



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL

**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER**

Spécialité : Génie Civil

Option : VOA

Présenté par :

Djellouli Samir

Djouber Mohamed

*Sujet du mémoire*

**Etude et dimensionnement d'un tronçon ferroviaire à trafic mixte**  
**« Projet de la nouvelle ligne ferroviaire Saida-Tiaret »**  
**Du PK 109+425 au PK 119+450**

*Soutenu publiquement le .....devant le jury composé de :*

Mr, M. AIT AMAR MEZIANE

Président

Mr, R. BENFERHAT

Rapporteur

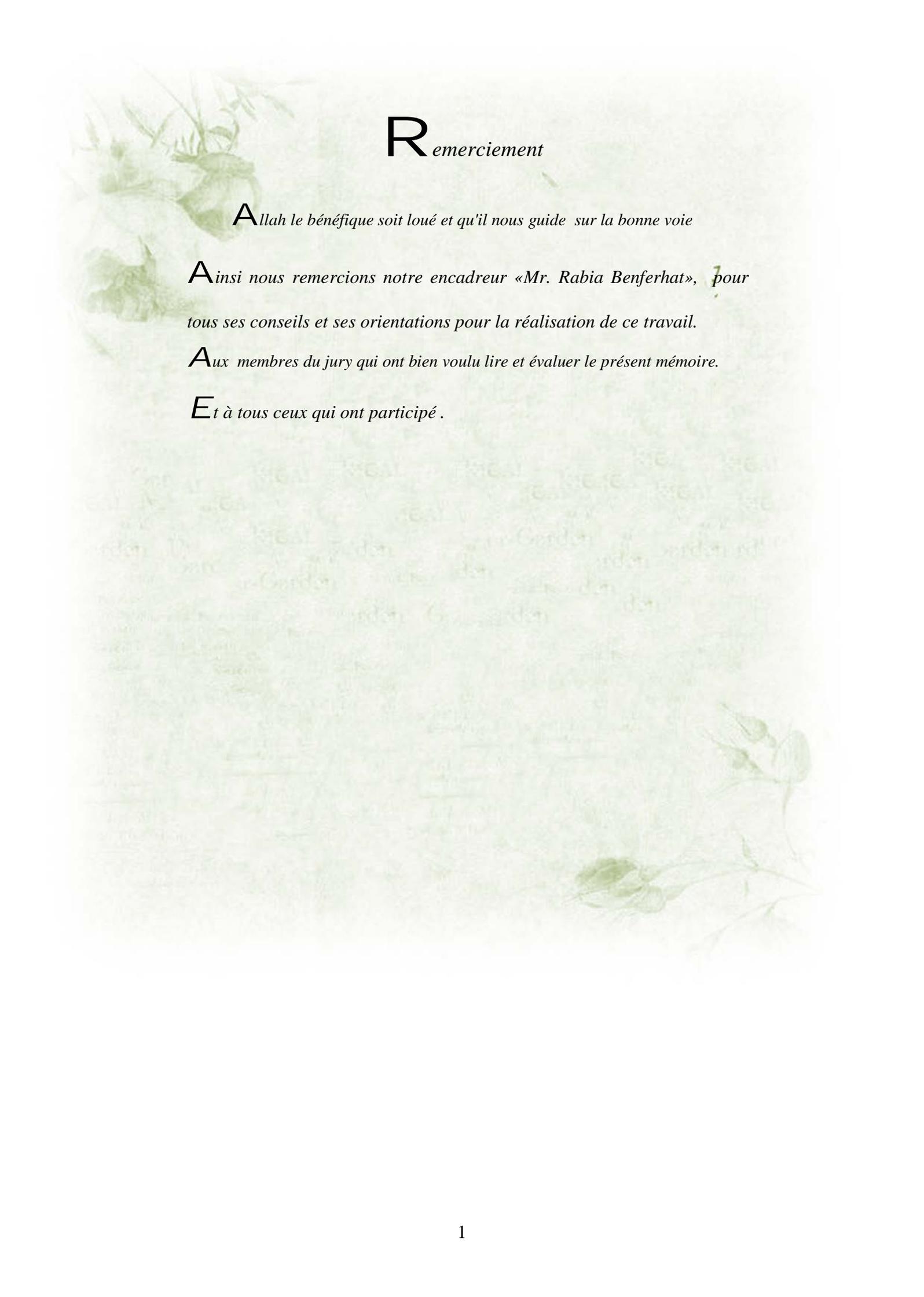
Mlle, S. AIT YAHIA

Examineur

Mme, L. KHARROUBI

Examineur

PROMOTION : 2019/2020



# **R**emerciement

*Allah le bénéfique soit loué et qu'il nous guide sur la bonne voie*

*Ainsi nous remercions notre encadreur «Mr. Rabia Benferhat», pour tous ses conseils et ses orientations pour la réalisation de ce travail.*

*Aux membres du jury qui ont bien voulu lire et évaluer le présent mémoire.*

*Et à tous ceux qui ont participé .*

## **Résumé**

Le transport ferroviaire constitue une branche économique importante. Considéré comme un facteur vital pour le développement d'un territoire donné dans l'économie contemporaine. En Algérie, l'accroissement de la population dans les régions des hauts plateaux a renforcé le besoin d'infrastructures de transport ferroviaire.

Le présent travail consiste essentiellement à l'étude et dimensionnement d'un tronçon ferroviaire à trafic mixte sur un linéaire de 10 km du projet de la nouvelle ligne ferroviaire Saida-Tiaret. L'étude a été menée conformément aux normes en vigueur (normes européennes et code de l'union internationale des chemins de fer). Différentes disciplines techniques ont été consultées et appliquées. Les logiciels de dessin et de calcul utilisés sont l'Autocad et Covadis. Les caractéristiques techniques du tracé en plan et du profil en long répondent aux conditions de confort et de sécurité. Les couches d'assises ont été définies et dimensionnées et un devis estimatif a été également établi dans ce travail.

**Mots clés** : Tronçon ferroviaire, IUC, Tracé en plan, Profil en long.

## ملخص

يشكل النقل بالسكك الحديدية صناعة اقتصادية مهمة. وتعتبر عنصرا حيويا لتنمية إقليم معين في اقتصاد معاصر زيادة عدد السكان في المناطق الداخلية للجزائر أدى إلى الحاجة لتطوير الهياكل الأساسية للنقل بالسكك الحديدية. يشمل هذا العمل المنجز في المقام الأول إلى دراسة مقطع لخط سكة حديدية المخصصة لنقل الأشخاص والبضائع بطول 10 كيلومتر التابع للمشروع الجديد لخط السكة الحديدية الرابط بين سعيدة- تيارت. وقد أجريت هاته الدراسة وفقا للمعايير المعمول بها) المعايير الأوروبية ومدونة الاتحاد الدولي للسكك الحديدية(وقد تم توظيف مختلف الخصائص التقنية وتم احترامها، أما برامج الرسم والحساب المستخدمة فقد تم استعمال Autocad و Covadis. تساعد الخصائص الفنية للمسار الموجودة في المخططات الطولية والعرضية على ضمان الراحة والأمان للركاب. وقد تم حساب وتحديد سمك الطبقات الأرضية وأيضا انجاز التقدير التفصيلي لتكلفة المشروع.

**الكلمات الأساسية:** مقطع لخط سكة حديدية, UCI، المخطط الطولي، المخطط العرضي.

## LISTE DES FIGURES

- Figure I.N°01:** Carte du réseau ferroviaire Algérien
- Figure I. N°02 :** Photos (ligne en travaux & locomotive électrique de transport de banlieue)
- Figure I.N°03 :** Lignes ferroviaires en cours de travaux
- Figure I.N°04 :** Plan de développement des chemins de fer en ALGERIE. (Source ANESRIF)
- Figure II.N°01 :** La rocade ferroviaire des hauts plateaux.
- Figure II.N°02.** Limites de la wilaya de Saïda
- Figure II.N°03:** schéma synoptique sur carte satellite pour notre projet (source Google earth).
- Figure I I.N°04.** Relief et morphologie de la zone d'étude.
- Figure II. N°05.** Irradiation solaire globale en été et en hiver.
- Figure II. N°06 :** Géologie de la zone d'étude.
- Figure II.N°07 :** Eaux souterraines de la zone d'étude.
- Figure II.N°08 :** Eaux superficielle de la zone d'étude
- Figure. II.N°09.** Infrastructures des transports de la wilaya de Saïda.
- Figure III.N°01 :** schéma synoptique sur carte satellite pour notre projet (source Google earth).
- Figure. III.N°02 :** Schéma de raccordement de progressif.
- Figure III.N°03 :** Force en courbe et dévers.
- Figure III.N°04 :** Notion de devers.
- Figure III.N°05:** Schéma de raccordement de dévers.
- Figure IV.N°01 :** Les Eléments De La Clothoïde.
- Figure V .N°01 :** Représenté les éléments du profil en long
- Figure V.N°02:** Déclivités maximales admissibles (Source référentiel SNTF)
- Figure V .N°03 :** Eléments de profil en long.
- Figure V. N°04:** Eléments de raccordement parabolique.
- Figure VI. N° 01:** Profil en travers types d'une voie double
- Figure VII.N° 01 :** les différentes couches d'assises.
- Figure VIII.N°01 :** Le rail UIC-60.
- Figure VIII.N° 02 :** Ecartement et inclinaison des rails.
- Figure VIII.N°03 :** L'éclissage.
- Figure VIII.N°04 :** Traverse en béton bi-bloc.
- Figure VIII.N°05 :** Les éléments d'une attache de type Nabla.
- Figure VIII.N°05 :** Cinématique au franchissement d'un branchement.
- Figure VIII.N° 06 :** les différents appareils de voie.

**Figure. VIII.N°07 :** Eléments de branchement.

**Figure. VIII.N°08 :** aiguillage

**Figure. VIII.N°09 :** Élément traversée oblique.

**Figure. VIII.N°10 :** Croisement intersection double.

**Figure. VIII.N°11 :** Branchement de communication.

**Figure. VIII.N°12 :** Représentation sur le plan.

**Figure. VIII.N°13 :** Schéma de l'appareil enroulé cintré extérieur.

**Figure. VIII.N°14 :** Représentation de l'appareil (C.EX) sur le plan.

**Figure VIII.N°15 :** Un branchement et ces éléments constitutifs.

**Figure IX.N°01 :** Quais.

**Figure IX.N°02 :** Auvents et abris.

**Figure IX.N°03:** Equipement de la gare.

**Figure IX.04 :** Schéma de la gare de croisement.

**Figure. IX.N°05 :** Schéma de gare de croisement.

**Figure IX.06 :** Exemple de Dimensions du branchement 500-1 :12.

**Figure X.N°01 :** les travaux d'assainissement.

**Figure X.N°02:** schéma de Dalots.

**Figure .X.N°03 :** La dimension de dalots.

**Figure X.N°04 :** le schéma des Ouvrages d'assainissement longitudinaux.

**Figure VII.N°05 :** Schéma du fossé type 1.

**Figure VII.N°06:** Schéma du fossé type 2.

**Figure VII.N°07 :** Schéma du fossé type 3.

**Figure VII.N°08 :** fossé en béton armée.

**Figure VII.N°09 :** fossé

**Figure IX .01:** Passage supérieur d'un chemin de fer.

**Figure IX .02:** Passage à niveau d'un chemin de fer avec une route.

**Figure IX .03:** Passage à niveau d'un chemin de fer avec une route.

**Figure IX .04 :** pont rail

**Figure IX .05 :** Vue en plan du pont-rail

**Figure IX.06 :** Coupe transversale et longitudinale du pont-rail.

**Figure IX .07 :** pont route

**Figure IX.08. :** Vue en plan du pont-route.

**Figure IX.09 :** Mur de soutènement en gabion

**Figure IX.10 :** végétation des talus

**Figure IX.11** : enrochement des pieds des talus

**Figure XII.N° 01** : Exemple d'une signalisation lumineuse.

**Figure. XII.N°02** : Signal de protection ou de cantonnement.

**Figure. XII.N°03** : Signal de limitation de vitesse.

## **LISTE DES TABLEAUX**

**Tableau II.N°01.** Insolation par région.

**Tableau III.N°01** Longueur minimale à respecter (source fiche SNTF géométrie)

**Tableau III.N°02 :** Paramètre du tracer pour notre projet (source fiche UIC703R)

**Tableau III.N°03 :** Récapitulatif de calcul de D réel ; I ; E ; L ; A (UIC):

**Tableau V.N°01:** Valeurs de la longueur minimale des déclivités.(SNTF : Référentiel technique - Géométrie de la voie)

**Tableau V.N°02:** Valeurs des rayons de raccordement minimaux à respecter.(Source Référentiel SNTF)

**Tableau VI.1 :** résultats du calcul des cubatures de terrassement

**Tableau VII.N° 01 :** Description lithologique du sol

**Tableau VII.N°02 :** d , Sr , W et e de notre projet.

**Tableau VII.N° 03 :** étude granulométrique.

**Tableau VII.N° 04 :** le classement de GTR.

**Tableau VII.N°-05 :** les résultats pour les limites d'Atterberg.

**Tableau VII N°06 :** Essai IPI

**Tableau VII N°07 :** Le classement de GTR

**Tableau VII.N°-08 :** l'essai de bleu méthylène.

**Tableau VII.N° 9 :** Classe de portance de la plate-forme.

**Tableau VII.N°-10 :** classification de sol sur le tracé

**Tableau VII.N° 11 :** les valeurs du coefficient E selon la plate-forme.

**Tableau VIII.N°01 :** Les types de branchement.

**Tableau VIII.N°02:** Appareils de voie et leur domaine d'application.

**Tableau IX.N°01 :** La situation et l'altitude des gares de croisement.

**Tableau X.N°01:** Pluviométrie moyenne, mensuelle et annuelle dans la wilaya de SAIDA.

**Tableau X. N°02:** Précipitations moyenne mensuelles en (mm). (1993- 2018)

**Tableau X.N°03:** pluie maximale en 24 heures.

**Tableau X. N°04:** Estimation des fortes pluies.

**Tableau X. N°05:** Températures moyennes mensuelles (1993-2018).

**Tableau. X.N°06 :** Coefficient de ruissellement C.

**Tableau X.N°07.** Variable de Gauss U.

**Tableau X.N°08:** Pré dimensionnement des ouvrages d'assainissement transversaux.

**Tableau X.N°09:** Calcul de Rayon hydraulique pour une section circulaire et rectangulaire

**Tableau X.N°10** : Coefficient de MANNING STRIKLER.

**Tableau .X. N°.11** : Les ouvrages d'assainissement transversaux.

**Tableau X.N°12** : Calcul de Rayon hydraulique pour une section trapézoïdale.

**Tableau X.N°13** : Les Calculs hydraulique des ouvrages d'assainissement transversaux.

**Tableau IX.01** : Paramètres caractéristiques pour les Pont-rail.

**Tableau IX-02** : Paramètres caractéristiques pour les Pont-route

**Tableau XII.N°01** : les signalisations d'arrêt.

**Tableau XII.N°02** : Les signalisations d'avertissement d'arrêt.

**Tableau XII.N°03** : Les signalisations des vitesses.

## SOMMAIRE

Introduction générale .....	01
-----------------------------	----

### CHAPITRE I :

#### TRANSPORT FERROVIAIRE EN ALGERIE:

I.1. Les infrastructures de transport .....	05
I.2. Le chemin de fer .....	05
I.3. Historique des chemins de fer .....	06
I.4. Historique des chemins de fer en Algérie .....	07
I.5. Avantage des chemins de fer .....	07
I.6. Le réseau ferroviaire algérien .....	08
I.7. Le rail en Algérie et son développement.....	18
I.8. Conclusion .....	17

### CHAPITRE II

#### PRESENTATION DU PROJET

II.1. Introduction .....	19
II.2. Présentation du projet .....	19
II.3. Géologie du trace .....	20
II.4. Relief et morphologie .....	21
II.5. Contexte climatologique .....	22
II.6. Contexte géologique.....	23
II.7. Contexte hydrogéologique .....	24
II.8. Réseau hydrographique .....	24
II.10. Le secteur industriel.....	25
II.11. Les ressources locales.....	26
II.12. Le secteur commercial.....	27
II.13. Contraintes rencontres .....	27
II.14. Conclusion .....	28

### CHAPITRE III

#### TRACE EN PLAN

III.1. Introduction .....	30
III.2. Conditions et règles de tracé.....	30
III.3. Eléments de tracé en plan.....	31
III.4. Conditions de raccordement.....	32
III.5. Le dévers.....	33
III.6. Conclusion.....	39

## **CHAPITRE IV**

### **CALCUL D'AXE**

IV.1. Introduction .....	41
IV.2 Procèdes de calcul.....	41
IV.3. Calcul des éléments géomatique.....	41
IV.4.. Exemple de calcul d'axe .....	42
IV.5.Conclusion.....	46

## **CHAPITRE V**

### **PROFIL EN LONG**

V.1. Introduction.....	48
V.2. Eléments géométriques du profil en long.....	48
V.3. Longueur minimale des éléments du profil en long.....	49
V.4. Déclivité maximale .....	49
V.5. Le raccordement en profil en long .....	50
V.6. Coordinations profil en long-trace en plan .....	50
V.7. Détermination pratiques du profil en long .....	50
V.8. Application de projet.....	51

## **CHAPITRE VI**

### **PROFIL EN TRAVERS ET CALCUL CUBATURE**

VI.1. Introduction .....	57
VI.2. Etablissement du profil en travers type .....	57
VI.3. Les éléments du profil en travers .....	58
VI.4. Structure de la voie ferrée.....	58
VI.5. Profil Type De Notre Projet.....	59
VI.6. Calcul des cubatures.....	59
VI.7. Conclusion.....	62

**CHAPITRE VII**  
**ETUDE GEOLOGIE ET GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE**  
**D'ASSISE**

VII.1 Introduction.....	64
VII.2 Etude géologique.....	64
VII.3 Etude géotechnique.....	65
VII.4. L'intérêt de réaliser l'étude géotechnique avant un projet d'aménagement.....	65
VII.5. Les essais in situ.....	66
VII.6 Classification de sol (selon les fiches UIC et la norme NFP 11-300 et GTR).....	72
VII.7. Dimensionnement de la couche d'assise.....	73
VII.8. Règles de dimensionnement.....	75
VII.9. Dimensionnement des couches d'assises.....	75
VII.10. Conclusion.....	79

**CHAPITRE VIII**  
**SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE**

VIII.1. Introduction.....	80
VIII.2. Catégories de voies.....	80
VIII.3. Caractéristique de notre voie.....	80
VIII.4. Caractéristiques de base :.....	80
VIII.5. Le rail.....	81
VIII.6. Les traverse :.....	82
VIII.7. Les attaches:.....	85
VIII.8. Les appareils de voie.....	87
VIII.9. Le branchement :.....	88
VIII.10. Les appareils de voie enroulés.....	92
VIII.11. Type d'appareils de voie et leur domaine d'application.....	95

**CHAPITRE IX**  
**OUVRAGE D'ART ET OUVRAGE EN TERRE**

IX.1. Introduction.....	96
IX.2. Les ouvrage d'art de notre projet.....	96
IX.3. Le croisement avec une route.....	96
IX.4. Ouvrages En Terre.....	100
IX.5. Conclusion.....	102

## **CHAPITRE X**

### **ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT**

X.1. Introduction.....	103
X.2. Conception générale .....	103
X.3. Caractéristiques climatique de la zone d'étude.....	103
X.4. Le réseau hydrographique.....	106
X.5. Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements. ....	108
X.6. Calcul hydraulique (dimensionnement des buses et des dalots) .....	110
X.7. Conclusion. ....	122

## **CHAPITRE XI**

### **LA GARE FERROVIAIRE ET LA GARE DE CROISSEMENT**

XI. Introduction .....	123
XI.1. Les garer de voyageurs. ....	123
XI.2. L'équipement de la gare des voyageurs. ....	124
XI.3.les gares de marchandises. ....	126
XI.4. Les gares de triage. ....	127
XI.5. Caractéristique géométrique des garées. ....	127
XI.6. La gare de croisement. ....	128
XI.7. Assainissement des gares. ....	130
XI.8. Géométrie le réseau des voies. ....	130
XI .9. Conclusion.....	131

## **CHAPITRE XII**

### **LA SIGNALISATION FERROVIAIRE ET L'IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT**

XII. Introduction.....	132
XII. 1. Objectif de la signalisation. ....	132
XII. 2. Les types de la signalisation. ....	133
XII. 3. Défèrent fonction de signalisation. ....	136
XII. 4. Les composantes de la signalisation. ....	136
XII. 5. Impacts sur l'environnement. ....	138
XII. 6. Conclusion. ....	140

## **CHAPITRE XIII**

### **DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF**

XIII.1. Devis quantitatif et estimatif.....	141
XIII.2. Conclusion générale.....	142
Références bibliographique.....	151

## *Introduction générale*

---

## Introduction générale

---

Les infrastructures de transport sont des éléments primordiaux pour garantir la liberté de déplacement des personnes et des biens, afin d'assurer le fonctionnement et le développement de l'économie du pays. Elles impliquent la puissance publique au niveau national, régional ou local ; nécessitant des espaces réservés qui limitent les espaces privés. Elles appliquent comme impératif le changement des modes de gestion face aux défis mondiaux exigeant des niveaux de performance plus élevés à la hauteur des grands défis. Enfin, elles imposent des règles d'usage et des enjeux de protection de l'environnement.

Le chemin de fer est un système guidé de transport collectif de personnes et de marchandises. Il constitue une alternative à la voiture automobile, aux camions et à la congestion des portes de nos grandes agglomérations. Il permet des déplacements efficaces et reste en pratique le mode de transport terrestre dominant dans plusieurs pays. Le chemin de fer est un transport qui a influencé l'urbanisme, en ce sens qu'il représente un facteur essentiel de l'aménagement du territoire puisque c'est grâce à lui que de grandes quantités de marchandises ont pu être facilement transportées sur de grandes distances, et qu'ont été rendues possibles les grandes concentrations de population dans les villes industrielles avec le développement du tramway et du métro.

Ses aptitudes à des transports de masses (marchandises et voyageurs), et amoindrie l'encombrement des zones urbaines qu'il occasionne, en font un moyen de choix pour satisfaire le prodigieux développement des transports de voyageurs de banlieue, des transports inter urbains de voyageurs, et du transport des marchandises. Un siècle après leur mise en exploitation et après quelques décennies d'abandon, les chemins de fer reviennent au centre d'intérêt du gouvernement, lequel a décidé de « remettre sur les rails » le transport ferroviaire. Les rails, s'étendant tout le long de notre pays, ont servi l'économie nationale sur tous les plans, et ce depuis leur réalisation qui remonte à 1871, date de l'exploitation de la première ligne ferroviaire reliant Alger à la wilaya de Blida, livrée le premier septembre 1870.

Aujourd'hui, et avec le retour de la stabilité, les pouvoirs publics ont décidé de moderniser ce secteur afin de désenclaver les différentes wilayas du pays de l'isolement qui les ronge depuis quelque temps, à travers la mise à niveau des lignes ferroviaires existantes, ce qui touchera un réseau de l'ordre de 855 kilomètres.

Les infrastructures de ce dernier représentent des investissements lourds. Elles sont réalisées par l'état, les collectivités locales, ou les entreprises utilisatrices, c'est le cas de la SNTF, et avec le rythme de développement économique que connaît ces dernières années l'Algérie, l'ampleur des investissements étrangers qui souhaitent s'installer dans le pays et les nombreux projets à l'échelle nationale, qui sont en cours ou en voie de réalisation, ne tardera

## Introduction générale

---

certainement pas à provoquer un effet de boule de neige dans le pays, afin d'assurer la continuité et la complémentarité des réseaux pour le transport des personnes, la croissance du transport de marchandises pour permettre l'expansion du commerce mondial et d'amplifier la capacité de production des régions desservies du pays.

La rocade ferroviaire des Hauts Plateaux qui porte sur la réalisation d'une ligne à grande vitesse constituée par la pénétrante Relizane-Tiaret sur 185 km, et les lignes nouvelles de Saïda-Tiaret d'une longueur de 153 km, celle de Tissemsilt-Boughezoul avec 139 km, et enfin Boughezoul-M'sila avec 151 km est inscrite en matière de développement du rail en Algérie. Cette initiative d'envergure qui a pour but de développer le secteur ferroviaire dans le cadre du programme de relance économique horizon 2014, s'inscrit dans le cadre du schéma national d'aménagement du territoire (SNAT 2025) dont la consistance globale est de 873 km reliant la wilaya de Sidi Bel Abbès à l'ouest, à Tébessa à l'est, a pour objectifs le maillage et la densification du réseau ferroviaire, le rapprochement, le désenclavement des villes et la contribution à l'émancipation des économies régionales ainsi que la réalisation d'une meilleure offre des transports. Parmi ces lignes ferroviaires la ligne nouvelle Tiaret – Saïda / tronçon Saïda, cette dernière constitue l'objet de notre présente étude dans laquelle nous tenterons de localiser le meilleur tracé dont nous rechercherons les caractéristiques techniques et dimensionnelles puis nous évaluerons son impact sur l'environnement dans un contexte technique.

Notre travail est basé sur des normes internationales de chemins de fer UIC et d'autres normes en vigueur pour l'étude et dimensionnement d'un tronçon ferroviaire.

L'intitulé de ce travail est: Etude et dimensionnement d'un tronçon ferroviaire à trafic mixte « Projet de la nouvelle ligne ferroviaire Saïda-Tiaret » réalisé sur un linéaire de 10 km dans la région de la wilaya du Saïda.

Chapitre –I–

---

## Transport ferroviaire en Algérie



**I. Introduction :****I.1. Les infrastructures de transport :**

Dans l'ensemble des installations fixes qu'il est nécessaire d'aménager pour permettre la circulation des véhicules et plus généralement le fonctionnement des systèmes de transport. Les infrastructures sont généralement organisées en réseaux comportant des nœuds et des liens. Ainsi le réseau ferroviaire est constitué de gares reliées entre elles par des lignes. Les nœuds importants, comme les gares, sont aussi le point de contact et d'échange entre deux ou plusieurs modes de transport.

Les infrastructures de transport sont des éléments primordiaux pour garantir la liberté de déplacement des personnes et des biens, et pour assurer le fonctionnement et le développement de l'économie. Leur création, qui est une partie importante de l'aménagement du territoire, nécessite le plus souvent des investissements lourds. Cela explique qu'elles soient le plus souvent prises en charge par la puissance publique. Toutefois, celle-ci en délègue quelquefois, pour des raisons de financement ou de savoir-faire, la construction et l'exploitation à des entreprises privées en contrepartie de la perception d'un péage.

L'infrastructure désigne au sens strict la partie inférieure, le soubassement d'une voie. Le terme s'oppose à superstructure. On peut, dans certains cas, distinguer les deux : ainsi dans une ligne de chemin de fer, l'infrastructure est la plateforme de la voie, sur laquelle on pourrait aussi bien implanter une voie routière, tandis que la superstructure est constituée par la voie ferrée proprement dite (rails et traverses). Au sens large, l'infrastructure de transport désigne l'ensemble et englobe tous les éléments nécessaires à l'exploitation normale : caténaires, signalisation, postes d'aiguillage.

**I.2. Le Chemin de fer :**

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

L'infrastructure est composée essentiellement de deux files de rails posés sur des traverses appelée voie ferrées, des appareils de voie, des passages à niveau, de la signalisation et, le cas échéant des installations de traction électrique (sous-stations, caténaires, ...etc.).

Le matériel roulant circule communément en convois, appelé trains ou rames. Les convois sont tractés par des locomotives, ou sont autotractés ; on parlera alors de rame automotrice (électrique) ou d'autorail (diesel).

Le chemin de fer fait appel au roulement acier sur acier, les roues étant munies d'un boudin garantissant le maintien des véhicules sur les rails. Ce système est utilisé aussi par des

déclinaisons considérées généralement comme des chemins de fer spécialisés: métros, tramways, chemins de fer à crémaillère.

Enfin, le chemin de fer présente un des moyens de transport les plus fréquentés grâce aux grands avantages qu'il offre ainsi qu'il est considéré comme l'une des bases de la politique de l'aménagement du territoire.

### **I.3. Historique des chemins de fer :**

L'une des premières idées de chemin guidé était celle de DIOLKOS qui a permis aux bateaux de franchir l'isthme de CORINTHE en GRECE au VI<sup>ème</sup> siècle avant J-C à l'aide des esclaves et des bêtes qui poussaient des chariots circulant sur des blocs de pierres entaillées. Cette idée a été développée ensuite par les grecques et les romains aux alentours de l'an 1 par des wagons tractés par des chevaux en utilisant aussi des voies constituées de pierres entaillées.

La réapparition des transports guidés a eu lieu en 1550 en Europe dans les mines en utilisant des barres de guidage en bois avant d'adopter par la suite des rails métalliques.

La première voie ferrée construite au monde est apparue en ANGLETERRE en 1825 reliant STOCKTON et DARLINGTON qui avait comme rôle de transporter seulement du charbon, tout comme d'autres lignes construites dans la même période en ECOSSE et LANCASHIRE. Cette dernière a connu en 1803 la mise en service de la première voie ferrée mixte entre LIVERPOOL et MANCHESTER sur 51 Km.

A partir de 1840, le chemin de fer connut un développement remarquable dans les pays qui disposaient de charbon, ou qui pouvaient facilement en importer comme l'Europe et les Etats-Unis d'Amérique. Bénéficiant de la révolution industrielle, les grands réseaux ferrés furent construits entre 1830 et 1890. En 1875, un demi-siècle après la naissance des premières voies ferrées, on comptait 129 000 Km des lignes aux Etats-Unis et 123 000 Km en Europe occidentale. Quelques années plus tard on dénombrait 363 000 Km des voies ferrées dans le monde, dont 172 000 Km en Europe et 165 000 Km aux Etats-Unis. En 1950, ces dernières étaient desservies par 350 000 Km des lignes ferroviaires sur un total de 1,3 millions de Km.

Enfin, malgré le grand développement des chemins de fer au monde mais leur répartition apparaît très inégale. De nombreux Etats ne disposent que d'un petit nombre de lignes ferroviaires ainsi que d'autres ne possèdent pas de réseaux ferrés dont 14 pays africains font partie.

#### **I.4.Historique des chemins de fer en ALGERIE :**

La construction des chemins de fer en Algérie fut l'œuvre de Napoléon III vivement encouragé par son demi-frère le duc de MORNY. Celui-ci fort intéressé, à tous les sens du terme, par ce nouveau mode de transport, fut entre autres postes, Président de la Compagnie du Grand-Central et Vice-président de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans (Le Paris-Orléans).

Le décret impérial du 8 avril 1857 prévoyait la construction de 1 357 km de chemins de fer dans la colonie d'Algérie. Six compagnies ont été Créées pour réaliser ce programme: les Compagnies Bône-Guelma (BG), l'Est Algérien (EA), la compagnie des chemins de fer algériens, Paris-Lyon-Méditerranée (PLM), l'Ouest Algérien (OA) et Franco-algérienne.

Le 18 juillet 1879 une nouvelle campagne d'investissement fut lancée à l'échelle nationale pour renforcer les lignes "d'intérêt général" avec comme objectif d'ajouter 1747 km au réseau existant. Ce projet a été confié à des investisseurs privés et des collectivités locales. Après trente ans le réseau se renforce de 2035 Km de lignes de chemins de fer.

A la fin de la deuxième guerre mondiale, le réseau ferroviaire algérien s'étend sur 5 015 km. Constituant ainsi l'armature du présent réseau ferroviaire algérien.

Le 30 juin 1959, l'État français a créé la compagnie des chemins de fer Français en Algérie (CCFA) qui devint en 1963 la SNCFA (Société Nationale des Chemins de Fer Algériens).

Le 31 mars 1976 à la fin de la concession de l'état français, l'état algérien divisa la SNCFA en trois organismes distincts : La SNTF qui assure l'exploitation du réseau ferré algérien, l'ASNERIF chargé de la maintenance et de la construction des lignes ferroviaires, La SIF chargé du développement du réseau ferré algérien.

#### **.5.Avantages des chemins de fer :**

La répartition du trafic entre les différents modes de transport résulte des décisions prises par les usagers des transports, lesquelles dépendent des avantages que supposent les différentes solutions possibles, ainsi que l'investissement de l'état dans les chemins de fer est bien justifiable vue les bienfaits de la voie ferrée qui peuvent se résumer comme suit:

- Le transport par voie ferrée est plus rapide que par la route (pour son système de guidage et l'absence d'obstacles) et peut même concurrencer l'avion vue les grandes vitesses atteintes par le TGV.
- Il garantit aux états leur indépendance à long terme grâce aux réductions de consommations en hydrocarbures.
- Le moins couteux parmi tous les autres moyens de transport.

- ▀ Sécurité vis-à-vis des accidents par rapport à la route.
- ▀ Il est non polluant, et peut être bientôt encore plus si l'énergie est produite par les systèmes géothermique et solaire.
- ▀ Le dégagement de capacités dans les infrastructures routières et aéroportuaires.
- ▀ Gain de temps, confort et sécurité.
- ▀ Réduction des dommages corporels et matériel (vu les dégâts des accidents routier).

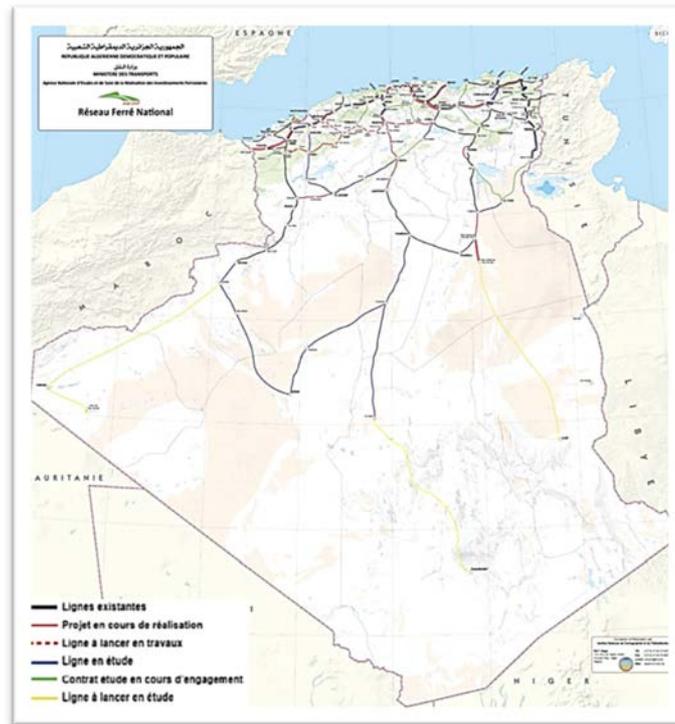
Ces raisons expliquent la préférence des usagers de se déplacer par chemins de fer, ce qui a poussé les gouvernements à investir dans ce mode de transport qui représente dans nos jours un facteur important dans la mesure du développement d'un pays. D'autre part, sa consommation économique et sa préservation de la nature lui confère le mérite d'être le meilleur système de transport du siècle.

### **I.5. Réseau ferroviaire algérien:**

Le réseau ferroviaire Algérien comporte trois ensembles :

- 1. La rocade nord à voie normale:** reliant Annaba, Constantine, Alger, Oran avec ses prolongements aux frontières Est (Tunisie) et Ouest (Maroc). Cette rocade constitue l'artère principale des échanges entre les régions actuellement les plus développées dans le pays avec des rattachements la reliant aux ports et à diverses villes.
- 2. La ligne minière Est** avec ses embranchements desservant les gisements miniers: le fer à Ouenza et Boukhadra et le Phosphate à Djebel Onk.
- 3. Les pénétrantes en direction des hauts plateaux et du sud et une rocade des hauts plateaux:** reliant les villes de Tébessa/Ain-Mlila/Ain-Touta/M'sila. Auxquels viennent s'ajouter les embranchements particuliers.

La carte ci-dessous montre l'ensemble de ce réseau ferroviaire.



**Figure I.N°:01:** Carte du réseau ferroviaire Algérien

### I.5.1. Consistance du réseau:

Le réseau ferroviaire algérien est aujourd'hui parmi le plus moderne d'Afrique. Il sert au transport de personnes et de marchandises. Actuellement ce réseau est de 4498km dont:

- Lignes en exploitation : 3750km
- Lignes en double voie : 553km
- Lignes en voie unique : 3217km
- Lignes électrifiés : 323km

Ce réseau comporte :

- 175 gares en exploitation
- 215 haltes en exploitation
- 553 ouvrages d'art dont l'ouverture est supérieure à 10 m
- 5279 ouvrages d'art dont l'ouverture est inférieure à 10 m
- 139 tunnels avec un linéaire total de 40km
- 267 passages à niveau gardé et 959 passages à niveau non gardé

Il assure le transport de :

- **Voyageurs:**

Nombre de voyageurs transportés par an : 36 216 111 voyageurs

Grandes lignes : 845 708

Régional : 2 028 542

Banlieue : 33 341 86

• **Marchandises:**

Nombre de tonnages transportés : 4 198 674 T

Nombre de tonnages/km : 928 058 000 T/km Nombre des trains /jour sur l'ensemble du réseau 242 avec :

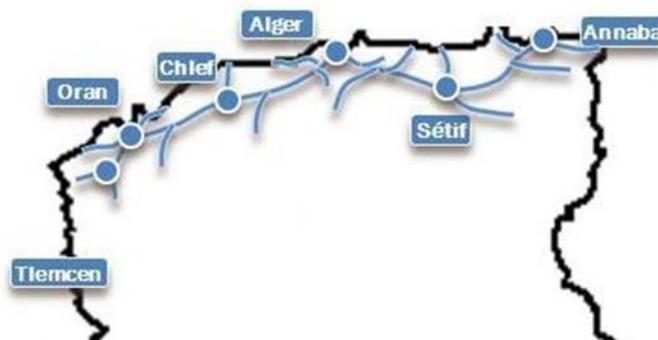
- Grandes lignes : 12
- Régional : 68
- Banlieue : 162

**I.6. Programme ferroviaire national:**

L'ANESRIF prend en charge l'exécution de l'ambitieux programme de développement du réseau ferroviaire. En 1999, le linéaire en voies ferrées disponible était de 1700 km. À la réception des projets de réalisations en cours, il sera de l'ordre de 6.000 km. Dès l'achèvement de tout le programme ferroviaire national, avec notamment le maillage de tout le Nord, le linéaire total atteindra les 12.500 km.

Du nord au sud et d'est en ouest, le programme ferroviaire national s'articule autour de 7 axes de développement :

☞ **Axe 01** : La rocade ferroviaire nord et ses dessertes



Elle dessert les principales villes du nord de l'Algérie et va des frontières Est vers les frontières Ouest. Sur ces 1250 Km, des travaux de modernisation et de dédoublement sont en cours sur 868 km. Il est aussi prévu son électrification totale.

300 km sont déjà réceptionnés : il s'agit de la région algéroise entièrement électrifiées.

☞ **Axe 02** : La rocade ferroviaire des hauts plateaux

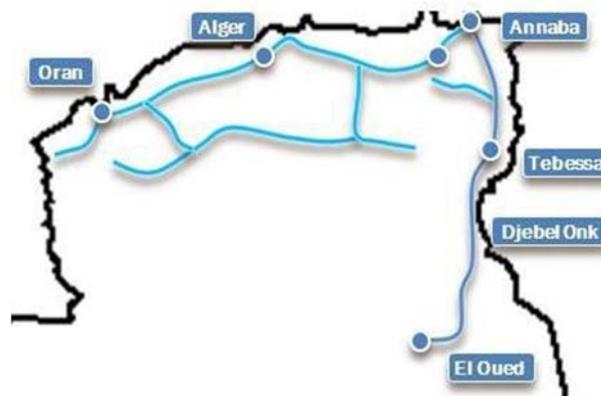
Pour désenclaver les villes des hauts plateaux et l'exploitation économique de cette région, cette rocade sera parallèle à celle du Nord et sera reliée par des dessertes. Longue de 1160 km, elle s'étend elle aussi de l'Est du pays (Tébessa) vers l'Ouest (Moulay Slissen). Sur un linéaire de 412 km les travaux ont déjà été terminés. Les chantiers concernant 748 km de cette rocade ont été lancés.



Pour désenclaver les villes des hauts plateaux et l'exploitation économique de cette région, cette rocade sera parallèle à celle du Nord et sera reliée par des dessertes. Longue de 1160 km, elle s'étend elle aussi de l'Est du pays (Tébessa) vers l'Ouest (Moulay Slissen). Sur un linéaire de 412 km les travaux ont déjà été terminés. Les chantiers concernant 748 km de cette rocade ont été lancés.

☞ **Axe 03** : Ligne minière

Appelée ainsi pour être le lien vital avec les mines du Sud Est algérien, cette ligne va d'Annaba (port commercial, métallurgie) vers les mines de Djebel Onk, sur un linéaire de 588 km, sa modernisation est en cours de réalisation et l'étude de son dédoublement est en cours. Cette ligne sera étendue vers le Sud du pays, notamment El Oued Et Touggourt.

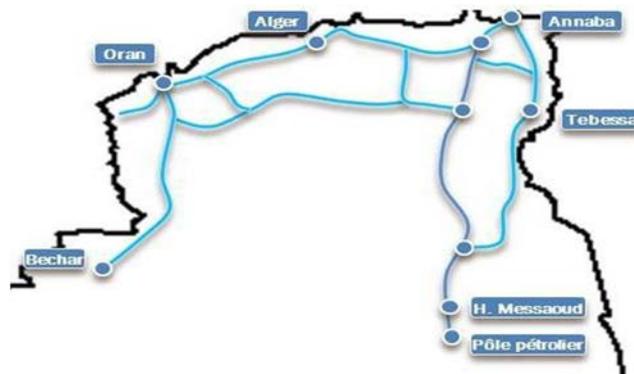


**☞ Axe 04 : Pénétrante ouest**

La ligne Tabia-Béchar, longue de 580 km longe la frontière Ouest de l'Algérie. Elle est opérationnelle depuis plus de 4 ans et permet des vitesses de parcours allant jusqu'à 160 km/h. et une jonction avec Tindouf (950 km plus au Sud) est prévue dans le programme des études.

**☞ Axe 05 : pénétrante El gourzi (au nord) – Hassi Messaoud (au sud) .**

Cette liaison de 457 km permettra de désenclaver les villes des Oasis et desservira le pôle pétrolier et la ville nouvelle de Hassi Messaoud à une vitesse de 220 km/h.



### ☞ Axe 06 : Boucle sud-est

Un premier tronçon reliera la wilaya de Blida (au Nord) à la ville de K'ser El Boukhari sur un linéaire d'environ 100 Km, Les études de ce tronçon sont en cours.

Le deuxième tronçon reliera les villes de Ksar El Bokhari, Djelfa (aux portes du Sahara), Laghouat (plein Sud) sur 290 km est en cours de réalisation.

Enfin un 3 ème tronçon (425 km) ira de Laghouat à Hassi Messaoud en Passant par Ouargla (Villes du Sud), Les études de cette ligne sont en cours.



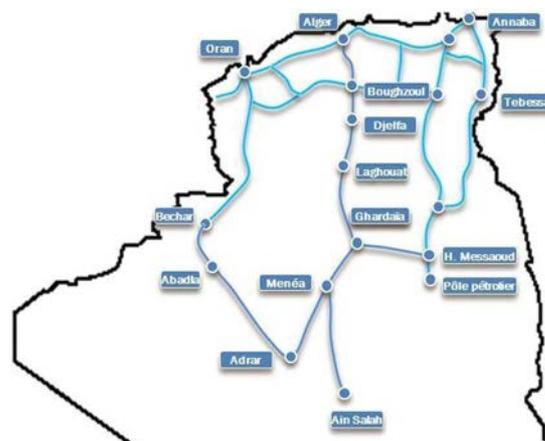
### ☞ Axe 07 : boucle sud-ouest

Il s'agit d'une boucle de 1500 km de voies ferrées à réaliser.

Elle reliera toutes les villes-oasis du Sud-ouest en allant de Ghardaïa jusqu'à la jonction avec la ville de Béchar, au Sud-ouest.

Elle traversera les villes de Ménéa, Timimoune, Adrar, Béni Abbés, et une jonction avec In Salah et Tamanrasset (1090 km plus au Sud).

Les études de cette boucle dont la vitesse de circulation prévue est de 220 km/h, sont en cours.



### .7. Stratégie de développement et de modernisation [3]:

Soucieux du développement de transport ferroviaire, les pouvoirs publics Algérien ont met en place une stratégie qui a pour but de réduire les temps de parcours des trains dans les différentes lignes, désenclaver de nombreuses régions du pays en les reliant au réseau ferroviaire national existant et augmenter le tonnage à transporter en marchandises à travers le chemin de fer. Ces objectifs permettront d'une part, l'augmentation du nombre de voyageurs.

■ Transporter de 40 millions à 80 millions de voyageurs à l'horizon 2020 soit une croissance de 100% (le transport de banlieue représente 93% soit 74,4 millions de voyageurs), et d'autre part, l'accroissement du tonnage transporter en marchandises à 6 millions de Tonnes par an au lieu de 4,2 actuellement soit une augmentation de 43%. Cette augmentation touche l'ensemble des produits (Produits structurants et produits divers dont le conteneur qui est considéré comme produit à fort potentiel de transport). Il faut préciser que les 4,2 millions de tonnes ne représentent que 3% du transport de marchandises par voie terrestre par an, et l'objectif est de passer à 17% de parts de marché dans les années à venir.

Pour atteindre ces objectifs, un programme d'investissement de 30 milliards de dollars a été engagé depuis 2004 afin de :

- Modernisation des infrastructures ferroviaires,
- Modernisation du matériel roulant ferroviaire par l'acquisition de nouvelles locomotives (diesel, diesel électriques, autorails, ...),
- Remise en état du matériel roulant avec la réhabilitation des voitures de transport de voyageurs,
- Mise en place d'équipements modernes de télécommunication et de signalisation.



**FigureI.N°02 :** Photos (ligne en travaux & locomotive électrique de transport de banlieue)

Plusieurs d'autres projets de soutien ou de continuer de ce programme ont vu le jour. On peut citer à titre d'exemple le programme de partenariats avec des entreprises étrangères comme Alstom (France) qui a permis la création de l'entreprise CITAL à Annaba, Ferroviail et EMA pour la fabrication, l'engineering et la maintenance des tramway et des autorails de dernière génération avec les plus récentes technologies.

En 2008, le linéaire en voies ferrées disponible était de 1700 km. Aujourd'hui, il s'est hissé au niveau de 4000 km après et il sera de l'ordre de 6000 km à la réception des projets de réalisations en cours (2294 km en travaux). Dès l'achèvement de tout le programme ferroviaire national, avec notamment le maillage de tout le Nord, le linéaire total atteindra les 12500 km (voies de service non comprises)



**Figure I.N°03 : Lignes ferroviaires en cours de travaux**

- Amélioration du tracé Dreaan - Bouchegouf - Tébessa sur 100 km.
- Amélioration et rectification du tracé de ligne minière entre Ouenza - Tuilerie et Tébessa.
- Rénovation de la ligne minière Annaba - Tebessa - Djebel Onk.
- La modernisation du réseau entre : Biskra – Touggourt, Bouchegouf - El Kouif, Thenia - Tizi Ouzou, Béjaia - Beni mansour, Tlemcen – Redam Demouche, Annaba - Ouenza.
- Doublement des voies existantes (430 km)
- Il concerne les voies entre : Yellel - Mohammadia, Bordj Bou Arréridj - Setif - Khroub.
- Annaba - Azzaba - Ramdane Djamal.

**Création de nouvelles lignes:**

- Le projet de la Boucle du Sud comprend la création de lignes nouvelles permettant de désenclaver les régions suivantes: Touggourt - Hassi Messaoud (ville nouvelle et pôle pétrolier) - Ouargla, Ouargla - Ghardaia, Ghardaia - Laghouat, Laghouat - Djelfa.
- La ligne des hauts plateaux qui s'étend sur 600 km, elle comprend les lignes suivantes : Ain Touta (Batna) - Moulay Slissen (Sidi Bel Abbès) en passant par M'Sila, Boughzoul, Tissemsilt, Tiaret et Saida.
- Création de la ligne El Bayadh - Mecheria sur 170km ensuite Mecheria - Béchar

**Électrification des lignes existantes:**

- Electrification de la ligne Ain M'Lila - Tébessa et M'Sila Bordj Bou Arréridj.
- Electrification de la ligne Tiaret - Relizane et Saida - Mouhammadia .

**I.8. Le rail en ALGERIE et son développement :**

En Algérie, Le rail marque une négligence regrettable et complètement oublié jusqu' aux années 80 où il a été un peu redynamisé avec la création de 303 km de lignes nouvelles et le renouvellement de la voie et du ballast sur 800 km.

Après la crise sécuritaire algérienne, le rail a connu une période de stagnation et d'ignorance ce qui a détérioré l'état des infrastructures ferroviaires et du matériel roulant.

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

Aujourd'hui, le secteur ferroviaire connaît une véritable relance, une importante enveloppe allouée au secteur dans le cadre du programme de modernisation de l'infrastructure ferroviaire (Voir la fig1.1 ci-dessous), une nécessité absolue, compte tenu de la vétusté de l'infrastructure existante.

La mise en service d'un réseau moderne aura pour effet de réduire les temps de parcours des trains, et de désenclaver un certain nombre de régions du pays en les reliant au réseau ferroviaire national existant.

Enfin, il s'agit de rénover l'ensemble des voies existantes, procéder à leur dédoublement, électrifier la rocade nord et acquérir de nouveaux équipements en matériel roulant, pour la signalisation ainsi que pour les télécommunications.

- Les grands axes du plan de modernisation du rail en ALGERIE :
- Modernisation des lignes existante : 855 Km.
- Doublement de voie : 430 Km.
- Autre ligne : 1120 Km.

- Ligne des hauts plateaux : 600 Km.
- Boucle du sud : 800 Km.
- Autre ligne en cours de réalisation : 828 Km.
- Lignes projetées : 1400 Km.



**Figure I.N°04 : Plan de développement des chemins de fer en ALGERIE. (Source ANESRIF)**

**I.9. Conclusion :**

On peut conclure que la politique de l'Algérie est un peu en retard en ce qui concerne le développement des chemins de fer. Il est plus que nécessaire ; pour le développement et l'amélioration des conditions de l'investissement et du commerce et l'augmentation des échanges entre les déférents régions dans le pays, de favoriser ce secteur. Le projet de la rocade des hauts plateaux dans lequel s'intègre notre étude, permettra d'atteindre cet objectif et de rendre efficace le niveau de développement de l'économie du pays.

Chapitre –II–

---

Présentation du Projet

## II.1 Introduction :

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 car, non seulement il facilite les échanges entre les agents économiques, mais également améliore la circulation des personnes et des biens, des idées et des services, ainsi que la solidification des liens d'amitié et de fraternité entre les citoyens.

## II.2. Présentation Du Projet :

La ligne à réaliser au cours du présent projet est constituée du tronçon de Saïda de la section Tiaret / Saïda. Elle fera partie de la Rocade des Hauts Plateaux (voir figure N° 02). La ligne est conçue comme ligne de grande vitesse (LGV) sur voie normale, une extension d'une deuxième voie et une électrification sont programmées ultérieurement. Elle sera construite selon les standards UIC non électrifiée.

Des gares de voyageurs sont prévues à toutes les agglomérations traversées par la ligne, en plus d'une gare de marchandises à Saïda et des gares de croisement sur toute la ligne.



Figure II.N°01 : La rocade ferroviaire des hauts plateaux.

### II.2.1. Description Globale De La Wilaya De Saïda :

On va essayer de présenter la wilaya de Saïda, qui occupe dans le cadre du nouveau plan d'aménagement du territoire, l'axe central de l'ensemble constitué par les wilayas de Tissemsilt, Tiaret, Naâma et EI-Bayadh, plus connu sous le nom de « Hauts-Plateaux ouest ».

Saïda est un espace charnière entre les régions du nord et du sud du pays. Elle constitue naturellement, le meilleur maillon de la chaîne des monts telliens. Elle détient les premières ressources en eau et en végétation de l'Algérie.

La stratégie de développement de la wilaya de Saïda s'inscrit dans le cadre du schéma régional des hauts plateaux ouest. Partie intégrante de cet ensemble, elle occupe de par ses caractéristiques géographiques et économiques une position privilégiée au milieu de cette région du pays.

La démographie de la région est telle que :

- Nombres d'habitants (estimé au 31/12/2011) : 350371 habitants ;
- Taux d'accroissement annuel moyen de la population : 1,7 % ;
- Densité de la population au km<sup>2</sup> : 51,78.

### II.2.2. Situation Géographique :

La ville est localisée dans l'Algérie du nord-ouest, à 840 mètres d'altitude. Délimitée au nord par les wilayas de Tlemcen, Sidi Bel-Abbes, Mascara, au sud par la wilaya d'El Bayadh, à l'ouest par la wilaya de Sidi Bel-Abbes et à l'est par la wilaya de Tiaret (voir figure 3)

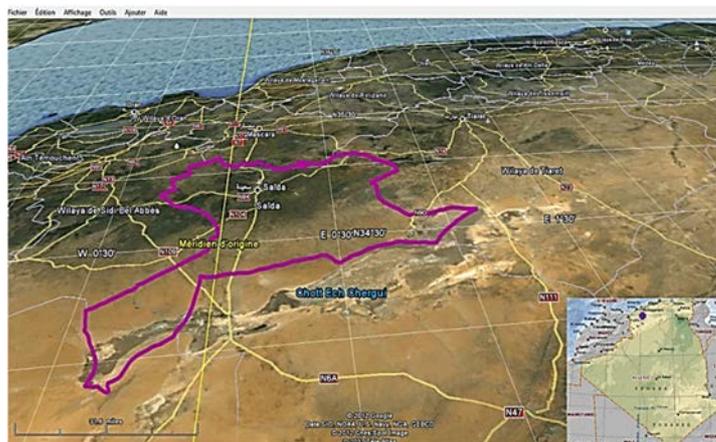


Figure II.N°02. Limites de la wilaya de Saïda

### II.3. Géologie Du Tracé :

Le tracé étudié dans ce projet de fin d'étude est compris entre le **PK 109+450** et le **PK119+425**.

Il est situé à l'est de Saïda, à peu près 30-40 Km de la ville, entre les villages de Hassasna à l'ouest, Tamesna au sud et de Tircine au nord.

La ligne du tronçon débute par une gare de croisement disposée dans un déblai de plus d'un Kilomètre. Puis elle fait une grande courbe depuis la direction nord-ouest vers l'ouest, et longe la chaîne de montagnes située au sud. La ligne continue à se diriger vers l'ouest, pour obliquer (un peu avant la fin du tronçon) en direction du sud-ouest.



**Figure II.N°03:** schéma synoptique sur carte satellite pour notre projet (source Google earth).

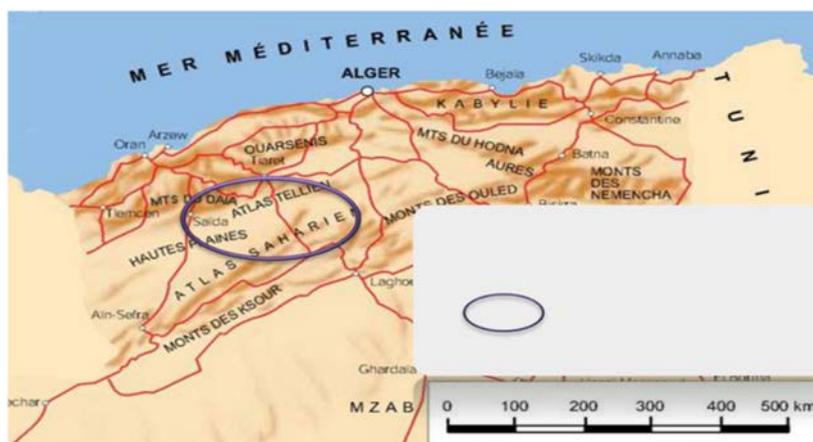
**II.4. Relief Et Morphologie :**

La wilaya présente deux unités bien distinctes :

Dans sa partie Nord, les Monts de Daïa et dans sa partie Sud, les hautes plaines (parties sud des communes de Sidi Ahmed et EI- Maamora).

L'aire d'étude se place dans la zone structuro-sédimentaire des "hauts plateaux", c'est-à-dire l'avant-pays alpin, à couverture sédimentaire réduite, où les processus locaux de distension ont permis la formation de bassins intra-montagneux.

La morphologie générale de la zone d'étude est très douce, avec des basses pentes topographiques subhorizontales de l'ordre de 5 à 10%.



**Figure I I.N°04.** Relief et morphologie de la zone d'étude.

**II.5. Contexte Climatologique :**

**II.5.1. La pluviométrie :**

La pluviométrie moyenne varie entre 200 et 600 mm par an. Elle est mal répartie dans le temps et dans l'espace.

**II.5.2. Le Climat :**

Le climat de la wilaya est continental, été chaud et sec et hiver froid. Les températures atteignent 40°C en été avec des journées de vents chauds (sirocco), et un minimum de 0 à 4°C en hiver avec des gelées fréquentes (en moyenne 30 J/AN).

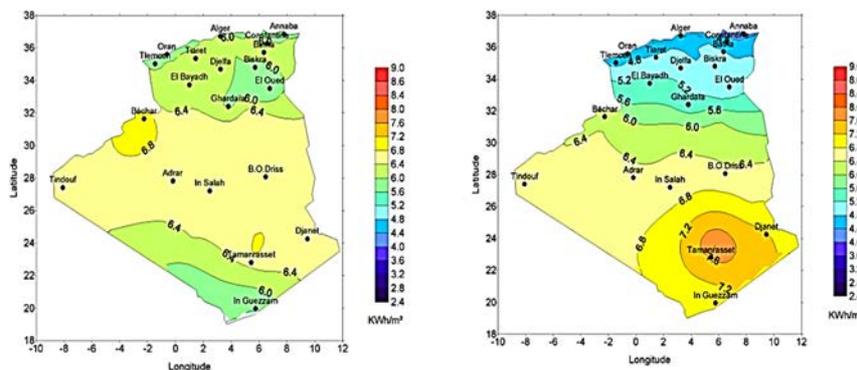
**II.5.3. L'enseillement :**

L'Algérie, de par sa situation géographique, privilégiée par rapport à l'équateur, bénéficie d'un ensoleillement exceptionnel sur la quasi-totalité de son territoire. Cet ensoleillement représente un gisement d'énergie impressionnant encourageant son utilisation comme énergie renouvelable étant donné qu'il dépasse les cinq milliards de gigawatt heures par an. La répartition est donnée à titre indicatif par le tableau suivant :

Régions	Zone côtière	Hauts plateaux	Sahara
Superficie en%	4	10	86
Energie moyennereçue (kW/m <sup>2</sup> /an)	1 700	900	2 650

**Tableau II.N°01. Insoation par région.**

Des cartes préliminaires de base, résultant d'un travail réalisé par le Centre de Développement des Energies Renouvelables, montrent ci-dessous l'irradiation solaire globale reçue sur plan incliné à la latitude du lieu :



**Figure II. N°05. Irradiation solaire globale en été et en hiver.**

## II.6. Contexte Géologique :

Quatre grands ensembles structuraux caractérisent les traits essentiels de la géologie Algérienne :

- Le domaine des massifs primaires kabyles ;
- Le domaine Tellien ;
- Le domaine présaharien qui regroupe :
- Les hauts plateaux et les hautes plaines ;
- L’atlas saharien.
- Le domaine de la plateforme saharienne.

La wilaya de Saïda se situe sur les hauts plateaux qui forment une unité géomorphologique caractéristique du domaine atlasique (voir figure. N°07), elle est limitée au nord par l’Atlas Tellien et au sud par l’Atlas Saharien. Les grands ensembles litho stratigraphiques rencontrés sont :

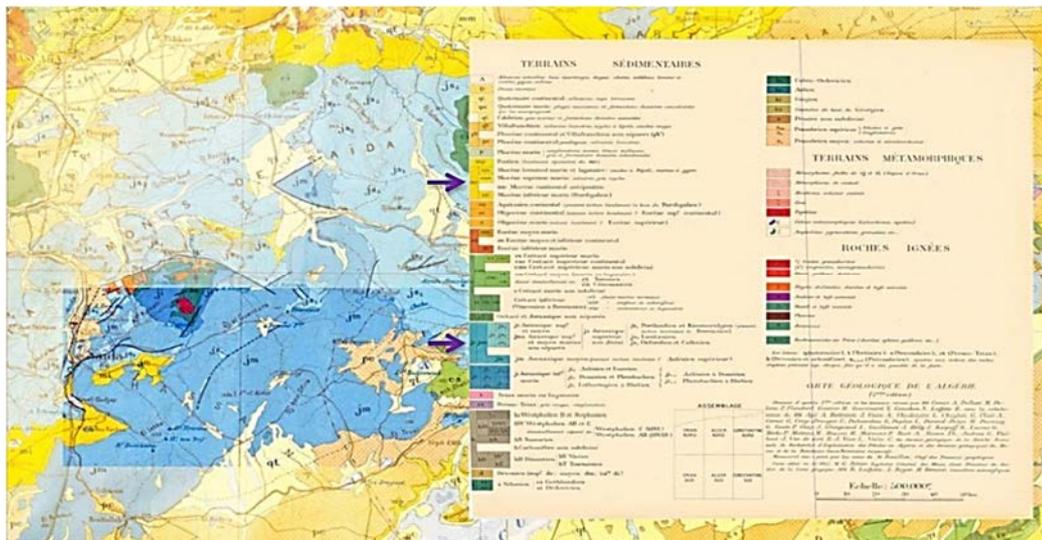


Figure II. N°06 : Géologie de la zone d’étude.

### A- Le substratum Paléozoïque :

Les témoins du socle ancien sédimentaire ou éruptif sont très rares et réduits, on les rencontre au niveau des monts de Saïda (Môle de Tiffrit).

### B- Les formations du Trias :

Le trias des hauts plateaux comprend une formation volcan détritique dans les monts de Saïda (Tiffrit) et une série détritique sans volcanisme.

### C- Les formations du Jurassique :

Cette couverture est répartie en trois groupes superposés:





## **II.10. Les Ressources Locales :**

### **II.10.1. Minerai Et Agrégat :**

La prospection géologique au niveau de la wilaya a mis en évidence une minéralisation très diversifiée susceptible d'être valorisée par l'exploitation industrielle et est répartie en plusieurs zones :

La prospection géologique au niveau de la wilaya a mis en évidence une minéralisation très diversifiée susceptible d'être valorisée par l'exploitation industrielle et est répartie en plusieurs zones :

- Calcaire pour agrégats à Doui Thabet et S/ Boubekeur ;
- Calcaire pour ciment à Hassasna ;
- Dolomie pour agrégats à Saïda et O/ Khaled ;
- Argile pour briques et tuiles à Saïda et S/Aïssa ;
- Gisement de granit à Tiffrit ;
- Indice de baryte à Tircine, Hassasnas et Balloul ;
- L'or et cuivre à Tiffrit.

Ainsi, ces indices reflètent la richesse de la région en gisements pour matériaux de construction, indices de polymétaux et substances utiles non métallifères.

Cependant la wilaya passe actuellement par une phase de « déclin » de son activité industrielle due notamment aux « restructurations » des entreprises publiques.

### **II.10.2. Eaux Thermales :**

Parmi les spécificités de la wilaya, on compte le riche potentiel hydrique tant thermal que minéral. Les eaux thermales sont plus ou moins exploitées dans le cadre du thermalisme d'où les stations de Hammam Rabbi et Sidi Aïssa.

### **II.10.3.Le Potentiel Agro-pastoral :**

L'activité agro-pastorale est considérée comme production essentielle de la wilaya bien qu'il existe cependant un savoir-faire maraîcher, arboricole et pastoral.

### **II.10.4.Le Potentiel Forestier :**

La wilaya compte l'un des grands potentiels forestiers de l'ouest Algérien<sup>2</sup>. Pour l'ensemble de la région hydrographique, elle n'est que de 0,40 km/km<sup>2</sup>.

La wilaya de Saïda couvre trois grands ensembles écologiques assez distincts qui constituent les centres d'intérêt en matière de développement forestière ; il s'agit :

- De la zone écologique du chêne vert (chênaie d'El Hassasna) ;
- De la pineraie de Saïda ;

- De la zone steppique.

### **II.11. Le Secteur Commercial :**

Le secteur commercial dans la wilaya n'est pas vraiment important, il contribue uniquement sur le commerce national par des magasins de commerce de détails.

### **II.12. Contraintes Rencontrées :**

- Désarticulation du tissu industriel existant ;
- Insuffisance de réseaux infrastructurels indispensables à l'activité économique (Rail, routes, aéroport et énergie)

### **II.13. Les Infrastructures De Transport :**

Les transports représentent une clé indispensable dans l'économie moderne, par leurs caractéristiques, leurs moyens. Ces paramètres doivent être à un niveau permettant le transport des personnes et tous types de marchandises dans un minimum de délai, de cout et un maximum de sécurité.

Saïda possède une couverture importante en matière de réseaux routiers (la RN 6, RN 92 et la RN 94) avec les wilayas environnantes, et un réseau ferroviaire allant de Mohammadia vers Béchar, (en passant par Saïda et Naâma).

#### **II.13.1. Infrastructures Aéroportuaires :**

La réalisation d'un aérodrome de catégorie C, dans la commune d'Ouled-Khaled est prévue.

L'aérodrome devrait être doté d'une piste d'atterrissage de 1300 m sur 30.

#### **II.13.2. Infrastructures Routières :**

La wilaya dispose d'un important réseau routier (voir figure N°10) constitué de :

- Routes nationales : 402 km
- Routes wilayas : 616 km
- Routes communales : 278 km
- Chemin à l'état de Pistes : 76km

La wilaya possède un parc d'automobiles de 56817 véhicules de toutes catégories(1), un trafic du transit, et un trafic dense des convois militaires et des matériaux sensiblement dangereux.

#### **II.13.3. Infrastructures Ferroviaires :**

La wilaya dispose en outre d'un réseau ferroviaire long de 133 km (voir figure. N°10). Ce Réseau devrait être étendu à moyen terme.

Les principales lignes ferroviaires sont:

- EI-Mohammadia-Saïda ;
- Saïda-Béchar ;
- Saïda-Khelfellah (région de Bourached) ;
- EI-Hassassna-Aïn-Lahdjar.

Il est à noter que la voie ferrée est fermée depuis 2008.



**Figure. II.N°09.** Infrastructures des transports de la wilaya de Saïda.

(1): Premier trimestre 2011 ; d'après le service des cartes grises de la wilaya de Saïda.

#### II.14. Conclusion :

On déduit d'après cette présentation les clés majeures de l'économie de la wilaya de Saïda et les caractéristiques nécessaires de l'étude d'infrastructure qui seront pris en considération dans le futur ; La liaison de la wilaya de Saïda à la rocade ferroviaire des hauts plateaux est un élément primordial et indispensable.

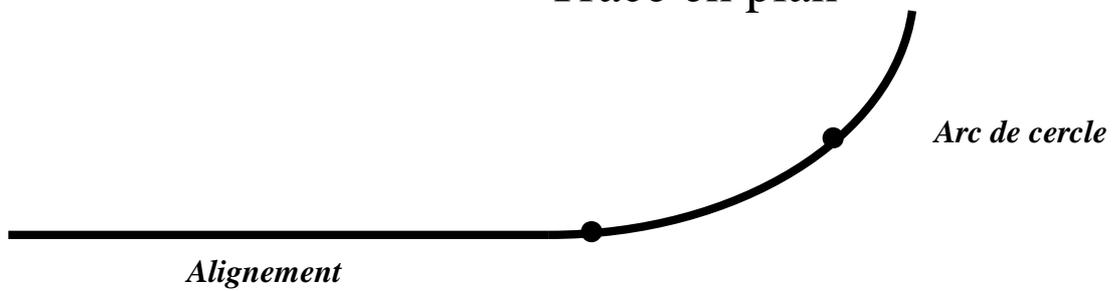
La wilaya de Saïda dispose de nombreuses ressources et d'un climat approprié pouvant aider à la réalisation de nombreux investissements et d'éventuels projets dont l'objectif sera d'obtenir une satisfaction de la population.

L'objet de notre travail consiste à chercher une solution technico-économique fiable pour le développement du transport ferroviaire dans cette wilaya.

Chapitre –III–

---

Tracé en plan



### III.1 Introduction :

L'étude géométrique du tracé de la voie a pour but d'obtenir un roulement parfait et sécurisé des véhicules, il est donc indispensable de rechercher la meilleure forme géométrique à donner à la surface de roulement de la voie et du tracé adopté pour cette surface. Le tracé en plan de la voie ferrée est une projection orthogonale de tous les points sur un plan horizontal, il est constitué en général d'une succession d'alignements droits et d'arcs de cercles relié entre eux par des courbes de raccordement progressif. En chemin de fer le tracé en plan est caractérisé par deux vitesses :

VR : vitesse des trains rapides (voyageurs).

VL : vitesse des trains lents (marchandises).

### III.2 Conditions et règles de tracé :

Le tracé en plan doit assurer un confort technique et un coût économique, et pour atteindre cet objectif, on doit respecter les conditions et les considérations suivantes :

- Comme on est en phase APD, on ne doit pas sortir du couloir choisi ;
- Raccordement à la voie existante au début du projet ;
- Eviter au maximum les propriétés privées ;
- Eviter le franchissement des oueds et des routes afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques ;
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques ;
- Essayer d'utiliser le maximum d'alignements ;
- Eviter les terrains très plastiques ;
- Suivre les courbes de niveau afin de minimiser les terrassements ;
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.

Après une première élimination des variantes par décision des autorités chargées d'approuver le projet, on fait choix d'un ou de plusieurs couloirs d'environ 1km de largeur pour chaque un , à l'intérieur duquel se situera l'axe définitif ou les variantes considérés comme possibles, alors on a proposé quatre variantes

### III.3 Le choix de couloir de trace :

Le tronçon étudié qui fait partie de la rocade ferroviaire des hauts plateaux sections I (voir figure.III.1.).Il débutera du point kilométrique PK 109+425 de coordonnées  $X=3686045,7573$   $Y=728040,4938$  jusqu'aux point kilométrique PK 119+450  $X=3677387,0897$   $Y=730163,9141$  d'où il doit suivre l'enchaînement et la logique des tracés des tronçons de la section I Tiaret / Saïda et de la zone de Hassasna et Tircine.



Figure III.N°01 : Schéma synoptique sur carte satellite pour notre projet (source Google earth).

### III.4 Eléments de tracé en plan :

Un tracé en plan des voies ferroviaires sont composés de trois éléments géométriques :  
Un alignement droit, un arc de cercle et une courbe de raccordement

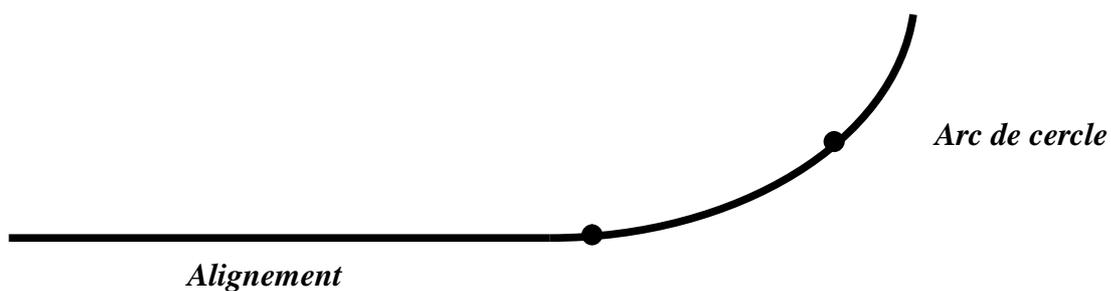


Figure. III.N°02 : Schéma de raccordement de progressif

#### III.4.1. L'alignement :

La conception d'une voie ferrée avec plus de longs alignements offre un meilleur confort. Aux usagers ainsi que leur sécurité, donc il est recommandé d'utiliser plus d'alignement dans le tracé en plan quand la topographie de la zone nous permet.

#### III.4.2. L'arc de cercle :

Le raccordement entre les alignements se fait avec les raccordements circulaires. La valeur du rayon de raccordement est en fonction de la vitesse des trains dans la courbe. Le rayon des arcs de cercle et leurs dévers doivent permettre au minimum à un véhicule roulant à la vitesse de référence ( $V_r$ ) ne pas déraper.

### III.4.3. La courbe de raccordement :

C'est un élément géométrique qui raccorde l'alignement à un arc de cercle dont la courbure varie progressivement d'un rayon  $R = \infty$  à la fin de l'alignement jusqu'à une valeur  $R$  constante au début de l'arc de cercle.

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

### III.5 Conditions de raccordement :

#### III.5.1. Condition de gauchissement :

On doit limiter, dans les zones de variation du dévers la pente relative au profil en long du rail déversé par rapport à l'axe de la voie.

#### III.5.2. Condition du confort optique :

C'est pour assurer une vue satisfaisante au conducteur de la voie en limitant le changement de direction.

#### III.5.3. Condition du confort dynamique :

C'est pour que la progression du dévers et de la courbure assure la stabilité et le confort dynamique.

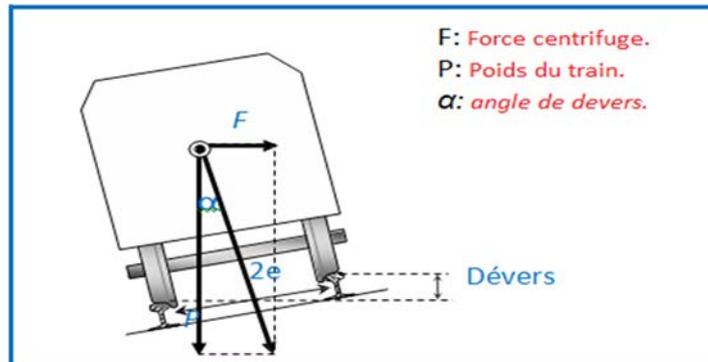


Figure III.N°03 : Force en courbe et dévers.

### III.6.1. Dévers théorique :

Pour une vitesse  $V$  du train on établit le dévers nécessaire qui peut assurer la stabilité sur la voie et le confort des voyageurs.

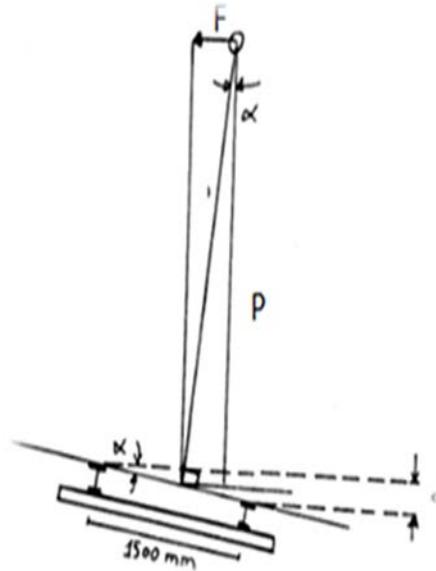


Figure III.N°04 : Notion de devers

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

$$F = mV^2/R, \quad \operatorname{tg}\alpha = \frac{F}{P} = \frac{V^2}{Rg}$$

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

Avec :

- e : l'écartement des deux fils de rail.

-  $\alpha$ : Angle de dévers, entre la résultante P et la force verticale g.

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

Pour :  $e = 1500\text{mm}$ ,  $g = 9.81\text{m/s}^2$  et  $V \text{ (m/s)} = (1/3.6) \cdot V \text{ (km/h)}$

D'où :  $d = \frac{11.8 \cdot V^2}{R}$ . (R en m, d en mm et V en km/h)

### III.6.2. Notion de l'insuffisance (I) et de l'excès du dévers (E) :

Si l'on prenait pour valeur de V la vitesse maximale des trains de voyageurs, leur confort serait parfaitement assuré.

Par contre les trains de marchandises plus lent auront un démarrage difficile sinon impossible on cas d'arrêt dans les courbes et en outre risqueraient l'écrasement du champignon.

Si on se basait sur la vitesse des trains de marchandises, le devers serait nettement insuffisant pour les trains de voyageurs ce qui se traduirait par un inconfort pour eux.

On adopte donc pour, le dévers réel (devers pratique  $d_p$ ), une solution de compromis donnant une insuffisance  $I$  pour les trains les plus rapides, et un excès  $E$  pour les trains les plus lents.

### III.6.3. Dévers pratique ( $D_p$ ) : ( $D$ réel)

Sa valeur est comprise entre celle des trains rapides et celle des trains lents, elle est donnée par :

$$D_p(D \text{ réel}) = \frac{1000 \cdot C}{R} .$$

Le calcul théorique de  $C$  se fait en utilisant la formule suivante :

$$C = 0.006 \cdot V^2$$

$C$  : est un coefficient du dévers qui doit être un multiple de 15.

Le calcul de dévers pour le rayon minimal en utilisant la formule suivante :

$$d_{Rmin} = \frac{V_R^2 \cdot E_{max} + V_m^2 \cdot I_{max}}{V_R^2 - V_m^2}$$

☞ Remarque : la valeur limite normale du dévers est égale 160mm.

Si :  $d_{Rmin} > d_{max}$  ; on prend la valeur de  $d_{max} = 160\text{mm}$

Pour le rayon minimal en utilisant la formule suivante :

$$R_{min} = \frac{11,8 \cdot V_{max}^2}{D_{Rmin} \cdot I_{max}} (\text{m})$$

$R_{min}$  : Rayon minimum.

$V_R$  : Vitesse du train rapide (voyageurs).

$V_m$  : Vitesse du train lent (marchandises).

$I_{max}$  : Insuffisance maximale du dévers.

### III.6.4. L'insuffisance de dévers :

Si on prend le dévers théorique du train lent, et dans le passage du train rapide il y aura un manque de dévers pour vérifier la condition de confort. Et dans le cas contraire il y aura un excès de dévers pour le train lent.

Pour les trains à grandes vitesses, il y a une différence entre le dévers théorique et le Dévers normal (pratique), que l'on désignera comme « insuffisance de dévers »

$$I = d_{thR} - d_p$$

### III.6.5. L'excès de dévers :

Pour le train lent on appelle cette différence entre le dévers théorique et le dévers normal « excès de dévers »

$$E = d_p - d_{thm}$$

### III.6.6. Calcul de la longueur de raccordement «L» de dévers :

C'est la longueur de clothoïde qui permet un raccordement convenable du dévers.

$$L_{\min} = \frac{d_p \cdot V_{\max}}{180} \text{ en (m).}$$

Exceptionnellement :

$$L_{\min} = \frac{d_p \cdot V_{\max}}{216} \text{ en (m).}$$

Le paramètre de clothoïde est calculé selon l'équation suivante :  $A = \sqrt{R \cdot L}$

### III.6.7. Raccordement de dévers :

Le Dévers augmente progressivement d'une valeur nulle en alignement, jusqu'au dévers prévu en courbe, cette progression se fait sur une longueur dite rampe de dévers.

La variation du dévers par unité de longueur où la rampe de raccordement est constante pour faciliter la pose, le contrôle et l'entretien de la voie. Pour passer d'un dévers d'alignement à un dévers de courbe, on surélève progressivement la file extérieure par rapport à la file intérieure et l'insuffisance ou l'excès varie jusqu'à la valeur prévue en plein courbe

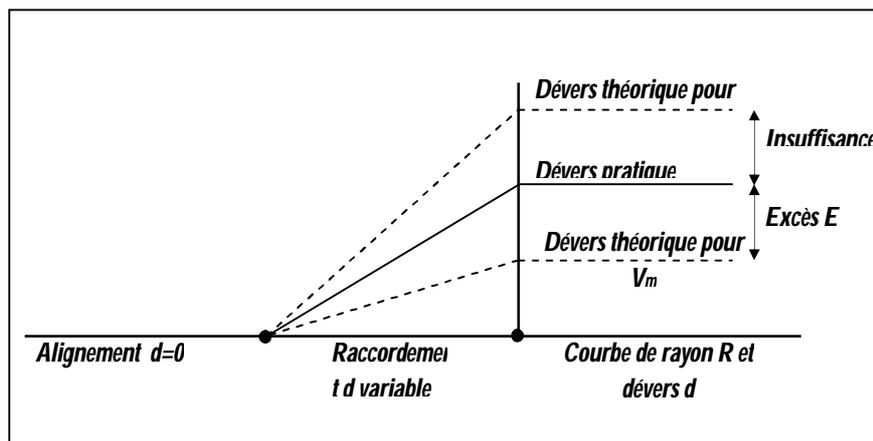


Figure III.N°05: Schéma de raccordement de dévers.

### III.6.8. Gauche et variation du dévers :

La variation du dévers provoque un gauchissement de la voie, donc les points de constat des quatre roues ne se trouvent pas au même niveau, et la charge se répartit inégalement sur les quatre roues, et sous des charges dynamiques pour de grandes vitesses, le problème s'avère néfaste.

Pour régler le problème, on doit limiter cette rampe par unité de longueur, le rapport  $d/L$  appelé «gauche» exprime cette variation en (mm/m). La variation de dévers peut être

exprimée par la notion :  $\frac{\Delta d}{\Delta \ell}$  (mm/m)

Pour l'étude, il faut tenir compte des valeurs minimales de la rampe de raccordement de dévers en fonction de la vitesse :

$$\frac{\Delta d}{\Delta l} \leq \frac{180}{V_R}$$

Sa limite est donnée en fonction de la vitesse comme suit :

$$d/L \leq 180/V_R \text{ en (mm/m) ; } V_R \text{ en km/h.}$$

**A.N:**

$$V_R = 160 \text{ km/h} \quad 180/160 = 1.125 \text{ mm/m} < 2.52 \text{ mm/m.}$$

### III.6.9. Longueur minimum des éléments de tracé :

Afin de faciliter le roulement et adoucir le roulis des wagons de train, des Longueurs minimales ont été fixées pour les éléments du tracé. Ces longueurs doivent Respecter les valeurs exprimées ci-après en mètre (la vitesse exprimée en Km/h) :

**Tableau III.N°01** Longueur minimale à respecter (source fiche SNTF géométrie)

Valeur limite normale	v/2
Valeur limite exceptionnelle	v/3

**NB :** Pour notre projet la longueur minimale est:

$$L_{\min} = v/2 = 160/2 = 80 \text{ m.}$$

### **Application au projet :**

**Tableau III.N°02 :** Paramètre du tracer pour notre projet (source fiche UIC703R)

	Catégorie II Vr=160 km/h	
	Normal	Maximale
<b>Insuffisante de devers I</b>	100	120
<b>Devers d</b>	120	150
<b>Variation du devers dd/dt</b>	28	35
<b>Excès de devers E</b>	70	90

La vitesse des trains rapides  $V_R = 160 \text{ km/h}$

La vitesse des trains lents  $V_m = 100 \text{ km/h}$

**Calcul du  $d_{(Rmin)}$  :**

$$d_{Rmin} = \frac{V_R^2 \cdot E_{max} + V_m^2 \cdot I_{max}}{V_R^2 - V_m^2}$$

Avec :

$$I_{max} = 150 \text{ mm}$$

$$E_{max} = 90 \text{ mm}$$

$$d_{Rmin} = \frac{(160)^2 \cdot 90 + (100)^2 \cdot 150}{160^2 - 100^2} = 243.84 \text{ mm} .$$

**Remarque :**

243.84mm > 160mm → alors en prendre  $d_{Rmin} = 160 \text{ mm}$

**Calcul du rayon minimal : Rmin**

$$R_{min} = \frac{11.8 \cdot V_{max}^2}{D_{Rmin} + I_{max}} (\text{m})$$

$$R_{min} = \frac{11.8 \cdot 160^2}{160 + 150} = 974.45 \text{ m}$$

Selon le tronçon étudié de notre projet on prendre :  $R_{min} = 9000 \text{ m}$

**Coefficient de Devers : C**

$$C = 0.006 \cdot V^2$$

Cette valeur doit se rendre à un multiple de 15 le plus proche.

V: vitesse du train le plus rapide exprimée en Km/h

$$\text{Alors : } c = 0.006 \cdot 160 = 153.6$$

$$\text{on prend : } c = 165$$

**Calcul du devers pratique:**

On fait le calcul pour le rayon  $R = 9000$ .

$$D_{réel} = \frac{1000 \cdot 165}{9000} = 18.334$$

Alors :

$$D_{réel} = 18.334 \text{ mm} < 150 \text{ mm (vérifier)}$$

**Calcul de devers théorique :**

Pour train de voyageurs :

$$D_{th} = \frac{11.8 \cdot 160^2}{9000} = 33.56 \text{ mm} .$$

Pour train de marchandises :

$$D_{th} = \frac{11.8 \cdot 100^2}{9000} = 13.11 \text{ mm} .$$

**Calcul du l'insuffisante (I) et l'excès de devers (E) :**

On fait le calcul pour le rayon  $R= 9000$ .

$$I = Dthr - Dr$$

alors :  $I = 33.56 - 18.334 = 15.23\text{mm}$

Avec :  $I = 15.23\text{mm} < 120 \text{ mm}$  (vérifier)

Et:  $E = Dr - Dthm$ .

Alors :  $E = 18.334 - 13.11 = 5.223\text{mm}$

avec :  $E = 5.223\text{mm} < 90 \text{ mm}$  (vérifier)

**Calcul la longueur de clothoide (L) :**

On fait le calcul pour le rayon  $R= 9000$ .

**Condition de gauchissement :**

$$L_{\min} = \frac{Dr \cdot V_{\max}}{180} = \frac{18.33 \cdot 160}{180} = 16.296 \text{ m}$$

**Condition de confort dynamique (variation de l'insuffisance de devers):**

$$\frac{\Delta I}{\Delta T} < 25\text{mm/s} \quad \text{avec : } \frac{I \cdot V_{\max}}{3.6 \cdot L} < 25\text{mm/s}$$

$$L > \frac{I \cdot V_{\max}}{90} \quad \text{alors: } L \geq 27.075\text{m}$$

On prend:  $L = 28\text{m}$

**La longueur de raccordement (LR) :**

$$LR = \frac{Dr}{\frac{\Delta d}{\Delta L}} = \frac{18.334}{1.125} = 16.29 \text{ mm} \quad \text{on prend : } LR = 17 \text{ m.}$$

**La variation d'insuffisance :**

$$\frac{\Delta I}{\Delta T} = \frac{I \cdot V_{\max}}{3.6 \cdot LR} = \frac{15.33 \cdot 160}{3.6 \cdot 17} = 41.77 \text{ mm/s.}$$

**Condition de confort dynamique (variation de devers):**

$$\frac{\Delta d}{\Delta T} \leq 28\text{mm/s} \quad \text{avec : } \frac{d \cdot V_{\max}}{3.6 \cdot L} < 28\text{mm/s}$$

Alors :  $L \geq \frac{d \cdot V_{\max}}{100.8}$

avec :  $L \geq 29.10\text{m}$  on prend :  $L = 30\text{m}$

**La variation de devers :**

$$\frac{\Delta d}{\Delta l} \leq \frac{180}{V_R} \quad \text{avec : } \frac{\Delta d}{\Delta l} \leq 1.125 \text{ mm/m}$$

**Calcul le paramètre de clothoide( A ) :**

$$A = \sqrt{R \cdot LR} = \sqrt{9000 \cdot 17} = 391.15.$$

Tableau III.N°03 : Récapitulatif de calcul

Rayon	Dr (mm)	Dthr (mm)	Dthm (mm)	I (mm)	E(mm)	LR (m)	A
10000	16.5	30.208	11.80	13.708	4.70	15	387.298
9500	17.368	31.797	12.421	14.429	4.947	16	389.871
10000	16.5	30.208	11.80	13.708	4.70	15	387.298

**Conclusion:**

Les valeurs des éléments caractéristiques du tracé en plan sont comme suit :

- Tous les rayons adoptés sont supérieurs au rayon minimum exigé qui est de 974.45 m.
- Les longueurs des éléments du tracé en plan respectent la longueur minimale qui est de 80 m.
- L'insuffisance du dévers est inférieure à la valeur maximale qui est de 120mm.
- L'excès du devers est inférieure à la valeur maximale qui est de 90mm.

## Chapitre –IV–

---



Calcul d'axe

### IV.1. Introduction :

Le calcul d'axe est l'opération de base permettant de matérialiser le tracé d'un projet ferroviaire, elle consiste au calcul d'axe point par point du début du tronçon à sa fin.

En exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe.

### IV.2- Procédés de calcul

Dans un calcul d'axe, la grande partie est celle de la courbe de clothoïde (fig1), cet élément géométrique particulier qui se définit par des formules mathématiques approchées.

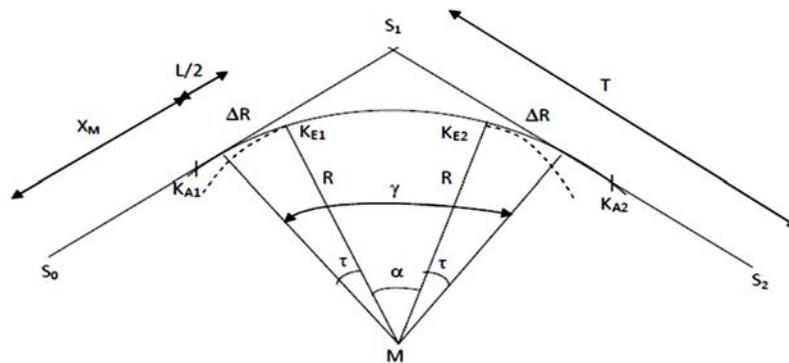


Figure IV.N°.01 : Les Eléments De La Clothoïde .

g : Angle entre alignement

SL : La corde à la clothoïde

T : Grande tangente

s : L'angle polaire

DR : Ripage

L : longueur de clothoïde

XM : Abscisse du centre de cercle

KA : début de clothoïde

R: Rayon de virage

KE : Fin de clothoïde

i : Angle de tangente

### IV.3 - Calcul Des Eléments Géométrique :

#### IV.3.1.Le gisement :

Le gisement d'une direction l'angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d'une montre .

#### IV.3. 2.L'équation de la clothoïde

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

#### IV.3. 3. Longueur de la clothoïde :

$$L=A^2/R.$$

**IV.3. 4.L'angle  $\tau$** 

$$\tau = \frac{L}{2R} * 200/\pi$$

**IV.3.5.distance du centre de courbe :**

$$X_m = L/2$$

**IV.3. 6.le ripage :**

$$\Delta R = L^2/24R$$

**IV.3. 7.gisement entre les deux directions  $\gamma$  :**

$$\gamma = |G_{S_2}^{S_1} - G_{S_1}^{S_0}|$$

**IV. 8. Calcul des Coordonnées SL :**

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

**IV.3. 8. Calcul de  $\sigma$  :**

$$\sigma = \arctg\left(\frac{X}{Y}\right)$$

**IV.3. 9. Calcul de l'arc :**

$$b = K_{E1}K_{E2}$$

$$b = \frac{\pi * R(\gamma - 2\tau)}{200}$$

**IV.3. 10.Calcul des coordonnées des points singuliers :**

$$k_{A1} \begin{cases} X_{K_{A1}} = X_{S1} - T * \sin G_{S_1}^{S_0} \\ Y_{K_{A1}} = Y_{S1} + T * \cos G_{S_1}^{S_0} \end{cases}$$

$$k_{A2} \begin{cases} X_{K_{A2}} = X_{S1} + T * \sin G_{S_2}^{S_1} \\ Y_{K_{A2}} = Y_{S1} + T * \cos G_{S_2}^{S_1} \end{cases}$$

$$k_{E1} \begin{cases} X_{K_{E1}} = X_{K_{A1}} - S_L \sin(G_{S_1}^{S_0} + \sigma) \\ Y_{K_{E1}} = Y_{K_{A1}} - S_L \cos(G_{S_1}^{S_0} + \sigma) \end{cases}$$

$$k_{E2} \begin{cases} X_{K_{E2}} = X_{K_{A2}} + S_L \sin(G_{S_2}^{S_1} - \sigma) \\ Y_{K_{E2}} = Y_{K_{A2}} + S_L \cos(G_{S_2}^{S_1} - \sigma) \end{cases}$$

**IV.4. Exemple de calcul d'axe :**

D'après le tracé en plan du notre projet, On a choisi le premier la première courbe au niveau du PK 110+515. Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit :

- Pour la courbe N°01, le rayon R1 = 10000 m:

$$S0 (X= 3685990.972; Y=728074.7439).$$

$$S1 (X= 3686013.7249; Y=728050.2854).$$

$$S2 (X=3686045.7535; Y=728040.4938).$$

$$A= 387.29 \text{ m}$$

#### IV. 4.1. Calcul de gisement :

$$|\Delta X0| = |XS1 - XS0| = |3686013.7249 - 3685990.972| = 23.217$$

$$|\Delta Y0| = |YS1 - YS0| = |728050.2854 - 728074.7439| = 24.458$$

$$|\Delta X1| = |XS2 - XS1| = |3686045.7535 - 3686013.7249| = 23.029$$

$$|\Delta Y1| = |YS2 - YS1| = |728040.4938 - 728050.2854| = 9.791$$

$$S0S1 = \sqrt{D_x^2 + D_y^2} = 33.72$$

$$S1S2 = \sqrt{D_{x1}^2 + D_{x2}^2}$$

Donc:

$$G_{S_1}^{S_0} = 100 + \arctg \left| \frac{dy}{dx} \right| = 151.656 \text{ gr}$$

$$G_{S_2}^{S_1} = 100 + \arctg \left| \frac{dy}{dx} \right| = 125.592 \text{ gr}$$

#### IV. 4.2. Calcul de l'angle $\gamma$ :

$$\gamma = |G_{S_2}^{S_1} - G_{S_1}^{S_0}| = 26.066 \text{ gr}$$

#### IV. 4.3. Calcul de l'angle $\tau$ :

$$L = \frac{A^2}{R} = \frac{(387.29)^2}{10000} = 14.999$$

$$L = 15.00 \text{ m}$$

$$\tau = \frac{L}{2 \cdot R} * \frac{200}{\pi} = 0.047 \text{ gr}$$

#### IV. 4.4. Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 0.047 \text{ gr}$$

D'où :  $\tau < \frac{\gamma}{2}$  c.à.d pas de chevauchement

$$\frac{\gamma}{2} = 13.033 \text{ gr}$$

**IV. 4.5. Calcul de la tangente T :**

D'après le tableau de clothoïde on tire les valeurs suivantes :

$$\Delta R = L^2 / 24R = 225 / 240000 = 9.375 * 10^{-04} ;$$

$$\frac{\Delta R}{R} = 9.375 * 10^{-08}$$

$$X_m = L/2 = 15/2 = 7.5;$$

$$\frac{X_m}{R} = 7.5 * 10^{-04}$$

$$X = L \left( 1 - \frac{L^2}{40 * R^2} \right) = 14.91 ;$$

$$\frac{X}{R} = 1.49 * 10^{-3}$$

$$Y = \frac{L^2}{6 * R} = 3.75 * 10^{-3} ;$$

$$\frac{Y}{R} = 3.75 * 10^{-7}$$

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg} \gamma / 2$$

$$T = 7.5 + (10000 + 9.375 * 10^{-04}) \operatorname{tg} 13.033 = 2083.80$$

$$T = 2083.80 \text{ m}$$

**IV. 4.6. Calcul des coordonnées SL :**

$$S_L = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$S_L = \sqrt{(14.91)^2 + (3.75 * 10^{-3})^2}$$

$$S_L = 14.94 \text{ m}$$

**IV. 4.7. Calcul de  $\sigma$  :**

$$\sigma = \operatorname{arctg} \left( \frac{Y}{X} \right)$$

$$\sigma = 0.016$$

**IV. 4.8. Calcul de l'arc :**

$$b = K_{E1} K_{E2}$$

$$b = \frac{\pi * R (\gamma - 2\tau)}{200}$$

$$b = \frac{\pi * 10000 (26.066 - 2 * 0.047)}{200}$$

$$b = 4077.6 \text{ m}$$

## IV. 4.9. Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$k_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} - T * \sin G_{S1}^{S_0} \\ Y_{KA1} = Y_{S1} + T * \cos G_{S1}^{S_0} \end{cases}$$

$$X_{KA1} = 3686013.7249 - (2083.80 * \sin 151.656)$$

$$X_{KA1} = 3684579.078m$$

$$Y_{KA1} = 728050.2854 + 2083.80 * \cos 151.656$$

$$Y_{KA1} = 726538.99m$$

$$k_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = 3684579.078m \\ Y_{KA1} = 726538.99m \end{cases}$$

$$k_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} + T * \sin G_{S2}^{S_1} \\ Y_{KA2} = Y_{S1} + T * \cos G_{S2}^{S_1} \end{cases}$$

$$k_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = 3686013.7249 + 2083.80 * \sin 125.592 \\ Y_{KA2} = 728050.2854 + 2083.80 * \cos 125.592 \end{cases}$$

$$k_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = 3687931.406m \\ Y_{KA2} = 727234.981m \end{cases}$$

$$k_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} - S_L \sin(G_{S1}^{S_0} + \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \cos(G_{S1}^{S_0} + \sigma) \end{cases}$$

$$k_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = 3684579.078 - 14.94 \sin(151.656 + 0.016) \\ Y_{KE1} = 726538.99 + 14.94 \cos(151.656 + 0.016) \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = 3684568.79m \\ Y_{KE1} = 726528.52m \end{cases}$$

$$k_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \sin(G_{S2}^{S_1} - \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} + S_L \cos(G_{S2}^{S_1} - \sigma) \end{cases}$$

$$k_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = 3687931.406 - 14.94 \sin(125.592 - 0.016) \\ Y_{KE2} = 727234.981 + 14.94 \cos(125.592 - 0.016) \end{cases}$$

$$k_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = 3687917.65m \\ Y_{KE2} = 727229.139m \end{cases}$$

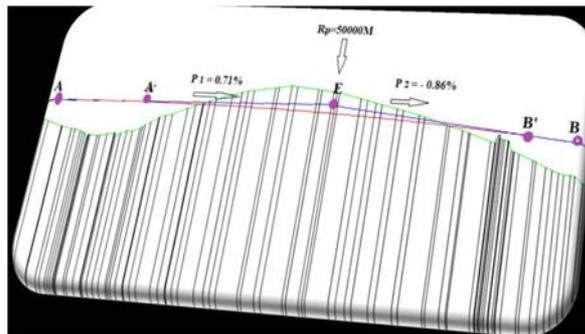
**IV.5 .Conclusion :**

Les résultats sont présentés dans l'annexe 01:

Chapitre -V-

---

Profil en long



**V.1 : Introduction :**

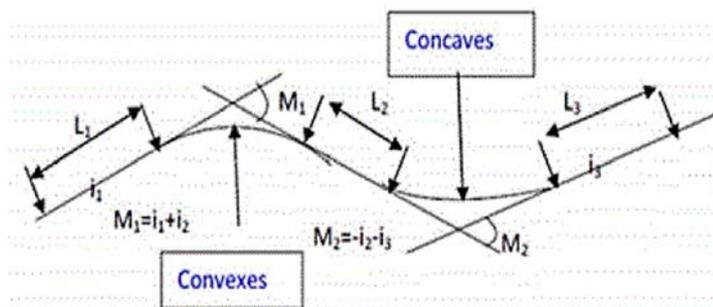
Le profil en long est la projection horizontale de la cote de la file basse des rails des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé. Elle est composée généralement de la succession de pentes et rampes raccordées par des courbes paraboliques. Ces éléments représentent la ligne rouge ou ligne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

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

- L'altitude du terrain naturel ;
- L'altitude du projet ;
- La déclivité du projet, distances partielles et cumulées...etc.
- Le tracé de la ligne rouge doit répondre à certaines conditions :
- La déclivité maximale est de 16‰ en plein voie, et de 0‰ au sein des gares et haltes ;
- Minimiser les quantités de déblai et remblai ;
- Se raccorder au réseau existant ;
- Eviter les angles rentrants en déblai pour une bonne évacuation des eaux ;
- Assurer la coordination entre le tracé en plan et le profil en long ;
- Respecter la longueur minimal des éléments de profil en long ( $L_{min} = V/2$ ) ;
- Respecter le rayon minimal en profil en long qui vaut :  $R_v \min = 0.35 VR$ .

**V.2 :Eléments géométriques du profil en long :**

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



**Figure V .N°01** : Représenté les éléments du profil en long

### V.3 : Longueur minimale des éléments du profil en long :

Lors du passage du train par deux déclivités successives de sens différents, ce dernier subit deux accélérations verticales brutales qui peuvent provoquer des oscillations très importantes au véhicule, ce qui représente un malaise aux passagers ainsi que des dégâts possibles aux rails.

La valeur minimale normale	$V/2$
La valeur minimale exceptionnelle	$V/2.5$

**Tableau V.N°01:** Valeurs de la longueur minimale des déclivités.  
(SNTF : Référentiel technique - Géométrie de la voie)

V : Vitesse des trains de voyageurs (maximale)

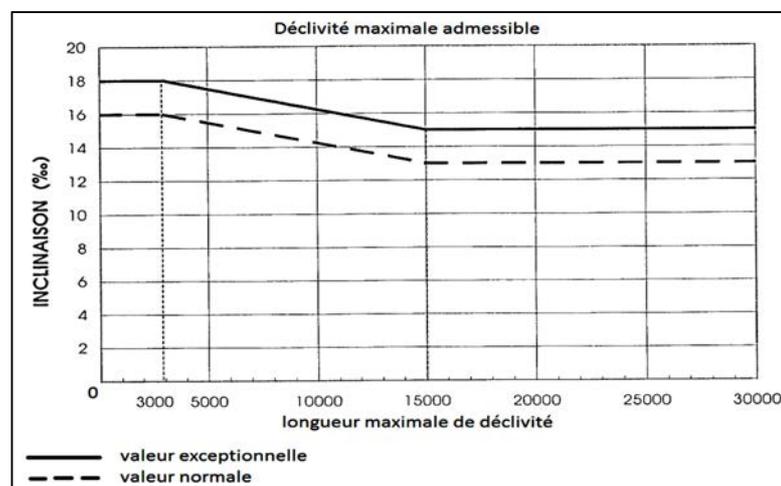
$$L_{\min} = V/2 = 80 \text{ m}$$

Pour notre projet, longueur minimale des déclivités est  $V/2 = 160/2 = 80\text{m}$ .

### V.4 .Déclivité maximale :

Selon le référentiel technique de la SNTF, les déclivités varient en fonction de leurs longueurs :

- 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‰.



**Figure V.N°02:** Déclivités maximales admissibles (Source référentiel SNTF)

**V.5 : Le raccordement en profil en long :**

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

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

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

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

**Tableau V.N°02:** Valeurs des rayons de raccordement minimaux à respecter.  
(Source Référentiel SNTF)

**A.N :**

$$R_{v_{\min}} = 0,35V^2 = 8960m.$$

On prend :

$$R_{v_{\min}} = 9000 m.$$

**V.6. Coordination profil en long-tracé en plan :**

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

- Eviter les coïncidences entre les rayons du profil en long et les rayons du tracé en plan
- Eviter le placement d'une courbe en profil en long immédiatement après une courbe en tracé en plan
- Les points singuliers du tracé en plan ne doivent pas être précédés d'un point élevé
- Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en courbe ou bien en déclivité.
- Le respect de ces conditions a pour but de :
- Distinguer clairement les dispositions des points singuliers
- Prévoir de loin l'évolution du tracé et assurer une bonne visibilité
- Garantir la sécurité des voyageurs et du matériel roulant
- Offrir du confort aux voyageurs

**V.7 : Détermination pratiques du profil en long :**

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

$x^2 + y^2 - 2Ry = 0$ . À l'équation du parabole  $x^2 - 2Ry = 0 \rightarrow y = \frac{x^2}{2R}$  Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

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

Donnée la pente P1 de la droite (AS)

Donnée la pente P2 de la droite (DS)

Donnée le rayon R

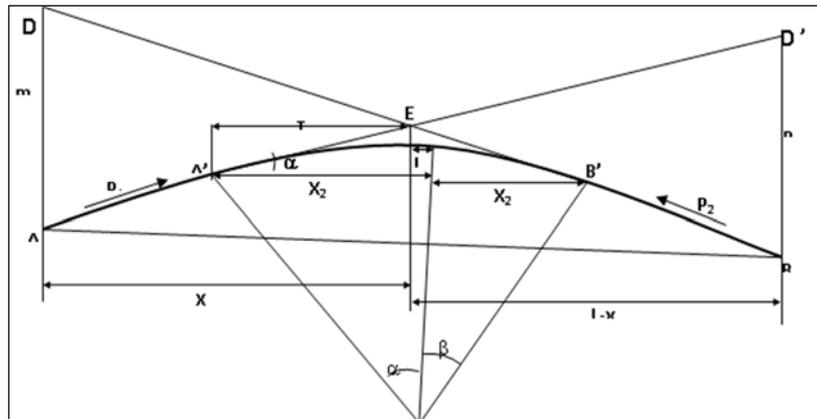


Figure V .N°03 : Eléments de profil en long.

Avec :

**AA'** et **BB'** : Extrémités du raccordement

**TT**: Tangente de part et d'autre du sommet

**AA'** et **BB'**: deux points connus sur P1 et P2

**FF**: Hauteur de l'abaissement du sommet (Flèche)

**XX**: Distance entre le sommet et un point A sur P1

**( $\alpha + \beta$ )** : Angle de variation, ou de changement de direction

O: Centre du cercle de rayon R

E : Sommet ou point de changement de déclivité

L : Distance entre les deux points A et B.

### Détermination des pentes

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta X_1}$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta X_2}$$

### Détermination de la tangente T :



**Calcul des éléments de profil en long :**

$$A \begin{cases} X = 109856.55 \\ Z = 1111.494 \end{cases} \quad E \begin{cases} X = 109928.54 \\ Z = 1111.494 \end{cases} \quad B \begin{cases} X = 110000.52 \\ Z = 1110.342 \end{cases}$$

On a :

$$\begin{cases} R = 9000 \\ PK_E = 109 + 782.073 \end{cases}$$

**Calcul des pentes (P) :**

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta X_1} = \frac{1111.494 - 1111.494}{109928.54 - 109856.55} = 0$$

$$P_1 = 0.00\%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta X_2} = \frac{1110.342 - 1111.494}{110000.52 - 109928.54} = \frac{-1.152}{71.98} = -0.016$$

$$P_2 = 16\%$$

**Calcul de tangente T :**

$$T = \frac{R}{2} * |P_1 - P_2| = \frac{900}{2} * |0 - 0.016| = 72$$

$$T = 72$$

**Calcul de la flèche F :**

$$F = \frac{T^2}{2R} = \frac{(72)^2}{2 * 9000} = 0.288$$

$$F = 0.288$$

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

$$Z_G = Z_E - F$$

$$Z_G = 1111.494 - 0.288 = 1111.214$$

$$Z_G = 1111.214$$

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

$$X_{A'} = X_E - T = 109928.54 - 72$$

$$X_{A'} = 109856.54$$

$$Z_{A'} = Z_E \pm P_1 T = 1111.494 \pm 0$$

$$Z_{A'} = Z_E = 1111.494$$

$$PK_{A'} = PK_E - T = 109782.073 - 72 = 109710.073$$

$$PK_{A'} = 109 + 710.073$$

$$A' \left\{ \begin{array}{l} X_{A'} = 109856.54 \\ Z_{A'} = 1111.494 \\ PK_{A'} = 109 + 710.073 \end{array} \right.$$

$$X_{B'} = X_E + T = 109928.54 + 72$$

$$X_{B'} = 110000.54$$

$$Z_{B'} = Z_E \pm P_2 T$$

$$Z_{B'} = 1111.494 \pm (-0.016 * 72)$$

$$Z_{B'} = 1112.646$$

$$PK_{B'} = PK_E + T = 109782.073 + 72 = 109854.059$$

$$PK_{B'} = 109 + 854.059$$

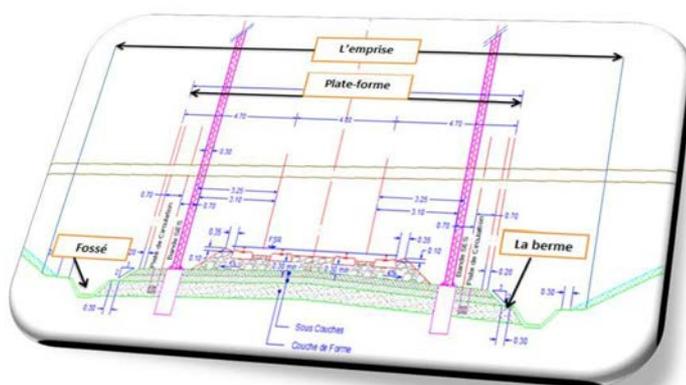
$$B' \left\{ \begin{array}{l} X_{B'} = 110000.54 \\ Z_{B'} = 1112.646 \\ PK_{B'} = 109 + 854.059 \end{array} \right.$$

<b>Résultats du calcul informatique</b>
-----------------------------------------

<b>PK<sub>A'</sub></b>	<b>PK<sub>B'</sub></b>	<b>L</b>	<b>R</b>	<b>T</b>	<b>FL</b>	<b>P %</b>		<b>PK<sub>E</sub></b>
109+710.07 3	109+854.05 9	143.988	9000	72	0.288	0	-1.6	109+782.073
110+925.66 5	111+285.63 1	359.977	15000	179.99 7	1.080	-1.6	0.8	111+105.639
111+885.14 6	112+165.13 9	279.995	20000	140	0.49	0.8	0.6	112+025.142
112+279.11 5	112+609.08 3	329.978	15000	164.99 6	0.907	0.6	1.6	112+444.108
112+813.67 1	113+261.61 3	447.962	14000	224	1.792	1.6	-1.6	113+037.642
113+365.51 2	113+813.45 4	447.962	14000	224	1.792	-1.6	1.6	113+589.483
115+832.73 3	115+976.71 4	143.988	9000	72	0.288	1.6	0	115+904.719
117+314.22 2	117+458.20 3	143.988	9000	72	0.288	0	-1.6	117+386.217

## Chapitre –VI–

### Profil en travers Et calcul de cubatures



**VI.1. Introduction :**

Le profil en travers d'une voie ferrée est la coupe transversale de cette dernière suivant un plan vertical perpendiculaire à l'axe de cette voie. L'échelle la plus fréquemment utilisée est celle de 1/100.

On distingue deux types de profil :

**VI.2. Profil en travers type :**

Est une représentation graphique, contenant et détaillant d'une manière précise tous les éléments constituant la voie notamment les dimensions de la voie, ses dépendances, la structure de la couche d'assise, sa composante ainsi que les épaisseurs.

**VI.3. Profil en travers courant :**

Il s'applique au PK indiqué, il reprend et mentionne toutes les données caractérisant la section transversale de la voie au PK considéré, notamment cote terrain naturel (TN), cote de projet .devers de la plate-forme.

**VI.4. Etablissement du profil en travers type :**

Le profil en travers doit contenir tous les éléments suivants :

- Élément de la superstructure :
- Le rail et son type.
- La valeur de l'écartement de la voie.
- L'entraxe de la voie.
- Les traverses et leur type.
- Poteaux caténaire et caniveaux à câbles (pour les voies électrifiées).
- L'épaisseur de la couche de ballast.
- La pente latérale de la couche de ballast.
- Éléments de l'infrastructure :
- Les pentes transversales de chaque couche.
- La pente latérale de la plate-forme.
- Les épaisseurs et les nominations de chaque couche.
- Éléments de talus :
- La pente de chaque talus.
- Les ouvrages de consolidation éventuels, tels que les murs de soutènement.
- Éléments d'assainissement :
- Type et dimension des fossés ou des drains

**VI.5. Les éléments du profil en travers :****Emprise :**

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

**Assiette :**

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

**Plate-forme :**

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

**La voie :**

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

**La berme :**

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

**Le fossé :**

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

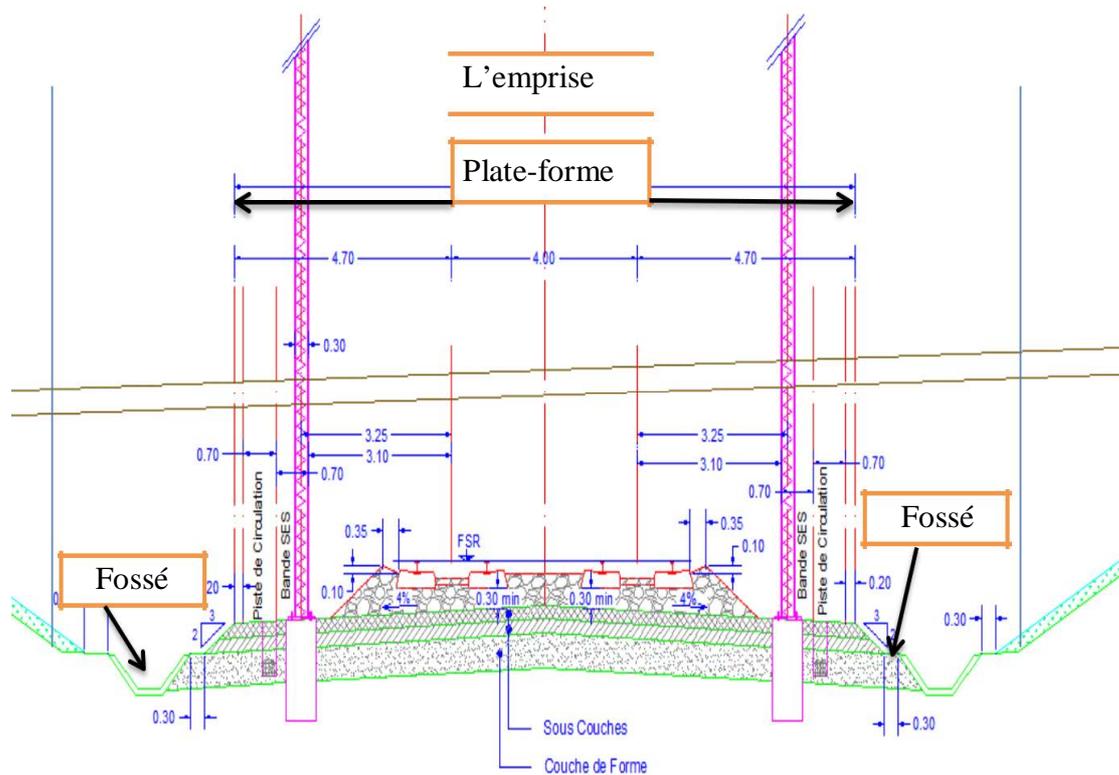
**VI.6. Structure de la voie ferrée:****• La plate-forme**

La plate-forme représente l'emprise au sol. La plate-forme constitue la base de la voie ferrée.

Pour bien remplir son rôle elle doit être stable et saine. La construction d'une ligne nécessite dans la plupart des cas des aménagements spécifiques tels que talus, remblais, déblais, avec apport ou extraction de matériaux. Des précautions particulières permettent le drainage et l'évacuation des eaux pluviales.

Les spécifications applicables dans notre projet sont les suivantes :

- La largeur de la plate-forme en double voie est fixée à 13,60 m avec un entraxe de 4,20 m.
- La largeur de la plate-forme en voie simple est fixée à 8 m.
- Une bande 700 mm sera prévue pour l'implantation des équipements de signalisation, télécommunications et électrification ; l'axe des poteaux caténaux devra se situer à un minimum de 3 250 mm de l'axe de la voie;
- Un cheminement de 700 mm sera aussi implanté pour la circulation piétonnière du personnel de maintenance de la voie dans le cas des voies à l'air libre uniquement.



**Figure VI. N° 01:** Profil en travers types d'une voie double

### VI.7. Profil type de notre projet :

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

- Type de ligne : double voies mixte électrifiée.
- Ecartement de la voie : 1.435 m (standard).
- Largeurs de la plate-forme : 13.40 m.
- Pente latérale de la plate-forme : 4%.
- Pente latérale de la couche de ballast : 2/3.
- Epaisseur du ballast : 30 cm.
- Epaisseur du sous-ballast : 20 cm.
- Epaisseur de la couche de fondation : cm.
- Pente (déblai : 2/3 et remblai : 1 / 2).
- Fossé trapézoïdale (b= 0.5 m ; h= 0.9 m)

### VI.8. Calcul des cubatures :

Les cubatures de terrassement c'est l'évolution des cubes de déblais 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.

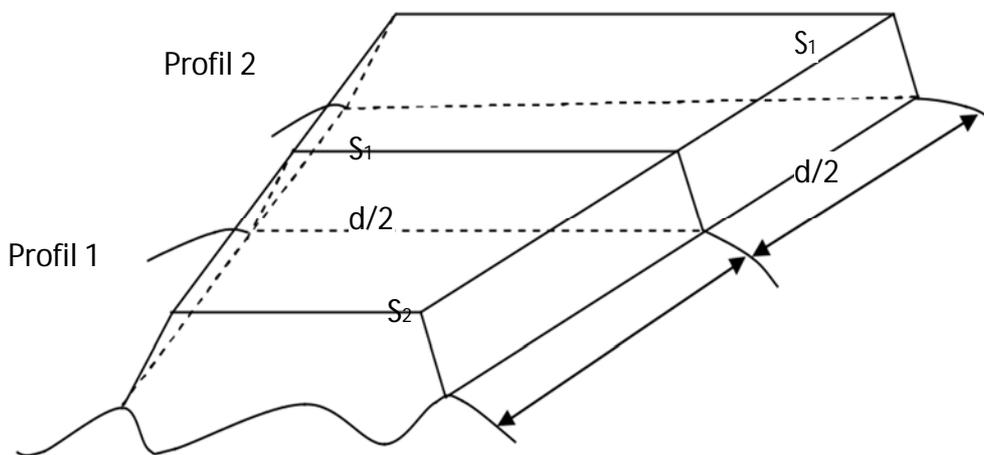
Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures, parmi eux, on peut citer :

- ✓ Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- ✓ Méthode de l'aire moyenne (méthode par défaut).
- ✓ Méthode de la longueur applicable.
- ✓ Méthode approchée.

### VI.9. Méthode de calcul des cubatures :

Le calcul exact des terrassements est de peu d'intérêt car il est destiné à en évaluer le cout, on peut se contenter d'une méthode approchée conduisant a de petites erreurs, il sera plus avantageux d'accepter cette erreur que le consacrer un temps considérable, dont la valeur serait beaucoup plus grande, a vouloir obtenir un volume d'une exactitude mathématique.

On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule de SARRAUS des trois niveaux en encore formule prismatoïde.

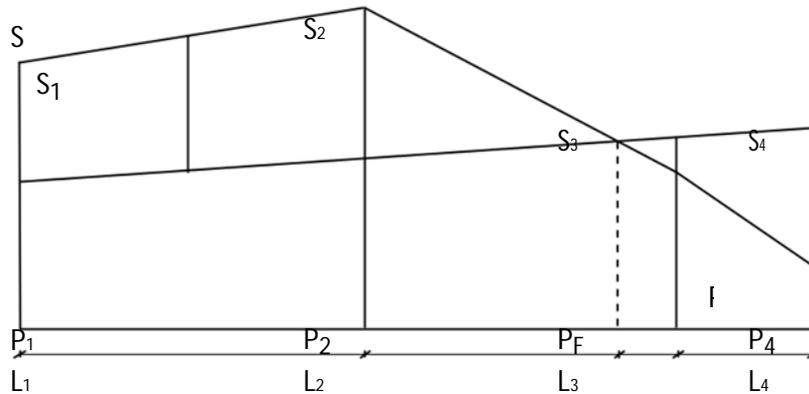


$$V = S_1(L_1/2) + S_2(L_1+L_2)/2 + \dots + S_{n-1}(L_{n-2}+L_{n-1})/2 + S_n(L_{n-2}/2).$$

Avec:

- S:** Aire de profil en travers.
- n:** Numéro de profil.
- L:** Distance entre profil.

On calcule le volume total des terrassements entre ( 109+610.00 et 112+675.00) dans le schéma suivant :



**Pf** : Profil fictif (intersection entre terrain naturel et ligne rouge)

**Si** : Surface des profils en travers des  $P_i$

**S** : surface à mi- distance entre deux surfaces successives pour simplifier les calculs on pose :

$$s = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \text{ (La moyenne)}$$

$$s_1 = 8.204m^2 \quad L_1 = 15.00m$$

$$s_2 = 2.537m^2 \quad L_2 = 25.00m$$

$$s_{pf} = 0m^2 \quad L_3 = 25.00m$$

$$s_3 = 4.839m^2 \quad L_4 = 25.00m$$

$$s_4 = 27.918m^2$$

- Le volume entre  $P_1$  et  $P_2$  (109+610 et 109+625)

$$V_1 = \frac{L_1}{2}(s_1 + s_2 + 4 * \frac{s_1+s_2}{2})$$

$$V_1 = \frac{L_1}{2}(s_1 + s_2)$$

$$V_1 = \frac{15}{2} (8.204 + 2.537)$$

$$V_1 = 80.57m^3$$

- Le volume entre  $P_2$  et  $P_f$  (109+625 et 109+650 )

$$V_2 = \frac{L_2}{2}(s_2 + 0)$$

$$V_2 = \frac{25}{2}(2.537 + 0)$$

$$V_2 = 31.73m^3$$

- Le volume entre  $P_f$  et  $P_3$  (112+625 et 112+650)

$$V_3 = \frac{L_3}{2}(0 + s_3)$$

$$V_3 = \frac{25}{2}(0 + 4.839)$$

$$V_3 = 60.50m^3$$

- Le volume entre P3 et P4 (112+650 et 112+675 )

$$V_4 = \frac{L_4}{2}(s_3 + s_4)$$

$$V_4 = \frac{25}{2}(4.839 + 27.918)$$

$$V_4 = 409.48m^3$$

D'où le volume total des terrassements (remblai et déblai) entre (109+610.00 et 112+675.00)

$$V = \frac{L_1}{2} * s_1 + \frac{(L_1 + L_2)}{2} * s_2 + \frac{(L_3 + L_4)}{2} * s_3 + \frac{L_4}{2} * s_4$$

$$V = 582.28m^3$$

• **La méthode utilisée :**

Le calcul des cubatures de terrassement a été fait à l'aide du logiciel **COVADIS 9.1**, les Détails de calcul sont joints dans l'annexe.

Les résultats du calcul automatique sont résumés dans le tableau ci-après :

	<b>Remblai</b> (m <sup>3</sup> )	<b>Deblai</b> (m <sup>3</sup> )	<b>Terre Vegetale</b> (m <sup>3</sup> )	<b>Ballast</b> (m <sup>3</sup> )	<b>Sous Ballast</b> (m <sup>3</sup> )	<b>Couche de fondation</b> (m <sup>3</sup> )
<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	1145715.493	123874.635	37816.77	30937.68	22247.78	61720.51

**Tableau VI.1 :** résultats du calcul des cubatures de terrassement

<b>Volume déblai (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume remblai (m<sup>3</sup>)</b>
123874.635	<b>1145715.493</b>

**VI.10. Conclusion**

Au terme de cette théorie, nous avons pu éclaircir les paramètres géométriques d'une ligne ferroviaire avec quelques règles qui nous permettra de bien mener l'étude de notre tronçon. Cette partie théorique sera donc un appui pour l'élaboration de notre tracé ferroviaire.

☞ *Remarque :* Le calcul de la cubature est fait par logiciel Covadis 9.1.

## Chapitre –VII–

---

Etude géologie, géotechnique et dimensionnement  
De la couche d'assise

**VII.1. Introduction :**

Les études géologiques et géotechniques sont nécessaires dans tous les projets ferroviaires pour mesurer l'incident des choix du profil en long et d'une manière générale du tracé en termes de coût. On peut dire aussi que la géotechnique est une science empirique qui se fait en partie sur les données recueillies lors des essais en laboratoire et sur terrain.

**VII.2. Etude Géologique :**

Une analyse géologique est essentielle pour pouvoir proposer un type de corps de chaussée idéal pour chaque section de la liaison et aussi pour le but d'éviter les terrains instables ou très rocheux, pour une bonne estimation du cout de construction du projet.

L'étude géologique s'est appuyée sur la carte géologique à l'échelle 1:500.000 (France. Institut Géographique National, Paris: IGN, 1967) (Figure. II.12) fournie par la bibliothèque des sciences et de la terre, aucune autre carte géologique concernant la zone du projet étant à disposition.

**VII.2.1.Géologie du tracé :**

Le tracé étudié dans ce projet de fin d'étude est compris entre le PK 109+425 et le PK 119+450. Il est situé à l'est de Saida, à peu près 30-40 Km de la ville, entre les villages de Hassasna à l'ouest, Tamesna au sud et de Tircine au nord.

La ligne du tronçon débute par une gare de croisement disposée dans un déblai de plus d'un Kilomètre. Puis elle fait une grande courbe depuis la direction nord-ouest vers l'ouest, et longe la chaîne de montagnes située au sud. La ligne continue à se diriger vers l'ouest, pour obliquer (un peu avant la fin du tronçon) en direction du sud-ouest.

La continuité du réseau routier est assurée par des ponts rails (passage inférieur de la route) et des ponts routes (passage supérieur de la route).

Au sein de ce tronçon, plusieurs oueds croisent le tracé et peuvent être guidés dans des buses et dalots sous la ligne.

La zone du projet peut être naturellement stable mais elle peut également présenter certaines caractères d'instabilité tels que les mouvements de versants (éboulis rocheux, délitage de zones schisteuses, glissement marneux, coulées boueuses,...etc.), affaissement ou effondrement (cavités naturelles, fontis, poches de dissolution, cavités artificielles, carrière marnières,...etc.).

**VII.3. Etude Géotechnique :**

Avant toutes réalisations d'un projet (infrastructure, ouvrage d'art etc.), on doit faire une série des essais géotechniques in situ ou en laboratoire afin de déterminer les différentes caractéristiques du sol où le projet sera exécuté.

**VII.4. L'intérêt de réaliser une étude géotechnique avant un projet d'aménagement:**

Toutes les difficultés liées au sous-sol et ses composants sont transféré au géotechnicien, dont la mission porte généralement sur les points suivants :

- Définition du cadre géologique, hydrogéologique et topographique général d'un site étudié et prise en compte des avoisinants du projet ;
- Définition des aléas existants vis-à-vis des risques naturels ;
- Définitions des terrassements : faisabilité, réemploi des matériaux, tenus des talus et parois des fouilles ;
- Définition de l'influence de circulations d'eaux souterraines ;
- Définition de l'influence de la nature et de la répartition des formations géologiques sur la réalisation des travaux et sur la conception de l'ouvrage ;
- Définition de l'incidence sur l'environnement avoisinant le projet : stabilité des pentes et des constructions voisines, nuisances liés aux futurs travaux ; Pour mener à bien cette mission, l'intervention du géotechnicien se divise généralement en deux phases :

**A.** Une phase d'investigations réalisée sur le site étudié et permettant d'obtenir des informations relatives aux formations constituant le sous-sol (homogénéité ou hétérogénéité du sous-sol, détermination des caractéristiques géo-mécaniques, présence de circulations d'eaux souterraines...). Différents moyens peuvent être utilisés pour obtenir ces informations : reconnaissance géologique visuelle, réalisation d'essais mécaniques en place (sondage par forage destructif avec ou sans réalisation d'essais pressiométriques, sondage par forage carotté, sondage au pénétromètre, etc...), essais en laboratoire géotechnique sur des matériaux prélevés sur site...

**B.** Une phase d'ingénierie permettant d'analyser les résultats des investigations, de les synthétiser pour ne garder que les paramètres représentatifs et importants, de modéliser à l'aide de ces paramètres le comportement du futur aménagement sur le site d'implantation envisagé et d'étudier la faisabilité de solutions techniques permettant l'adaptation spécifique d'un aménagement à son site.

**VII.5. Les essais in situ:**

Le but de ces essais est de compléter ou même de remplacer les essais sur échantillons intacts en laboratoire pour déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques des sols avec d'avantage de précision. Ils sont surtout utilisés dans les terrains très hétérogènes ou très incohérents quand les carottes prélevées sont trop modifiées.

Voici quelques techniques d'essai in-situ qui sont relativement les plus utilisés dans une étude géotechnique.

**VII.5.1. Reconnaissance de surface:**

Dans cette reconnaissance, une importance spéciale est accordée à l'état des voies proches, aux intersections avec les routes existantes, et à la présence de signes d'instabilité.

**VII.5.2. Sondages mécaniques et puits de reconnaissances:**

Cette méthode, la plus ancienne, permet de mieux «voir» les terrains en place et de faire des prélèvements de gros échantillons et des essais directs sur le sol en place.

La campagne de sondage représente la plus grande partie des études du sol. Sa réussite dépend du choix du matériel, de l'implantation correcte des forages et de la capacité du sondeur. Le sondage est un forage vertical de petit diamètre réalisé dans le sol pour la récupération des échantillons qui sont utilisés pour :

- L'identification visuelle ;
- L'identification mécanique in situ ;
- L'identification en laboratoire.

Nous présentons ci-après un tableau présentant la position des puits:

Tableau VII.N° 01 : Description lithologique du sol.

<b>Puits</b>	<b>PK</b>	<b>Profondeur En (m)</b>	<b>Description lithologique</b>
		0.00-0.70	Terre végétale
<b>Pt1</b>	109+425		
		0.70-1.90	Argile limoneuse
		0.00-0.70	Terre végétale
<b>Pt2</b>	110+254		
		0.70-1.90	Argile limoneuse
		0.00-0.70	Terre végétale
<b>PT3</b>	111+982		
		0.70-1.90	Argile limoneuse
		0.00-0.70	Terre végétale
<b>PT4</b>	112+672		
		0.70-1.90	Argile limoneuse
		0.00-0.70	Terre végétale
<b>PT5</b>	113+158		
		0.70-1.90	Argile limoneuse
		0.00-0.70	Terre végétale
<b>PT6</b>	114+762		
		0.70-1.90	Argile limoneuse
		0.00-0.70	Terre végétale
<b>PT7</b>	115+641		
		0.70-1.90	Argile limoneuse
		0.00-0.70	Terre végétale
<b>PT8</b>	116+157		
		0.70-1.90	Argile limoneuse
		0.00-0.70	Terre végétale
<b>PT9</b>	117+254		
		0.70-1.90	Argile limoneuse sableuse
		0.00-0.70	Terre végétale
<b>PT10</b>	118+376		
		0.70-1.90	Argile limoneuse sableuse
		0.00-0.70	Terre végétale
<b>PT11</b>	119+450		
		0.70-1.90	Argile limoneuse

• **Interprétation des résultats:**

L'ensemble des essais de carottage sur le site a connu des refus brefs et superficiels allant entre 0.70m et 1.90m. Les refus obtenus sont dus à la présence d'une couche d'argile limoneuse qui a été mise en évidence par l'opération de creusement des puits.

• **Indice des vides:**

Permet de savoir l'importance des vides (sol lâche ou dense) :  $e = V_v/V$  (e peut être > 1).

**Tableau VII.N°02 : d ,  $S_r$  , W et e du notre projet.**

<b>PK</b>	<b>Profondeur en</b>	<b>d</b>	<b><math>S_r</math></b>	<b>W</b>	<b>E</b>
<b>(Km)</b>	<b>(m)</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>/</b>
<b>PK 109+425</b>	1.00-1.80	1.85	64.5	12.5	0.570
	3.90-4.70	1.79	77.2	14.8	0.587
<b>PK 111+982</b>	1.20-2.10	1.72	76.1	14.4	0.489
	3.50-4.90	1.82	75.5	14.2	0.504
<b>PK 113+158</b>	1.50-2.30	1.69	73.0	16.4	0.645
	3.60-4.80	1.68	88.3	19.2	0.625
<b>PK 115+641</b>	1.40-3.10	1.65	70.4	18.3	0.679
	3.90-4.50	1.63	71.1	19.2	0.656
<b>PK 117+254</b>	2.10-2.90	1.65	71.4	18.7	0.668
	3.50-4.50	1.70	70.8	19.1	0.654
<b>PK 119+450</b>	1.20-1.90	1.84	88.2	15.9	0.578
	3.10-4.70	1.75	80.7	16.3	0.562

**C. Analyse granulométrique : NFP 94-056 et 057 :**

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer les proportions des grains de différentes tailles dans le sol. Elle s'effectue par tamisage pour les grains d'un diamètre supérieur à 80  $\mu\text{m}$  et par sédimentation pour les grains < 80  $\mu\text{m}$ .

L'analyse granulométrique montre un pourcentage de passants à 80 $\mu\text{m}$  compris entre 12% et 25 %, Ces résultats montrent qu'on est en présence d'un terrain à prédominance de sols grenus.

L'analyse granulométrique est l'opération consistant à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, en fonction de leurs caractéristiques (poids, taille, ...)

- Sols grenus: 50% > 80  $\mu\text{m}$
- Sols fins: 50% < 80  $\mu\text{m}$

- Sols organiques: > 10%

Les résultats de notre sol sont représentés sur le tableau suivant:

**Tableau VII.N° 03 : étude granulométrique.**

PK	Profondeur En	GRANULOMETRIQUE PASSANTS (mm)						
		200mm	20.0mm	2.0 mm	0.2 mm	0.08mm	0.02mm	0.002mm
(KM)	(m)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	1.00-1.80	100	100	89.5	83.6	27.4	16.7	10.8
<b>PK 109+425</b>								
	3.90-4.70	100	100	91.8	77.2	28.6	26.2	12.2
	1.20-2.10	100	95.3	91.6	85.7	34.7	26.5	14.1
<b>PK 111+982</b>								
	3.50-4.90	100	100	96.6	88.3	34.3	29.2	13.6
	1.50-2.30	100	100	100	100	29.1	20.8	18.3
<b>PK 113+158</b>								
	3.60-4.80	100	100	100	100	28.8	25.3	12.7
	1.40-3.10	100	100	99.6	98.1	26.4	24.7	14.6
<b>PK 115+641</b>								
	3.90-4.50	100	100	100	98.1	31.2	25.3	18.00
	2.10-2.90	100	100	100	100	29.4	23.1	15.4
<b>PK 117+254</b>								
	3.50-4.50	100	100	99.3	66.0	24.3	16.1	12.2
	1.20-1.90	100	100	96.20	85.50	24.50	19.3	15.5
<b>PK 119+450</b>								
	3.10-4.70	100	100	94.8	87.4	26.00	16.5	13.1

- **Interprétation des résultats:**

D'après les résultats de tableau est le classement de GTR on conclut:

**Tableau VII.N° 04 : le classement de GTR.**

Paramètres de nature premier niveau de classification	Classe
$D_{max} \leq 50\text{mm}$ et tamisât à $80\mu\text{m} \leq 35 \%$	La classe du sol est Classe B : sols sableux et graveleux avec fine

**D-Limites d'atterberg : NFP 94-051 :**

En géotechnique, les limites d'Atterberg définissent à la fois un indicateur qualifiant la plasticité d'un sol, mais aussi l'essai qui permet de définir ces indicateurs. Pour la fraction fine (graviers exclus), la cohésion tient à la présence d'eau : parfaitement sec, le matériau serait cohérent. Au-dessus d'une certaine teneur (limite de plasticité), on peut le pétrir en forme de boudin, de boulette ou de fil. Pour une teneur plus forte (limite de liquidité), il forme un liquide, visqueux, qui ne conserve pas la forme qu'on lui a donnée. La détermination, soigneusement normalisée, de ces deux teneurs caractéristiques appelées limites d'Atterberg, est un élément important d'identification, et permet déjà de prévoir certaines propriétés.

Nous représentons ci-après tableau des limites d'Atterberg :

**Tableau VII.N°-04 : les résultats pour les limites d'Atterberg.**

PK	Profondeur en (km)	Limites d'Atterberg		
		WL norme NFP 94-051 (%)	Wp norme NFP 94-051 (%)	Ip norme NFP (%)
PK 109+425	1.00-1.80	32.4	22.2	10.2
	3.90-4.70	36.1	24.7	11.4
PK 111+982	1.20-2.10	44.5	32.8	11.7
	3.50-4.90	46.7	34.7	12.0
PK 113+158	1.50-2.30	35.6	23.2	12.4
	3.60-4.80	29.4	18.3	11.1
PK 115+641	1.40-3.10	43.3	14.8	11.5
	3.90-4.50	34.4	13.7	11.7
PK 117+254	2.10-2.90	37.5	13.5	10.0
	3.50-4.50	34.4	14.9	11.5
PK 119+450	1.20-1.90	36.5	15.0	10.8
	3.10-4.70	34.4	13.6	10.8

**E-Indice portant immédiat (IPI) : NFP 94-078 :**

Cet essai donne une évaluation sur la portance du sol, c'est-à-dire de l'aptitude des matériaux à supporter les charges.

**Tableau VII N°05 : Essai IPI**

<b>Pk</b>	<b>08+300</b>	<b>14+665</b>	<b>17+750</b>
<b>IPI (%)</b>	7.27	6.28	8.56

- **Interprétation des résultats:**

D'après les résultats de tableau est le classement de GTR on conclut:

Paramètres de nature deuxième niveau de classifp	Sous classe fonction de la nature	Paramètres et valeurs de seuils retenus IPI	S <sub>0</sub>
IP<12	B <sub>5</sub>	5<IPI≤12	B <sub>5h</sub>

**F- Essai de bleu méthylène : NFP 94-068 :**

L'essai au bleu de méthylène, également appelé « essai au bleu », est un essai utilisé en géotechnique pour déterminer la propreté d'un sable, d'un granulat et plus généralement d'un sol, et les différents types d'argiles qu'il contient. L'essai consiste à mesurer la quantité de colorant (bleu de méthylène) fixée par 100 g de la fraction granulaire analysée. On peut caractériser la sensibilité à l'eau d'un sol en fonction de la proportion d'argile contenue dans ce sol (valeur de bleu du sol VBS), Ainsi lorsque  $VBS < 0.1$  le sol est réputé insensible à l'eau, si  $VBS > 0.2$  le sol est sensible à l'eau.

Nous représentons ci-après tableau de l'essai de bleu méthylène:

**Tableau VII.N°-06 : l'essai de bleu méthylène.**

<b>Pk</b>	<b>109+425</b>	<b>115+641</b>	<b>119+450</b>
<b>VBS (%)</b>	1.26	1.35	1.46

- **Interprétation des résultats:**

Vu les résultats de valeur du bleu méthylène on peut dire qu'on a un sol est sensible à l'eau.

**VII.6. Classification de sol (selon les fiches UIC et la norme NFP 11-300 et GTR):**

La classification élaborée par l'Union international des chemins de fer (UIC) a été adopté pour la classification du sol support le long du tracé. Cette classification se base sur les caractéristiques géotechniques ainsi que sur les conditions hydrauliques et hydrogéologiques.

Pour arriver à cette classification il faut passer en premier lieu par une classification des sols selon la norme (NFP 11-300).

Le sol de notre présent projet se compose d'une couche de terre végétale moyenne estimé de 70 cm suivi d'une couche d'argile limoneuse dur. Donc d'après l'ensemble des résultats relatés ; notamment ceux relatifs à la nature géotechnique des formations en place, alors ça nous conduit à prononcer que la classe de qualité de sol est de type QS1 " sol mauvais".

L'épaisseur minimale de la couche de forme à mettre en place est illustrée dans le tableau ci-après :

**Tableau VII.N° 7 : Classe de portance de la plate-forme.**

Classe de qualité de sol support	Classe de portance envisagée pour la plate-forme	Couche de forme à mettre en œuvre pour obtenir cette classe de portance		
		Qualité	Epaisseur minimale(m)	
QS1	P1	QS1	-	
	P2	QS2	0.50	
	P2	QS3	0.35	
	P3	QS3	0.50	
QS2	P2	QS2	-	
	P3	QS3	0.35	
QS3	P3	QS3	-	

**Tableau VII.N°-08 : Classification de sol sur le tracé**

Pk	Granulométrie		Limite IP	Classification GTR et NF P11-300
	50 mm en(%)	80um en (%)		
<b>PK109+425</b>	100	28.6	11.4	B5 -b5 h
<b>PK111+982</b>	100	34.3	12.0	B5 -b5 h
<b>PK113+158</b>	100	28.8	11.1	B5- b5 h
<b>PK115+641</b>	100	31.2	11.7	B5- b5 h
<b>PK117+254</b>	100	24.3	11.5	B5 -b5 h
<b>PK119+450</b>	100	26.0	10.8	B5 -b5 h

**Observation:**

D'après l'étude géologique et géotechnique de la région on est conclu deux chose très importance sont les suivante :

- a- Le sol support est de classe QS1; faible portance.
- b- Le sol excaver est non valable pour l'utilisation sur les remblais.

**VII.7.Dimensionnement de la couche d'assise:**

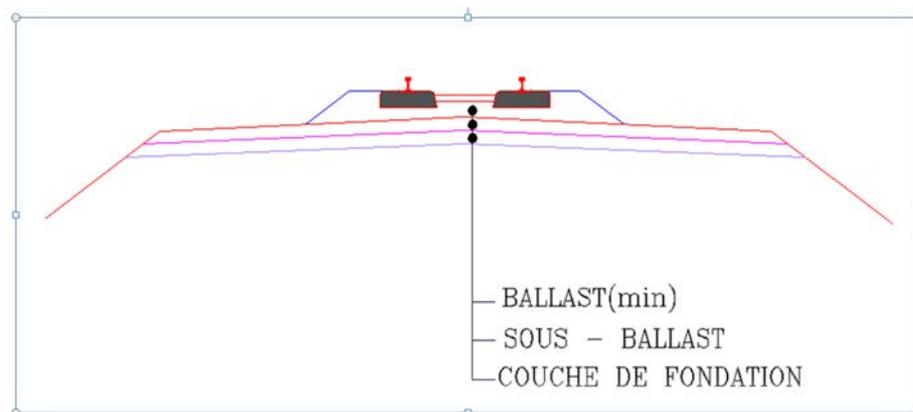
Si les traverses reposaient directement sur la plate-forme, elles s'enfonceraient plus ou moins dans le terrain naturel dont la résistance est généralement insuffisante pour supporter la charge transmise par les traverses, le nivellement de la voie serait compromis. La résistance du sol est d'ailleurs très inégale.

En Autre, sur un sol imperméable, les traverses baigneraient souvent dans l'eau et les gelées détermineraient des soulèvements locaux des rails.

On évite ces inconvénients en interposant, entre les traverses et la plateforme, des couches d'assise d'une hauteur suffisante pour que la pression reçue par les traverses, sous l'action des charges roulantes, se répartisse aussi uniformément que possible sur une plus grande surface de la plateforme.

**VII.7.1. Structure d'assise :**

Elles comprennent la couche de ballast, la sous couche et la couche de forme.



**Figure VII.N° 01 :** les différentes couches d'assises.

**a. Le Ballast :**

On appelle « ballast » le lit de pierre interposée entre la voie proprement dite et la plateforme.

Le ballast pour une voie ferrée doit être composé de pierre dure concassée (porphyre, grès, quartzite, calcaire...) de granulométrie 25/50. Le granulat 10/25 est employé pour la correction manuelle du nivellement des voies ferrées. Le ballast :

- Assure la transmission et la répartition sur la plateforme des charges exercées par les trains,
- Assure l'ancrage des traverses dans le sens longitudinal et transversal,
- contribue à la capacité d'amortissement des charges dynamiques transmises à la voie grâce à la dissipation d'énergie par frottement des grains de ballast entre eux.
- Assure le drainage et l'évacuation rapide des eaux de ruissèlement,
- Permet au moyen du bourrage-dressage mécanisé la rectification rapide du nivellement et du tracé de la voie.

**b. La sous couche (sous ballast) :**

La sous couche est une couche d'adaptation interposée entre ballast et la plate-forme.

Elle a des rôles multiples :

- Protection de la partie supérieure de la plateforme contre l'érosion qui résulte, soit, d'une part du poinçonnement opéré par les éléments du ballast, d'autre part, de l'action des eaux zénithales.
- Protection de plateforme contre les effets du gel.
- Meilleure répartition des charges transmises, permettent d'obtenir au niveau de la partie supérieure de la plateforme des sollicitations de valeurs admissibles, eu égard à l'indice de portance du sol.

**• Constitution de la sous couche :**

- **Sous-ballast** : c'est une couche en grave propre bien graduée 0/31.5mm comportant au moins 30% de grave concassée, compacté à 100% OPM.

Cette couche existe dans tous les cas, même sur les plates-formes rocheuses.

- **Couche de fondation** : c'est une couche en grave propre bien graduée d'une épaisseur de 15 cm compactée à 100% OPM.

**c. La couche de forme :**

La partie supérieur de la plate-forme est aménagée en couche de forme généralement pente transversalement, son épaisseur varie suivant le matériau utilisé de 30 à 60 cm.

Située en remblai, la couche de forme sera exécutée en employant le même matériau que pour le remblai ou meilleur.

Situé en déblai, cette couche de forme est obtenue en générale par le compactage du fond de feuille à 100 %. La couche de forme peut également être traitée aux liants.

### **VII.8. Règles de dimensionnement :**

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

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

### **VII.9. Dimensionnement des couches d'assises :**

Le dimensionnement des couches d'assise doit prendre en compte à la fois :

- Les problèmes de portance.
- Les problèmes de gel.

Du point de vue de la portance, l'épaisseur globale « ballast + sous ballast » dépend :

- De la classe de portance de la plate-forme.
- Du type de l'espacement des traverses.
- Des caractéristiques de trafic (tonnage supporté, charge d'essieu, vitesse).

Couche d'égalisation et où elle contribue à réduire la raideur de l'assise.

#### **VII.9.1 Méthodes de calcul des épaisseurs minimales des couches d'assises :**

Dès la construction d'une ligne nouvelle, il convient de mettre en place des structures d'assises de caractéristique approprié et d'épaisseur suffisante afin d'assurer l'objectif de leur mise en place. L'épaisseur des couches d'assise « e » est donnée par la formule suivante :

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

## VII.9.2. Les paramètres de dimensionnement:

## - Valeur de E et l'utilisation des géotextiles:

Tableau VII.N° 09 : les valeurs du coefficient E selon la plate-forme.

Classe de qualité de sol support	Classe de portance envisagée pour la plate-forme	Couche de forme à mettre en œuvre pour obtenir cette classe de portance		
		Qualité	Epaisseur minimale E (m)	
QS1	P1	QS1	-	
	P2	QS2	0.50+géotextile	
	P2	QS3	0.35+géotextile	
	P3	QS3	0.50	
QS2	P2	QS2	-	
	P3	QS3	0.35	
QS3	P3	QS3	-	

- Le paramètre a :

- a = 0 : pour les groupes UIC1 et 2 (ou lignes à  $V > 160$  km/h quel que soit le groupe UIC).
- a = - 0.05 m : pour les groupes UIC 3 et 4.
- a = - 0.10 m : pour les groupes UIC 5 et 6 et "7, 8, 9 avec voyageurs".
- a = - 0.15 m : pour les groupes UIC 7,8 et 9 sans voyageurs.

- Le paramètre b :

- b = 0 m : pour les traverses en bois de longueur 2.60 m.
- b =  $(2.5 - L)/2$  m : pour les traverses en béton de longueur L (b, L en mètre,  $b < 0$  si  $L > 2.5$  m).

- Le paramètre c :

- c = 0 m : pour un dimensionnement normal.
- c = -0.1 m : à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que "7, 8 et 9 sans voyageurs".
- c = - 0.05 m : à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC "7, 8 et 9 sans voyageurs".

- **Le paramètre d :**

- **d = 0 :** lorsque la charge maximal d'essieu des véhicules remorqué ne dépasse pas 200 KN.
- **d = +0,05 m :** lorsque la charge maximal d'essieu des véhicules remorqué ne dépasse pas 225 KN.
- **d = 0,12 m :** lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqué ne dépasse pas 250 KN.

- **Le paramètre f :**

- **f =0 :** pour toute les lignes parcourues a  $V \leq 160$  Km et pour les plates-formes de portance P3, des lignes parcourues à grande vitesse.
- **f =+0,05 m :** pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues à grande vitesse.
- **f =+0,10 m :** pour les plates-formes de classe de portance P1 parcourues à grande vitesse.

- **Le paramètre g :**

- **g =0 :** cas de sol est de type QS3.
- **g : + géotextile :** cas de sol est de type QS1 et QS2.

- **Application au projet :**

L'épaisseur de la couche de forme : le sol de notre projet est classée en QS1 « sol mauvais » et la classe de portance de la plate-forme est de type P2. Alors, d'après la fiche UIC 719R on constate que la couche de forme est nécessaire.

- **Les paramètres de dimensionnement du notre projet :**

- **a = 0 m :** la classe de la ligne est UIC 1.
- **b = (2.5 – 2.094)/2 = 0.203 :** traverses en béton de longueur L = 2.094 m.
- **c = 0 :** nouvelle ligne.
- **d = 0,05 m :** la charge de l'essieu remorqué est de 225 KN.
- **f = 0.05 :** la plate-forme de la classe de portance P2, des lignes parcourues à grande vitesse.
- **g : + géotextile** car notre sol est de type QS1.

Donc :

$$\begin{aligned} e &= E + a + b + c + d + f + g \\ &= 0.55+0+0.203+0+0,05+0.05+ \text{géotextile} \\ &= 0.853 \text{ m}+ \text{géotextile.} \end{aligned}$$

Donc :

$$e = 0.90 \text{ m}+ \text{géotextile}$$

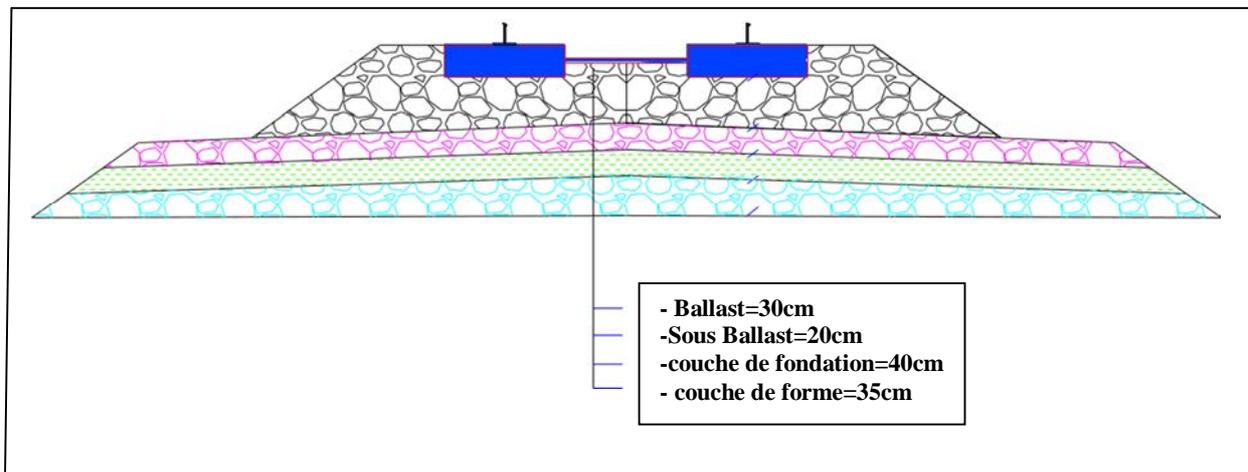
La couche d'assise est compose de :

- ballast = 30 cm
- sous ballast = 20 cm
- couche de fondation = 40 cm
- D'Après le tableau 4 du UIC719 Détermination de la classe de portance de la plate-forme il y'a deux cas :

$e_{f1}=0.50m$  pour une qualité de QS2 de la couche de forme.

$e_{f2}= 0.35m$  pour une qualité de QS3 de la couche de forme.

Dans notre projet on prend :  $e_{f2}= 0.35m$  pour qualité de QS3 de la couche de forme.



**Figure VII.2 : dimensionnement de la plateforme.**

#### **VII.10. Conclusion :**

Le choix du type de matériaux et du dimensionnement de la plateforme est dépendant du type de sol et de la condition climatique de la région.

De nos jours, les exigences sécuritaires imposent une étude pointue des composants et des matériaux de l'infrastructure ferroviaire.

L'Algérie révisé ces anciennes lignes en remplaçant par des nouveaux matériaux comme le cas des traverses en métallique sont remplacés par des traverses mixtes bi-bloc.

## Chapitre –VIII–

---

### Superstructure de la voie



**VIII. Introduction :**

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

Pour pouvoir supporter les efforts verticaux, transversaux et longitudinaux, la voie comporte deux rails dont l'inclinaison et l'écartement sont maintenus par des travers qui sont, elles-mêmes, disposées le long de la voie et reposées sur une couche de ballast.

**VIII.2. Catégories de voies :**

Les voies sont classées en plusieurs grandes catégories, chacune sous-entendant une vitesse maximale et une charge à l'essieu. On distingue ainsi :

- Les voies principales, affectées à la circulation des trains.
- Les voies de circulation affectées à desserte interne des grands complexes ferroviaires
- Les voies de service, affectées aux manœuvres, qui peuvent être d'anciennes voies principales déclassées.
- Les voies d'évitement, qui permettent à deux trains circulant à contresens sur une voie unique de se croiser (voir l'exemple des funiculaires).
- Les voies de garage, qui sont des voies de service affectées au stationnement du matériel roulant.

**VIII.3. Caractéristique de notre voie :**

Chaque voie de chemin de fer à ces propres paramètres qui servent à définir des caractères de cette dernière qui sont :

- Le type de rail utilisé (poids, longueur, section).
- Le mode de fixation des rails aux traverses.
- La longueur des rails en voie (barres normales éclissées ou longs rails soudés).
- L'écartement des rails, et les tolérances admises.
- Le type et la densité des traverses (travelage).
- Le tracé en long (rayons de courbure et dévers).
- Le tracé en profil (pente ou rampe).
- Le support (ballast ou béton).
- La charge admise par mètre courant ou à l'essieu.
- La vitesse des trains (voies à grande vitesse).

**VIII.4. Caractéristiques de base :**

- Ligne mixte a voie unique.
- Caractéristiques géométriques selon les standards UIC
- Ponts –rail et ponts route sont prévus pour double.
- Trafic mixte voyageurs et marchandises.
- Traction actuellement diesel.
- Ligne clôturée sur toute la longueur.

**VIII.4.1. Caractéristiques de voie :**

- Écartement normal de 1435 mm sans sur écartement dans les courbes.
- Gabarit : gabarit GC de l’UIC (celui des lignes à grande vitesse).
- L’entraxe des voies est de 4,20 m (la voie unique étant réalisée à son emplacement Définitif, l’axe de la deuxième voie sera placé ultérieurement).
- L’entraxe des Voies dans les gares de croisement est de 5,00

**Charges à l’essieu :**

- Infrastructure : 22,5 T.
- Ouvrages d’art : 25 T.
- b. Vitesse maximale :
- Vitesse des trains de voyageurs : 160 km/h.
- Vitesse des trains de marchandises : 100 km/h.
- Vitesses de branchement dans les appareils de voie : 60 km/h.

**VIII.4.2. Caractéristiques de superstructure :**

- Rails : UIC 60 E1
- Traverses : bi bloc en béton armé
- Attaches : élastiques de type NABLA
- Système de signalisation : ERTMS/ETCS Niveau 1.
- Système de télécommunication : GSM-R

**VIII.5. Le rail :**

Les rails sont des longues barres d’aciers profilées qui servent principalement à la transmission des charges et permet le roulement et le guidage des véhicules. L’acier utilisé doit avoir de bonnes caractéristiques mécaniques et physiques afin de pouvoir résister aux dégradations et corrosions.

Les deux files de rails maintiennent leur écartement à l’aide des traverses sur lesquelles elles sont fixées et qui reçoivent les charges exercée sur le rail. La masse linéaire du

rail varie d'un pays a un autre et qui est en générale estimé à 60Kg/m. le rail sert également de conducteur électrique soit pour les courants de signalisations ou pour le retour du courant de traction.

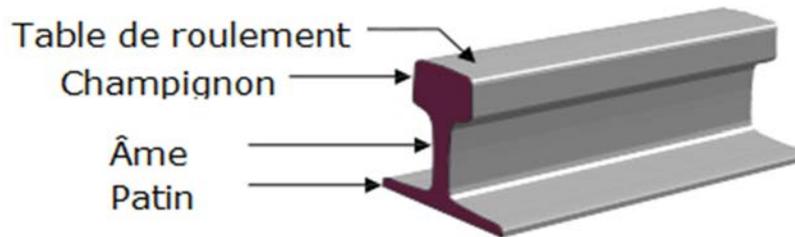


Figure VIII.N°01 : Le rail UIC-60.

### VIII.5.1.Fabrication du rail :

Les rails utilisés en chemins de fer passent par beaucoup d'étapes avant leur mise en service. La première consiste à fabriquer la fonte par réduction du minerai de fer dans les hauts fourneaux puis la conversion de fonte en acier par combustion du carbone excédentaire. Après l'acier est coulé dans des lingotières de forme allongé mais de profile nettement supérieur à celui de rail, le laminage a lieu à chaud, il doit être terminé aussi basse que possible, ensuite un traitement thermique est programmé avant que le rail soit dressés, fraisés a longueur, percé et alésés.

### VIII.5.2. Type de rail :

Le rail moderne est généralement de type « Vignole », 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.

Le rail à « double champignon symétrique » avait été conçu pour permettre de retourner le rail usé et donc doubler sa durée de vie. Le défaut de ce système était que lorsque le rail était retourné, il était déjà abimé (poinçonnements du a l'écrasement au niveau des bordereaux).

Des rails a gorge de type « Broca » sont utilisés pour les voies encastrées dans des chaussées routière, notamment pour les installations industrielles et les lignes de tramway.

### VIII.5.3. Ecartement des rails :

L'écartement des rails c'est la distance qui sépare les flancs internes des deux files de rails d'une voie ferrée. L'écartement standard est de 1435 mm, définissant la voie « normale », c'est le plus utilisé à travers le monde (60%).

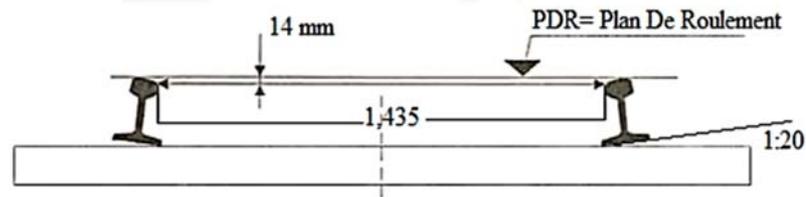


Figure VIII.N° 02 : Ecartement et inclinaison des rails.

#### VIII.5.4. Inclinaison des rails :

Afin de favoriser le centrage des roues du train, les rails sont inclinés vers l'intérieur selon une pente de 1/20 en voie normale sauf pour les réseaux de tramway.

#### VIII.5.5. Défaut des rails :

On distingue trois catégories de défaut de rails :

Rail avarié : rail ni fissuré ni rompu qui présente d'autres défauts généralement situés en surface.

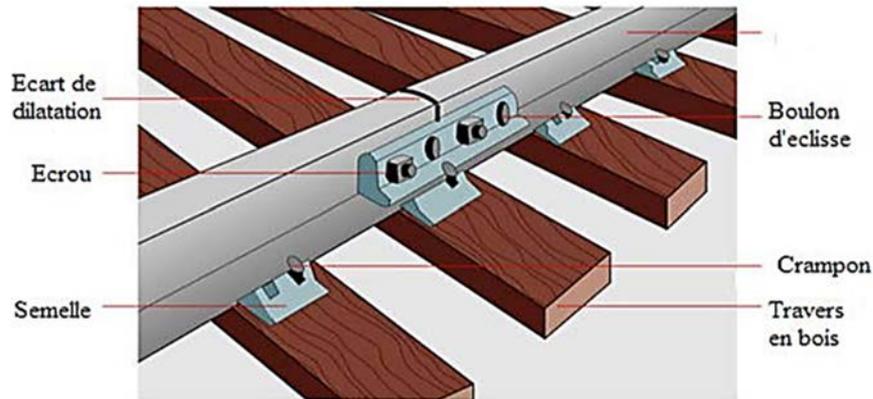
Rail fissuré : rail présentant, en un point quelconque de sa longueur et quelles que soient les parties intéressées du profil, une ou plusieurs solutions de continuité, d'orientation quelconque, visibles ou non, dont le développement risque d'entraîner une rupture à échéance plus ou moins rapprochée.

Rail rompu : tout rail qui s'est séparé en deux morceaux ou plus et tout rail dont un fragment de métal s'est détaché en provoquant sur la table de roulement une lacune de plus de 50 mm de longueur et 10 mm de profondeur.

#### VIII.5.6. Assemblage des rails :

L'éclissage : C'est l'assemblage de deux rails consécutifs à l'aide de deux éclisses qui sont constituées par deux plaques laminées, qui s'entrent entre le dessous du champignon et le dessus de patin. L'éclissage doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Relier les rails de façon à ce qu'ils se comportent 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 VIII.N°03 : L'éclissage.**

### VIII.5.7. Les longs rails soudés :

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, dans cette technique les coupons de rail de 80 m sont soudés en atelier en longueur de 320 à 400 m. ces barres sont posées sur de très grandes longueur, sans limites réelle, les soudures nécessaire sont étant réalisées sur place. Cette méthode est la plus adopté pour toute les lignes a fort trafic, et notamment les lignes à grande vitesse et cela pour les grands avantages qu'elle offre qui se résume essentiellement comme suit :

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

### VIII.6. Les traverse :

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

#### VIII.6.1. Travers en bois :

Elles sont fabriquées à partir du bois de chaine ou hêtre qui sont apprécié pour leur résistance, leur flexibilité et la facilité de leur mise en œuvre, mais leur durée de vie est très courte, alors pour régler le problème, on procède à un traitement chimique avec de la créosote et sous pression. Dans nos jours les traverses en bois ne sont pas utilisées fréquemment vue leur effets négatif sur l'environnement et leur cout élevée.

### VIII.6.2. Travers en béton armé :

Les travers en béton ont une durée de vie plus importante ainsi qu'il coûte moins cher ce qui a élevé leur utilisation à travers le monde, ainsi que leur poids important assure un bon ancrage de la voie dans le ballast. La fixation des rails se fait par des attaches élastiques munies de dispositif élastique en caoutchouc. Il en existe deux types :

1. **VIII.6.3. Bi bloc** : Formées de deux blocs de béton reliés par une entretoise métallique, qui absorbe les efforts en milieu de traverse.

2. **VIII.6.4. Monobloc** : En béton précontraint, amincies dans leur partie centrale, armées de fils haute résistance.

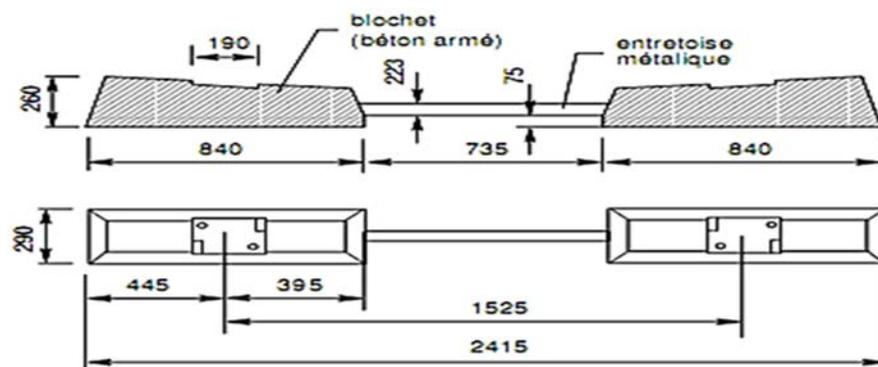


Figure VIII.N°04 : Traverse en béton bi-bloc.

**VIII.6.4. Travers métalliques** : les travers métalliques, en acier, ne sont plus guère utilisés.

Elles sont bruyantes, surtout à vitesse élevée, s'ancrent moins bien dans le ballast à cause de leur légèreté. Elles rendent également très difficile l'entretien de la géométrie de la voie par bourrage. En effet, leur forme ne permet pas aux bourreuses d'insérer du ballast sous la traverse.

### VIII.7. Les Attaches:

Une attache est un appareil constitué d'un crapaud qui est maintenu par un boulon accroché dans la traverse, elle sert à fixer le rail sur cette traverse pour l'empêcher de tout déplacement.

#### VIII.7.1. Type d'attaches :

Les anciennes attaches étaient pour les traverses en bois, on distingue les crampons puis les tirefonds, le premier type fait mal au patin, le rail alors peut se relever de la traverse, le deuxième est tellement rigide, que le rail peut soulever la traverse en se redressant, pour les traverses métalliques, il s'agit des boulons qui fixent les crapauds sur le patin.

Le développement technologique a permis de concevoir et mettre en œuvre des attaches élastiques qui peuvent résister d'une manière élastique aux mouvements verticaux, surtout vers le haut, ces déplacements se font sans jeu, sans chocs.

L'attache nabla ainsi appelée en raison de sa forme triangulaire, comme l'opérateur mathématique, elle est constituée par un crapaud (lame-ressort) maintenue par un écrou « tirefond » vissé sur une tige filetée dans des encoches accrochées dans le blochet. Le rail repose généralement sur une semelle cannelée en caoutchouc qui joue le rôle d'un amortisseur. Ce type d'attache est le plus répandu au monde, il convient aux longs rails soudés sur traverses en béton.



**Figure VIII.N°05 :** Les éléments d'une attache de type Nabla.

### VIII.7.2.Rôle d'attache :

L'attache doit remplir les rôles suivants :

Assurer le serrage du rail sur la traverse avec un effort tel que la résistance au glissement du rail sur la traverse soit largement supérieure à la résistance au déplacement longitudinal de la traverse dans le ballast

Cet effort de serrage ne doit pas trop s'affaiblir en présence des effets vibratoires engendrés à l'approche des charges roulantes,

La course du serrage doit avoir une amplitude suffisamment importante pour pallier à un éventuel relâchement du dispositif de fixation.

Les caractéristiques élastiques de l'attache doivent rester stables même après plusieurs montages et démontages,

Le rendement de l'attache (rapport entre l'effort exercé par l'attache sur le rail et l'effort exercé par le dispositif de serrage de l'attache ancré dans la traverse) doit être aussi élevé que possible.

Encaisser les efforts longitudinaux et dynamiques au passage des trains,

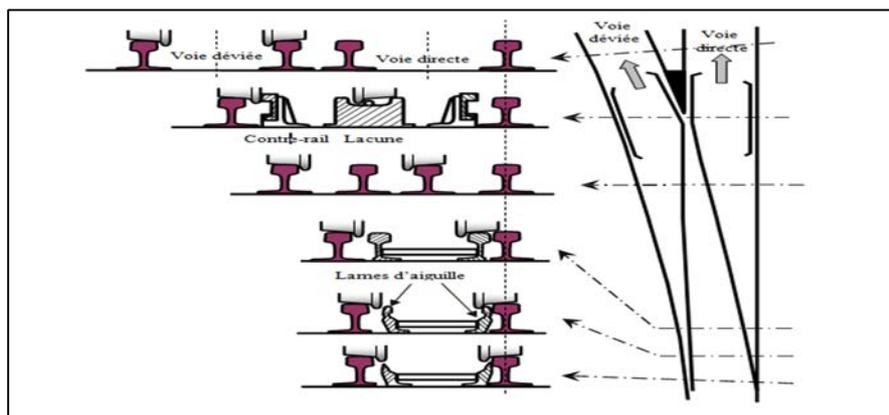
### VIII.8. Les Appareils de voie :

Une des caractéristiques fondamentales du chemin de fer est son mouvement guidé qui n'a qu'un seul degré de liberté. Pour comparaison, les véhicules routiers peuvent facilement changer leur direction grâce à leur deux degrés de liberté.

Les appareils de voie sont souvent appelés aiguillages dans le langage courant. En général, les appareils de voie sont construits et montés en atelier (montage à blanc) avant d'être installés à leur emplacement définitif.

#### VIII.8.1. Définition de l'appareil de voie :

L'exploitation des voies ferrées exige des dispositifs de liaison et d'intersection des itinéraires, que l'on désigne APPAREIL DE VOIE. C'est un dispositif de guidage permettant le passage d'une voie à une autre ou d'en traverses, en assurant la continuité des voies par extension, sont également appelés appareils de voie. Certains dispositifs dans un itinéraire assurant d'autres fonctions mécaniques par rapport aux véhicules (dérailleurs...).



**Figure VIII.N°05.** Cinématique au franchissement d'un branchement.

Pour les véhicules ferroviaires il est donc nécessaire de prévoir des appareils de voie afin de leur permettre de changer de voie. Ceux-ci peuvent être classés en deux groupes :

- Groupe 1 (branchement, traversées et traversé jonctions) : ils permettent aux trains de passer sans discontinuité d'une voie sur une autre. Dans un branchement, les axes de voies se réunissent tandis que dans une traversée, ils se coupent.
- Groupe 2 (plaques, ponts ou secteurs tournants et chariots transbordeurs) : ces appareils permettent de passer d'une voie sur une autre de façon discontinue.

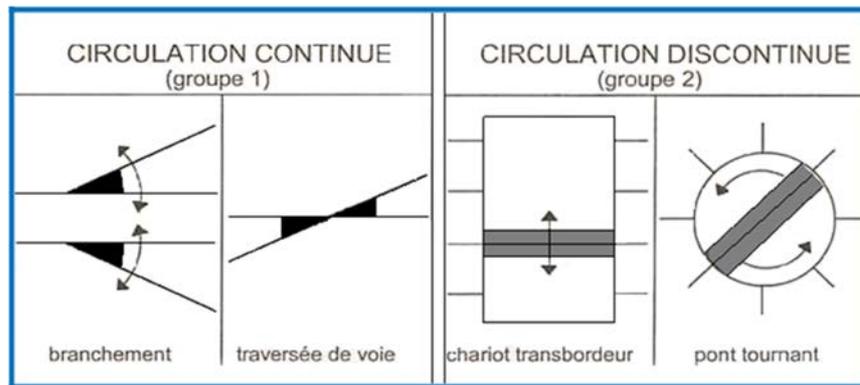


Figure VIII.N° 06 : les différents appareils de voie.

### VIII.9. Le Branchement :

Le branchement simple se compose de 03 parties en générales :

- 1 - Partie aiguillage (qui comprend essentiellement les aiguilles mobiles)
- 2- Partie intermediaire (assimilable a la voie courante)
- 3 - Partie croisement (qui comprend essentiellement le cœur de croisement)

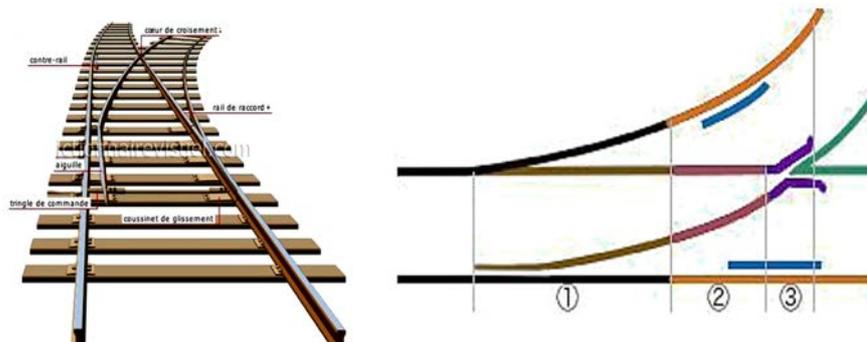


Figure. VIII.N°07. Eléments de branchement.

#### VII.9.1. L'application de différents types de branchement

Il y'a deux critères pour choisir le type du branchement :

En fonction de la vitesse de l'embranchement

En fonction du tracé

Le tableau ci-après montre les cas d'application des types de branchement plus courante dans notre pays et En fonction de la vitesse de branchement :

Domaine d'emploi du branchement	Vitesse (Km/h)	Type de branchement
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Dans le réseau des zones industrielles.</li> <li>▶ Dans le réseau d'embranchement Particulier.</li> </ul>	30	140- 1/6 tg (0,167)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Dans les faisceaux de classement, remisage, voie de nettoyage et toutes les voies de manœuvre</li> </ul>	40	190- 1/7 tg (0,143) 190- 1/9 tg (0,111)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Comme branchement d'entrée et de sortie de voies de quais les trains de voyageurs.</li> <li>▶ Dans le faisceau de transfert de la a gare de marchandises.</li> <li>▶ Dans la voie de circulation des trains marchandises</li> </ul>	50	300- 1/9 tg (0,111)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Comme branchement d'entrée et de sortie des voies de quai utilisées par les trains de banlieue ou de voyageurs.</li> <li>▶ Dans les communications des voies de ligne.</li> <li>▶ Dans la bifurcation d'une voie de ligne</li> <li>▶ Comme branchements d'entrée et de sortie des gares.</li> </ul>	60	500- 1 /12 (0,083)

**Tableau VIII.N°01.** Les types de branchement.

### VIII.9.2. Les aiguille :

On appelle "aiguilles" ou "aiguillage" la partie de l'appareil de voie qui détermine la direction que prend le train. Cette partie est généralement composée de deux demi-aiguillages : un demi-aiguillage de droite et un demi-aiguillage de gauche, la position de l'appareil lorsque l'on regarde l'appareil de la pointe vers le talon (voir aiguillage).

Chaque demi-aiguillage est composé d'une aiguille et d'une contre-aiguille. Les deux aiguilles sont reliées entre-elles au moyen d'un tringle d'écartement qui permet de connecter les deux aiguilles : lorsque l'une est ouverte, l'autre est plaquée. Les tringles de manœuvre assurent la transmission du mouvement du moteur ou de la boîte de manœuvre aux aiguilles.

Il existe trois catégories d'aiguilles :

- Le branchement simple.
- Le croisement, ou traversée simple, (dénommée aiguille fictive)
- La traversée jonction (qui peut être simple ou double), combinaison des deux précédentes.



**Figure.VIII.N°07.** aiguillage

Les aiguillages sont construits avec le type de rail et écartement de la voie demandée. La boîte de manœuvre peut être simple ou allouable, manuelle ou électrique.

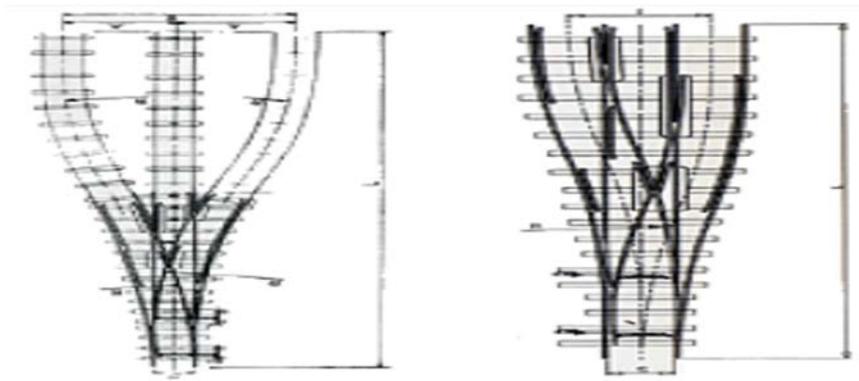
### **VIII.9.3. Les différentes traversées:**

#### **A. La traversée oblique ordinaire :**

Elle permet l'intersection de deux voies en alignement ou en courbes de même rayon (cas de l'enroulement) l'intersection se fait sous un angle compris entre  $6^\circ$  et  $90^\circ$ .

#### **B. Élément de la traversée oblique :**

La traversée oblique ordinaire est constituée d'une traversée proprement dite, de deux croisements. Elle comporte également deux groupes de quarts files de rails intermédiaires. Les différentes parties d'une traversée oblique sont dites à droite ou à gauche suivant leurs positions par rapport à un observateur situé au centre et dirigé suivant l'axe longitudinal

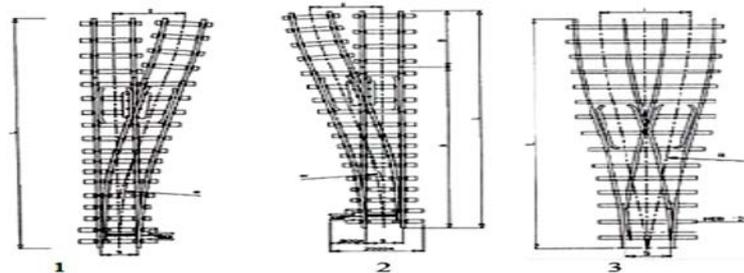


**Figure.VIII.N°08.** Élément traversée oblique.

La traversée jonction simple :

La traversée jonction simple est une traversée oblique qui grâce à l'adjonction d'aiguillages, permet de relier entre elles les deux voies qui se croisent d'une seule côte, par rapport à l'axe longitudinal de la traversée oblique.

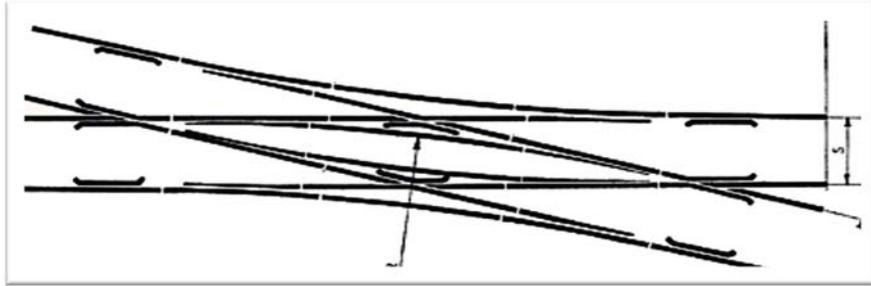
Elle est constituée de deux croisements, d'une traversée proprement dite, de deux aiguillages et de voie intermédiaire.



- 1 : Croisement déviation à droite.
- 2 : Croisement déviation à gauche.
- 3 : Croisement à symétrique à deux voies

#### **D. La traversée jonction double (TJD) :**

La traversée jonction double à en plus des éléments de la traversée jonction simple, deux aiguillages permettant à cet appareil de relier les deux voies qui se croisent de deux cotés par rapport à l'axe de l'appareil.



**Figure.VIII.N°09.** Croisement intersection double.

#### **VIII.9.4. Les appareils de voies utilisés dans le projet :**

Au niveau de la gare de Croisement n°03 ; nous avons utilisé 02 types d'appareils :

- UIC 60 500 1/12 (appareils cintrés) : ce type d'appareils assure une vitesse de roulement maximale de 60 km/h et posé entre deux voies principales.
- UIC 60 300 1/9 : ce type assure une vitesse max de 50 km/h , on le pose entre une voie principale et une autre secondaire .

#### **VIII.10. Les appareils de voie enroulés :**

##### **VIII.10.1. Généralités**

Pour trouver la meilleure solution de tracé d'une ligne ou d'une gare, il faut envisager très souvent la pose des branchements situés en courbe, les branchements de cette façon sont désigner d'après leurs modification géométriques :

- Appareils enroulés cintrés intérieur (C.IN).
- Appareils enroulés cintrés extérieur (C.EX).

Leurs construction se fait en courbant les branchements simples de la manière que la voie directe sera mise en courbe et que le rayon de la voie déviée sera modifié, l'angle de branchement et par conséquent la tangente de l'angle, garde sa valeur.

##### **VIII.10.2. Géométrie et représentation sur les plans :**

a. Appareil cintré intérieur :

Le branchement simple sert de base pour la construction de l'appareil cintré intérieur.

Par conséquent la voie directe est mise en courbe en adoptant le rayon  $R_s$ , la voie déviée adopte le rayon  $R_z$ .

b. Caractéristiques de l'appareil cintré intérieur :

- L'appareil dont la voie directe est courbée de même sens que la voie déviée est appelée cintrée intérieur.

- Les centres des deux cercles formés par des rayons  $R_s$ ,  $R_z$  se trouvent à la même coté de l'appareil.
- Le rayon de la voie déviée est plus petit que celui du branchement simple.

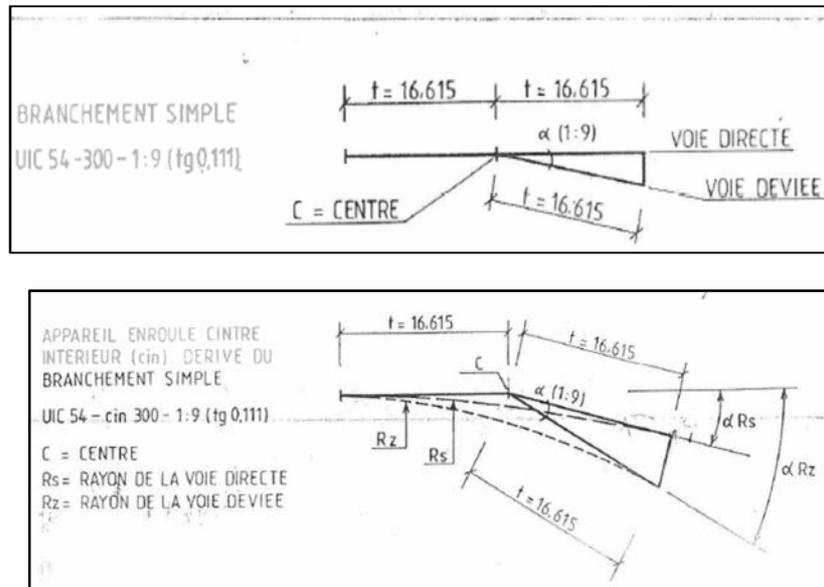


Figure.VIII.N°11. Schéma des appareils enroulés cintrés intérieur (UIC 60-300-1/9)

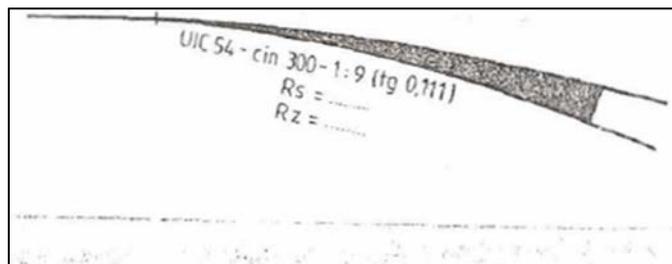


Figure.VIII.N°12. Représentation sur le plan.

### C. Les appareils enroulés cintrés extérieurs :

Le branchement simple sert de base pour la construction des appareils cintrés extérieur, ses tangentes sont pliées autour de centre en conservant l'angle du branchement simple. par conséquent la voie directe est mise en courbe en adoptant le rayon  $R_s$ , la voie déviée adopte le rayon  $R_z$ .

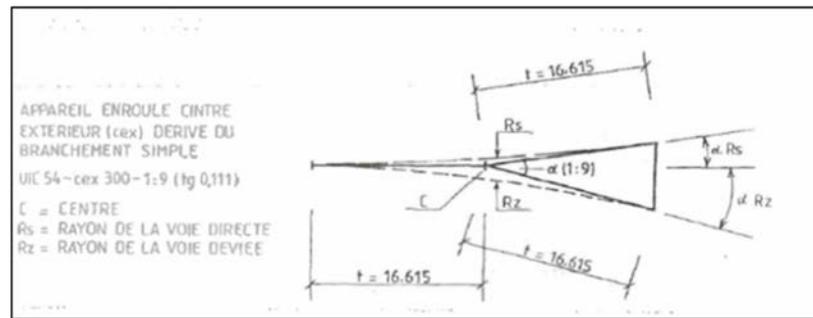


Figure.VIII.N°13. Schéma de l'appareil enrôlé cintré extérieur

**Caractéristiques de l'appareil cintré extérieur :**

- l'appareil dont la voie directe est courbée de sens contraire que la voie déviée est appelée cintrée extérieur (C.EX).
- les centres des deux cercles formés par les rayons RS , RZ se trouvent au différents cotés de l'appareil .
- Le rayon de la voie déviée est plus grand que celui du branchement simple.

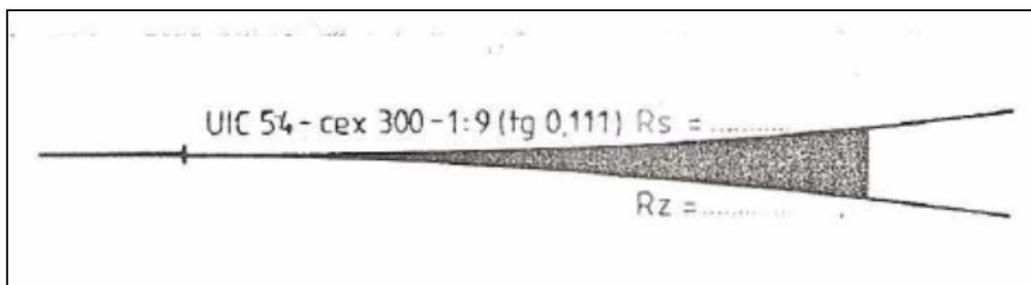


Figure.VIII.N°14. Représentation de l'appareil (C.EX) sur le plan

**a) Le calcul des appareils cintrés :**

Le calcul se fait au moyen de la méthode des formules trigonométriques.

• **Appareil cintré intérieur :**

Formule à utilisé, si le rayon Rz est demandé :  $Rz = \frac{Rs \cdot R0 - t^2}{R0 + Rs}$

Formule à utilisé, si le rayon Rs est demandé :  $Rs = \frac{Rz \cdot R0 + t^2}{R0 - Rz}$

- RZ : le rayon de la voie déviée.

- RS: le rayon de la voie directe.

- t : la longueur de la tangente du branchement simple choisi.  $t = R \cdot \text{tg}(\alpha/2)$

- R0: le rayon de la voie déviée du branchement simple choisi.

- **Appareil cintré extérieur :**

Formule à utiliser, si le rayon **Rz** est demandé :  $Rz = \frac{Rs \cdot R0 + t^2}{Rs - R0}$

Formule à utiliser, si le rayon **Rs** est demandé :  $Rs = \frac{Rz \cdot R0 + t^2}{Rz - R0}$

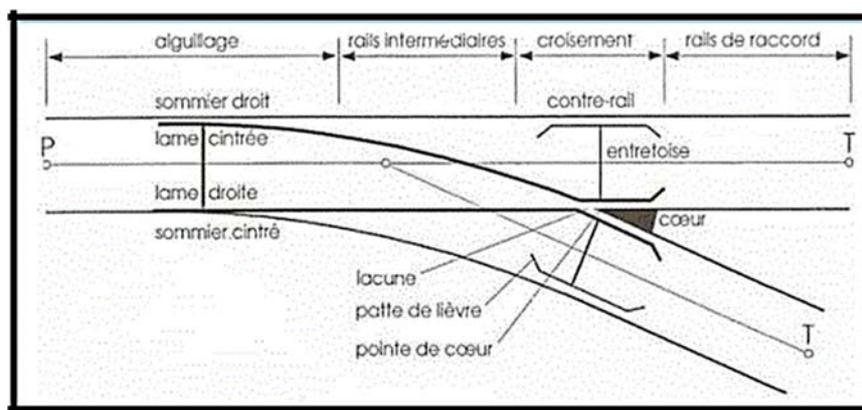
- **RZ** : le rayon de la voie déviée.

- **RS**: le rayon de la voie directe .

- **t** : la longueur de la tangente du branchement simple choisi.

- **R0**: le rayon de la voie déviée du branchement simple choisi .

Dans notre projet, seul les branchements du groupe1 qui seront utilisée. Les véhicules ferroviaires doivent franchir les branchements sans effets dynamique et sans chocs. La figure ci-dessous présente un branchement et ces composants.



**Figure N°VIII.N°15** : Un branchement et ces éléments constitutifs

### VIII.11. Type d'appareils de voie et leur domaine d'application :

Deux facteurs déterminants pour le choix des appareils idéal à utiliser :

- La vitesse.
- Le tracé

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	190- 1/7 tg (0,143) 190- 1/9 tg (0,111)
•Comme branchement d'entrée et de sortie de voies de quais les trains de voyageurs. •Dans le faisceau de transfert de la gare de marchandises •Dans la voie de circulation des trains marchandises	50	300- 1/9 tg (0,111)
•Comme branchement d'entrée et de sortie des voies de quai par les trains de banlieue ou de voyageurs. •Dans les communications des voies de ligne •Dans la bifurcation d'une voie de ligne Comme branchements d'entrée et de sortie des gares.	70	500- 1 /12 (0,083)

**Tableau VIII.N°02:** Appareils de voie et leur domaine d'application

### Conclusion :

Les appareils de voies sont dispositifs ferroviaires très important dont dépend la bonne circulation des trains, vu la vitesse a laquelle ils sont circulés et la forte charge dont ils sont l'objet, leur dimensionnement et leur mise en œuvre demande une attention particulière

## Chapitre –IX–

---

### Ouvrages d'art et Ouvrages en terre



**IX.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
- Ponts routiers
- Passage inférieur (pont cadre)
- Les ouvrages hydrauliques ( buse , dalot)
- Tunnel ferroviaire

**IX.2. Les Ouvrages d'art de notre projet:**

Dans le cadre de la réalisation de la ligne ferroviaire grandes vitesses Tiaret-Saida sur un linéaire d'environ 153 km, des ouvrages ont été prévus pour permettre à la voie ferrée de franchir les obstacles naturels (cours d'eau, oueds) et artificiels (routes).

- **Concernant le tronçon étudié :**

En cas de franchissement des cours d'eau et oueds : aucun pont-rail est nécessaire, conformément à l'étude hydrologique.

En cas de croisement avec les routes : des ponts rails respectivement ponts routes sont projetés.

Tous les ouvrages d'art projetés dans le tronçon sont de type « pont cadre » à travée unique avec une dalle en béton armé (pas de précontrainte). La structure de ces ouvrages est en béton armé pour des raisons de simplicité d'exécution et d'économie des ouvrages.

**IX.3. Le Croisement avec une route :**

En général, le problème de croisement doit prendre en considération la nature et le débit de la voie afin d'analyser cas par cas tous les types de croisement en fonction de la vitesse de base maximale. On prévoit en effet, trois (03) solutions possibles :

- **Passage supérieur :** Si la vitesse de train est importante supérieure ou égale à 100 km/h et si la topographie ne le permet pas.



**Figure IX .01:** Passage supérieur d'un chemin de fer.

- **Passage à niveau :** pour les routes de faible débit surtout.



**Figure IX .02:** Passage à niveau d'un chemin de fer avec une route.

- **Passage inférieur de la route :** rarement envisagée, c'est lorsque la topographie l'exige (niveau de roulement de train élevé).



**Figure IX .03:** Passage à niveau d'un chemin de fer avec une route.

En ce qui concerne notre projet, la vitesse du train étant de 160 km/h donc on évitera les passages à niveau.

• Kilométrage :

Début/Fin du pont (pour les ponts rails).

Point d'intersection (pour les ponts routes).

- Angle de croisement.
- Longueur et la largeur du pont.
- Hauteur de la superstructure.

**IX.4-Pont-rail :**

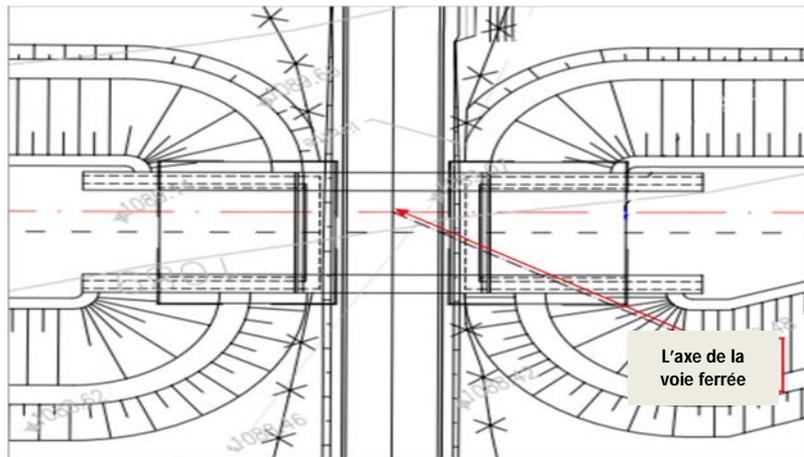
- Si la voie de la route (passage inférieur), il s'agit d'un pont-rail.
- La longueur du pont-rail est indiquée dans le sens du kilométrage de la voie et elle est définie par l'écartement des parois extérieures de la superstructure (dalle).
- La largeur du pont-rail est définie par l'écartement des parois extérieures des poutres de rive/corniches sur le pont, mesurée perpendiculairement à l'axe du pont.



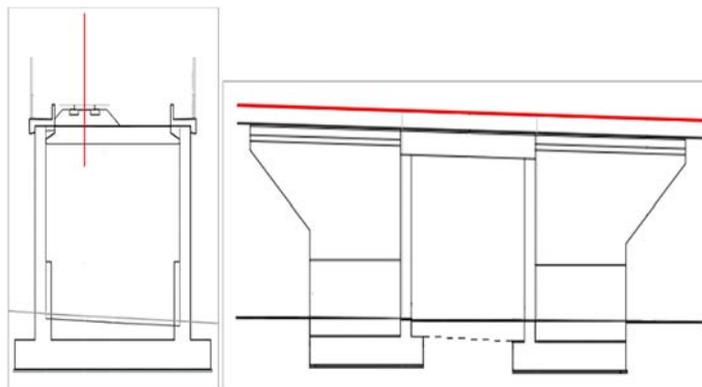
**Figure IX .04 :** pont rail

Ponts	PK Début du pont	PK Fin du pont	Angle de Croisement	Longueur du pont	Largeur du pont	Hauteur de la superstructure (Dalle)	Matériau de Construction
<b>P. Rail</b>	0+638.92	0+650.22	90°	11.30	9.50	0.90	Béton Armé
<b>P. Rail</b>	4+372.24	4+383.54	90°	12.36	9.50	0,90	Béton Armé

**Tableau IX.01 :** Paramètres caractéristiques pour les Pont-rail.



**Figure IX .05 :** Vue en plan du pont-rail



**Figure IX.06 :** Coupe transversale et longitudinale du pont-rail.

### IX.5. Pont-route :

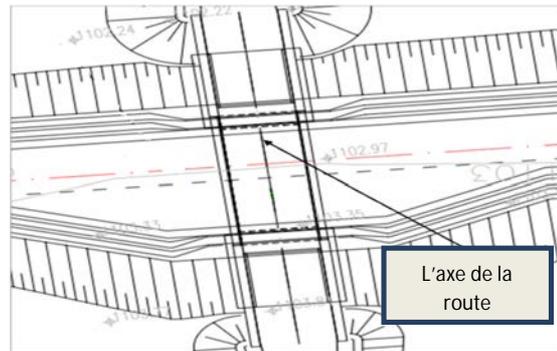
Si la voie ferrée se trouve au-dessous de la route (passage supérieur), il s'agit d'un pont-route.



**Figure IX .07 :** pont route

Pont	PK de. point d'intersection	Angle de Croisement	Longueur du pont	Largeur du pont	Matériau de Construction
Pont Route	116+727.76	90°	21,80	8.50	Béton Armée
Pont Route	119+484.34	90°	21,80	9,50	Béton Armée

**Tableau IX-02 :** Paramètres caractéristiques pour les Pont-route



**Figure IX.8. :** Vue en plan du pont-route.

### IX.6. Ouvrages en terre :

Les recommandations et les prescriptions en usage dans les divers réseaux ferroviaires concernant les terrassements proprement dits (étude et exécution des ouvrages en terre) font appel aux techniques mises au point dans le domaine des travaux publics.

Bien entendu, l'étude et le contrôle d'exécution des ouvrages en terre ferroviaire doivent être conduits d'une façon particulièrement stricte.

#### IX.6.1. La stabilité:

La sécurité au glissement, tant à court terme qu'est à long terme, doit être montrée par le calcul à Partir des caractéristiques du sol.

#### IX.6.2. Tassement:

L'étude de tassement des remblais doit vérifier néanmoins que les tassements à attendre après mise en service sont facilement maitrisables par reprises habituelles sur la ligne considérée

#### IX.6.3. : talus en remblai :

Pour la protection des talus de remblai résultant du contact avec les eaux superficielles, nous préconisons l'exécution de protection de ces talus. Plusieurs solutions seront proposées : perrés, gabions, plantation d'arbres, engazonnement. Ces protections seront prévues principalement dans les zones de forte présence d'eaux : accès des ouvrages hydrauliques, proximité des zones inondables.

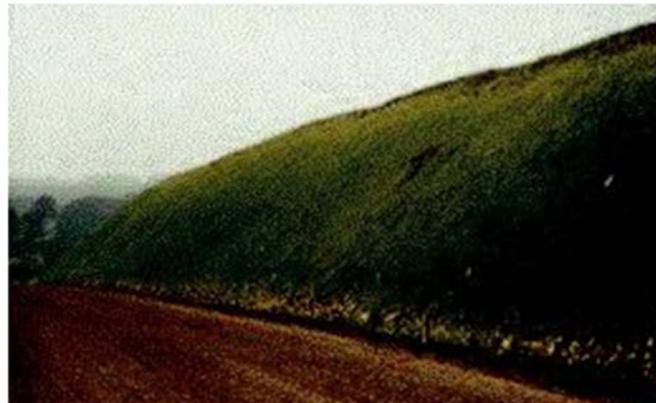
**IX.6.4. : talus en déblai :**

Pour la stabilisation des talus et pentes il y a plusieurs méthodes classiques ainsi que des nouvelles technologies pour stabiliser les pentes et les talus selon le type de sol, la durée de vie de projet et le financement. Plusieurs solutions existent dans le monde :

- Mur en gabions
- Végétalisation
- Enrochement



**Figure IX.09 :** mur de soutènement en gabion



**Figure IX.10 :** végétation des talus



**Figure IX.11 :** enrochement des pieds des talus

**IX.6.5. Compactage:**

La technique de compactage est déterminante concernant la qualité des ouvrages en terre, les taux de compactage et les modules de déformations minimaux prescrites dépendent de la nature du Sol, du type de compacteur et de l' état d' humidité.

L' épaisseur des couches élémentaires à prévoir et l' énergie de compactage nécessaire, des Dispositions particulières peuvent également être recommandées (arrosage, essorage etc.)

La technique de compactage est définie soit, à l' aide de planches d' essais, soit en utilisant les Recommandations mises au point à cet effet : par exemple, le document référencé (Sétra LCPC, Recommandation pour les terrassements routiers).

**IX.7. Conclusion :**

- Pour la protection des pieds des talus de remblais contre l'érosion nous préconisons un système d'enrochement et des pierres maçonnés
- Pour la stabilisation des talus on recommande des banquettes
- La végétation sera mise en place pour la protection des petits talus
- Dans les zones très évasées qui sont inondées en période de crues, le niveau générale des eaux reste bas, nous avons prévu en plus des ouvrage hydrauliques (dalot, buses...)
- Une protection des talus par une combinaison de gabions en bas de remblai et en pierre maçonné sera mise sur toute la hauteur du talus.

Chapitre –X–

---

## Etude Hydraulique et Assainissement



**X.1. Introduction :**

La création d'une nouvelle ligne perturbe l'écoulement hydraulique. Alors, il faut assurer la continuité des débits des cours d'eau en dimensionnant suffisamment les ouvrages hydrauliques. D'autre part, la protection de la plate-forme nécessite un bon drainage.

Ce chapitre constitue l'étude hydraulique et d'assainissement. Il porte sur le dimensionnement des ouvrages hydrauliques (ouvrages d'assainissement et de drainage), afin d'assurer la continuité des débits des écoulements d'eau et la protection de la plate-forme ferroviaire.

Ce dimensionnement est basé sur les critères suivants :

- Protéger la voie ferrée sur les crues centennales.
- maintenir la vitesse minimale dans les ouvrages pour réduire les risques de sédimentation.
- limiter les vitesses maximales afin de réduire les risques d'érosion à l'intérieur des ouvrages.
- bien gérer les eaux de ruissellement afin de limiter les problèmes d'érosion dans les talus.
- prévoir des pentes minimales pour les ouvrages afin d'en faciliter le curage.

**X.2. Conception générale :**

Pour cela il suffit d'incliner transversalement la couche de forme et la couche de sous-ballast en forme de toit (-4%,4%) symétrique en double voie, dissymétriques en voie unique, puis de pente la surface latérale de la plateforme de 1/1,5 ou 1/5 en zone sableuses . (Cela dépend du type de sol). Ces deux pentes permettent la direction des eaux vers un fossé latéral ou elles y seront recueillies. Le fossé, Lui-même est pente longitudinalement pour l'évacuation finale des eaux. Cette évacuation finale peut se faire au niveau des ouvrages hydrauliques, dans une vallée, ou encore dans une dépression de relief quelconque. Les fossés sont nécessaires du côté en déblai pour empêcher la stagnation des eaux, mais non nécessaires en remblai.

**N.B :** Les fossés en terre doivent porter l'eau à une vitesse limitée afin d'éviter l'érosion, sinon (Pour de grandes vitesses) les fossés seront revêtus (en béton).

**X.3. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude :**

Le tracé de la nouvelle voie étudiée est compris entre le PK 109+425 et le PK 119+450. Il est situé à l'est de Saida, à peu près 30-40 Km de la ville, entre les villages de Hessasna à l'ouest, et Tamesna au sud et de Tircine au nord.

**X.3.1. Le climat de la zone :**

La zone d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen, avec des étés secs et des hivers humides, règne dans la région traversée par le couloir.

Le climat de la wilaya est continental, été chaud et sec et hiver froid. Les températures atteignent 40°C en été avec des journées de vents chauds (sirocco), et un minimum de 0 à 4°C en hiver avec des gelées fréquentes (en moyenne 30 J/AN).

D'après les observations effectuées à la station météorologiques Rebahia-saida on a :

- Pluie moyenne journalière  $P_j = 45.68\text{mm}$ .
- L'exposant climatique  $b = 0.3$
- Le coefficient de variation climatique  $C_v = 0,37$

**PJ** : la pluie journalière moyenne.

**b** : exposant climatique.

**CV** : coefficient de variation climatique.

**X.3.2. Précipitation moyenne mensuelle et annuelle :**

Le tableau suivant illustre la hauteur des précipitations moyennes mensuelles et annuelles de 1993 à 2018, enregistrée dans la wilaya de Saida, fournit par le Centre Climatologique National :

**Tableau X.N°01:** Pluviométrie moyenne, mensuelle et annuelle dans la wilaya de Saida.

Mois		Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Ann
Préci (mm)	min	0.4	0.2	1.1	0.3	0.5	0.0	0.1	0.0	0.1	2.3	0.1	8.2	139.0
	max	98.1	129.5	180.6	81.7	101.4	70.4	39.3	45.1	61.4	97.2	129.8	121.6	528.6

(Station météorologique Rebahia, Saida 2019)

**X.3.3. Précipitations moyenne mensuelles :**

Les conditions climatiques jouent un rôle important dans la détermination du régime des cours d'eau, en effet précipitation agissent dans l'alimentation de l'écoulement du bassin versant.

Dans le tableau.2, on a représenté les différentes précipitations moyennes mensuelles.

**Tableau X. N°02:** Précipitations moyenne mensuelles en (mm). (1993- 2018)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Ann
$P_{\text{moy}}$ (mm)	41	37	41	39	30	12	6	12	25	42	43	36	365

(Station météorologique Rebahia, Saida 2019)

Durant cette période le maximum de pluviométrie moyenne est atteint à novembre avec 43mm, et le minimum en juillet avec 6 mm

#### X.3.4. Les précipitations annuelles :

Les précipitations constituent l'unique source des écoulements d'eau dans les bassins versants, elles sont exprimées généralement en hauteur de précipitation (mm). Et si on rapporte cette hauteur à l'unité de temps, il s'agit d'une intensité de précipitation (mm/h) Tel que : 1 mm = 1 L / m<sup>2</sup>.

La pluviométrie, déterminante pour dimensionner les installations de drainage, a également été donnée par le Centre Climatologique National.

**Tableau X.N°03:** pluie maximale en 24 heures.

<b>Durée de retour</b>	<b>Pluie maximale en 24 heures (mm / 24 h)</b>
2 ans	30,20
5 ans	42,40
10 ans	46,52
25 ans	54,30
50 ans	60,81

Source (le Centre Climatologique National)

La pluviosité sur 24 heures (pluviosité journalière) pour différentes durées de retour figure dans le tableau ci-dessus.

Cependant, ce sont les fortes précipitations, avec une importante quantité d'eau tombant en peu de temps, qui sollicitent le plus les installations de drainage.

Afin de garantir la stabilité statique du tracé, ces pointes d'écoulements doivent pouvoir être évacuées sans dommages par les fossés et les ponceaux.

On suppose qu'en cas de fortes pluies, dans le cas le plus défavorable, l'ensemble des précipitations d'une journée [mm/24 h] tombe en 1 heure.

L'estimation de telles fortes pluies se fait à partir du tableau des pluies maximales suivant:

**Tableau X. N°04:** Estimation des fortes pluies.

Durée de retour	Pluie maximal [l/(s*0,01 km <sup>2</sup> )]
2 ans	215,97
5 ans	285,42
10 ans	328,47
25 ans	381,94
50 ans	422,22

(Source :Le Centre Climatologique National)

### X.3.5. La température :

La température moyenne minimale la plus basse est enregistrée durant le mois de janvier et Février avec seulement 3°C et la température moyenne maximale la plus haute est enregistré durant le mois de juillet avec 36°C.

**Tableau X.N°05:** Températures moyennes mensuelles (1993-2018).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T max	14	15	18	21	26	32	36	36	30	25	18	15
T min	3	3	5	7	10	15	18	19	15	12	7	4
T moy	8	9	12	14	18	23	27	27	23	18	13	10
M-m	11	12	13	14	16	17	18	17	15	13	11	11

(Source: Station météorologique de Rebahia-saida 2019)

**Remarque :** Les résultats des tableaux précédents sont fournis par l'entreprise du Cosider TP.

## X-4.Le Réseau Hydrographique :

### X.4-1-Caractéristiques des bassins versants :

La détermination des caractéristiques des bassins versants consiste à calculer, ou évaluer, les paramètres explicatifs, indispensables à l'évaluation des débits de crues. Les paramètres physiques peuvent être calculés, sans grandes difficultés, avec une précision satisfaisante.

La superficie (S) des bassins, exprimée en 2km, est déterminée avec une précision acceptable, la délimitation des lignes de partage des eaux est faite sur les cartes d'état-major à différentes échelles selon l'importance des bassins versants La superficie est mesurée à l'aide d'un planimètre.

Les caractéristiques principales des bassins versants dans notre projet sont :

**a. La surface (A) :** c'est l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, La délimitation des contours des bassins versants est effectuée sur la base des cartes topographiques et les surfaces sont calculées avec logiciel Autocad.

Dans notre projet, les surfaces des bassins versants oscillent entre (0,01 km<sup>2</sup> et 80,0 km<sup>2</sup> environ).

**b. Longueur de l'oued (L) :** c'est la longueur du cours d'eau principal du bassin versant.

**c. L'altitude maximale (z1) :** elle est obtenue directement à partir des cartes topographiques, elle représente la hauteur du point le plus élevé du bassin versant.

**d. L'altitude de la section intéressée (z2) :** elle est obtenue directement à partir des cartes

Topographiques, elle représente la hauteur du point d'intersection entre le talweg principal et le tracé.

**e. Indice de pente globale (p) :** c'est une caractéristique importante qui renseigne sur la topographie du bassin, elle donne une bonne indication sur le temps de parcours des écoulements d'eau (le temps de concentration) donc elle influence directement le débit de crue lors d'une Averse). Elle est approximée avec le rapport :  $\frac{z1 - z2}{L}$

**f. Le temps de concentration (tc) :** est le temps que mettent des gouttes d'eau non évaporées et non infiltrées dans le Sol de descendre du sommet du bassin versant jusqu'à l'exutoire. Quand ce temps de concentration est atteint, ceci signifie que toutes les régions du bassin versant participent au débit.

**g. Le coefficient de ruissellement (Cr) :** Le coefficient de ruissellement indique le pourcentage de l'eau ruisselante sur un sol saturé par des précipitations antérieures, par rapport à la totalité de l'eau de l'averse.

Il dépend de l'indice de pente globale du bassin, la nature du sol (perméabilité) et la couverture végétale du bassin versant.

Pour notre projet, Cr = 0.8.

#### **X.4.2. Bassins versants :**

Les bassins versants d'oueds pour évaluer les quantités d'eau s'écoulant dans ces oueds lors d'une pluie centenaire.

#### **X.4.3. Drainage :**

Le drainage participe de façon essentielle au bon comportement mécanique de la voie et contribue ainsi largement à la pérennité des ouvrages ferroviaires.

**X.4.4. objectifs de l'assainissement et du drainage :**

- Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales pour éviter la submersion de la voie ferrée.
- Réduction des couts d'entretiens.
- Protection de la voie contre l'inondation.
- Protection de la superstructure contre l'érosion.
- Le rabattement des nappes phréatique.

**X.5. Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des Ecoulements :****X.5.1 Estimation des débits d'apport (Qa) :**

Le calcul du débit maximum limite, de fréquence donnée, à l'intensité moyenne I de la pluie, et de durée "t" égale au temps de concentration est effectué par une formule de la méthode rationnelle et elle est donnée par:

$$Qa = K \times C \times I \times A$$

Qa : débit d'apport en (m<sup>3</sup>/s).

C : coefficient de ruissellement.

I : intensité de l'averse de durée égale au temps de concentration en (mm/h).

K = 0.2778 : coefficient qui permet de convertir les (mm/h) en (l/s).

A : superficie de la surface drainée (bassin versant) A= 0.9 Km<sup>2</sup>.

**X.5. 2. Coefficient de ruissellement c :**

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants :

La couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain

**Tableau.X.N°06.** Coefficient de ruissellement C

Type de sol	Coefficient	Valeurs prises
sol perméable	0.1 - 0.4	0.4
Talus sol perméable	0.1-0.3	0.3
Terrain naturel	0.05-0.2	0.2

**X.5. 3. Intensité de la pluie :**

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

**a. Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :**

D'après la formule de « GALTON » on a :

$$P_j (\%) = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{(Cv^2+1)}} * e^{u\sqrt{\ln(Cv^2+1)}}$$

$P_{j\text{moy}}$ : pluie journalière moyenne (mm).

Cv : Coefficient de variation.

U: Variable de Gauss.

Ln: Log. Népérien.

**Tableau X.N°07.** Variable de Gauss U.

<b>Fréquence au dépassement (%)</b>	50	20	10	5	2	1
<b>Période de retour (années)</b>	2	5	10	20	50	100
<b>Variable de GAUSS (U)</b>	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

(Source: Station météorologique de Rebahia-saida 2019)

La pluie de référence pour le dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie (t) en minute et une période de retour de 10 ans pour les buses, 50 ans pour les dalots et 100 ans pour les ouvrages.

Soit le tableau précédent qui donne les valeurs du variable de GAUSS en fonction de la fréquence :

- Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
- Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

**b. Calcul la fréquence d'averse :**

La fréquence d'averse est donnée par la formule de suivante :

$$P_t (\%) = P_j (\%) \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} \text{ OU } I_t = I \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1}$$

$P_j$  : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).

b : Coefficient climatique régional, (b= 0,3 pour la région de Saida).

$P_t$  : pluie journalière maximale annuelle.

$t_c$  : Temps de concentration (heure).

**c. Temps de concentration :**

La durée  $t$  de l'averse qui produit le débit maximum  $Q$  étant prise égale au temps de concentration.

Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passing, Giandothi, comme suit :

- lorsque  $A < 5 \text{ km}^2$ : 
$$t_c = 0,127 \sqrt{\frac{A}{P}}.$$
- lorsque  $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$  : 
$$t_c = 0,108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}.$$
- lorsque  $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$ : 
$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 L}{0.8 \sqrt{H}}.$$

$t_c$  : Temps de concentration (heure).

$A$  : Superficie du bassin versant ( $\text{km}^2$ ).

$L$  : Longueur de bassin versant (km).

$P$  : Pente moyenne du bassin versant.

$H$  : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

**d. L'intensité horaire moyenne de la pluie:**

D'après la formule de « Montana » on a :

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

$I$  : Intensité de la pluie (mm/h).

$t_c$  : Temps de concentration (heure).

$P(t)$  : Hauteur de la pluie de durée  $t_c$  (mm).

**X. 6. L'étude hydraulique :**

Les valeurs des débits de crue retenus lors de l'étude hydrologique vont servir au dimensionnement des ouvrages hydrauliques (ouvrages d'assainissement et de drainage) le long de tronçon.

En effet, la bonne exploitation de la voie ferrée et la sécurité de la circulation des trains sur la superstructure sont directement liées à la portance des couches d'assise, qui est elle-même dépend de la qualité d'assainissement et du drainage.

**X.6-1- Ouvrages d'assainissement transversaux :**

Ils permettent le transit, d'un côté à l'autre de la plateforme ferroviaire, des écoulements des eaux des bassins versants. Ils peuvent être constitués de :

- **Buses** : les ouvrages de sections circulaires, disposés sous le tracé sur les points bas du terrain, d'un diamètre de 1000 à 2000 mm
- **Dalots** : les ouvrages de sections rectangulaires ou carrées, disposés sous le tracé, identifié par la largeur de (B) et la hauteur (H).
- **Ponts et viaducs** : les ouvrages d'assainissement transversaux doivent véhiculer des débits de crue centennaux, donc les dimensions retenues pour ces ouvrages (présentées dans le tableau ci-dessous) sont celles qui répondent à la condition suivante :  $Q_{100} \leq Q_s$ .
- $Q_{100}$  : Débit de crue centennal (débit d'apport) en  $m^3/s$ .
- $Q_s$  : Débit de saturation de l'ouvrage en  $m^3/s$ .

**Tableau X.N°08:** Pré dimensionnement des ouvrages d'assainissement transversaux .

Débit de Crue $Q_{100}$ ( $m^3/s$ )	Type d'ouvrage	Dimension retenue (m)
$Q_{100} < 7$	Buse (circulaire)	$1 \leq \phi \leq 2$
$7 \leq \phi_{100} < 15$	Dalot Type 2 (rectangulaire)	B/H=2,5/ 2,5
$15 \leq \phi_{100} < 25$	Dalot Type 3 (rectangulaire)	B/H=3/ 3
$25 \leq \phi_{100} < 35$	Dalot Type 4 (rectangulaire)	B/H=4/ 3
$35 \leq \phi_{100} < 60$	Dalot Type 5 (rectangulaire)	B /H=5/ 3,5
$60 \leq Q_{100}$	Pont et viaduc	/

Ce pré dimensionnement est vérifié par la suite en calculant Le débit de saturation ( $Q_s$ ) des ouvrages transversaux par l'utilisation de la formule de « Manning Strickler » sur un écoulement à surface libre en régime uniforme :  $Q_s = V S_m$ .

**a. Calcul de débit de saturation ( $Q_s$ ) :**

Le calcul du débit est déterminé par la formule de MANING STRIKLER ;

$$Q_s = V \times S_u \quad \text{alors : } Q_s = K_{st} \cdot I^{1/2} \cdot R_H^{2/3} \cdot S_u$$

Avec :  $V = K_{st} I^{1/2} \times R_H^{2/3}$

$Q_s$ : débit maximum

$K_{st}$ : coefficient de rugosité de canalisation.

$I$ : pente de canalisation. (m/m).

$S_u$ : section transversale de l'écoulement.

$R_H$ : rayon hydraulique ( $R_H = S_m / P_m$ ).  $R_H = \frac{e}{e}$

$$\left. \begin{aligned} S_m &= \pi R^2 / 4 \\ P_m &= \pi R \end{aligned} \right\} R_H = S_m / P_m$$

Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :  $H_f = H-0.5$ .

Pour les buses, la section et le périmètre mouillés sont calculés avec l'ouvrage rempli d'eau.

**Tableau X.N°09:** Calcul de Rayon hydraulique pour une section circulaire et rectangulaire

	Section circulaire	Section rectangulaire
Section ouillée	$\pi\phi^2/4$	B (H-0.5)
Périmètre mouillé	$\pi\phi$	B+2(H-0.5)

Les valeurs du coefficient  $K_{st}$  sont organisées dans le tableau suivant :

**Tableau X.N°10 :** Coefficient de MANNING STRIKLER.

$K_{st}$	Les valeurs
Terre	30
Buses métalliques	40
Maçonneries	50
Bétons (dalots)	70
Bétons (buses préfabriquées)	80

**Remarque :** la zone d'étude est plus proche de la wilaya de Saida, on va considérer pluie journalière maximale  $P_j(T)$  de Saida dans les calculs.

**Application au projet :**

**1. Calcul de précipitation :**

D'après la formule de « GALTON » on a :

$$PJ (\%) = \frac{PJ_{moy}}{\sqrt{(Cv^2+1)}} * e^{u\sqrt{\ln(Cv^2+1)}}$$

**2. Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :**

- Pendant 10 ans :

$$u = 1.282, Cv = 0.37, PJ_{moy} = 45.68 \text{ mm.}$$

$$PJ (10\%) = \frac{45.68}{\sqrt{((0.37)^2+1)}} * e^{1.282\sqrt{\ln((0.37)^2+1)}} \rightarrow PJ (10\%) = 49.12 \text{ mm.}$$

- Pendant 50 ans :

$$u = 2.057, CV = 0.37, PJ_{moy} = 45.68 \text{ mm}$$

$$PJ (2\%) = \frac{45.68}{\sqrt{((0.37)^2+1)}} * e^{2.057\sqrt{\ln((0.37)^2+1)}} \rightarrow PJ (2\%)=79.02\text{mm.}$$

• **Pendant 100 ans :**

$$u = 2.327, CV = 0.37, PJ \text{ moy} = 45.68 \text{ mm.}$$

$$PJ (1\%) = \frac{45.68}{\sqrt{((0.37)^2+1)}} * e^{2.327\sqrt{\ln((0.37)^2+1)}} \rightarrow PJ (1\%)=85.86\text{mm.}$$

**3. L'intensité de l'averse :**

• Pour PJ (10) = 49.12 mm,  $I (10\%) = \frac{49.12}{24} \rightarrow I (10\%) = 2.05 \text{ mm/h.}$

• Pour PJ (50) = 79.02 mm,  $I (2\%) = \frac{79.02}{24} \rightarrow I (2\%) = 3.29 \text{ mm/h.}$

• Pour PJ (100) = 85.86 mm,  $I (1\%) = \frac{85.86}{24} \rightarrow I (1\%) = 3.58 \text{ mm/h.}$

**4. Dimensionnement des buses:**

Pour dimensionner les buses on prend  $Q_a=Q_s$  :

$$Q_s = S * K_{ST} * I^{1/2} * R^{2/3}$$

$$Q_a = K * C * I * A$$

$$I t = I \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1}$$

$t_c = 0,127 \sqrt{\frac{A}{P}}$ . Alors :  $A < 5 \text{ km}^2$  (Le temps de concentration pour les bassins versant inférieurs à 5 Km<sup>2</sup>).



**Figure X.N°01** : les travaux d'assainissement.

**a-Calcul de débit de saturation (QS)**

$$Q_s = S_u * K_{ST} * R^{2/3} * I^{1/2}$$

On a :  $S_m$ : surface mouillée =  $1/2 \pi R^2$  (pour une hauteur de remplissage égale à  $0.5\Phi$ )

$R_H$ : rayon hydraulique =  $R/2$

$K_{st} = 80$  (pour les buses)

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

**b. Calcul de la surface du bassin versant :**

- Surface de la plateforme :  $A_p = 8 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,0800 \text{ ha}$
- Surface du la berme :  $A_b = 0.5 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,005 \text{ ha}$
- Surface du talus :  $A_t = 10 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,1 \text{ ha}$

**c. Calcul des débits d'apport (Qa) :**

• **Pour la plateforme :**

$$C = 0.2, \quad p = 4 \%, \quad I(10\%) = 2.05 \text{ mm/h}, \quad b = 0.3, \quad A = 0,0800 \text{ ha}$$

$$t_c = 0,127 \sqrt{\frac{0,0800}{4}} \rightarrow t_c = 0.0179 \text{ h.}$$

$$I_t = 2.05 \cdot \left(\frac{0.0179}{24}\right)^{0.3-1} \rightarrow I_t = 316.887 \text{ mm/h.}$$

$$Q_a = 0.278 \cdot 0.2 \cdot 316.887 \cdot 0.0800 \rightarrow Q_a = 14.09 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s.}$$

• **Pour la berme:**

$$C = 0.35, \quad p = 4 \%, \quad I(10\%) = 2.05 \text{ mm/h}, \quad b = 0.3, \quad A = 0,005 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0,127 \sqrt{\frac{0,005}{4}} t_c = \text{---} \rightarrow 45 \text{ h.}$$

$$I_t = 2.05 \cdot \left(\frac{0.0045}{24}\right)^{0.3-1} I_t \text{---} \rightarrow 3.015 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 0.278 \cdot 0.35 \cdot 3.015 \cdot 0.005 \text{---} \rightarrow Q_a = 4.05 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s.}$$

• **Pour le talus:**

$$C = 0.2, \quad p = 67 \%, \quad I(10\%) = 2.05 \text{ mm/h}, \quad b = 0.3, \quad A = 0.1 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0,127 \sqrt{\frac{0.1}{67}} \rightarrow t_c = 0.0050 \text{ h.}$$

$$I_t = 2.05 \cdot \left(\frac{0.0050}{24}\right)^{0.3-1} \rightarrow I_t = 773.789 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 0.278 \cdot 0.2 \cdot 773.789 \cdot 0.1 \rightarrow Q_a = 43.022 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$Q_a = \Sigma Q_{a_i} = (14.08 + 4.05 + 43.022) \cdot 10^{-3} = 61.152 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

**Application numérique :**

Pour notre cas au PK 109+975; On a :  $I = 2.5\%$ .

$$Q_s = 80 \cdot (R/2)^{2/3} \cdot \pi / 2 \cdot R^2 \cdot (0.025)^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a \rightarrow 80 \cdot (R/2)^{2/3} \cdot \pi / 2 \cdot R^2 \cdot (0.025)^{1/2} = 0.0611 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow R^{8/3} = 0.00307$$

Donc:  $R = 0.114 \text{ m}$

On prend :  $R = 150 \text{ mm}$

D'où:  $\Phi = 300 \text{ mm}$

On choisi : busse  $\emptyset 1000$ .

**Remarque :** Pour des raisons d'entretien, Nous avons choisi les buses de  $\emptyset \geq 1000\text{mm}$  (les buses de  $\emptyset 1000$  et  $\emptyset 1500$  sont prévues).

### 5. Dimensionnement des dalots :

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose

Une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1m de large),

Les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

Le calcul des dalots se fait comme suit :

- On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long ;
- On calcule la travée nécessaire ;
- On fixe aussi la hauteur de remplissage à  $\rho = 0.8h$ .

$$S_m = 0.8h \times L$$

$$P_m = 1.6h + L$$

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.80h \times L}{1.6h + L}$$



**Figure X.N°02:** schéma de Dalots.

### Application numérique :

Pour notre cas au PK 110+831, on a :

$$S_m = 0.8h \times L \quad P_m = 1.6h + L$$

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.80h \times L}{1.6h + L}$$

$$Q_a = Q_s = K_{st} \times R^{2/3} \times l^{1/2} \times S$$

$$Q_a = Q_s = K_{st} \times I^{1/2} \times 0.8h \times L \times \left( \frac{0.80h \times L}{1.6h + L} \right)^{2/3}$$

Et par calcul itérative, on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité.

Avec:

$$K_{st} = 70 \text{ bétons (dalots)}, I = I = 2.5\%$$

$$h_{i+1} = \left[ \frac{Q_a}{K_{st} \times L \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{\left[ 1 + 1.6 \times \frac{h_i}{L} \right]^{2/5}}{0.8}$$

$$h_{i+1} = \left[ \frac{61.152}{70 \times 2.5 \times 0.025^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{\left[ 1 + 1.6 \times \frac{h_i}{2.5} \right]^{2/5}}{0.8}$$

Après le calcul itérative on trouve : h=2m.

On prend  $\left\{ \begin{array}{l} L=2.5\text{m, Avec : } L= H/0.8 \\ h= 2\text{m} \\ I=2.5\% \end{array} \right.$

$$k_{st}=70 \text{ (bétons) Dalots.}$$

$$Q_a = Q_s = K_{st} \cdot I^{1/2} S_m \cdot R_h^{2/3}$$

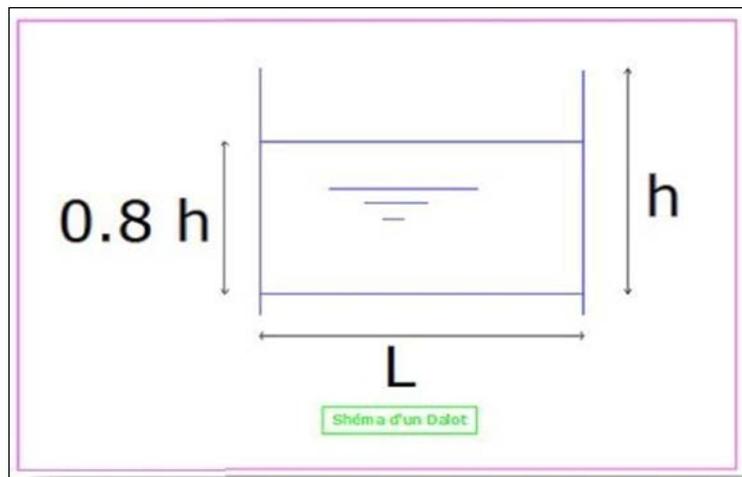


Figure.X.N°03 : La dimension de dalot

## 5. Les ouvrages d'assainissement transversaux :

Point kilométrique PK	Dalots L*h(m*m)	Buses de diamètres Ø (mm)
109+639		2x(Ø 1500)
109+830	(2.5*2)	
109+975		Ø 1000
110+427	(4*3)	
110+612		Ø 1500
110+831	(2.5*2)	
111+038	(2.5*2)	
111+382	(3*2.5)	
111+816		Ø 1500
112+109	(2.5*2)	
112+498	(2.5*2)	
113+310		Ø 1500
113+539	(3*2.5)	
113+600	(4*3)	
113+928	(4*3)	
114+213	(4*3)	
114+406		Ø 1500
114+961	(3*2.5)	
115+377		Ø 1500
115+850		Ø 1000
116+950		Ø 1000
118+010	(2.5*2)	
118+335		Ø 1500
118+645		Ø 1000
118+950		Ø 1500

Tableaux. N°.11 : Les ouvrages d'assainissement transversaux.

(Pour la surface  $S_u$ :  $S_{\text{Dalot}} = B \cdot H$  et  $S_{\text{Buse}} = \pi \phi^2 / 4$ ).

- **Les conduites de drainage :**

Les conduites de drainage ont des diamètres intérieurs de 800 mm à 1800 mm avec une pente longitudinale minimum est de **0.002**.

Des regards sont installés tous les 50 m (au maximum) aux points hauts et points bas.



**Figure X.N°04 :** le schéma des Ouvrages d'assainissement longitudinaux.

### X.6-2. Ouvrages d'assainissement longitudinaux :

L'assainissement longitudinal pour le but de recevoir et de drainer les eaux de pluie qui s'écoulent sur la plate-forme ferroviaire et les talus ainsi que les eaux interne (eaux infiltrées dans les structures d'assise ou nappe phréatique) afin de garantir la pénétration dans la voie. Ils peuvent être constitués de :

#### A. Les fossés :

Les fossés sont placés à l'extérieur de la plate-forme, dans les sections en déblais, ils recueillent et écoulent les eaux de ruissellement, Ils assurent la collecte et l'évacuation des ruissellements superficiels générées par de la plate-forme ferroviaire, les bermes et les talus vers les exutoires naturels ou les ouvrages d'assainissement transversaux.

**N.B :** Les fossés en terre doivent porter l'eau à une vitesse limitée appelée vitesse limite d'entraînement, qui est de 1.15 m/s afin d'éviter l'érosion. Si les fossés doivent porter l'eau à une vitesse plus grande que la vitesse limite d'écoulement, ils doivent être revêtus. Ils sont répartis en 3 types en fonction de leurs capacités hydrauliques :

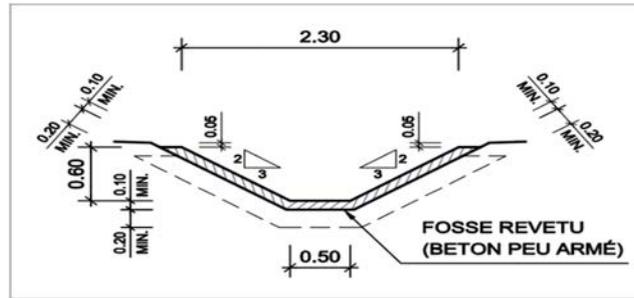


Figure VII.N°05 : Schéma du fossé type 1.

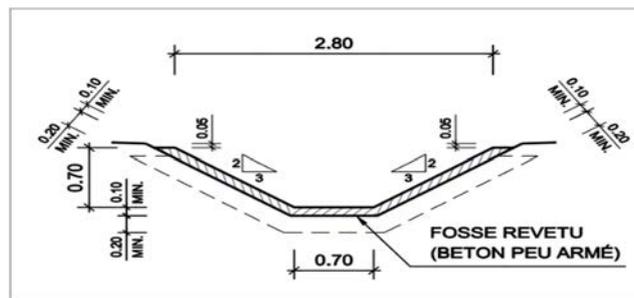


Figure VII.N°06 : Schéma du fossé type 2.

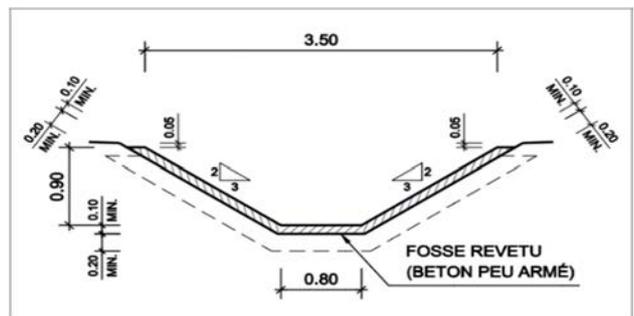


Figure VII.N°07 : Schéma du fossé type 3.



Figure VII.N°08 : fossé en béton armé.

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

$$QS = Kst Rh^{2/3} I^{1/2} Sm.$$

Kst : Coefficient rugosité dépend de la nature des parois internes de l'ouvrage (Kst =50 correspond aux fossés stabilisés / revêtement béton grossier)

I : Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m), égale à 0.002 au minimum,

On a :  $I_{Projet} = 0.003m/m$

Rh : Rayon hydraulique (m)

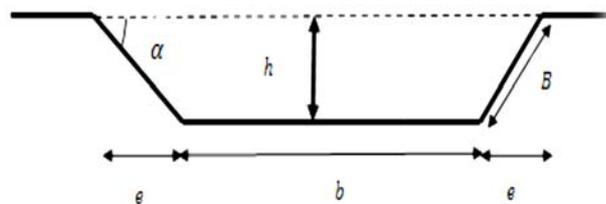
$Rh = Sm/Pm =$  Section mouillée /Périmètre mouillé

**Tableau X.N°12** : Calcul de Rayon hydraulique pour une section trapézoïdale.

Section mouillée	$(b+z \cdot h) h$	Z : la pente des berges
Périmètre mouillé	$b+2 \cdot h \cdot \sqrt{1+z^2}$	

**6. Dimensionnement des fossés :**

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la plateforme et les talus, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux le sol support. Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous :



**Figure X.N°09** : fossé

**Application numérique :**

Pour notre cas au PK 116+950, on a :

1. Calcul de la surface mouillée :

$$S_m = bh + 2 \frac{eh}{2}$$

$$\text{tang } \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \text{ d'ou } e = n \cdot h$$

$$s_m = b \cdot h + n \cdot h^2 = h \cdot (b + n \cdot h)$$

$$S_m = h \cdot (b + n \cdot h)$$

## 2. Calcul du périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2 \cdot c$$

D'après Pythagore :

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{d'ou} \quad e = n \cdot h$$

$$c = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2 h^2} = h \cdot \sqrt{1 + n^2}$$

$$\text{donc: } P_m = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + n^2}$$

$$R = \frac{S_m}{P_m} = \frac{(n \cdot h + b) \cdot h}{b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + n^2}}$$

à la saturation:

$$Q_{amax} = Q_s = K \cdot \sqrt{I} \cdot S_m \cdot R^{2/3}$$

$$Q_a = Q_s = (K_{st} \cdot \sqrt{I}) \cdot h(b + n \cdot h) \cdot \left[ \frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3}$$

$$h_{i+1} = \left[ \frac{Q_a}{K_{st} \times b \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{b}]^{2/5}}{1 + \frac{h}{b}}$$

On prend  $b = 50\text{cm}$  , **Kst**: 30 fossés en terre, Pente de fosse  $I=4\%$  donc :

$$h_{i+1} = \left[ \frac{0.06549}{70 \times 0.5 \times 0.04^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 7.07 \times h]^{2/5}}{1 + 2h}$$

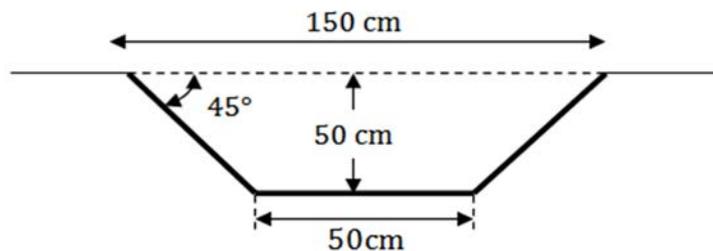
On calcul la hauteur par itération, on trouve :  $h = 39\text{cm}$

On prend  $h=0.5\text{m}$  pour facilité la tache d'entretien plus tard.

Donc :

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

$$h = 50\text{cm}$$



Les résultats des calculs des ouvrages d'assainissement transversaux obtenus ce sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau X.N°13 : Les Calculs hydraulique des ouvrages d'assainissement transversaux.

PK (km)	Ouvrage prévue	∅ (m)	B (m)	H (m)	P <sub>m</sub> (m)	S <sub>m</sub> (m <sup>2</sup> )	R <sub>h</sub> (m)	kst	I (m/m)	V (m <sup>3</sup> )	Q <sub>s</sub>
109+639	Buse	1	/	/	3.14	0.78	0.25	80	0.003	1.73	1.35
109+830	Dalot Type 2	/	2.5	2	5.5	3.75	0.68	70	0.003	2.96	11.12
109+975	Buse	1	/	/	3.14	0.78	0.25	80	0.003	1.73	1.35
110+427	Dalot Type4	/	4	3	9	10	1.11	70	0.003	4.11	41.10
110+612	Buse	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
110+831	Dalot Type 2	/	2.5	2	5.5	3.75	0.68	70	0.003	2.96	11.12
111+038	Dalot Type 2	/	2.5	2	5.5	3.75	0.68	70	0.003	2.96	11.12
111+382	Dalot Type 3	/	3	2.5	7	6	0.85	70	0.003	3.44	20.64
111+816	Buse	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
112+109	Dalot Type 2	/	2.5	2	5.5	3.75	0.68	70	0.003	2.96	11.12
112+270	Buse	1	/	/	3.14	0.78	0.25	80	0.003	1.73	1.35
112+498	Dalot Type 2	/	2.5	2	5.5	3.75	0.68	70	0.003	2.96	11.12
113+310	Buse	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
113+539	Dalot Type 3	/	3	2.5	7	6	0.85	70	0.003	3.44	20.64
113+600	Dalot Type4	/	4	3	9	10	1.11	70	0.003	4.11	41.10
113+928	Dalot Type4	/	4	3	9	10	1.11	70	0.003	4.11	41.10
114+213	Dalot Type4	/	4	3	9	10	1.11	70	0.003	4.11	41.10

<b>114+406</b>	<b>Buse</b>	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
<b>114+569</b>	<b>Buse</b>	1	/	/	3.14	0.78	0.25	80	0.003	1.73	1.35
<b>114+961</b>	<b>Dalot Type 3</b>	/	3	2.5	7	6	0.85	70	0.003	3.44	20.64
<b>115+377</b>	<b>Buse</b>	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
<b>115+850</b>	<b>Buse</b>	1	/	/	3.14	0.78	0.25	80	0.003	1.73	1.35
<b>116+950</b>	<b>Buse</b>	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
<b>118+010</b>	<b>Dalot Type 2</b>	/	2.5	2	5.5	3.75	0.68	70	0.003	2.96	11.12
<b>118+335</b>	<b>Buse</b>	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
<b>118+645</b>	<b>Buse</b>	1	/	/	3.14	0.78	0.25	80	0.003	1.73	1.35
<b>118+950</b>	<b>Buse</b>	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97

### X.7.Conclusion :

A cause des grandes intempéries qui caractérisent la région du bassin versant, On doit trouver mettre un nombre considérable des ouvrages d'évacuation des eaux qui va refléter directement sur le cout globale du projet.

## Chapitre –XI–

---

### La Gare Ferroviaire Et La Gare De Croisement



**XI. Introduction:**

Une gare est ordinaire un lieu d'arrêt des trains, une gare comprend divers installations, qui ont une double fonction : Permettre la montée ou la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises ; Pour certains d'entre elle, assurer des fonctions de sécurité dans la circulation des trains comportant au moins un agent de circulation, ainsi que les aménagements nécessaires pour effectuer les opérations relatives à la circulation définies par les règlements ; On distingue trois types de gares :

**XI.1. Les gares de voyageurs :**

Les gares de voyageurs sont de taille très variable. Les gares peu importantes, qui constituent un simple point d'arrêt, souvent sans personnel permanent, sont appelées « haltes » ou « points d'arrêt ». Les gares principales situées dans les grandes villes sont des lieux d'échange entre le mode ferroviaire et les divers modes de transport urbains (bus, tramway, métro) ; on les appelle alors pôles d'échanges. Elles voient passer quotidiennement un nombre considérable de personnes, tant voyageurs que chaland venant fréquenter les nombreux commerces qui s'y sont souvent installés. Dans certains pays, elles sont gérées par des sociétés distinctes, souvent filiales, des entreprises ferroviaires.

**1.1) Abords :** Les abords des gares, qu'ils en fassent partie (certains parvis) ou non comme de nombreuses places de gares par exemple, sont le premier élément fonctionnel de la gare. Ils facilitent le passage du voyageur au transport ferroviaire depuis un autre mode et vice-versa.

On a trouvé donc :

- Des parcs de stationnements pour les utilisateurs de voitures particulières, appelés dans certains cas parc relais,
- Des gares routières,
- Des stations de taxis,
- Des stations de tramway ou de métro dans des villes de taille importante,
- Des parkings à vélos... L'intégration de ces diverses fonctions aboutit à la conception d'un pôle d'échanges ou pôle intermodal.

**1.2) Bâtiment voyageurs :** Le bâtiment voyageur (BV) est l'élément central de gares voyageurs. On distinguera deux types de gares de voyageurs :

**1.2.1) Les gares terminus :** Le bâtiment est généralement au bout des quais, il est composé symétriquement : un côté pour les départs, et l'autre pour les arrivées.

**1.2.2) Les gares de passage :** Le bâtiment est généralement le long des voies, du côté orienté vers le centre de l'agglomération. On accède aux quais par une passerelle ou un souterrain. Il

arrive qu'il soit placé au-dessus des quais. Les installations d'accueil des voyageurs peuvent aussi se trouver sous les quais,

**2.2) Haltes :** Les haltes sont des points d'arrêt dépourvus de bâtiment voyageurs et de présence permanente de personnel ; les infrastructures ferroviaires y sont généralement très réduites.

L'arrêt peut être matérialisé par une simple pancarte ou un petit abri pour quelques voyageurs. Sur certaines lignes, il peut y avoir un chef de halte mais ce cas reste rare.

Le plan de voie se limite souvent à la simple voie directe. Cependant il peut y avoir un évitement ou une voie de garage en particulier pour les trains de service. On peut distinguer deux grands types de haltes :

- Les haltes rurales : correspondant en général à des points d'arrêt à fréquentation très réduites dans des zones à faible densité de population ; cette catégorie comprend aussi les cas d'anciennes gares désaffectées, qui deviennent de facto des haltes ;
- Les haltes périurbaines : dans ce cas, le choix de ne pas accompagner le point d'arrêt de personnel résulte d'une approche économique, la fréquentation attendue du point d'arrêt étant essentiellement une clientèle de déplacements pendulaires, qui nécessite peu d'information et dispose d'abonnements.

## **XI.2. L'équipement de la Gare à voyageurs :**

**2.1) Quais :** Dans les gares à voyageurs, les quais servent à l'embarquement ou au débarquement des voyageurs. Les quais peuvent être bas ou hauts.

Le long des quais surélevés, lesquels se rencontrent le plus souvent sur les lignes électrifiées, des marches d'accès sont établies tous les 25 mètres afin de permettre au personnel se trouvant dans les voies de s'échapper sans difficulté à l'arrivée des trains. Les quais doivent présenter une surface bien régulière et unie, non glissante et légèrement bombée ; ils sont souvent recouverts d'un revêtement dur (dalles en béton, asphalte), ou d'une couche de cendrées tamisées.



**Figure XI.N°01 : Quais.**

**2.2) Auvents et abris :** Dans le but de protéger les voyageurs des intempéries, on prévoit des auvents dans les gares importantes et des abris dans les gares intermédiaires.



**Figure XI.N°02 : Auvents et abris.**

**2.3) Traversées et couloirs sous voies :**

- **Les traversées de voies :** Entre deux quais où un revêtement en dur, de façon à permettre la traversée des voyageurs et éventuellement des véhicules de service (charrettes et tracteurs).

**Les couloirs sous voies (passages sous terrain) :** Sont construits dans les gares importantes (plusieurs quais) et dans les gares situées sur les lignes électrifiées.



**Figure XI.N°03:** Equipement de la gare.

### **XI.3. Les Gares de marchandises :**

Aux débuts du chemin de fer, les gares de marchandises assuraient la totalité du traitement du trafic de marchandises. Elles étaient dotées de halles à marchandises et de vastes cours de débord, dans lesquelles s'opérait le transbordement des chargements entre les wagons et les véhicules routiers assurant la livraison terminale vers les installations des clients (expéditeurs ou destinataires) ; Le trafic, assuré essentiellement selon le principe du wagon isolé, passait par le relais des gares de triage.

#### **3.1) Embranchements particuliers :**

Ces embranchements sont de plus en plus très intégrés dans la logistique des entreprises clientes du chemin de fer, et à ce titre appelées, en France, « installations terminales embranchées » ; elles peuvent englober diverses installations de manutention destinées à faciliter le transfert des marchandises : grues à portiques, bandes transporteuses, silos, etc. Les voies ferrées elles-mêmes peuvent dans certains cas représenter des longueurs considérables.

#### **3.2) Embranchements portuaires :**

Les embranchements portuaires sont l'ensemble des voies marchandises qui arrivent jusqu'aux quais dans les ports de commerce. Les marchandises transportées dans les wagons peuvent ainsi être transbordée dans les navires et réciproquement. Ces transbordements font souvent appel à des grues. Dans les grands ports, les embranchements peuvent représenter des longueurs de voies très importantes

#### **3.3) Halle à marchandise :**

Une halle à marchandise est un bâtiment utilisé pour le stockage des marchandises ainsi que le chargement et déchargement dans les trains.

**XI.4. Les Gares de Triage :**

Un cas particulier est celui des gares de triage, dont la fonction est d'assurer la recombinaison des trains dits du lotissement, c'est-à-dire des trains qui acheminent les wagons isolés.

**XI.5. Caractéristiques géométriques des gares :**

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 16‰ afin d'éviter tout déplacement possible des trains.

**La longueur de quai (normes SNTF) :**

Grande ligne 450 m.

Service régional 350 m. (Normes SNTF)

Banlieue 225 m

**La largeur des quais :**

La largeur des quais est donnée par la formule suivante

$$B_{\min} = (1.5 * N_{\min} + s)/L$$

$N_{\min}$  : nombre de voyageurs sur le quai qui est égale à 80% des voyageurs au départ du train.

**S**: surface prise par les bâtiments voyageurs sur les quais

**L** : longueur d'un quai est égale à la longueur du plus grand train.

**1.5** : surface prise par un voyageur.

Cependant, la SNTF recommande pour une telle gare :

Quai intermédiaire  $B > 8$  m

Quai extérieur  $B \geq 6$  m

**Hauteur des quais :**

- Quai bash= 35 cm
- Quai mi- haut  $h = 55$  cm (Normes SNTF)
- Quai haut  $76 \leq h \leq 100$  cm

**L'entre axe des quais :**

- E normal  $> 11.3$  m.
- e minimal  $> 9.3$  m.(Normes SNTF)

**XI.5.1. Installations d'une gare ferroviaire :**

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

1. **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.
2. **Les bâtiments à usages divers (B.U.D)** : c'est un espace de service réservé aux agents de chemins de fer.
3. **Quais** : c'est une bande parallèle à la voie ferrée qui permet l'accès aux trains.

#### **XI.6. Les Gares de croisement :**

Les villes et villages le long du tracé seront raccordés à la nouvelle ligne de chemin de fer par des gares (gares de voyageurs et gares de marchandises).

Mais entre ces gares, d'autres possibilités de croisement des trains sont exigées par les conditions d'exploitation. Alors il est nécessaire de réaliser des gares de croisement, ce qui est le cas dans notre tronçon. Tel qu'il existe deux gares de croisement auront des déclivités longitudinales de 0,00 ‰.

Les deux gares de croisement seront toutes construites selon le même schéma de voies : La voie directe principale (voie A) est prévue pour une vitesse de 160 km/h, la voie d'évitement (voie B) est appropriée pour 60 km/h. Et elles pourront être utilisées dans les deux sens.

Les deux voies sont chacune prévues pour des trains d'une longueur maximale de 750 m.

La voie B est reliée à la voie A par deux appareils de voie de type UIC-60 500 - 1:12, dont la vitesse maximale dans ces appareils de voie est de 60 km/h.

L'entraxe des voies est de 5,00 m. La longueur des gares de croisement entre les pointes des appareils de voie sera de 1335 m.

Le tableau suivant présente la situation et l'altitude des gares de croisement présentes dans le tronçon étudié :

**Tableau XI.N°01** : La situation et l'altitude des gares de croisement.

<b>Axe de Gare (PK)</b>	<b>Début de PK</b>	<b>Fin de PK</b>	<b>Longueur (km)</b>	<b>Altitude au dessus de la mer (m)</b>
109+030	108+475	109+610	1,335	1160,044
116+625	116+078	117+213	1,335	1181,570

UIC 60 500 – 1 :12UIC 60 500 – 1 :12

1335 m

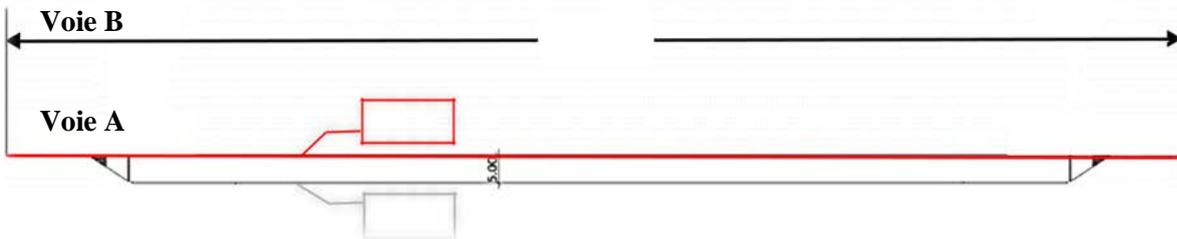


Figure XI.04: Schéma de la gare de croisement.

### XI.6.1. Conception de la gare de croisement :

Les gares de croisement portant les numéros 1 à 4 – dont les gares :

- Seront toutes construites selon le même schéma de voies (voir figure. IX.5).
- La voie A est la voie principale directe. La voie B est reliée à la voie A par deux appareils de voie de type 500
- 1:12 et sert de voie de croisement. La voie A et la voie B sont chacune prévues pour une longueur maximum de train de 750 m.
- La vitesse de passage sur la voie A correspond à la vitesse fixée pour la ligne (160 km/h). Les vitesses d'entrée et de sortie sur la voie B sont déterminées par les rayons des appareils de voie et par les aspects possibles de la signalisation et sont de 70 km/h.

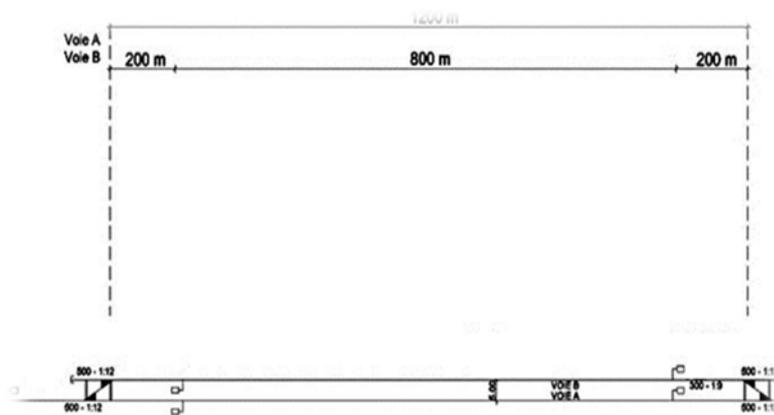


Figure. XI.N°05. Schéma de gare de croisement.

### XI.6.2. Conception de la gare de croisement de notre projet :

Pour notre projet, La gare de croisement n°03 se situé entre le PK 116+078 jusque le PK 117+213 avec deux voies (voies A et B, longueur maximum de train de 750 m).

Les appareils de voie de la gare de croisement et vers le UIC60 500 – 1:12 permettant une vitesse maximale de 70 km/h.

Dans la zone des voies de marchandises, seuls des appareils de voie manuels sont utilisés; la vitesse est de 30 km/h au maximum.

Voie	Longueur maximum du train (m)
A	750
B	750
1	Entraxe voie A et B (m)
1	5

### **XI.7. Assainissement des gares :**

#### **XI.7.1. Assainissement transversale :**

Pour faciliter le ruissellement des eaux pluviales dans les gares, les quais doivent avoir une pente de 2% en toit ou en V selon le cas, de telle sorte à évacuer ces eaux vers les voies ensuite ces eaux sont évacuées grâce aux pentes transversales des plates-formes.

#### **XI.7.2. Assainissement longitudinal :**

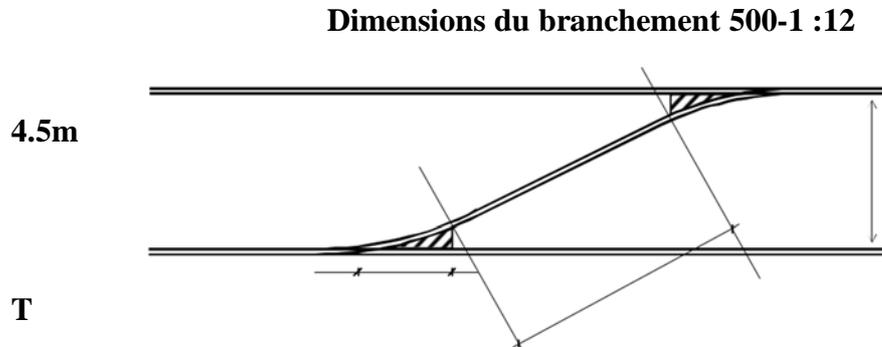
Les drains disposés longitudinalement avec des pentes de 4 /00 permettent de recueillir les eaux de ruissellement qui s'infiltrent dans le ballast et la plate-forme et les évacuer vers le réseau d'assainissement via les regards de visite.

### **XI.8. Géométrie le réseau des voies :**

#### **XI.8.1. Type d'appareils de voie :**

La SNTF adopte une vitesse de franchissement des appareils de voie de 65 km/h, donc d'après le tableau des types d'appareils de voie en fonction de la vitesse, on se trouve :  
Appareil de voie BRANCHEMENT Type UIC 60,500-1 :12TG avec : 500 rayon de bifurcation (branche dévié).

- tangente de l'angle de bifurcation.
- La tangente de l'arc de cercle T sera adoptée pour écartement des voies de 4.5 m.



**Figure XI.06 :** Exemple de Dimensions du branchement 500-1 :12.

### IX.9. Conclusion :

D'après les normes de la SNTF concernant les appareils de voie : la distance séparant Deux appareils de voie (tangente exclue  $L_{min}=0,1 V$  et la longueur minimale est de  $L_{min}=16$  m. Sous les appareils de voie, vue les charges dynamiques importantes, il est recommandé d'utiliser des traverses en Béton Armée.

## Chapitre –XII–

---

### La signalisation ferroviaire et l'impact sur L'environnement



## **XII. 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.

La gare est un lieu d'arrêt des trains, elle comprend diverses installations qui ont double fonction :

- Permettre l'embarquement et le débarquement des voyageurs, ainsi que le chargement et le déchargement des marchandises.
- Assurer des fonctions de sécurité dans la circulation des trains.

### **XII.1. Objectif de la signalisation:**

La signalisation ferroviaire est un moyen de donner des ordres au conducteur d'un véhicule et a pour objectif d'éviter :

- Les risques inhérents à la circulation ferroviaire :
- Le « nez à nez », quand deux trains se retrouvent face à face sur la même voie.
- Le « rattrapage », quand le train suiveur rattrape celui qui le précède.
- La « prise en écharpe », quand un train arrive sur un aiguillage déjà occupé par un train venant d'une autre direction.
- Les risques de déraillement (limitation de vitesse dans les courbes, les zones d'aiguillage et de travaux).
- les risques inhérents aux passages à niveau, intersections avec le réseau routier.
- Le risque de nez-à-nez est pris en charge par les enclenchements de sens.
- Le risque de rattrapage est pris en charge par le cantonnement.
- Le risque de prise en écharpe est pris en charge par les enclenchements internes au poste d'aiguillage (enclenchement d'itinéraires, enclenchement de transit...).
- Les risques de déraillement sont pris en charge par les limitations de vitesse, des systèmes de surveillance des chargements et de la température des boîtes d'essieux.
- Les risques aux passages à niveau sont pris en charge par des dispositifs d'annonce des trains.

Afin de réaliser l'espacement des circulations, on découpe la voie en sections appelées "cantons". Chaque canton est alors précédé d'un signal indiquant si ce canton est libre ou occupé par un autre train.

**XII. 2. Type de signalisation :**

**XII.2.1. La signalisation d'arrêt :**

désignation	Image	Explications
Le carré (C)		Il commande au mécanicien l'arrêt avant le signal. Utilisé sur les voies principales, sa fonction essentielle est d'assurer la protection des circulations dans les zones comportant des appareils de voie
Le sémaphore		Il commande au mécanicien l'arrêt avant le signal. Il est affecté essentiellement à la fonction d'espacement des circulations sur les lignes à double voie et d'espacement et de protection du nez à nez sur certaines lignes à voie unique.
Le feu rouge clignotant		Le feu rouge clignotant est franchissable sans arrêt à la vitesse maximale de 15 km/h. Il commande au mécanicien de circuler en marche à vue. Son implantation est à moins de 500m en aval du signal d'arrêt.

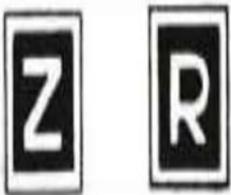
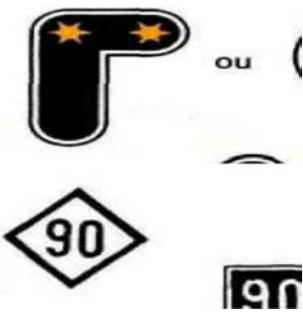
**Tableau XII.N°01 : les signalisations d'arrêt.**

**XII.2.2. La Signalisation D'annonce D'arrêt :**

Désignation	Image	Explications
L'avertissement (A)		Il commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le ou les signaux d'arrêt (ou assimilés) annoncés. L'avertissement est implanté, en principe, à une distance égale ou supérieure à la distance d'arrêt du signal qu'il annonce. Cette distance ne doit cependant pas dépasser 3 000 m.
Le feu jaune clignotant		Lorsque l'avertissement ne peut être implanté à la distance d'arrêt du signal annoncé, il est précédé du feu jaune clignotant qui sera à 500m de l'arrêt
Le feu vert clignotant ((VL))		Ce signal vient en complément de la signalisation de base normalement établie pour la vitesse maximale de 160 km/h.

**Tableau XII.N°02 : Les signalisations d'avertissement d'arrêt.**

**XII.2.3. La Signalisation de limitation de vitesse :**

indication	Image	Explications
Limitations permanentes de vitesse signalisée		Des pancartes «Z» et «R», non éclairées la nuit, à lettre blanche sur fond noir, repèrent l'origine et la fin de la partie de voie à franchir à vitesse limitée.
Vitesse égale à 30 km/h		La signalisation comporte un ralentissement 30 (R), présentant deux feux jaunes sur une ligne horizontale, a distance de ralentissement de la pointe du premier aiguillage pris en pointe.
Vitesse égale à 60 km/h		Les signaux de ralentissement 60 ((R)) et de rappel de ralentissement 60 (I sont caractérisés par le clignotement simultané des feux utilisés pour constituer respectivement le ralentissement 30 et le rappel 30).
Vitesse supérieure à 60 km/h		implanté à distance de ralentissement du premier aiguillage pris en pointe,

**Tableau XII.N°03 : Les signalisations des vitesses.**

#### **XII.4. Différentes fonctions des signaux :**

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

- Signalisation d'arrêt
- Signalisation de limitation de vitesse
- Signalisation de direction
- Chacune de ces signalisations comprend habituellement une signalisation d'annonce et une signalisation de rappel ou d'exécution

#### **XII.5. Les composantes de la signalisation :**

##### **a. les signaux et les plaques:**

Les signaux mécaniques étant en cours de disparition la distinction technique traditionnelle entre signaux mécaniques et électriques n'a plus réellement d'usage, il existe au plan fonctionnel deux types de signaux. :

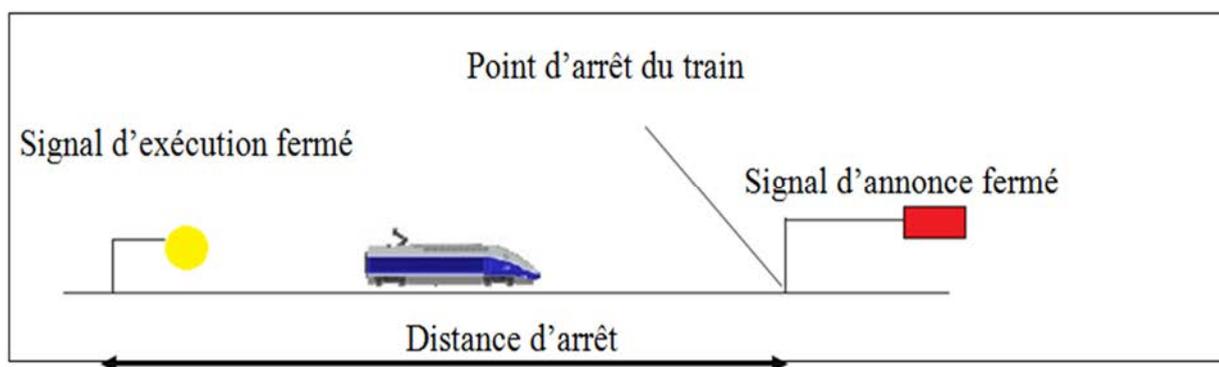
- Les signaux de protection et de cantonnement ;
- Les signaux de limitation des vitesses.

Qui peuvent présenter deux états :

- Ouvert ou effacé ;
- Fermé ou présent.

Et qui quand ils sont fermés ou présentés, présentent :

- Soit une indication d'annonce ;
- Soit une indication d'exécution.



**Figure. XII.N°02.** Signal de protection ou de cantonnement.

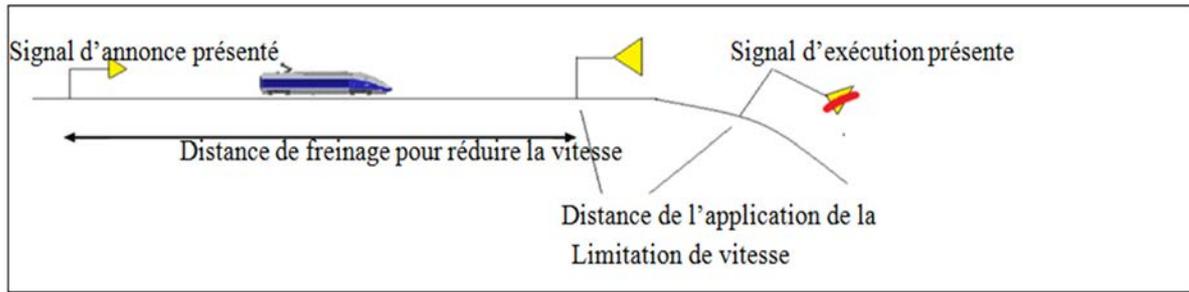


Figure. XII.N°03. Signal de limitation de vitesse.

Il existe aussi des signaux indicateurs de direction dont les fonctions sont très différentes selon les pays.

**b. Implantation des signaux :**

Afin de permettre au mécanicien de s'arrêter devant un signal d'arrêt (au point à protéger) ou de respecter une limitation de vitesse dans une zone délimitée, il est nécessaire de le prévenir à une distance suffisante pour que le freinage puisse être mis en œuvre dans les conditions normales, c'est le rôle des signaux d'annonce à distance.

- Ces distances sont appelées respectivement :
- distance d'arrêt.
- distance de ralentissement.

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

- du profil moyen de la partie de la voie intéressée (déclivité moyenne)
- de la vitesse maximale à laquelle est abordé le signal à distance
- des caractéristiques de freinage des circulations. c.
- **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 2,8 m et 6,3 m au-dessus du plan de roulement doivent être visibles à une distance supérieure 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 0,24 m au-dessus du plan de roulement.

## **XII.6.Impacts sur l'environnement :**

L'infrastructure génère un nombre d'impacts sur les composantes de l'environnement. Ces conséquences sont réduites ou compensées par un ensemble de mesures et dispositions contractualisant du projet.

L'objectif principal à atteindre est celui d'intégrer l'équipement dans le paysage qu'il traverse avec le minimum de nuisances économiques, environnementales et écologiques.

La région sud-est de Saïda abrite une faune et une flore assez diversifiées. On y trouve des formations forestières, et maintes espèces d'animaux.

Les régions touchées par l'infrastructure sont :

Commune de Saïda

- Commune d'EI-Hassasna.
- Commune de Tamesna;
- Commune de tircine.

### **XII.6.1 L'impact sur l'agriculture :**

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut se regrouper en trois éléments qui sont :

- L'effet de la substitution du sol à vocation agricole, et la diminution des superficies exploitées.
- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche de la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture de cheminements).
- L'effet de modification du régime agricole.

### **XII.6.2. L'impact sur la nature :**

#### **2.1) La faune :**

L'impact de l'aménagement d'une chemin de fer sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette chemin de fer il y a la présence d'animaux sauvages et domestiques sur les abords.

#### **2.2) La flore :**

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les regroupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage. Les espèces végétales indigènes sont

ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant.

### **2.3) L'eau :**

Les phases de travaux donnent lieu à la mise en œuvre de toutes les dispositions adaptées pour pallier les inconvénients mis en évidence lors des études de conception. Les ouvrages d'assainissement sont ainsi largement dimensionnés par rapport aux crues les plus importantes et des aménagements spéciaux sont réalisés pour parer aux effets dévastateurs des écoulements torrentiels.

## **XII.6.3. L'impact sur les habitants :**

### **3.1) La destruction :**

Les projets des chemins de fer nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

#### **3.1.1) Les impacts de destruction concernent :**

- Les populations situées sur l'emprise du projet, et qui seront obligés de se déplacer.
- Les populations situées au périmètre d'accueil.

#### **3.1.2) Ces impacts sont d'ordre :**

- **Economique** : modification des systèmes de production.
- **Socioculturel** : désorganisation des communautés, et modification culturelle.
- **Naturel** : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.

### **3.2) Les bruits :**

#### **3.2.1) Les impacts :**

La ligne ferroviaire au voisinage d'habitation a des conséquences sur santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :

- Perte de sommeil.
- La fatigue
- Baisse de l'acuité auditive.

#### **3.2.2) Les remèdes :**

Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.

- Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs.
- Agir sur les façades des bâtiments concernés.

- La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à proximité.
- Dans le cas d'immeubles de grande hauteur, ces dispositifs sont incapables de protéger les étages supérieurs.

**X.7. Conclusion :**

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

Le projet a une taille modérée certes, mais vu sa localisation dans une région très sensible à l'environnement et les incidences environnementales difficilement maîtrisables ; nous recommandons aux autorités concernées de mettre un accent particulier sur l'évaluation des conditions environnementales menée pendant les visites par la mise en œuvre des mesures appropriées afin d'atténuer les impacts négatifs sur l'environnement

Chapitre –XIII–

---

Devis Quantitatif Estimatif

## DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

N°	Désignation	Unité	Prix unitaire(DA)	Quantité	Montant(DA)
1	<b>INSTALLATION DE CHANTIER</b>				36000000
2	TERRASSEMENT				
2,1	Remblai		450	1145715.493	515571970,5
2,2	Déblai		350	123874.635	43356120,50
3	<b>TRAVAUX DE VOIE</b>				
3,1	Couche de fondation		820	61720,51	50610818,20
3,3	Couche de sous ballast		3500	22247,76	77867160, 00
3,4	ballast		4164,45	30937,68	128838421,48
3,6	Traverse bi bloc	U	6037,27	24990	150871377,30
3,7	fourniture des railUIC60 (60.34kg/m)	tonne	106863,83	181,02	19344490,51
3,8	les attaches	U	419,54	49980	20968609,20
4	<b>OUVRAGE D'ART</b>				
4,1	Ponts- rail	m3	80000	202,29	16183200
4,2	ponts- route	m3	60000	313,92	18835200
5	<b>DRAINAGE</b>				
5,1	DALOT	m <sup>3</sup>	200000	48,48	9696000,00
5,2	Buse série Φ1000	MI	25000	8110	202750000,00
5,3	Buse série Φ1500	MI	30000	7520	225600000,00
5,4	Fossé	MI	2000	900	1800000
6	<b>TRAVAUX DES GARES</b>				
6,1	<b>POSE DES APPAREILS DE VOIE</b>				
6.1.1	UIC60- 500- 1/12	U	15000000	2	30000000
6,2	Quais abris de quais	m2	7000	500	3500000
<b>TOTAL DA / HT</b>					<b>1551793371.00</b>

**En lettres :** Un milliard cinq cent cinquante un million sept cent quatre-vingt-treize mille trois cent soixante et onze

## *Conclusion générale*

---

## Conclusion Générale

---

Le développement des infrastructures de transports est la pierre angulaire de toute politique d'aménagement du territoire. En effet, ce dernier qui est par définition, la meilleure répartition dans un cadre géographique des activités économiques en fonction des ressources naturelles et humaines, ne peut atteindre son objectif sans un développement harmonieux des infrastructures.

On désigne précisément le transport ferroviaire qui est la future solution de plusieurs problèmes que les autres modes (surtout le transport routier) n'ont pas trouvé à ces problèmes des solutions adéquates tel que les problèmes de circulation, le taux de croissance très élevé ; ce qui signifie un gaspillage des carburants qui influe sur la santé des citoyens, le problème du temps de parcours,...etc.

L'étude de la nouvelle ligne ferroviaire Tiaret- Saida (du PK 109+425 au PK 119+450) porte sur l'étude du tracé en plan, profil en long, profil en travers, dimensionnement des couches d'assise, assainissement ...

Ce travail nous a permis d'utiliser toutes nos connaissances qu'on a appris durant toutes la période de notre cursus, elle nous a permis aussi d'opter le choix idéal entre les exigences des normes (UIC, SNCF, SNTF, ...) et les conditions exigées par la situation réelle, ce qui nous oblige dans certains cas (contraignantes) de choisir les valeurs des cas exceptionnels.

De plus, ce travail nous a permis de développer notre connaissance sur l'outil informatique, par l'utilisation des logiciels comme AUTOCAD, COVADIS 9.1, ...

Enfin, ce projet de fin d'étude nous a été très bénéfique, car il nous a aidé à découvrir le métier de l'ingénieur du travaux publics, en mettant en pratique énormément de connaissances théoriques acquises durant les cinq années d'enseignement supérieur, il nous a permis aussi d'apprendre de nouvelles techniques et de perfectionner dans de nombreuses branches du domaine des travaux publics.

## *Références bibliographique*

---

### ■ Document ENSTP :

Cours de chemins de fer de l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics, par

**Mr. Ghaffar.**

- Mémoire de voie ferrée école nationale des travaux publics (2014,2016)
- Cours d'Hydraulique 3ème et 4ème Année.

### ■ Fiche UIC :

- **703R** : Caractéristiques de trace des voies parcourues par des trains de voyageurs rapides.(2ème éditions, 01/01/1989)
- **741F** : Quais des voyageurs- règle pour l'implantation des bordures des quais par rapport à la voie (4ème éditions, Décembre 2005).
- **719R** : Ouvrages en terre et couches d'assises ferroviaire (2ème éditions du 01/01/1994).

### ■ Fiche SNCF :

- Conception du tracé de la voie courante  $V \leq 220 \text{ Km/h}$  (Version 1 du 12/09/2006).

### • Référentiel SNTF :

- Référentiel technique SNTF-Chapitre 6 (**Géométrie de la voie**) Version 2 du 22/12/2005.

### ■ Sites Internet :

- Société nationale des transports ferroviaire [<http://www.sntf.dz>].
- Ainsi que d'autres sites (**Google, Wikipédia....etc**)

## Annexe

### Tracé en plan

Rayon	Dr (mm)	Dthr (mm)	Dthm (mm)	I (mm)	E(mm)	LR (m)	A
<b>10000</b>	16.5	30.208	11.80	13.708	4.70	15	387.298
<b>9500</b>	17.368	31.797	12.421	14.429	4.947	16	389.871
<b>10000</b>	16.5	30.208	11.80	13.708	4.70	15	387.298

Points	k <sub>A1</sub>		k <sub>A2</sub>		k <sub>E1</sub>		k <sub>E2</sub>		k <sub>A1</sub>	
Rayon	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
10000	3684579.078	726538.99	3687931.406	727234.981	684568.79	726528.52	687917.65	27229.139		
10000	3680296.65	729334.4062	3684462.29	729317.72	680285.77	729323.06	684451.13	729306.006		
9500	3681412.09	729597.1172	3681464.97	729597.2252	681401.87	729588.72	681453.77	729586.123		
9500	3681007.67	729661.09	3681060.21	729664.14	680997.44	729650.82	681045.12	729653.144		
10000	3676656.17	731697.301	3679120.95	732036.067	676732.75	731686.10	679107.57	732024.660		
10000	3675276.87	730009.41	3674083.31	731048.142	675261.97	730165.24	675250.78	730153.412		

### Profil en long

PK <sub>A'</sub>	PK <sub>B'</sub>	L	R	T	FL	P %		PK <sub>E</sub>
109+710.073	109+854.059	143.988	9000	72	0.288	0	-1.6	109+782.073
110+925.665	111+285.631	359.977	15000	179.997	1.080	-1.6	0.8	111+105.639
111+885.146	112+165.139	279.995	20000	140	0.49	0.8	0.6	112+025.142
112+279.115	112+609.083	329.978	15000	164.996	0.907	0.6	1.6	112+444.108
112+813.671	113+261.613	447.962	14000	224	1.792	1.6	-1.6	113+037.642
113+365.512	113+813.454	447.962	14000	224	1.792	-1.6	1.6	113+589.483
115+832.733	115+976.714	143.988	9000	72	0.288	1.6	0	115+904.719
117+314.222	117+458.203	143.988	9000	72	0.288	0	-1.6	117+386.217

## CUBATURE

**COVADIS - RECAPITULATIF DES CUBATURES DEBLAI/REMBLAI PAR PROFIL**  
**Projet ferroviaire**

## Méthode de calcul : Linéaire

Profil n°	Abscisse	Long d'applic	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)	Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)
P1	0.000	12.500	0.92	0.88	1.80	22.522	22.522	0.10	0.14	0.24	3.017	3.017
P2	25.000	25.000	1.77	1.73	3.51	87.641	110.163	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P3	50.000	25.000	2.56	2.64	5.19	29.870	240.033	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P4	75.000	25.000	2.66	2.68	5.34	33.505	373.538	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P5	100.000	25.000	2.59	2.49	5.09	27.149	600.687	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P6	125.000	25.000	2.01	1.92	3.93	98.194	698.881	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P7	150.000	25.000	1.44	1.24	2.68	67.090	765.972	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P8	175.000	25.000	1.97	1.78	3.75	93.756	859.728	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P9	200.000	25.000	3.01	2.67	5.68	42.013	901.741	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P10	225.000	25.000	4.34	3.89	8.23	205.874	1107.614	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P11	250.000	25.000	5.82	5.19	11.00	275.122	1382.736	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P12	275.000	25.000	6.24	5.78	12.02	300.494	1683.230	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P13	300.000	25.000	6.66	6.37	13.02	325.580	2008.810	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P14	325.000	25.000	7.60	7.01	14.62	365.422	2374.232	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P15	350.000	25.000	9.45	8.74	18.19	454.673	2828.905	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P16	375.000	25.000	10.06	9.34	19.40	485.027	3313.932	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P17	400.000	25.000	11.06	10.06	21.12	528.122	3842.054	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P18	425.000	25.000	11.01	9.90	20.91	522.791	4364.845	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P19	450.000	25.000	10.76	9.67	20.43	510.818	4875.663	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P20	475.000	25.000	10.47	9.86	20.33	508.204	5383.866	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P21	500.000	25.000	11.60	10.85	22.44	561.087	5944.954	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P22	525.000	25.000	12.65	11.55	24.20	605.000	6549.954	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P23	550.000	25.000	13.49	12.49	25.98	649.603	7199.556	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P24	575.000	25.000	14.63	13.45	28.08	702.071	7901.627	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P25	600.000	25.000	15.14	13.90	29.04	726.025	8627.652	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P26	625.000	25.000	16.31	14.52	30.84	770.891	9398.543	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P27	650.000	25.000	19.55	17.24	36.79	919.697	10318.239	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P28	675.000	25.000	20.57	17.94	38.51	962.863	11281.102	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P29	700.000	25.000	21.64	18.77	40.41	1010.243	12291.345	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P30	725.000	25.000	10.35	9.36	19.70	492.599	12783.944	0.00	0.00	0.00	0.000	3.017
P31	750.000	25.000	0.96	0.67	1.63	40.661	12824.605	0.03	0.32	0.34	8.611	11.628
P32	775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	12824.605	6.87	7.65	14.52	63.006	74.634
P33	800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	12824.605	16.51	16.42	32.94	23.402	198.036
P34	825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	12824.605	26.59	23.86	50.44	261.027	459.063
P35	850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	12824.605	32.25	28.50	60.74	518.560	977.623
P36	875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	12824.605	25.58	25.69	51.27	281.731	259.354
P37	900.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	12824.605	21.81	19.57	41.38	1034.501	293.855

## Annexe

P38	25.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2824.605	13.07	11.65	24.72	17.994	911.849
P39	50.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2824.605	4.68	5.32	9.99	49.854	161.703
P40	75.000	25.000	0.91	0.09	1.00	24.989	2849.593	0.07	0.87	0.94	23.494	185.197
P41	100.000	25.000	3.19	2.80	5.99	49.722	2999.315	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P42	125.000	25.000	6.45	6.42	12.87	21.810	321.126	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P43	150.000	25.000	15.78	10.32	26.11	52.633	373.758	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P44	175.000	25.000	21.79	14.24	36.04	100.919	474.677	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P45	200.000	25.000	28.77	18.71	47.48	187.012	661.689	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P46	225.000	25.000	35.46	23.72	59.18	479.442	754.131	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P47	250.000	25.000	43.09	29.33	72.43	810.659	931.790	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P48	275.000	25.000	45.47	34.43	79.90	997.396	1349.186	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P49	300.000	25.000	44.91	36.86	81.77	1044.347	1393.533	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P50	325.000	25.000	27.94	26.46	54.39	359.806	473.339	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P51	350.000	25.000	51.29	46.70	97.99	449.736	7203.075	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P52	375.000	25.000	27.01	28.02	55.03	375.862	578.937	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P53	400.000	25.000	28.67	29.02	57.69	442.248	1021.186	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P54	425.000	25.000	27.99	35.57	63.56	588.884	1610.070	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P55	450.000	25.000	31.46	46.92	78.38	959.439	1569.509	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P56	475.000	25.000	52.89	59.30	112.19	804.856	1374.366	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P57	500.000	25.000	65.67	68.13	133.79	1344.860	1719.225	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P58	525.000	25.000	68.87	69.05	137.92	1448.060	1867.285	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P59	550.000	25.000	65.33	63.64	128.97	224.353	1391.638	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P60	575.000	25.000	60.78	57.37	118.16	953.884	1345.522	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P61	600.000	25.000	58.34	51.52	109.85	746.369	2091.891	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P62	625.000	25.000	51.80	45.59	97.38	434.615	1526.506	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P63	650.000	25.000	43.31	38.53	81.83	1045.778	1572.284	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P64	675.000	25.000	32.68	28.15	60.83	520.789	1093.073	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P65	700.000	25.000	25.23	21.83	47.07	176.626	1269.699	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P66	725.000	25.000	11.24	9.39	20.63	15.832	1785.531	0.00	0.00	0.00	0.000	185.197
P67	750.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	1.10	2.05	3.15	78.775	263.972
P68	775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	16.57	18.75	35.32	83.009	146.981
P69	800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	32.96	35.69	68.65	716.176	863.157
P70	825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	43.97	47.76	91.72	293.119	1156.275
P71	850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	47.13	48.90	96.03	400.681	1556.956
P72	875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	41.21	41.88	83.09	177.225	1634.181
P73	900.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	33.67	32.11	65.78	644.454	1278.635
P74	925.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	30.19	29.92	60.11	502.788	1781.422
P75	950.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	24.58	24.08	48.66	216.456	1997.878
P76	975.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	18.92	18.22	37.15	128.642	1926.520
P77	1000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	14.89	13.83	28.72	118.019	1644.539
P78	925.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	11.41	10.48	21.89	147.210	1191.749
P79	950.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	5.17	4.24	9.42	135.406	1427.155
P80	975.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1785.531	3.03	2.22	5.25	31.236	1558.391
P81	1000.000	25.000	0.58	0.80	1.38	34.499	1820.030	0.35	0.09	0.44	11.106	1569.497
P82	1025.000	25.000	1.91	2.48	4.39	109.657	1929.687	0.00	0.00	0.00	0.000	1569.497
P83	1050.000	25.000	6.22	7.37	13.59	139.723	2069.410	0.00	0.00	0.00	0.000	1569.497
P84	1075.000	25.000	5.17	6.48	11.65	191.342	2160.752	0.00	0.00	0.00	0.000	1569.497
P85	1100.000	25.000	4.72	6.09	10.80	270.007	2330.760	0.00	0.00	0.00	0.000	1569.497
P86	1125.000	25.000	3.97	5.62	9.59	239.753	2470.513	0.00	0.00	0.00	0.000	1569.497
P87	1150.000	25.000	3.59	5.13	8.72	217.931	2588.445	0.00	0.00	0.00	0.000	1569.497

## Annexe

P88	175.000	25.000	3.52	6.15	9.67	241.706	530.151	0.00	0.00	0.00	0.000	3569.497
P89	200.000	25.000	2.41	4.78	7.18	79.568	709.719	0.00	0.00	0.00	0.000	3569.497
P90	225.000	25.000	1.06	2.60	3.66	91.463	801.182	0.34	0.00	0.34	8.602	3578.099
P91	250.000	25.000	0.27	1.26	1.54	38.405	839.587	0.76	0.00	0.76	18.936	3597.036
P92	275.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	3.50	1.16	4.66	16.503	3713.539
P93	300.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	3.24	1.45	4.68	17.068	3830.607
P94	325.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	2.99	1.27	4.25	16.373	3936.980
P95	350.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	1.96	0.77	2.73	16.8204	4005.185
P96	375.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	2.79	1.71	4.50	12.569	4117.754
P97	400.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	3.21	2.03	5.24	30.945	4248.699
P98	425.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	3.40	2.58	5.98	49.528	4398.227
P99	450.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	4.60	3.71	8.31	107.729	4605.956
P100	475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	5.86	4.09	9.95	148.715	4854.671
P101	500.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	6.39	4.97	11.37	184.137	5138.808
P102	525.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	9.02	6.87	15.89	197.228	5536.035
P103	550.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	11.67	9.29	20.97	124.194	6060.230
P104	575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	14.86	11.54	26.40	159.990	6720.220
P105	600.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	13.08	10.54	23.61	190.368	7310.588
P106	625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	11.31	9.70	21.02	125.486	7836.074
P107	650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	9.22	6.98	16.20	104.943	8241.017
P108	675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	11.37	8.93	20.31	107.660	8748.676
P109	700.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	17.07	13.83	30.90	172.462	9521.138
P110	725.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	21.27	17.93	39.19	179.777	10500.915
P111	750.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	22.26	18.97	41.23	1030.689	11531.604
P112	775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	24.74	22.13	46.87	171.722	12703.326
P113	800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	22.12	19.99	42.11	1052.723	13756.048
P114	825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	19.16	18.20	37.37	124.132	14690.181
P115	850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	12.17	14.27	26.44	161.030	15351.210
P116	875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	7.08	8.85	15.93	198.219	16749.429
P117	900.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	839.587	3.72	5.09	8.81	120.340	17969.769
P118	925.000	25.000	2.11	0.94	3.05	76.234	915.821	0.00	0.34	0.34	8.444	19978.213
P119	950.000	25.000	0.92	0.37	1.29	32.253	948.074	0.01	0.66	0.66	16.593	20994.805
P120	975.000	25.000	0.02	0.00	0.02	0.509	948.583	0.57	2.24	2.81	170.322	22065.128
P121	1000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	948.583	0.99	2.26	3.25	81.320	23146.447
P122	1025.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	948.583	1.33	2.66	3.99	99.634	24246.082
P123	1050.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	948.583	0.84	2.60	3.43	85.819	25331.901
P124	1075.000	25.000	0.01	0.00	0.01	0.261	948.844	0.60	1.64	2.24	55.983	26387.884
P125	1100.000	25.000	0.34	0.05	0.39	9.724	958.568	0.23	0.72	0.96	23.925	27411.809
P126	1125.000	25.000	0.04	0.00	0.04	0.947	959.515	0.50	1.13	1.63	40.696	28452.505
P127	1150.000	25.000	0.01	0.00	0.01	0.132	959.647	0.55	1.03	1.59	39.649	29492.154
P128	1175.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	959.647	0.84	1.48	2.32	57.905	30550.059
P129	1200.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.009	959.657	0.61	1.23	1.84	46.013	31596.072
P130	1225.000	25.000	0.10	0.00	0.10	2.417	962.074	0.39	0.97	1.36	34.045	32630.116
P131	1250.000	25.000	0.11	0.00	0.11	2.744	964.818	0.36	1.16	1.52	37.997	33668.113
P132	1275.000	25.000	0.02	0.00	0.02	0.540	965.358	0.52	1.35	1.87	46.798	34714.911
P133	1300.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	0.79	1.41	2.20	54.915	35769.827
P134	1325.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	1.30	2.13	3.43	85.857	36855.684
P135	1350.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	1.42	2.15	3.57	89.179	37944.862
P136	1375.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	3.01	3.85	6.86	71.551	39116.414
P137	1400.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	3.56	4.43	7.98	99.587	40316.001

## Annexe

P138	425.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	3.60	4.27	7.86	96.607	7512.607
P139	450.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	4.30	4.64	8.94	23.551	7736.158
P140	475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	3.82	4.59	8.41	10.139	7946.297
P141	500.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	3.33	4.05	7.39	84.631	8130.928
P142	525.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	3.88	4.80	8.67	216.831	8347.759
P143	550.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	3.85	4.15	8.00	99.958	8547.716
P144	575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	4.36	4.94	9.29	232.262	8779.978
P145	600.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	4.08	4.39	8.47	211.678	8991.656
P146	625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	3.29	4.14	7.42	85.587	9177.242
P147	650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	2.23	2.93	5.16	28.997	9306.240
P148	675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	4.22	5.28	9.50	237.530	9543.769
P149	700.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	3.86	4.81	8.67	216.830	9760.600
P150	725.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.358	2.31	3.37	5.67	41.780	9902.380
P151	750.000	25.000	0.01	0.00	0.01	0.170	965.528	0.63	2.01	2.64	65.980	9968.359
P152	775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	965.528	1.01	2.22	3.23	80.738	10049.097
P153	800.000	25.000	0.78	0.14	0.92	22.903	988.431	0.01	0.81	0.82	20.531	10069.629
P154	825.000	25.000	1.60	0.97	2.57	64.175	1052.606	0.00	0.19	0.19	4.794	10074.422
P155	850.000	25.000	3.66	2.56	6.22	55.549	1208.155	0.00	0.00	0.00	0.000	10074.422
P156	875.000	25.000	4.52	3.27	7.80	94.931	1403.086	0.00	0.00	0.00	0.000	10074.422
P157	900.000	25.000	8.25	5.10	13.35	333.839	1736.925	0.00	0.00	0.00	0.000	10074.422
P158	925.000	25.000	12.97	6.58	19.56	488.913	1925.838	0.00	0.00	0.00	0.000	10074.422
P159	950.000	25.000	8.45	5.38	13.83	345.793	1571.631	0.00	0.00	0.00	0.000	10074.422
P160	975.000	25.000	5.27	3.98	9.25	231.224	1802.856	0.00	0.00	0.00	0.000	10074.422
P161	1000.000	25.000	4.76	3.35	8.12	202.915	14005.771	0.00	0.00	0.00	0.000	10074.422
P162	1025.000	25.000	2.41	1.47	3.87	96.840	1102.611	0.00	0.01	0.01	0.326	10074.748
P163	1050.000	25.000	0.60	0.19	0.79	19.762	1122.373	0.10	0.61	0.71	17.792	10092.540
P164	1075.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	1.80	2.99	4.79	19.737	10212.277
P165	1100.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	4.37	5.90	10.27	256.819	10469.096
P166	1125.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	7.87	9.66	17.53	38.194	10907.290
P167	1150.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	12.70	14.67	27.37	84.151	10591.441
P168	1175.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	18.16	20.36	38.52	963.117	10254.558
P169	1200.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	23.69	26.19	49.87	246.854	10801.412
P170	1225.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	27.47	30.22	57.68	442.089	10243.501
P171	1250.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	32.49	35.58	68.07	701.638	10945.139
P172	1275.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	40.08	41.81	81.89	1047.212	10992.351
P173	1300.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	43.97	44.92	88.90	222.462	10214.813
P174	1325.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	42.23	44.61	86.84	171.046	10385.859
P175	1350.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	39.91	43.57	83.48	1086.959	10472.818
P176	1375.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	36.76	41.56	78.32	957.984	10430.802
P177	1400.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	33.49	39.40	72.89	822.331	10253.133
P178	1425.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	28.10	35.37	63.47	586.680	10839.812
P179	1450.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	23.58	31.37	54.95	373.672	10213.485
P180	1475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	26.10	33.24	59.34	483.422	10696.907
P181	1500.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	32.70	38.86	71.56	788.944	10485.851
P182	1525.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	34.66	39.21	73.87	846.695	10332.546
P183	1550.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	35.89	40.01	75.91	897.632	10230.178
P184	1575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	36.58	39.71	76.29	907.240	10137.418
P185	1600.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	38.17	40.17	78.35	958.676	10096.094
P186	1625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	37.82	40.38	78.20	954.977	10051.072
P187	1650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1122.373	40.82	43.24	84.06	101.479	10152.550

## Annexe

P188	675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	42.64	45.36	88.00	199.981	352.531
P189	700.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	42.28	46.61	88.88	222.018	574.549
P190	725.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	42.02	47.35	89.37	234.177	808.725
P191	750.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	40.85	46.77	87.62	190.418	599.143
P192	775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	41.81	47.33	89.14	228.502	827.645
P193	800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	44.97	49.59	94.56	364.069	1059.714
P194	825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	47.91	51.33	99.24	480.958	1307.672
P195	850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	54.11	55.99	110.10	752.452	1825.124
P196	875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	63.80	66.12	129.92	248.060	4073.184
P197	900.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	66.31	71.52	137.83	445.718	2518.902
P198	925.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	67.38	69.01	136.39	409.636	5928.539
P199	950.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	60.28	65.01	125.29	132.197	9060.736
P200	975.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	57.95	61.77	119.72	992.914	2053.650
P201	1000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	53.12	57.75	110.87	771.671	4825.321
P202	1025.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	49.45	54.24	103.69	592.277	7417.598
P203	1050.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	45.48	50.90	96.38	409.608	9827.206
P204	1075.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	43.38	49.46	92.84	321.015	2148.221
P205	1100.000	24.215	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	36.82	42.54	79.36	921.604	4069.824
P206	1123.430	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	28.70	32.29	60.99	762.359	4832.183
P207	1125.000	13.285	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	28.13	31.64	59.77	794.095	5626.279
P208	1150.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	19.53	22.28	41.80	1045.121	6671.400
P209	1175.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	15.73	19.30	35.03	875.665	7547.064
P210	1200.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	16.08	19.90	35.98	899.545	8446.609
P211	1225.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	18.09	20.47	38.56	964.041	9410.650
P212	1250.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	20.21	20.48	40.70	1017.459	10428.109
P213	1275.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	19.06	19.42	38.48	961.892	11390.001
P214	1300.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	14.27	15.86	30.13	753.136	2143.136
P215	1325.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	12.42	13.49	25.91	647.806	2790.942
P216	1350.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	11.45	12.76	24.21	605.267	3396.210
P217	1375.000	22.454	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	8.20	10.02	18.22	409.212	3805.422
P218	1394.908	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	6.23	7.22	13.45	68.128	3973.550
P219	1400.000	15.046	0.00	0.00	0.00	0.000	122.373	4.75	5.98	10.73	61.497	4135.046
P220	1425.000	25.000	0.38	0.01	0.39	9.772	132.145	0.22	1.07	1.28	32.121	4167.167
P221	1450.000	25.000	0.04	0.00	0.04	1.009	133.153	0.48	1.65	2.13	53.355	4220.522
P222	1475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	133.153	4.18	5.57	9.75	243.670	4464.192
P223	1500.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	133.153	5.16	6.41	11.58	289.437	4753.629
P224	1525.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	133.153	3.76	4.58	8.34	208.536	4962.165
P225	1550.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.032	133.185	0.60	1.28	1.88	47.036	5009.201
P226	1575.000	25.000	0.88	0.65	1.53	38.265	171.450	0.05	0.29	0.34	8.501	5017.702
P227	1600.000	25.000	0.70	0.32	1.02	25.428	196.878	0.09	0.54	0.63	15.702	5033.404
P228	1625.000	25.000	0.01	0.00	0.01	0.145	197.024	0.56	1.20	1.76	43.938	5077.343
P229	1650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	197.024	2.10	2.71	4.81	20.303	5197.646
P230	1675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	197.024	3.82	4.74	8.56	213.959	5411.606
P231	1700.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	197.024	4.16	5.04	9.20	229.880	5641.486
P232	1725.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	197.024	1.56	2.35	3.91	97.738	5739.224
P233	1750.000	25.000	0.69	0.34	1.03	25.818	222.842	0.11	0.50	0.61	15.306	5754.530
P234	1775.000	25.000	2.99	2.39	5.38	34.447	357.289	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P235	1800.000	25.000	4.92	4.09	9.02	225.401	582.690	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P236	1825.000	25.000	6.30	5.10	11.39	284.854	867.544	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P237	1850.000	25.000	7.36	6.05	13.41	335.300	1202.844	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530

## Annexe

P238	875.000	21.321	7.93	6.97	14.89	17.525	520.370	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P239	892.642	12.500	9.32	8.28	17.60	20.050	740.419	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P240	900.000	16.179	10.10	9.07	19.16	10.048	60.467	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P241	925.000	25.000	13.40	11.88	25.28	32.059	682.526	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P242	950.000	25.000	13.68	11.92	25.61	40.132	322.658	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P243	975.000	25.000	10.56	10.57	21.13	28.196	850.854	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P244	000.000	25.000	11.29	10.03	21.33	33.157	384.011	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P245	025.000	25.000	12.92	10.47	23.38	4.551	968.562	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P246	050.000	25.000	12.35	10.41	22.76	69.019	537.582	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P247	075.000	25.000	13.15	12.03	25.19	29.652	167.234	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P248	100.000	25.000	15.65	14.75	30.40	59.901	927.135	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P249	125.000	25.000	16.51	14.71	31.22	80.407	707.542	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P250	150.000	25.000	13.12	11.58	24.70	17.431	324.973	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P251	175.000	25.000	12.83	11.35	24.18	04.523	929.496	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P252	200.000	25.000	10.71	9.61	20.32	08.008	437.504	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P253	225.000	25.000	7.65	6.26	13.91	47.839	785.343	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P254	250.000	25.000	6.62	5.29	11.91	97.660	083.003	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P255	275.000	25.000	5.44	4.18	9.62	40.465	323.468	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P256	300.000	25.000	3.49	2.57	6.06	51.385	474.853	0.00	0.00	0.00	0.000	5754.530
P257	325.000	25.000	1.51	1.00	2.51	62.742	537.595	0.00	0.18	0.18	4.548	5759.078
P258	350.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	537.595	2.62	3.51	6.13	53.295	5912.372
P259	375.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	537.595	9.02	10.57	19.60	89.901	6402.273
P260	400.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	537.595	5.75	5.98	11.73	93.299	6695.573
P261	425.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	537.595	0.68	0.58	1.26	31.584	6727.156
P262	450.000	25.000	2.75	3.08	5.83	45.752	683.347	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P263	475.000	25.000	6.77	6.51	13.28	32.088	015.435	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P264	500.000	25.000	12.80	11.73	24.54	13.412	628.847	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P265	525.000	25.000	20.64	18.54	39.18	79.549	608.396	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P266	550.000	25.000	25.24	23.71	48.95	23.709	832.105	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P267	575.000	25.000	32.67	33.35	66.03	60.643	482.747	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P268	600.000	25.000	41.68	44.60	86.28	157.060	639.807	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P269	625.000	25.000	50.03	53.62	103.64	591.113	230.920	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P270	650.000	25.000	56.16	58.38	114.54	863.565	7094.485	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P271	675.000	25.000	46.29	48.10	94.39	359.743	454.228	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P272	700.000	25.000	42.11	44.96	87.07	176.792	631.019	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P273	725.000	25.000	44.52	47.75	92.26	306.621	937.641	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P274	750.000	25.000	53.48	57.06	110.54	763.581	701.222	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P275	775.000	25.000	54.47	56.24	110.71	767.642	468.863	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P276	800.000	25.000	39.87	38.60	78.47	961.721	1430.585	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P277	825.000	25.000	24.66	24.49	49.16	228.929	2659.513	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P278	850.000	25.000	15.61	16.22	31.83	795.737	3455.251	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P279	875.000	25.000	7.94	9.19	17.13	28.273	3883.523	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P280	900.000	25.000	4.02	5.12	9.13	28.328	4111.851	0.00	0.00	0.00	0.000	6727.156
P281	925.000	25.000	1.35	1.95	3.30	82.376	4194.227	0.02	0.00	0.02	0.542	6727.698
P282	950.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	3.93	2.92	6.85	71.268	6898.966
P283	975.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	10.84	9.04	19.88	96.945	7395.911
P284	000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	17.98	15.61	33.59	39.629	8235.540
P285	025.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	25.27	22.16	47.43	185.807	9421.347
P286	050.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	30.56	26.70	57.27	431.681	0853.028
P287	075.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	39.83	38.47	78.30	957.489	2810.518

## Annexe

P288	100.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	50.81	46.97	97.78	444.612	5255.130
P289	125.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	64.06	61.43	125.49	137.218	8392.348
P290	150.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	83.79	85.60	169.39	234.642	2626.990
P291	175.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	101.25	104.55	205.79	144.858	7771.848
P292	200.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	108.61	115.39	224.00	599.880	3371.728
P293	225.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	115.87	126.61	242.48	062.093	9433.821
P294	250.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	122.52	133.90	256.43	410.666	5844.487
P295	275.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	131.42	146.53	277.95	948.696	2793.183
P296	300.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	151.67	166.27	317.94	948.489	0741.672
P297	325.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	170.75	190.97	361.73	043.155	9784.827
P298	350.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	189.77	209.56	399.33	983.295	9768.122
P299	375.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	209.04	229.64	438.69	967.161	0735.283
P300	400.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	231.89	263.19	495.08	377.090	3112.373
P301	425.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	251.50	273.10	524.60	115.094	6227.466
P302	450.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	262.55	297.49	560.04	001.059	0228.525
P303	475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	277.34	309.71	587.05	676.226	4904.751
P304	500.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	283.37	312.78	596.15	903.646	9808.397
P305	525.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	297.52	307.43	604.95	123.844	4932.241
P306	550.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	303.59	306.97	610.57	264.157	0196.398
P307	575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	298.16	307.73	605.90	147.408	5343.805
P308	600.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	293.77	303.75	597.53	938.209	0282.015
P309	625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	297.66	305.36	603.02	075.421	5357.435
P310	650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	301.99	299.71	601.70	042.456	0399.892
P311	675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	304.55	294.67	599.22	980.547	5380.439
P312	700.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	304.95	292.91	597.87	946.726	0327.165
P313	725.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	295.50	300.25	595.75	893.647	5220.811
P314	750.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	285.61	297.45	583.06	576.556	9797.368
P315	775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	278.34	282.88	561.23	030.674	3828.042
P316	800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	270.41	279.20	549.60	740.113	7568.155
P317	825.000	24.358	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	263.32	273.40	536.73	073.567	0641.722
P318	848.716	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	257.67	267.50	525.17	564.614	7206.336
P319	850.000	13.142	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	257.17	267.08	524.25	889.707	4096.043
P320	875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	248.20	257.11	505.31	632.766	6728.809
P321	900.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	242.12	250.80	492.93	323.128	9051.937
P322	925.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	233.07	241.20	474.27	856.759	0908.696
P323	950.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	224.07	230.33	454.40	359.938	2268.634
P324	975.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	218.43	226.49	444.92	123.096	3391.730
P325	000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	213.43	221.35	434.78	869.563	4261.293
P326	025.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	209.25	215.79	425.03	625.837	4887.130
P327	050.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	211.27	220.57	431.84	0796.115	5683.244
P328	075.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	213.59	226.20	439.79	994.782	6678.026
P329	100.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	219.52	231.60	451.12	277.977	7956.003
P330	125.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	219.66	226.63	446.28	157.097	9113.100
P331	150.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	215.93	221.90	437.84	945.906	0059.006
P332	175.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	212.50	216.81	429.31	0732.674	0791.680
P333	200.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	209.40	212.62	422.02	0550.544	1342.225
P334	225.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	203.95	200.71	404.66	0116.488	1458.712
P335	250.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	204.41	194.65	399.07	976.632	1435.344
P336	275.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	209.31	189.94	399.25	981.175	1416.519
P337	300.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	202.69	178.93	381.61	540.371	0956.890

## Annexe

P338	325.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	196.97	173.27	370.24	256.069	0212.959
P339	350.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	192.82	179.25	372.06	301.594	9514.552
P340	375.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	189.68	175.31	364.99	124.863	8639.416
P341	400.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	185.64	173.42	359.05	976.344	7615.760
P342	425.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	177.16	169.97	347.13	678.265	6294.026
P343	450.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	172.38	165.49	337.88	446.893	4740.918
P344	475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	169.39	161.21	330.59	264.815	3005.733
P345	500.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	166.55	154.62	321.17	029.208	1034.941
P346	525.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	160.42	147.48	307.90	697.566	8732.507
P347	550.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	154.50	139.53	294.03	350.854	6083.361
P348	575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	149.90	132.53	282.43	060.869	3144.231
P349	600.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	145.76	122.96	268.72	718.108	9862.339
P350	625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	141.79	115.45	257.24	430.917	6293.256
P351	650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	143.02	118.76	261.78	544.592	2837.848
P352	675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	146.07	124.81	270.88	772.024	9609.873
P353	700.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	148.74	132.76	281.50	037.585	6647.458
P354	725.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	151.02	138.51	289.53	238.251	3885.709
P355	750.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	156.58	148.51	305.08	627.042	1512.751
P356	775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	146.80	153.96	300.76	518.899	9031.650
P357	800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	132.25	147.23	279.48	986.903	6018.553
P358	825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	115.86	137.46	253.32	333.005	2351.558
P359	850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	99.67	120.61	220.28	506.976	7858.534
P360	875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	86.37	103.76	190.13	753.248	2611.782
P361	900.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	74.21	89.30	163.50	087.575	6699.357
P362	925.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	60.65	75.53	136.18	404.586	0103.944
P363	950.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	47.83	61.33	109.16	729.029	2832.973
P364	975.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	38.20	50.44	88.65	216.163	5049.136
P365	000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	27.61	36.78	64.39	609.694	6658.829
P366	025.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	21.21	28.62	49.83	245.871	7904.701
P367	050.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	12.46	17.39	29.85	746.204	8650.905
P368	075.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	5.01	6.61	11.62	290.560	8941.464
P369	100.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	11.80	12.51	24.31	607.775	9549.239
P370	125.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	31.85	33.77	65.63	640.703	1189.942
P371	150.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	65.80	69.08	134.87	371.871	4561.813
P372	175.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	91.06	97.08	188.13	703.303	9265.116
P373	200.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	90.12	91.52	181.64	540.881	3805.997
P374	225.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	89.10	92.26	181.36	533.961	8339.958
P375	250.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	87.98	92.82	180.80	520.119	2860.078
P376	275.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	89.04	93.39	182.42	560.569	7420.646
P377	300.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	88.02	85.34	173.36	333.985	1754.631
P378	325.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	83.71	80.57	164.28	106.988	5861.620
P379	350.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	80.10	76.81	156.91	922.836	9784.456
P380	375.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	74.87	69.54	144.41	610.185	3394.641
P381	400.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	67.07	60.89	127.95	198.815	6593.456
P382	425.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	56.79	50.48	107.27	681.771	9275.227
P383	450.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	51.50	45.28	96.78	419.538	1694.765
P384	475.000	18.036	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	46.27	40.00	86.27	555.906	3250.671
P385	486.072	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	44.70	38.61	83.31	041.370	4292.041
P386	500.000	19.464	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	44.34	38.02	82.36	603.006	5895.048
P387	525.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	41.46	35.82	77.28	932.111	7827.159

## Annexe

P388	550.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	38.54	33.37	71.91	797.763	9624.922
P389	575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	33.61	28.40	62.02	550.431	1175.353
P390	600.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	29.82	25.62	55.45	386.127	2561.480
P391	625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	27.99	22.89	50.87	271.864	3833.344
P392	650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	27.04	21.75	48.79	219.724	5053.068
P393	675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	18.92	16.47	35.39	84.794	5937.862
P394	700.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	26.07	18.38	44.44	111.055	7048.917
P395	725.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	25.88	19.07	44.95	123.728	8172.645
P396	750.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	20.22	15.41	35.63	89.782	9063.427
P397	775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	14.50	10.10	24.61	515.172	9678.599
P398	800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	10.77	7.41	18.18	54.528	0133.127
P399	825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	10.06	6.91	16.97	24.180	0557.306
P400	850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	8.43	6.70	15.13	87.290	0935.597
P401	875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4194.227	4.16	3.22	7.38	84.494	1120.091
P402	900.000	25.000	0.92	0.93	1.85	46.147	4240.374	0.11	0.11	0.22	5.524	1125.615
P403	925.000	25.000	4.36	4.12	8.48	211.912	4452.286	0.00	0.00	0.00	0.000	1125.615
P404	950.000	25.000	7.82	6.91	14.73	368.326	4820.612	0.00	0.00	0.00	0.000	1125.615
P405	975.000	20.348	9.44	8.71	18.14	369.122	5189.734	0.00	0.00	0.00	0.000	1125.615
P406	990.695	12.500	9.53	8.54	18.07	225.904	5415.638	0.00	0.00	0.00	0.000	1125.615
P407	1000.000	17.152	8.97	8.29	17.26	296.000	5711.638	0.00	0.00	0.00	0.000	1125.615
P408	1025.000	25.000	6.96	6.76	13.72	343.009	6054.647	0.00	0.00	0.00	0.000	1125.615
P409	1050.000	25.000	4.01	4.26	8.27	206.751	6261.399	0.00	0.00	0.00	0.000	1125.615
P410	1075.000	25.000	1.94	2.36	4.30	107.574	6368.972	0.00	0.00	0.00	0.000	1125.615
P411	1100.000	25.000	0.30	0.53	0.84	20.921	6389.894	0.49	0.21	0.69	17.354	1142.969
P412	1125.000	25.000	0.11	0.35	0.46	11.535	6401.429	0.58	0.29	0.87	21.733	1164.703
P413	1150.000	25.000	0.01	0.17	0.18	4.573	6406.001	0.68	0.38	1.06	26.469	1191.171
P414	1175.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6406.001	1.19	0.66	1.85	46.246	1237.417
P415	1200.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6406.001	1.67	1.12	2.79	69.767	1307.183
P416	1225.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6406.001	1.87	1.36	3.24	80.895	1388.079
P417	1250.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6406.001	1.08	0.63	1.71	42.791	1430.870
P418	1275.000	25.000	0.03	0.20	0.23	5.700	6411.701	0.63	0.37	1.01	25.144	1456.014
P419	1300.000	25.000	0.01	0.19	0.20	4.876	6416.578	0.70	0.36	1.06	26.403	1482.417
P420	1325.000	25.000	0.31	0.47	0.77	19.373	6435.950	0.43	0.26	0.69	17.220	1499.636
P421	1350.000	25.000	0.74	0.80	1.54	38.556	6474.507	0.21	0.13	0.34	8.473	1508.109
P422	1375.000	25.000	1.12	1.21	2.33	58.264	6532.770	0.05	0.00	0.05	1.219	1509.328
P423	1400.000	25.000	0.77	0.90	1.67	41.758	6574.528	0.22	0.08	0.30	7.468	1516.796
P424	1425.000	25.000	0.57	0.69	1.26	31.506	6606.035	0.30	0.17	0.46	11.594	1528.390
P425	1450.000	25.000	0.52	0.62	1.14	28.383	6634.418	0.31	0.21	0.51	12.826	1541.217
P426	1475.000	25.000	1.76	1.82	3.58	89.536	6723.954	0.00	0.00	0.00	0.000	1541.217
P427	1500.000	25.000	4.11	4.43	8.54	213.409	6937.363	0.00	0.00	0.00	0.000	1541.217
P428	1525.000	25.000	9.72	9.52	19.24	481.073	7418.436	0.00	0.00	0.00	0.000	1541.217
P429	1550.000	25.000	14.57	14.78	29.35	733.827	8152.263	0.00	0.00	0.00	0.000	1541.217
P430	1575.000	25.000	16.56	16.60	33.17	829.209	8981.472	0.00	0.00	0.00	0.000	1541.217
P431	1600.000	25.000	17.70	17.76	35.46	86.454	9867.926	0.00	0.00	0.00	0.000	1541.217
P432	1625.000	25.000	17.58	17.75	35.34	83.395	0751.321	0.00	0.00	0.00	0.000	1541.217
P433	1650.000	25.000	14.82	15.06	29.89	747.222	1498.542	0.00	0.00	0.00	0.000	1541.217
P434	1675.000	25.000	10.56	11.11	21.67	541.704	2040.246	0.00	0.00	0.00	0.000	1541.217
P435	1700.000	25.000	5.72	6.31	12.04	300.900	2341.146	0.00	0.00	0.00	0.000	1541.217
P436	1725.000	25.000	1.50	1.84	3.35	83.722	2424.868	0.00	0.00	0.00	0.000	1541.217
P437	1750.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2424.868	1.63	1.21	2.84	70.912	1612.129

## Annexe

P438	0775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2424.868	4.09	3.77	7.85	96.295	1808.424
P439	0800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2424.868	5.73	5.44	11.17	279.298	2087.722
P440	0825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2424.868	5.54	5.57	11.10	277.564	2365.285
P441	0850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2424.868	3.57	3.77	7.34	83.559	2548.844
P442	0875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2424.868	0.60	0.82	1.42	35.404	2584.249
P443	0900.000	25.000	2.18	2.01	4.19	04.656	2529.524	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P444	0925.000	25.000	5.28	5.28	10.56	263.945	2793.469	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P445	0950.000	25.000	8.29	8.39	16.69	417.207	3210.676	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P446	0975.000	25.000	10.64	10.77	21.41	635.230	3745.906	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P447	1000.000	25.000	14.08	14.20	28.27	706.786	4452.692	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P448	1025.000	25.000	19.41	19.34	38.75	968.776	5421.467	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P449	1050.000	25.000	22.26	21.78	44.03	100.833	6522.300	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P450	1075.000	25.000	24.35	23.08	47.43	185.668	7707.968	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P451	1100.000	25.000	24.94	23.61	48.55	213.861	8921.829	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P452	1125.000	25.000	25.91	24.56	50.47	261.822	0183.651	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P453	1150.000	25.000	22.48	20.90	43.38	084.507	1268.159	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P454	1175.000	25.000	18.79	17.66	36.45	011.270	2179.428	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P455	1200.000	25.000	14.43	13.60	28.04	000.896	2880.324	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P456	1225.000	25.000	9.48	9.32	18.80	470.114	3350.438	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P457	1250.000	25.000	5.66	5.63	11.29	282.173	3632.611	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P458	1275.000	25.000	2.23	2.32	4.54	113.547	3746.158	0.00	0.00	0.00	0.000	2584.249
P459	1300.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	0.73	0.77	1.50	37.416	2621.665
P460	1325.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	5.74	6.10	11.84	296.032	2917.698
P461	1350.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	12.42	14.27	26.69	667.299	3584.997
P462	1375.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	20.31	23.53	43.84	096.030	4681.027
P463	1400.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	28.06	32.08	60.14	503.499	6184.526
P464	1425.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	33.58	38.11	71.69	792.276	7976.802
P465	1450.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	39.73	44.98	84.71	117.839	0094.641
P466	1475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	49.36	54.32	103.68	592.020	2686.660
P467	1500.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	52.94	57.94	110.88	772.003	5458.663
P468	1525.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	50.85	58.18	109.02	725.586	8184.250
P469	1550.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	55.00	62.51	117.51	937.687	1121.937
P470	1575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	61.21	68.83	130.04	251.004	4372.941
P471	1600.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	69.21	75.30	144.51	612.783	7985.723
P472	1625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	77.36	79.94	157.31	932.683	1918.407
P473	1650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	82.26	84.33	166.58	164.616	6083.022
P474	1675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	86.06	90.38	176.44	410.989	0494.011
P475	1700.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	89.46	94.83	184.29	607.330	5101.341
P476	1725.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	93.11	98.67	191.78	794.551	9895.892
P477	1750.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	95.94	96.02	191.96	798.994	04694.88
												7
P478	1775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	94.03	98.35	192.39	809.629	09504.51
												6
P479	1800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	95.52	98.49	194.01	850.253	14354.76
												9
P480	1825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	100.75	97.22	197.98	949.451	19304.21
												9
P481	1850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	99.01	93.95	192.97	824.149	24128.36
												9
P482	1875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	97.07	94.83	191.90	797.496	28925.86

## Annexe

												5
P483	1900.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	99.48	98.56	198.05	951.136	33877.001
P484	1925.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	99.55	95.97	195.52	887.991	38764.991
P485	1950.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	96.72	91.48	188.21	705.209	43470.200
P486	1975.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	94.17	88.69	182.86	571.418	48041.619
P487	2000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	91.14	87.14	178.28	457.017	52498.636
P488	2025.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	88.20	85.93	174.13	353.142	56851.778
P489	2050.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	85.62	83.80	169.42	235.424	61087.202
P490	2075.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	82.25	80.87	163.13	1078.132	65165.335
P491	2100.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	79.20	76.84	156.04	901.016	69066.350
P492	2125.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	75.49	72.82	148.31	707.675	72774.025
P493	2150.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	70.62	68.45	139.07	476.660	76250.685
P494	2175.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	64.82	63.01	127.84	195.981	79446.666
P495	2200.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	61.16	58.63	119.79	994.754	82441.419
P496	2225.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	55.53	54.05	109.57	739.321	85180.740
P497	2250.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	50.07	48.00	98.07	451.697	87632.437
P498	2275.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	43.33	41.70	85.03	125.648	89758.085
P499	2300.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	38.84	36.11	74.95	873.753	91631.839
P500	2325.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	34.60	31.52	66.12	653.083	93284.922
P501	2350.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	30.64	28.39	59.03	475.751	94760.672
P502	2375.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	28.64	26.57	55.22	380.382	96141.054
P503	2400.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	23.47	21.76	45.23	130.771	97271.825
P504	2425.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	20.00	19.10	39.10	977.478	98249.303
P505	2450.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	17.75	16.84	34.60	64.933	99114.237
P506	2475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	17.59	16.96	34.55	63.727	99977.964
P507	2500.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	15.80	15.99	31.79	794.691	00772.655

## Annexe

P508	2525.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	13.97	14.39	28.37	709.222	01481.876
P509	2550.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	8.51	8.76	17.27	31.663	01913.539
P510	2575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	4.96	5.24	10.20	255.018	02168.558
P511	2600.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	4.81	4.89	9.70	242.526	02411.084
P512	2625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	6.02	5.99	12.01	300.248	02711.332
P513	2650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	9.71	9.54	19.25	81.295	03192.627
P514	2675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	14.98	14.97	29.95	748.820	03941.447
P515	2700.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	20.74	21.55	42.29	2057.281	04998.728
P516	2725.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	25.53	27.14	52.67	316.634	06315.363
P517	2750.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	32.72	33.88	66.61	665.129	07980.492
P518	2775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	39.40	41.41	80.80	2020.040	10000.532
P519	2800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	47.65	46.23	93.88	346.938	12347.470
P520	2825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	53.96	50.30	104.26	606.408	14953.878
P521	2850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	51.82	47.60	99.42	485.552	17439.430
P522	2875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	49.26	46.60	95.86	396.478	19835.908
P523	2900.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	47.77	44.89	92.66	316.565	22152.472
P524	2925.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	45.15	42.81	87.96	198.898	24351.371
P525	2950.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	43.75	41.59	85.33	133.283	26484.654
P526	2975.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	42.60	40.42	83.03	2075.628	28560.281
P527	3000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	42.28	39.31	81.59	2039.787	30600.068
P528	3025.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	42.64	39.62	82.25	2056.334	32656.401
P529	3050.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	42.98	39.28	82.25	2056.338	34712.739
P530	3075.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	42.15	38.20	80.35	2008.758	36721.497
P531	3100.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	38.00	33.79	71.79	2794.736	38516.234
P532	3125.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	30.53	26.94	57.47	2436.631	39952.865
P533	3150.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	25.76	22.17	47.93	2198.217	41151.08

## Annexe

												1
P534	\$175.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	23.35	20.42	43.77	094.316	42245.398
P535	\$200.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	18.24	16.11	34.34	58.521	43103.918
P536	\$225.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	12.82	12.08	24.90	22.613	43726.531
P537	\$250.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	10.37	8.58	18.95	73.765	44200.297
P538	\$275.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	8.70	8.25	16.95	23.857	44624.154
P539	\$300.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	8.26	7.24	15.50	87.438	45011.592
P540	\$325.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	6.47	5.17	11.64	90.992	45302.584
P541	\$350.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	3.47	2.56	6.02	50.559	45453.143
P542	\$375.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	3.15	2.11	5.27	31.688	45584.830
P543	\$400.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3746.158	2.28	1.24	3.53	88.137	45672.967
P544	\$425.000	25.000	0.00	0.25	0.25	6.318	3752.476	1.02	0.27	1.29	32.217	45705.184
P545	\$450.000	25.000	0.94	1.52	2.46	61.488	3813.965	0.26	0.00	0.26	6.549	45711.732
P546	\$475.000	18.513	1.14	1.56	2.70	50.046	3864.011	0.10	0.00	0.10	1.829	45713.562
P547	\$487.026	6.013	0.79	0.98	1.77	10.624	3874.635	0.28	0.04	0.32	1.931	45715.493

## Etude Hydraulique et Assainissement

PK	Ouvrage prévue	Ø (m)	B (m)	H (m)	P <sub>m</sub> (m)	S <sub>m</sub> (m <sup>2</sup> )	R <sub>h</sub> (m)	kst	I (m/m)	V (m <sup>3</sup> )	Q <sub>s</sub>
109+639	Buse	1	/	/	3.14	0.78	0.25	80	0.003	1.73	1.35
109+830	Dalot Type 2	/	2.5	2	5.5	3.75	0.68	70	0.003	2.96	11.12
109+975	Buse	1	/	/	3.14	0.78	0.25	80	0.003	1.73	1.35
110+427	Dalot Type4	/	4	3	9	10	1.11	70	0.003	4.11	41.10
110+612	Buse	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
110+831	Dalot Type 2	/	2.5	2	5.5	3.75	0.68	70	0.003	2.96	11.12
111+038	Dalot Type 2	/	2.5	2	5.5	3.75	0.68	70	0.003	2.96	11.12

## Annexe

111+382	Dalot Type 3	/	3	2.5	7	6	0.85	70	0.003	3.44	20.64
111+816	Buse	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
112+109	Dalot Type 2	/	2.5	2	5.5	3.75	0.68	70	0.003	2.96	11.12
112+270	Buse	1	/	/	3.14	0.78	0.25	80	0.003	1.73	1.35
112+498	Dalot Type 2	/	2.5	2	5.5	3.75	0.68	70	0.003	2.96	11.12
113+310	Buse	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
113+539	Dalot Type 3	/	3	2.5	7	6	0.85	70	0.003	3.44	20.64
113+600	Dalot Type4	/	4	3	9	10	1.11	70	0.003	4.11	41.10
113+928	Dalot Type4	/	4	3	9	10	1.11	70	0.003	4.11	41.10
114+213	Dalot Type4	/	4	3	9	10	1.11	70	0.003	4.11	41.10
114+406	Buse	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
114+569	Buse	1	/	/	3.14	0.78	0.25	80	0.003	1.73	1.35
114+961	Dalot Type 3	/	3	2.5	7	6	0.85	70	0.003	3.44	20.64
115+377	Buse	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
115+850	Buse	1	/	/	3.14	0.78	0.25	80	0.003	1.73	1.35
116+950	Buse	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
118+010	Dalot Type 2	/	2.5	2	5.5	3.75	0.68	70	0.003	2.96	11.12
118+335	Buse	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97
118+645	Buse	1	/	/	3.14	0.78	0.25	80	0.003	1.73	1.35
118+950	Buse	1.5	/	/	4.71	1.76	0.37	80	0.003	2.26	3.97