2.2Environnement biologique :

Végétation Et Flore :

La végétation caractérisée la région de Tissmsilet est des forêts de chêne pins D'Alep et d'Alfa. Dans certains coins de la région on constate une désertification de la Nature et la végétation n'est représentée que par des restes de plantes d'Alpha .

La Faune :

La Faune est variée. Elle est typique des zones sahariennes et des hauts plateaux : oiseaux, Lézard, vipères, renards, Grand corbeau

XIII.2.3 Environnement socioculturel :

Population et habitat :

Il a une population de 294 476 habitants . (2008) personnes sur une superficie de 3 152 km². La densité de population est de 93 habitants par Kilomètres carrés.

XIII.3 Identification et description des impacts :

XIII.3.1 Les impacts positifs du projet :

La réalisation de cette nouvelle ligne, emmènera à la wilaya de media un développement sur le plan sécuritaire, économique, et touristique. Les retombées de cette voie :

- Le développement du réseau ferroviaire de la wilaya.

- Une réponse aux besoins de confort, et de la sécurité dans le déplacement .
- Une contribution au développement touristique de la wilaya.
- Le développement et la croissance économiques des régions traversées par le projet.
- Des emplois seront créés de façon temporaire pendant les travaux de construction et durablement après leur achèvement.

XIII.3.2 Les impacts négatifs du projet :

Les ressources naturelles concernées par les effets du tracé sont :

- **L'air** : La pollution résultant du fonctionnement des moteurs à combustion interne diesel est caractérisée par des émissions de polluant gazeux et l'évaporation d'hydrocarbures

- L'eau : Le risque peut provenir de tous les engins utilisés sur les chantiers (fuites de gasoil, d'huile, sans parler de vidanges sauvages), mais aussi d'équipements comme les centrales à béton utilisées pour la fabrication des travers, bâtiments pour les gare ….etc.

- La faune et la flore : Parmi les nombreux types d'atteintes au patrimoine, nous n'aborderons que celui de la faune sauvage. Les animaux utilisent des cheminements bien précis reliant des zones où ils trouvent de la nourriture et de l'eau à des endroits où ils peuvent se réfugier et se reproduire. Lorsqu'une nouvelle infrastructure ferroviaire vient perturber ces cheminements, les animaux cherchent à les rétablir et n'hésitent pas à traverser la voie ce qui occasionne des accidents.

XIII.4 Les mesures prises pour minimiser les impacts :

Impact sur la qualité de l'air :

Impact	Mesure
L'émission de poussières et de particules de taille variable Lors des terrassements	▪ Arrosage des pistes, notamment par vent fort et temps sec pour limiter les envols de poussières. ▪ Eviter les opérations de chargement et de déchargement de matériaux par vent fort. ▪ Vitesse de circulation des engins limitée à 30 km/h dans les zones sensibles à la poussière. ▪ Couverture ou protection contre le vent des stockages temporaires de matériaux pulvérulents.
D'épandage et le malaxage liants hydrauliques	▪ Pas d'épandage par vent supérieur à 40 km/h. ▪ Pas de circulation sur des surfaces venant d'être traitées. ▪ Etanchéité des épandeurs, afin d'éviter toute fuite lors du transport des produits

Impact sur la flore :

Impact	Mesure
▪ **Les déboisements** ▪ **La circulation des engins le long du projet en construction** ▪ **Le dépôt temporaire de matériaux (matériaux extraits lors des terrassements, ou nécessaires à la construction du canal…)**	▪ Les arbres doivent être déplacé et non pas déboisé. ▪ Eviter les dépôts de matériaux dans la Zone humides. ▪ La propagation de la poussière sera limitée par l'arrosage des voies de circulation sur le chantier par temps sec

Impact sur la faune :

Impact	Mesure
▪ **Implantation d'une infrastructure étrangère dans une zone de colonisation faunistiques** ▪ **Risque de perturbation liée au bruit et à la vibration**	La pose des barrières pour la faune le long des passages des forêts ou des zones de colonisation faunistiques ▪ Impact de vibration sera modéré dans le temps. ▪ Création des passages pour animaux par des dalots surdimensionner

Remarque : on peut utiliser les ponts routiers comme des passages Supérieur pour les animaux car le trafic est trop faible dans la zone d'étude

Type de passage	Localisation
Pont route	25+925
Pont route	27+160
Pont route	29+656
Pont route	31+460
Pont route	33+500
Pont route	35+075
Pont route	36+375
Pont route	38+580

Impact sur les habitats :

Impact	Localisation	Mesure
Destructions des constructions		Compensation financière aux habitants touchée
Suppression une partie d'une ferme	**PK 38+150**	Compensation financière aux habitants touchée

CHAPITRE XIV:

Devis estimatif et quantitatif

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	PU (DA)	Montant (DA)
1	**INSTALLATION DE CHANTIER ET ETUDE D'EXECUTION**				
1-a	Amenée du matériel et installation générale du chantier	F	1	100 000 000.00	**100 000 000.00**
1-b	Repliement du chantier	F	1	22 800 000.00	**22 800 000.00**
1-c	Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier	F	1	300 000 000.00	**300 000 000.00**
1-d	Etudes d'exécution	F	1	150 000 000.00	**150 000 000.00**
Coût total installation de chantier et études d'exécution (DA)					**572 800 000 .00**
2	**TERRASSEMENT**				
2-a	Décapage de terre végétale	m^3	40 896	300	**12 268 800 .00**
2-b	Remblais	m^3	1 358 037.77	900	**1 222 233 993.00**
2-c	Déblai	m^3	71 995.63	350	**25 198 470.50**
2-d	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme de 0,5 m ep	m^3	68 320	1 200	**81 984 000 .00**
2-e	Fourniture et mise en œuvre de la Couche de s/ballast de 0,20 m ep	m^3	27 328	3 200	**87 449 600.00**
Coût total des terrassements (DA)					**1 429 134 864.00**
3	**TRAVAUX DE LA VOIE**				
3-a	Fourniture et pose ballast (30 cm)	m^3	40 800	7 000	**285 600 000**
3-b	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 E (60,21 kg/m)	T	2 056.77	86 997.50	**178 933 848.10**
3-d	Fourniture des traverses en béton armé .	U	28 467	3 497.70	**99 569.02**
3-e	Fourniture des attachés (Type Nabla) pour railsUIC 60	U	56 934	498.40	**28 375 905.60**
3-f	Soudage électrique et aluminothermique	U	2 162	190 000	**410 780 000**

Coût total de la voie (DA)					**903 789 322.70**
4	ASSAINISSEMENT TRANSVERSAL ET LONGITUDINAL				
4-a	Fossés trapézoïdaux enbéton armé	ml	34 160	6 500	**22 204.00**
4-b	Buse en béton armé 1000	U	3	35 000	**105 000**
4-c	Buse en béton armé 1500	U	16	50 000	**800 000**
Coût Total De l'Assainissement Transversal et Longitudinal (DA)					927 204.00
5	**OUVRAGES D'ARTS ET GARE**				
5-a	Installation de chantier et amenée du matériel pose de la voie	F	1	679 070.00	**679 070.00**
5-b	Repliement	F	1	162 870.00	**162 870.00**
5-c	Etude d'exécution	F	1	1 019 050.00	**1 019 050.00**
5-d	Ballastage voie nouvelle	m^3	3 468	2 500.90	**8 673 121.20**
5-e	Fourniture des rails NEUFS UIC 60	T	173.4	86 997.50	**15 085 366.5**
5-f	Fourniture des travers bi-bloc	U	2 408	3 497.70	**8 422 461.6**
5-g	Fourniture des attaches pour rails UIC 60	U	4 817	498.840	**2 402 912.28**
5-h	Pose d'un appareil devoie simple type 60 E1 500 1/12	U	4	550 020.00	**2 200 080**
5-i	Pose d'un appareil de voiesimple type 60E1 190 1/9	U	2	417 944.00	**835 888.00**
5-j	Fourniture d'un branchement simple type 60 E1 500 1/12	U	4	7 550 048.00	**30 200 192.00**
5-k	Fourniture d'un branchement simple type 60 E1 190 1/9	U	2	6 284 201.00	**12 568 402**
5-l	Traverses de Garage Franc	U	12	3 497.70	**41 972.40**
5-m	Pont rail	U	1	45 000 000	**45 000 000**

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

5-n	Ouvrages d'art	U	8	15 000 000	**120 000 000**
5-o	Fourniture et pose heurtoir	U	2	329 300.00	**658 600.00**
5-p	Bâtiment de Voyageurs	F	1		**130 611 950.00**
5-q	Quais , abris de quai et passage souterrain de la gare				**134 297 440.00**
Coût total des ouvrages d'art et gare (DA)					512 859 376.00
6	**SIGNALISATION**				
Coût total du signalisation					205 965.78

Récapitulation

N° Lot	**Désignations des lots**	**Montants (DA)**
Lot N°01	Installation de chantier et étudesd'exécution	572 800 000.00
Lot N°02	Terrassement	1 429 134 864.00
Lot N°03	Travaux de la voie	903 789 322.70
Lot N°04	Assainissement transversal etlongitudinal	927 204.00
Lot N°05	Ouvrages d'arts et gare	512 859 376.00
Lot N°06	**Signalisation**	**205 965.78**

Montatnt total du projet HT (DA)	**3 419 716 733.00**
Montatnt de la TVA (19%)	649 746 179.30
Montatnt total du projet en TTC	4 069 462 912.00

CHAPITRE XV :

Conclusion

L'amélioration et l'aménagement des infrastructures de transports en générale et de secteur ferroviaire en particulier est la base de développement du pays cela permet de régler plusieurs problèmes contrairement aux autres modes de transport tel que les problèmes de circulations, le taux de croissance élevé, temps de parcoure, pollution. etc.

Comme l'Algérie est un pays peu développé dans le secteur ferroviaire considérant son énorme superficie plusieurs programmes de modernisation de réseau ferrée national ont été établi pour donner un nouveau souffle à notre économie.

Notre projet fin d'étude qui porte sur une étude APD d'un tronçon de 17 km (du PK25 au PK 42) de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique TISSMSILET –BOUGHZOUL rentre dans le cadre de ce programme de développement il permet d'améliorer les conditions d'exploitations, les performances du chemin de fer ainsi de relier ces villes au réseau ferré.

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter toute les normes existantes qu'on ne peut pas les négliger et on prend en considération le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement afin de faire un bon travail.

Ce projet de fin d'étude nous a permis d'enrichir nos connaissances, et de cerner tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet de chemin fer.

De plus, Ce travail nous a permis de développer notre côté informatique, par l'utilisation des logiciels comme AUTOCAD, CIVIL3D, GOOGLE EARTH …

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Conception du tracé de la voie courante V ≤ 220 km/h (version1 du 12/09/06 SNCF).

Fiches U.I.C :

- 703R : caractéristiques de tracé des voies parcourues par des trains de voyageurs rapides.
- 719R : couche d'assises ferroviaires

Cours voie ferrée 5eme année

Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF) à l'adresse URL : https://www.sntf.dz/, consulté en ligne le 02 Avril 2017.

Mémoires de voie ferrée école nationale des travaux publics.

ANNEXE

ANNEXE 01

Listing de la géométrie d'axe en plan

Client : ENSTP

LOGICIEL : civil 3D 2022

Préparé par : KOUASMI CHAIMA et RAHAL ASMAA

Date du rapport : 15 – 05 – 2022

Axe en plan : la ligne ferroviaire TISSEMSILT – BOUGHZOUL

Description : étude APD de la ligne de chemin de fer TISSEMSILT BOUGHZOUL

Plage d'abscisse : début : 25+000 ; fin : 42 +008

Tangent Data

Length:	8623.045	Course:	S 60° 47' 54.5874" E

Spiral Curve Data: clothoid

Length:	80.000	L Tan:	53.334
Radius:	4000.000	S Tan:	26.667
Theta:	00° 34' 22.6481"	P:	0.067
X:	79.999	K:	40.000
Y:	0.267	A:	565.685
Chord:	80.000	Course:	S 60° 36' 27.0386" E

Circular Curve Data

Delta:	24° 27' 05.0022"	Type:	RIGHT
Radius:	4000.000		

Length:	1707.029	Tangent:	866.709
Mid-Ord:	90.716	External:	92.821
Chord:	1694.105	Course:	S 47° 59' 59.4382" E

Spiral Curve Data: clothoid

Length:	80.000	L Tan:	53.334
Radius:	4000.000	S Tan:	26.667
Theta:	00° 34' 22.6481"	P:	0.067
X:	79.999	K:	40.000
Y:	0.267	A:	565.685
Chord:	80.000	Course:	S 35° 23' 31.8378" E

Tangent Data

Length:	4947.222	Course:	S 35° 12' 04.2891" E

Spiral Curve Data: clothoid

Length:	150.000	L Tan:	100.010
Radius:	1700.000	S Tan:	50.009
Theta:	02° 31' 39.9179"	P:	0.551
X:	149.971	K:	74.995
Y:	2.206	A:	504.975
Chord:	149.987	Course:	S 36° 02' 37.5450" E

Circular Curve Data

Delta:	40° 36' 25.1489"	Type:	LEFT
Radius:	1700.000		
Length:	1204.834	Tangent:	628.967

Kouasmi Chaima
Rahal Asmaa

Mid-Ord:	105.625	External:	112.622
Chord:	1179.776	Course:	S 58° 01' 56.7814" E

Spiral Curve Data: clothoid

Length:	150.000	L Tan:	100.010
Radius:	1700.000	S Tan:	50.009
Theta:	02° 31' 39.9179"	P:	0.551
X:	149.971	K:	74.995
Y:	2.206	A:	504.975
Chord:	149.987	Course:	S 80° 01' 16.0178" E

Tangent Data

Length:	66.517	Course:	S 80° 51' 49.2738" E

ANNEXE 2

Listing de la géométrie de profil en long

Client : ENSTP

Logiciel : CIVIL 3D 2022

Préparer par : KOUASMI CHAIMA et RAHAL ASMAA

Date : 03 / 06 /2022

Abscisse du PIV	Altitude du PIV	Talus d'entrée	Talus de sortie	A(changement de talus)	Type de courbe	Valeur K	Type de sous - entité	Longueur de la courbe	Rayon de la courbe
25+000	845.760		0.08%						
26+066 .74	846.569	0.08%	-0.65%	0.73%	Point haut	149.997	Courbe circulaire	108.958m	15000.000m
27+404.36	837.867	-0.65%	-0.52%	0.13%					
28+140.36	834.048	-0.52%	-0.35%	0.17%					
28+989.89	831.065	-0.35%	-0.15%	0.20%	Point bas	469.995	Courbe circulaire	95.438m	47000.000m
31+568.92	827.244	-0.15%	-0.48%	0.33%					
32+509.59	822.721	-0.48%	-0.42%	0.06%	Point bas	1499.955	Courbe circulaire	96.768m	150000.000m
33+223.65	819.747	-0.42%	-0.13%	0.28%	Point bas	499.994	Courbe circulaire	140.804m	50000.000m
35+651.74	816.475	-0.13%	1.41%	1.55	Point bas	99.991	Courbe circulaire	154.633m	10000.000m
36+139.78	823.365	1.41%	-0.69%	2.1	Point haut	99.993	Courbe circulaire	209.760m	10000.000m
37+239.98	815.817	-0.69%	-0.11%	0.58	Point bas	159.996	Courbe circulaire	92.270m	16000.000m
38+515.41	814.422	-0.11%	-0.12%	0.01					
39+531.12	813.171	-0.12%	-0.14%	0.02					
42+008	809.741	-0.14%							

ANNEXE C :

Coordinations des appareils de voies

Appareil N°	Pts	Coordonnées		
		X(m)	Y(m)	Type ADV
1	A	428727.563	3922325.230	60 500 1/12 DD
	B	428747.707	3922320.056	
	C	428767.850	3922314.883	
	D	428767.351	3922313.288	
2	A	428784.709	3922310.554	60 500 1/12 DG
	B	428804.852	3922305.380	
	C	428824.996	3922300.207	
	D	428825.356	3922301.898	
3	A	428867.340	3922294.767	60 190 1/9 DD
	B	428856.966	3922296.529	
	C	428840.585	3922299.311	
	D	428840.992	3922301.103	
4	A	429989.998	3922006.447	60 190 1/9 DG
	B	429999.928	3922002.992	
	C	430015.622	3921997.536	
	D	430016.128	3921999.303	
5	A	430069.998	3921980.464	60 500 1/12 DD
	B	430049.855	3921985.637	
	C	430029.711	3921990.810	
	D	430030.211	3921992.465	
6	A	430127.144	3921965.788	60 500 1/12 DG
	B	430107.000	3921970.961	
	C	430086.857	3921976.134	
	D	430086.497	3921974.444	