

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE



DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL
MEMOIRE DE MASTERE

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie
civil

Thème :

**Etude du tracé d'un chemin de fer reliant Touggourt à Hassi
Messaoud avec entretien de la voie**

Présente par : -FILALI Amine

-LAOUFI Bousmaha



Mme. R.KETTAB	chargé de cour, ENP	Présidente
Mr. M.DEMIDEME	chargé de cour, ENP	Examineur
Mme A.CHIKH	chargé de cour, ENP	Examinatrice
Mme M.MORSLI	chargé de cour, ENP	Rapporteur

Juillet 2012

Dédicace

Je dédie ce travail à :

✚ *En premier lieu à mes parents qui ont consenti beaucoup de sacrifices pour me permettre de réaliser mes objectifs. Qu'ils trouvent ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.*

✚ *A mes frères Mehdi, Hamou. A mes sœurs Nabila, Imane. A mes oncles et tantes. Et à toute la famille Laoufi sans exception.*

✚ *A tous mes amis, particulièrement :(Messaoud, Taki, Amine, Salamo, Billel, Youcef, Wahab, et Hamza) et surtout mon binôme Filali Amine et toute sa famille.*

LAOUFI Bousmaha

Dédicace

Je dédie ce travail à :

- + En premier lieu à mes parents qui ont consenti beaucoup de sacrifices pour me permettre de réaliser mes objectifs. Qu'ils trouvent ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.*
- + A mes frères Nouredine, Djamel Eddine, A mes sœurs Meriem, Zineb. A mes oncles et tantes. Et à toute la famille Filali sans exception.*
- + A tous mes amis, particulièrement :(Khaïro, Hîmou, Belkacem, Youcef, Wahab, et Hamza)*

FILALI Amine

REMERCIEMENT

Nos premiers remerciements à ALLAH qui nous a donné la patience et la volonté pour réaliser ce modeste travail, Puis nos remerciements sans doute les plus vifs sont adressés à notre encadreur M^{me} MORSLI. Son œil critique nous a été très précieux pour structurer le travail et pour améliorer la qualité des différentes sections. Nous remercions également tous qui nous ont aidé et soutenu beaucoup pendant cette période de travail.

Au terme d'un travail que nous espérons fructueux, nous souhaitons que toutes les personnes qui nous ont apporté soutien, savoir, conseils et encouragements trouvent ici présent notre remerciements sincères et particulièrement :

+ Le directeur des études de L'ANESRIF.

+ M' Benayach.

+ Tous les enseignants de l'école nationale supérieure polytechnique Et toute personne qui nous ont aidés, de près ou de loin.

ملخص:

الهدف من هذا العمل ينطوي على تصميم جزء من سكة الحديد في المرحلة التجريبية المفصلة (). كان العمل لتصميم وحساب وتحسين الخصائص المختلفة للقسم التي تمت دراستها. كان العمل لتصميم وحساب وتحسين الخصائص المختلفة للقسم التي تمت دراستها. بعد أن أظهرت معلومات أساسية عن السكك الحديدية وتاريخها في الجزائر. في المرحلة الثالثة تم تصميم وحساب التخطيط الهندسي للقسم لدينا. ملخص من الدراسات في مجال الصرف الصحي، وقد وضعت في حساب قياسات حجم الترابية، لافتات والكميات والتقديرات. كلمات البحث: الحساب التكميبي، الاقبال، والانحدار، والتصميم الهندسي.

RESUME

Le but de ce travail porte sur la conception d'un tronçon de chemin de fer en phase d'Avant-Projet Détaillé (APD). Le travail consiste à concevoir, calculer et affiner les différentes caractéristiques du tronçon étudié.

Après avoir montré des généralités sur le chemin de fer et son histoire en Algérie. Dans une troisième phase on a conçu et calculer le tracé géométrique de notre tronçon. Des études sommaires portant sur l'assainissement, le calcul des cubatures de terrassement, la signalisation ainsi qu'un devis quantitatif et estimatif ont été établies.

Mots clés: cubature, appareil de voie, dévers, conception géométrique.

Abstract:

The aim of this work involves the design of a section of railway in phase Detailed Pilot (ODA). The work is to design, calculate and refine the different characteristics of the section studied.

After having shown a background on the rail road and its history in Algeria. In a third phase was designed and calculate the geometric layout of our section. Summary of studies on sanitation, the calculation of earthwork volume measurements, signage and a bill of quantities and estimates have been established.

Keywords: cubature, turnout, slope, geometric design.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
I-INTRODUCTION	2
II-PRESENTATION DU PROJET	2
II-1-CADRE DE L'ETUDE.....	2
II-2-OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	3
II-3- NECESSITE DU TRACE.....	4
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES VOIES FERREES.....	5
I-1-DEFINITION	6
I-2-DESCRIPTION DES ELEMENTS CONSTITUTIFS DE LA VOIE FERREE	6
I-3-CARACTERISTIQUES FONDAMENTALES DU CHEMIN DE FER.....	6
I-4-HISTORIQUE DU CHEMIN DE FER DANS LE MONDE.....	7
I-5-HISTOIRE DU CHEMIN DE FER EN ALGERIE.....	8
I-5-1-LE PROGRAMME DE 1857.....	8
I-5-2-LE PROGRAMME DE 1879.....	9
I-5-3-LE PROGRAMME DE 1907.....	9
I-6-SITUATION DU RESEAU ACTUE.....	10
I-6-1CONSTITUTION DU RESEAU.....	10
I-6-2-PARC DU MATERIEL ROULANT.....	11
I-6-3-LE TRAFIC FERROVIAIRE.....	11
I-6-4-LE TRANSPORT COMMERCIAL.....	12
I-6-5-LE TRANSPORT DE VOYAGEURS.....	12
I-7-CLASSEMENT DES LIGNES DE CHEMIN DE FER	13
CHAPITRE II: ETUDE GEOMETRIQUE	14
II-1-INTRODUCTION.....	15
II-2-TERMINOLOGIE.....	15
II-2-1-COURBES	15
II-2-2-PLEINE COURBE.....	15
II-2-3-COURBE A RAYON MULTIPLES.....	15
II-2-4-COURBURE ET FLECHE.....	15
II-2-5-CONTRE-COURBE.....	15
II-2-6-TRACE SINUEUX	16

II-2-7-DEVERS.....	16
II-2-8-DEVERS D'EQUILIBRE (D_v).....	16
II-2-9-COEFFICIENT DE DEVERS (C)	16
II-2-10-DEVERS PRESCRIT (DP).....	17
II-2-11-THEORIQUE (D_T).....	17
II-2-12-INSUFFISANCE DE DEVERS (I)	18
II-2-13-EXCES DE DEVERS (E).....	18
II-2-14-RACCORDEMENT PROGRESSIF (RP)	18
II-2-15-RACCORDEMENT PROGRESSIF D'INFLEXION	19
II-2-16-VARIATION DE DEVERS (AD/AL).....	19
II-2-17-VARIATION D'INSUFFISANCE DE DEVERS (AI/AT).....	19
II-2-18-DOUCINES	19
II-3-REGLES A RESPECTER DANS LE TRACEE EN PLAN	19
II-4-LES ELEMENTS DU TRACEE EN PLAN	20
II-4-1-L'ALIGNEMENT.....	20
II-4-2-L'ARC DE CERCLE	20
II-4-3-LA COURBE DE RACCORDEMENT.....	20
II-5-PARAMETRE DE CONCEPTION DE LA VOIE.....	21
II-5-1-AUTRES PARAMETRES.....	21
II-5-2-LA LONGUEUR MINIMALE DES ELEMENTS DU TRACE.....	21
II-5-3-COURBE AVEC RP SANS DOUCINE.....	21
II-5-4-RAYON MINIMAL.....	22
II-5-5-APPLICATION POUR NOTRE PROJET.....	22
II-6-CALCUL D'AXE.....	22
II-6-1-COMBINAISON DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN.....	23
II-6-1-1- COURBE EN S.....	23
II-6-1-2-COURBE A SOMMET.....	23
II-6-1-3-COURBE EN C	24
II-6-1-4-COURBE EN OVE	25
II-7-PROFIL EN LONG.....	26
II-7-1-DEFINITION.....	26
II-7-1-1- PROFIL EN LONG DU TERRAIN NATUREL.....	26
II-7-1-2-PROFIL EN LONG	26
II-7-2-ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG.....	26

II-7-2-1-ENTE.....	26
II-7-2-2-RAMPE.....	26
II-7-2-1-PALLIER.....	26
II-7-3-COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG.....	27
II-7-4-TRACE DE LIGNE ROUGE OU LIGNE DU PROJET.....	27
II-7-5-RACCORDEMENT EN PROFIL EN LONG	28
II-7-6-EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG.....	31
II-8-PROFIL EN TRAVERS.....	32
II-8-1-DEFINITION.....	32
II-8-2-CONSTITUANTS DU PROFIL EN TRAVERS TYPE.....	32
II-8-2-1-ELEMENTS DE SUPERSTRUCTURE.....	32
II-8-2-2-ELEMENTS D'INFRASTRUCTURES.....	33
II-8-2-3-ELEMENTS DU TALUS (REMBLAI OU DEBLAI)	33
II-8-2-4-ELEMENTS D'ASSAINISSEMENT.....	33
II-8-2-5-ELEMENTS DE PROTECTION DE LA VOIE.....	33
II-8-3-STRUCTURE DE LA VOIE FERREE.....	34
II-8-3-1-INTRODUCTION.....	34
II-8-3-2-LES DIFFERENTES COUCHES D'ASSISSE.....	35
II-8-3-2-1-LA COUCHE DE BALLAST.....	35
II-8-3-2-1-1-CARACTERISTIQUE DU BALLAST	36
II-8-3-2-1-1-a-CARACTERISTIQUE PHYSIQUE.....	36
II-8-3-2-1-1-b-CARACTERISTIQUES MECANQUES.....	36
II-8-3-2-1-1-c-EFFET DU SABLE SUR LE BALLAST.....	37
II-8-3-2-2-LA SOUS-COUCHE.....	38
II-8-3-2-2-1-CONSTITUTION DE LA SOUS-COUCHE.....	38
II-8-3-2-2-1-a-SOUS-BALLAST.....	38
II-8-3-2-2-1-b-COUCHE DE FONDATION.....	38
II-8-3-2-2-1-c-COUCHE DE FORME.....	39
II-8-3-3-LES TRAVERSEES.....	39
II-8-3-4-LES RAILS	41
II-8-3-5-LES LONGS RAILS SOUDURES (LRS).....	42
II-8-3-5-1-DEFINITION ET CONCEPTION.....	42
II-8-3-5-2-AVANTAGES ET INCONVENIENT DES LRS.....	42
II-8-3-5-3-LA SOUDURE DES RAILS.....	43

II-8-3-5-3-1-SOUDURE ELECTRIQUE PAR ETINCELAGE.....	43
II-8-3-5-3-2-SOUDURE ALUMINOTHERMIQUE.....	43
II-8-3-5-4-LES PLANS DE POSE.....	43
II-8-3-5-5-ÉCARTEMENTS.....	44
II-8-3-5-6-INCLINAISON DES RAILS.....	45
II-8-3-6-L'APPAREILLE DE VOIE.....	45
II-8-3-6-1-DEFINITION.....	45
II-8-3-6-2-TYPES D'APPAREILS DE VOIE.....	46
II-8-3-6-2-1-LES BRANCHEMENTS.....	46
II-8-3-6-2-2-LES TRAVERSEES.....	46
II-8-3-6-2-3-LES COMMUNICATIONS.....	47
II-8-3-6-2-4-LES BIFURCATIONS.....	47
II-8-3-6-2-5-LES COMMUNICATIONS CROISEES.....	48
II-8-3-6-2-6-L'AIGUILLAGE.....	48
II-8-3-6-2-7-AUTRE APPAREILS.....	49
II-8-4-DIMENSIONNEMENT DES COUCHES D'ASSISE	50
II-8-4-1-INTRODUCTION	50
II-8-4-2-CLASSIFICATION DE LA PLATE-FORME	50
II-8-4-3-CLASSE DE QUALITE DU SOL SELON L'UIC (FICHE 719R).....	51
II-8-4-4-CLASSE DE PORTANCE DE LA PLATEFORME.....	52
II-8-4-5-CONDITION HYDROGEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU SITE...53	
II-8-4-6-ÉPAISSEUR DES COUCHES D'ASSISE.....	53
II-8-4-7-APPLICATION AU PROJET.....	54
II-8-5-TERRASSEMENT.....	56
II-8-5-1-INTRODUCTION.....	56
II-8-5-2-DEFINITION.....	56
II-8-6-METHODE DE CALCUL DES CUBATURES.....	56
II-8-6-1-DESCRIPTION DE LA METHODE.....	57
II-8-6-2-CAS DE NOTRE PROJET.....	58
II-8-6-3-RESULTAT DE CALCULE DES CUBATURES.....	58
III-ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE	59
III-1-INTRODUCTION.....	60
III-2-GEOLOGIE.....	60
III-2-1-GEOLOGIE DU SITE.....	60

III-2-1-a-LE NEOGENE.....	60
III-2-1-b-LE QUATERNAIRE.....	60
III-2-2-SISMICITE DE LA ZONE.....	61
III-2-3-RISQUES GEOLOGIQUE.....	61
III-3-GEOTECHNIQUE	61
III-3-1-TRAVAUX DE RECONNAISSANCES GEOTECHNIQUES REALISEES..	61
III-3-2-LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE.....	61
III-3-3-LES ESSAIS D'IDENTIFICATION.....	62
III-3-3-1-ANALYSES GRANULOMETRIQUES.....	62
III-3-3-2-EQUIVALENT DE SABLE.....	63
III-3-3-3-ESSAI BLEU DE METHYLENE.....	63
III-3-3-4-LIMITES D'ATTERBERG	64
III-3-3-5-ESSAI PROCTOR.....	65
III-3-3-6-ESSAI C.B.R (CALIFORNIA BEARING RATIO).....	67
III-3-3-7-ESSAI LOS ANGELES	68
III-3-3-8-ESSAI MICRO DEVAL.....	68
III-3-4-LES ESSAIS IN SITU.....	69
III-3-4-1-LES ESSAIS DE PLAQUE.....	69
III-3-4-2-LES ESSAIS PRESSIOMETRIQUES.....	69
III-3-4-2-1-PENETROMETRE STATIQUE.....	69
III-3-4-2-2-PENETROMETRE DYNAMIQUE.....	70
III-4-CONDITIONS D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS	70
II-5-CONCLUSION	72
IV AMINAGEMENT DES GARES ET SYSTEME D'ALIMENTATION.....	73
IV-1-INTRODUCTION.....	74
IV-2-GARES VOYAGEURS	74
IV-2-1-ABORDS	74
IV-2-2-BATIMENT VOYAGEURS	74
IV-2-2-1-LES GARES TERMINUS.....	75
IV-2-2-2-LES GARES DE PASSAGE	75
IV-2-3-HALTES	75
IV-3-EQUIPEMENTS DE LA GARE A VOYAGEURS.....	75
IV-3-1-QUAIS.....	75
IV-3-2-AUVENTS ET ABRIS.....	76

IV-3-3-TRAVERSEES ET COULOIRS SOUS VOIES.....	76
IV-3-3-1-LES TRAVERSEES DE VOIES	76
IV-3-3-2-LES COULOIRS SOUS VOIES (PASSAGES SOUS TERRAIN).....	76
IV-4-GARE MARCHANDISES.....	76
IV-4-1-EMBRANCHEMENTS PARTICULIERS.....	77
IV-4-2-EMBRANCHEMENTS PORTUAIRES	77
IV-4-3-HALLE A MARCHANDISE.....	77
IV-4-4-TRIAGE.....	77
IV-5-RESEAU DE VOIE.....	77
IV-6-MARGE DE GLISSEMENT A L'AVAL DES SIGNAUX.....	78
IV-6-1- DEFINITION DE LA MARGE DE GLISSEMENT.....	78
IV-6-2-BUT DE LA MARGE DE GLISSEMENT.....	78
IV-7-LA LONGUEUR UTILE D'UNE VOIE DE STATIONNEMENT.....	79
IV-8-LES INSTALLATIONS DE GARE.....	80
IV-8-1-LES HEURTOIRS.....	80
IV-8-2-LES CATENAIRES.....	80
IV-9-LES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES GARES DE PROJET... 	81
IV-9-1- LA DECLIVITE DANS LES GARES.....	81
IV-9-2-QUAIS.....	81
IV-9-3-LA LONGUEUR DES QUAIS.....	81
IV-9-4-LA LARGEUR DES QUAIS.....	81
IV-9-5-DIMENSIONNEMENT DE LA HAUTEUR DU QUAI.....	81
IV-9-6-DETERMINATION DE LA DISTANCE A L'AXE DE LA VOIE.....	82
IV-9-7-ENTRE- AXE DES QUAIS.....	82
IV-9-7-1-LARGEUR	82
IV-9-7-2-LONGUEUR.....	82
IV-9-7-3-HAUTEUR LIBRE.....	83
V- PRINCIPE DES GARES.....	83
V-1-GARE DE VOYAGEUR DE HASSIMESAOUDE NOUVELLE VILLE.....	83
V- 2-HALTE DE SUD DE HASSIMESSAOUD NOUVELLE VILLE.....	83
V- 3-FAISCEAU MARCHANDISES DE HASSIMESSAOUD NOUVELLE VILLE... 	84
V- 4- CAS DE NOTRE PROJET.....	85
V- 5-LA CONFIGURATION FONCTIONNELLE DES GARES.....	85

V- 5-1-GARE DE VOYAGEUR.....	85
V- 5-1-1-LONGUEUR UTILE.....	85
V- 5-1-2-ENTRE AXE	85
V- 5-1-3-APPAREILLE DE VOIE.....	85
V- 5-2-GARE MARCHANDISE HASSIMESSAOUD NOUVELLE VILLE.....	85
V- 5-2-1-LONGUEUR UTILE.....	85
V- 5-2-1-1-FAISCEAU TRI/FORMATION V13, V11, V9.....	85
V- 5-2-1-2-FAISCEAU RECEPTION/DEPART V7, V5, V3.....	85
V- 5-2-1-3-FAISCEAU DES VOIES OPTIONNELLES V19, V17, V15.....	86
V- 5-2-2-ENTRE AXE.....	86
V- 5-2-3-APPAREILLE DE VOIE.....	86
V- 5-3-ASSAINISSEMENT DANS LES GARES.....	86
V- 5-3-1-ASSAINISSEMENT TRANSVERSAL	86
V- 5-3-2-ASSAINISSEMENT LONGITUDINALE	86
VI-LA SIGNALISATION.....	87
IV-1-EMPLOI ET ROLE DE LA SIGNALISATION.....	87
VI-2-DIFFERENTES FONCTIONS DES SIGNAUX.....	87
VI-3-GENRE ET ETALON DE SIGNALISATION.....	87
VI-4-IMPLANTATION DES SIGNAUX.....	88
VI-5-VISIBILITE DES SIGNAUX.....	88
V-5-1-VISIBILITE DES SIGNAUX HAUTS.....	88
VI-5-2-VISIBILITE DES SIGNAUX BAS.....	88
VII-TRACTION ET SYSTEME D'ALIMENTATION EN ENERGIE.....	89
VII-1-INTRODUCTION.....	89
VII-2-LES EXIGENCES D'UN SYSTEME D'ELECTRIFICATION.....	89
VII-2-1-LA SECURITE.....	89
VII-2-2-LA FIABILITE.....	89
V- OUVRAGE D'ART ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUE.	91
V-1-INTRODUCTION.....	92
V-2-DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES.....	92
V-2-1-NECESSITE DU DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES.....	92
V-2-2-PROTECTION CONTRE LA NAPPE PHREATIQUE	92
V-3-DEFINITIONS.....	93
V-3-1-BASSIN VERSANT	93

V-3-2-COLLECTEUR (CANALISATION).....	93
V-3-3-SACS	93
V-3-4-CUEILLE DE LOUP, GRILLE D'INTRODUCTION ET GUEULARD.....	93
V-3-5- OVOÏDE	93
V-3-6- LES REGARDS.....	93
V-4-LES BASSINS VERSANTS.....	93
V-5-DETERMINATION DES DEBITS DE CRUES.....	95
V-6- DETERMINATION DU DEBIT DE SATURATION Q_s	98
V-7- DIMENSIONNEMENT DES DALOTS.....	99
V-8- DIMENSIONNEMENT DU FOSSE.....	100
V-8-1- CALCUL DE LA SURFACE MOUILLE.....	101
V-8-2- CALCUL DU PERIMETRE MOUILLE.....	101
V-8-3- CALCUL DU RAYON HYDRAULIQUE.....	101
V-8-4- CALCUL DU DEBIT MAX POUR UN TALUS DE DEBLAI.....	101
V-9-OUVRAGE D'ARE.....	102
V-9-1-INTRODUCTION	102
V-9-2-RECOMMANDATION SUR LE CHOIX DU TYPE D'OUVRAGE.....	102
CHAPITRE VI Entretien de la voie	104
I- GÉNÉRALITÉS.....	104
II- ORGANISATION DE L'ENTRETIEN.....	105
II-1-Bases de l'entretien.....	105
II-2-Les classes d'entretien.....	105
II-3- Les règle d'entretien.....	106
II-3-1- Ligne de la classe «R».....	106
II-3-2- Lignes de classes «E».....	106
II-3-3-Linges de la classe «S».....	107
II-4. Les appareils de voies.....	107
II-5. Travaux divers.....	107
III- Moyens de contrôle de l'état des voies.....	108
III- 1-Tournées à pied et en machine.....	108
III-2. Appareil hallade.....	108
III-3. Voiture d'enregistrement Mauzin.....	109

IV- Technique de nivellement.....	109
IV-1. Le soufflage.....	109
IV-2-Le bourrage.....	110
V- Désherbage chimique.....	110
VI. Renouvellements.....	110
VI-1. Généralités.....	110
VI-2. Détermination des zones à renouveler.....	111
VI-2. 1. Vieillessement des éléments constitutif de la voie.....	111
VI-2. 1. 1. Ballast.....	111
VI-2. 1.2. Rails.....	111
VI-2. 1. 3.Traverses	111
VI-2. 1. 4.attaches.....	112
VI-3. Phases caractéristiques du renouvellement.....	112
VI-3. Renouvellement des voies en Algérie.....	113
VII. Operations détaillées de l'entretien.....	113
VII-1. Traverse remplacer.....	114
VII-1. a) Traverse en bois.....	114
VII-1. b) Traverse en béton armé.....	115
VII-1. c) Traverse métalliques.....	115
VII-2. Eclisses à remplacer.....	116
VII-3. Rail à remplacer.....	116
VII-4. Ballast.....	116
VIII-Maintenance du ballast.....	116
VIII-1-Détérioration du ballast par usures mécaniques.....	116
VIII-2-Deত্রioration de la caractéristique du ballast par pollution.....	116
VIII-2-1. Les fines.....	117
VIII-2-2. Le sable.....	117
VIII-2-3. Les produits transportés.....	118
VIII-2-3-a) Le phosphate.....	118
VIII-2-3-b) les huiles et produits chimiques.....	118
VIII-2-3-c) Les huiles.....	118
VIII-2-3-e) La végétation.....	118

VIII-4-Roles et action de l'eau sur le ballast.....	118
XI-Condition de maintenance de LRS.....	118
XI-1-Plage de températures à l'intérieur de laquelle des travaux peuvent être effectués.....	118
XI-2-Mesures prises pour assurer la stabilité de la voie.....	119
XI-3-Surveillance.....	119
XI-3-1. Modes de surveillance.....	119
XI-3-2-Fréquence.....	119
XI-3-3-Surveillance dans des conditions spéciales.....	119
XI-4-Réparation des L.R.S.....	120
XI-4-1. Mesures immédiates.....	121
XI-4-2. Réparation provisoire.....	121
XI-4-3- Réparation définitive.....	122
XI-5- Déjettement et déformation de voie.....	123
XI-5-1-Mesures d'exploitation.....	123
XI-5-2- Rétablissement provisoire de la voie.....	124
XI-5-3-Rétablissement définitif de la voie.....	125
X-CONCLUSION.....	125
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF.....	127
CONCLUSION GENERALE	129
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	135
ANNEXE A : PRESENTATION DES DESSINS	136
ANNEXE B : RESULTATS DES CALCULS.....	137

Listes des figures

Figure N°I-1 : Gare Sntf D'agha Alger	8
Figure N°I-2:Repartition Du Trafic Du Transport Ferroviaire.....	12
Figure N°II-3 : Devers.....	16
Figure N°II-4 : Elément Du Trace En Plan	20
Figure N°II-5 : éléments de clothoide.....	23
Figure N°II-6 : Courbe enS.....	24
Figure N°II-7 : Courbe á sommet.....	25
Figure N°II-8 : Courbe en C.....	25
Figure N°II-9 : Courbe en ove.....	25
Figure N°II-10 : Elément Géométrique Du Profile En Long.....	27
Figure N°II-11 : représente le raccordement du profile en long.....	28
Figure N°II-12 : élément géométrique du profile en travers.....	34
Figure N°II-13 : Les différentes couches d'assise.....	35
Figure N°II-13 : rail travers et ballaste.....	37
Figure N°II-14 : Traverse en Bois.....	40
Figure N° II-15 : Traverse en béton.....	40
Figure N°II-16 : Les Travers En Béton.....	40
Figure N°II-17 : Composition du rail.....	41
Figure N°II-18 : Schéma d'un profil rail.....	41
Figure N°II-19: Contact roue – rail.....	41
Figure N°II-20: Constituant du rail.....	44
Figure N° II-21 : Ecartement.....	45
FigureN°II-22 : Progression de profil en travers dans l'appareil de voie... 	50
Figure N°II-23 : couche d'assise.....	55
Figure N°III-24 : graphe d'une analyse granulométrique.....	63
Figure N°III-25 : ESSAI EQUIVALENT DE SABLE.....	63
Figure N°III-26 : Essai au bleu de méthylène.....	64

Figure N°III-27 : Limites d'Atterberg.....	65
Figure N°III-28 : Exemple de courbes Proctor normal et modifié.....	66
Figure N°III-29 : Opération de compactage.....	67
Figure N°III-30 Essai Los Angeles	68
Figure N°III-31: Essai Micro Deval.....	69
Figure N°IV-32 : Les essais pressiométriques.....	70
Figure N°IV-33 : Equipement de la gare.....	76
Figure N°VI-34 marge de glissement.....	78
Figure N° : IV-35 La longueur utile d'une voie de stationnement.....	79
Figure N°IV-36 : Section transversal de la halte.....	82
Figure N°IV-37 : principe de la gare de hassimessaoud nouvelle ville.....	83
Figure N°IV-38 : principe de Halte de sud de hassimessaoud nouvelle ville.....	84
Figure N°IV-39 : principe de gare de marchandise de hassimessaoud nouvelle ville	84
FigureN°IV-40 : Support latéral d'une ligne aérienne de contact.....	90
Figure N° V-41: schéma d'un dalot.....	100
Figure N° V-42Schéma d'un fossé.....	100
FIGURE N°43 : disposition des appareils de voies.....	114
FIGURE N°44 Travaux divers de la voie ferre.....	114
FIGURE N°45 Operations realiseés pour la voie renouvelée.....	117
FIGURE N°46 Operations détaillées de l'entretien.....	120
FIGURE N° 47 Traverse à remplacer en bois.....	120
FIGURE N°48 Traverse en béton armé.....	121
FIGURE N°49 Traverse métalliques.....	121
FIGURE N°50 changement des rails.....	122
FIGURE N°51 Maintenance du ballast.....	123
FIGURE N°52 Réparation des L.R.S.....	128

Liste du tableau

Tableau N°II-1 représente la fiche (UIC703 R pour la vitesse maximale de 160 km/h).....	22
Tableau N°II-2 : Classe de qualité du sol selon L'UIC.....	51
Tableau N°II-3Classe de portance de la plateforme.....	52
Tableau N°III-4 : Les dimensions des moules.....	66
Tableau N° III-5 caractéristiquegéotechniques générales du couloir dans le quel passe le tracé.....	72
Tableau N°IV-5 : Composition des réseaux selon leur destination.....	77
Tableau N°IV-6 La déclivité dans les gares.....	81
Tableau N°V-7 : Caractéristique des bassins versants.....	95
TABLEAU N°V-8- Coefficient de ruissellement.....	96
Tableau N°V-9 : Débit de crues.....	98
Tableau N°V-10 : Coefficient de MANNING STRIKLER.....	99
TABLEAU V-11- Liste Des Ouvrages D'art Pour Les Croisement	103

I-INTRODUCTION

En Algérie, le secteur ferroviaire connaît aujourd'hui une véritable relance, 900 milliards de dinars, soit l'équivalent de 9 milliards d'Euros ont été alloués au secteur dans le cadre du programme de relance économique 2004-2009.

Cette importante enveloppe a servi à moderniser l'infrastructure ferroviaire, 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 relier villes et villages d'Algérie en un temps record, avec une sécurité supérieure en prime. Elle permettra enfin de désenclaver nombre de régions du pays en les reliant au réseau ferroviaire national existant.

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

Le nouveau plan ferroviaire [BENNACER A, 2010] prévoit une densification du réseau ferroviaire au centre, à l'est, à l'ouest, et au sud du pays. Plusieurs nouveaux projets sont actuellement en chantier, il s'agit des lignes : Touggourt - Hassi Messaoud (ville nouvelle et pôle pétrolier) qui constitue un investissement important ; Bordj bouArréridj - Khemis Miliana, en passant par Alger et en desservant Blida et Bouira avec une ligne à grande vitesse Mécheria – Béchar, une ligne longue de 360 km. La ligne de jonction entre Mécheria et Redjem – Demouche, longue de 240 km ; Boumedfaâ – Djelfa, se poursuivant par la construction de la Boucle du sud avec Laghouat, Ghardaïa et Ouargla, soit sur 240 km.

Le sujet traité en Projet de Fin d'Etude consiste en **l'étude en Avant-Projet Détaillé du tronçon reliant Touggourt à Hassi Messaoud.**

GENERALITE SUR LES VOIES FERREE

I-1-Définition

I-2-Description des éléments constitutifs de la voie ferrée

I-3-Caractéristiques fondamentales du chemin de fer

I-4-Historique du chemin de fer dans le monde

I-5-Histoire du chemin de fer en Algérie

I-6-Situation du réseau actuel

I-7-Classement des lignes de chemin de fer

I-8-Presentation Du Projet

I-1-Définition

Le chemin de fer est un système de transport collectif guidé de personnes et de marchandises. Il constitue une alternative à la voiture, 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 car c'est un facteur essentiel de l'aménagement du territoire puisque c'est grâce à lui qu'on a pu transporter facilement les marchandises sur des 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 masse tant marchandises que voyageurs et l'encombrement moindre 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 voyageur et du transport des marchandises.

I-2-Description des éléments constitutifs de la voie ferrée

Le matériel roulant circule communément en convois, appelés trains ou rames. Les convois sont composés de wagons ou de voitures tracés par des locomotives. Il peut également s'agir de rames autotractées c'est -à-dire incluant leur propre système de traction.

La voie est constituée par un assemblage d'éléments qui transmettent à la plateforme la charge des roues. La voie classique comporte des **rails** maintenus par des **traverses** reposant sur une épaisseur variable de **ballaste** en principe isolée de la plateforme par une sous couche. Les rails sont solidaires aux traverses par **un système d'attaches**.

I-3-Caractéristiques fondamentales du chemin de fer

Le chemin de fer à ses qualités propres qui le distinguent des autres modes de transport par :

- le contact métal sur métallite à une faible valeur la résistance au roulement ce qui permet aussi la remorque des charges élevées avec une puissance et un personnel de bord souvent réduit à un homme. En contrepartie, ce contacte métal sur métal augment les distance de freinage.
- le chemin de fer est un transport guidé qui n'offre aux véhicules qu'un seul degré de liberté en avant ou en arrière. Les changements de voie ne peuvent se faire qu'aux

aiguillages, le dépassement est impossible. Ceci constitue une sécurité vis-à-vis de l'accident.

- la circulation des wagons ne se fait pas isolement comme sur la route mais en convoi.
- le débit d'une voie ferre est supérieur à celui d'une autoroute à 4 voies.
- Le coût moyen du kilomètre d'une voie ferre à deux voies est moins cher que celui d'une autoroute à deux fois deux voies dans la même condition il présente un faible degré de pollution.
- A égalité de kilomètre transportés, le chemin de fer consomme deux à trois fois moins de carburant à la tonne transportée qu'un camion lourd.

I-4-Historique du chemin de fer dans le monde

Le chemin de fer est né sur le carreau des mines pour transporter le charbon, depuis les puits d'extraction jusqu'à la voie d'eau, qu'elle soit fluviale ou maritime. Dès le XVII^e siècle, les mineurs utilisèrent en effet des barres de guidage en bois pour faire glisser les chariots, avant d'adopter par la suite des rails métalliques. La traction était généralement assurée par les chevaux, jusqu'à l'apparition de la première locomotive à vapeur, mise au point par l'ingénieur anglais **Richard Trevithick en 1803**, et testé avec succès dans le sud du pays de Galles. Cette découverte marqua le début de l'ère des chemins de fer.

La première voie ferrée au monde fut construite en 1825 en Angleterre, entre Stockton et Darlington, près de Newcastle (Yorkshire). Cette ligne transportait exclusivement du charbon, tout comme celles qui furent construites à la même époque en Ecosse, ainsi que dans le Lancashire. C'est dans cette dernière région que fut implantée la première véritable ligne de chemin de fer, entre Liverpool et Manchester (51 Km). Mise en service en 1825, cette ligne aurait non seulement le transport du charbon, mais celui des voyageurs.

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. 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 de lignes aux Etats-Unis et 123 000 Km en Europe occidentale. Quelques années plus tard on dénombrait 363 000 Km de voies ferrées dans le monde, dont 172 000 Km en Europe et 165 000 aux Etats-Unis. En 1950, ces dernières étaient desservies par 350 000 Km de lignes ferroviaires sur un total de 1,3 millions de Km.

Si les chemins de fer se sont implantés sur les cinq continents, leur répartition apparait très inégale. De nombreux Etats, comme la plupart des pays africains, ne disposent que d'un petit nombre de voies ferrées, construite à l'époque coloniale, Comme le cas de L'Algérie dont les premières voies ferrées ont été établis pendant cette époque aux environs de 1863 et elles étaient toutes en écartement étroit (1055 mm).

I-5-Histoire du chemin de fer en Algérie



Figure N°I-1 :Gare Sntf D'agha Alger

La réalisation du réseau de chemin de fer algérien s'est faite par étapes successives. Durant la période coloniale, trois programmes ont été initiés par l'administration :

I-5-1-Le programme de 1857

Un décret daté du 8 avril 1857 autorisa la construction de 1357 km de lignes.

Le 12 décembre 1859 l'armée d'occupation ouvre le chantier de ligne Alger – Blida. Une entreprise de statut privé, appelée « compagnie des chemins de fer algérien » est créée et celle-ci prend le relais de l'armée à partir du 11 juillet 1860 pour achever la ligne. Cette compagnie obtient en même temps une concession pour la réalisation des lignes Oran – Sig et Constantine – Skikda, mais elle rencontra des problèmes de financement et seule la ligne Alger – Blida a pu être réalisée et ouverte au service voyageur le 8 septembre 1862. Au cours de la période 1857-1878 les lignes ou tronçons de lignes suivantes, totalisant une longueur de 1365 km, ont été réalisés :

- Annaba – Ain Mokra
- Annaba – Bouche gouf – Guelma
- Khroub – Oued Zeneti

- Constantine – skikda
- Constantine – Setif
- Alger – Thenia
- Alger – Oran
- Arzew – Mohamedia
- Mohamedia – Mecheria
- Oued tlelat – Sidi Bel Abbas

I-5-2-Le programme de 1879:

Au cours de la période 1879 – 1906 les lignes suivants, totalisant une longueur de 2035 km, ont été réalisées ou entrainés :

- Souk ahras – tebessa-le kouif et embranchement vers la frontiere tunisienne.
- Ain-mokra-ramdanedjamel
- Ouledrahmoune –khenchela
- El guerrah –biskra
- Setif –thénia avec embranchement vers tizi-ouzou,bejaia et sourelghozlane
- Blida –berrouaghia
- Mostaganem – relizane –tiaret
- Oran –arzew
- Senia – temouchent
- Sidi bel abbes – telemcen – frontier
- Tabia – crampel
- Mecheria – bechareTizi- mascara

I-5-3-Le programme de 1907

En 1907, un troisième programme de nouvelles lignes portant sur 1256 km de lignes est établi et vient s'ajouter au réseau existant de 3400 km de lignes ouvertes ou en cours de réalisation.

Au cours de la période 1907-1946 les lignes ou tronçon de lignes suivant une longueur de 1614 km, ont été réalisés:

- Ain beida –tebessa
- El milia – jijel
- Biskra – touggourt avec embranchement ver tolga et el oued
- Constantine – oued athemania
- Berrouaghia –djelfa
- tiaret - mahdia –cl bouguerra
- mascara – mecheria avec embranchement vers relizane
- sidibel abbes –tizi
- telimcen – benisaf
- mostaganem – la macta.

En 1946, le réseaulgérien comprenait 5014 km de lignes en exploitation sans compter l'embranchement minier.

Le 27 septembre 1912 est créée la compagnie des chemins de fer algériens (office CFAE).le premier janvier 1339 est institué un office des chemins de fer algériens (office CFA).le premier janvier 1960 est créée une société des chemins de fer français en Algérie jusqu'au 16 juin 1963, date à laquelle sera créée la société nationale des chemins de fer algérien (SNCF).

I-6-Situation du réseau actuel :

I-6-1 Constitution du réseau

Un large programme d'investissement a été lancé à partir de 1980 a permis la réalisation de :

La ligne jijel/ramdaneDjamel (140km)

La réalisation des désertes des cimenteries de Benisaf (23km), Saida (23km) etaintouta(15km).

Le renouvellement complet (voie et ballast) d'une grande partie du réseau soit un total de 1400kmde voie.

La mise à double voie de tronçon de la rocade nord (200km)

L'aménagement et la modernisation et reconstruction des gares réparties sur le reseau.

L'aménagement ferroviaire des régionsd'Annaba et d'Alger (partiellement).

La voie ferréalgérienne est actuellement constituée d'un réseau de 4653 km de voie, dont la longueur exploitée est de 3945 km. Le réseau contient 3000 ouvrages d'art, 120 tunnels et 200gares ouvertes au trafic marchandise et voyageurs.

Le réseau se compose de

Réseau existant	Km
Voie normale	2605
Voie étroite	1085
Voie électrifiées	283
Double voies	383

Voie normale : écartement (la distance entre les deux rails) de 1435 mm

Voie étroite : écartement de 1055mm

I-6-2-Parc du matériel roulant

Le matériel roulant (locomotives, wagons, voitures à voyageurs) a connu dernièrement un effort d'investissement pour rajeunir le parc et d'adapter aux différentes missions du chemin de fer (transport collectif sur de longues distances et transport spécialisé). Le parc du matériel roulant est constitué de :

1. 145 locomotives diesel pour voie normale (V.N)
2. 27 locomotives diesel pour voie étroite (V.E)
3. 27 locomotives trac tricespour (V.N)
4. 600 voitures de voyageurs
5. 371 voitures pour les grandes lignes dont 330 pour les (V.N).

En outre, le parc comprend des véhicules d'entretien de travaux de la pose et de renouvellement e t c .

I-6-3-Le trafic ferroviaire

Le chemin de fer qui assurait en 1970 près de 30% du trafic national de voyageurs et de marchandises a vu sa part relative du marché, réduite actuellement à seulement 12.3 % du trafic marchandises et 16.2% du trafic voyageurs.

Le schéma du secteur suivant indique la répartition du trafic et son pourcentage pour chaque type de transport ferroviaire :

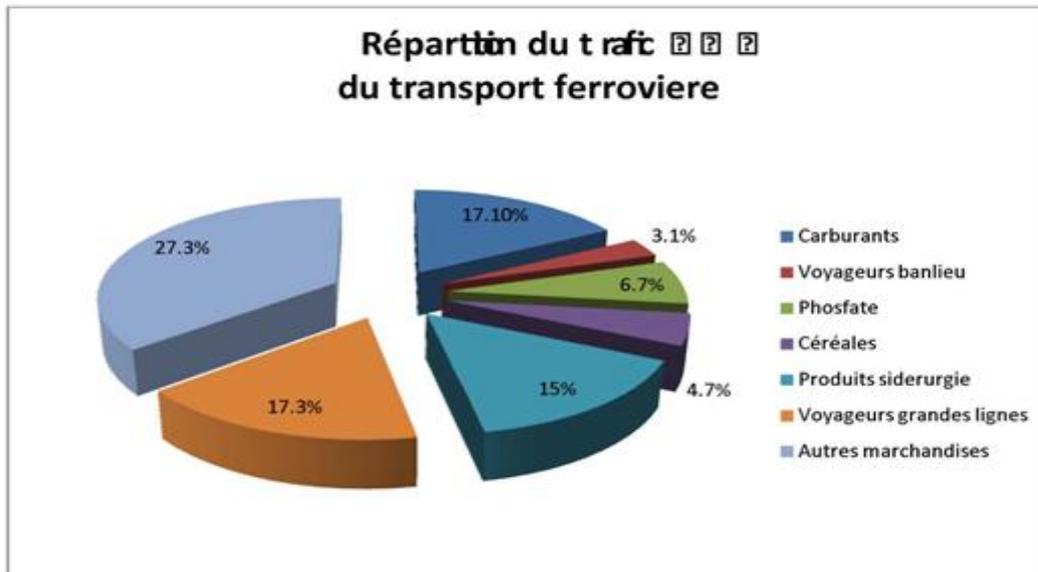


Figure N°I-2:Repartition Du Trafic Du Transport Ferroviaire

I-6-4-Le transport commercial

Le transport commercial ferroviaire en Algérie concerne surtout les carburants liquides, les produits sidérurgiques et une partie du phosphate.

En 1995 le volume de marchandises transportées a atteint 5.243.645 tonnes avec un parcours moyen de la tonne de 245 km.

Malgré la recette de transport augmentée de 8.845% (entre 1994 et 1995) le tonnage des wagons complets est en baisse de 15.85%.

I-6-5-Le transport de voyageurs

Le trafic des voyageurs se voit dans les grandes lignes par un pourcentage de 17.3% du trafic ferroviaire total et celui des banlieues est de 3.1% .En 1995 le nombre de voyageurs transportés a atteint 40.467.780 avec un parcours moyen de 39 km et une recette de 737.180.529 DA.

La baisse marquée pour le transport ferroviaire est dû aux :

1. Incidents d ' exploitation
2. Actes de sabotage
3. Passivité commerciale

D' où un recours aux autres modes de transport parmi lesquels, la route qui assure l'essentiel des transports.

I-7-Classement des lignes de chemin de fer

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 desserts interne des grands complexes ferroviaire.

Les voies de service affectées au manœuvre, qui peuvent être d'anciennes voies principales.

Les voies de gares sont des voies de service affectées au stationnement du matériel roulant

Les lignes sont généralement classées en groupes ou en catégories suivant la valeur de leur trafic.

Groupe 1 : $T_f > 120.000$ tonnes

Groupe 2 : $120000 \geq T_f > 85000$ tonnes

Groupe 3 : $85000 \geq T_f > 50000$ tonnes

Groupe 4 : $50000 \geq T_f > 28000$ tonnes

Groupe 5 : $28000 \geq T_f > 14000$ tonnes

Groupe 6 : $14000 \geq T_f > 7000$ tonnes

Groupe 7 : $7000 \geq T_f > 3500$ tonnes

Groupe 8 : $3500 \geq T_f > 1500$ tonnes

Groupe 9 : $1500 \geq T_f$

I-8-PRESENTATION DU PROJET

I-8-1-Cadre de l'étude :

Notre projet porte sur une étude en **APD (avant-projet-Détaillé)** du contournement de la Ligne ferroviaire (**hassimesoude - Touggourt**) sur la ville de Ouargla.

Ce projet s'inscrit dans le cadre du plan directeur d'aménagement et d'urbanisation de la ville d'Ouargla.

La société Nationale des Transports Ferroviaires (**S.N.T.F**) a confié à **SETIRAIL (Société des Etudes Techniques et d'Ingénierie du Rail)** l'étude préliminaire du contournement et aménagement des installations ferroviaire de la ville de Ouargla (Ligne ferroviaire (HassiMesoud / Touggourt), actuellement c'est L'ANESRIF (**Agence Nationale d'Étude et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires**) qui est chargée de la direction des travaux.

Conformément aux études préliminaires, les alternatives possibles du tracé de la voie sont analysées, liées aux conditions territoriales, fonctionnelles, environnementales afin d'identifier le couloir dans la périphérie de la ville le plus approprié au nouveau tracé ferroviaire.

Le couloir choisi permet le contournement ferroviaire de la ville d'Ouargla par l'ouest comme il est représenté dans la page suivante.

I-8-2-Objectifs de l'étude

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

- desservir les villes de Touggourt et Hassimessaoud nouvelle ville et Hassimessaoud pôle pétrolière, en voie unique entre Touggourt et Hassimessaoud nouvelle ville, et en double voie entre Hassimessaoud nouvelle ville et le pôle pétrolière.
- cette ligne, objet de l'étude, fait partie des pénétrantes du nord algérien vers le sud algérien, se relie ainsi à la ligne ferroviaire qui vient de Biskra et fera partie de « la boucle du sud. »
- la ligne ferroviaire desservira la nouvelle ville de Hassimessaoud, qui a un projet de relocalisation de la ville actuelle et de nouveaux aménagements pour la ville de Ouargla.
- la ligne ferroviaire arrivera à son terminus au pôle pétrolier, permettant de desservir cette zone et d'approcher les travailleurs à leur lieu de travail.

I-8-3- Nécessité du tracé

Le tracé retenu à l'issue de l'étude préliminaire intitulé « tracé de base » est celui qui a été développé au stade de l'avant-projet sommaire APS.

Ce tracé situe dans le grand sud algérien en pleine zone désertique. Il prolonge la ligne ferroviaire existante « Constantine – Touggourt » jusqu'à la zone pétrolière de HassiMessaoud. La liaison ainsi établie permettra un transport fret de voyageurs depuis les grandes villes du nord et du centre du pays jusqu'à la zone de production pétrolière et gazière de HassiMessaoud.

CHAPITRE II ETUDE GEOMETRIQUE

II-1-Introduction

II-2-Terminologie

II-3-Règles à respecter dans le tracée en plan

II-4-Les Eléments Du Tracée En Plan

II-5-Paramètres De Conception De La Voie

II-8-Profil en travers

II-1-INTRODUCTION :

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

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de sécurité.

Le tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra définir et déterminer toutes les caractéristiques géométriques de la voie

Le tracé en plan sera étudié en fonction des données économiques qu'on peut recueillir.

II-2-TERMINOLOGIE

II-2-1-Courbes :

Par cette appellation, on désigne les courbes dans le plan ainsi que les éléments de transition qui y sont associés.

Sauf spécification contraire, les paramètres de la courbe sont définis par rapport à l'axe de la voie.

II-2-2-Pleine courbe :

Partie circulaire (rayon constant) d'une courbe.

II-2-3-Courbe à rayon multiples :

Courbe composée de plusieurs arcs de courbe de différent rayon, de même sens de courbure, généralement reliés par des RP (raccordements progressifs).

II-2-4-Courbure et flèche: La courbure est l'inverse du rayon en un point considéré.

La flèche est la distance entre le milieu d'un arc et le milieu de la corde (en principe d'une longueur de 20m) qui le sous-tend. La flèche est exprimée en mm Elle est représentative de la courbure de la voie.

Son expression pour une corde de 20 m est :

$$f = 50000/R$$

II-2-5-Contre-courbe

Une courbe est dite en contre-courbe par rapport à une courbe adjacente lorsqu'elle est de sens contraire.

Les deux courbes adjacentes sont généralement reliées par un RP d'inflexion.

II-2-6-Tracé sinueux :

Deux courbes successives de sens contraire très rapprochées constituent un tracé sinueux lorsqu'elles présentent le risque de provoquer un enchevêtrement de tampons.

II-2-7-Devers :

Le devers est la différence d'altitude entre les deux files de rails en un point de la voie. Une courbe est posée en devers lorsque la file de grand rayon (rail extérieur à la courbe) est surélevée par rapport à la file de petit rayon est surélevée par rapport à l'autre.

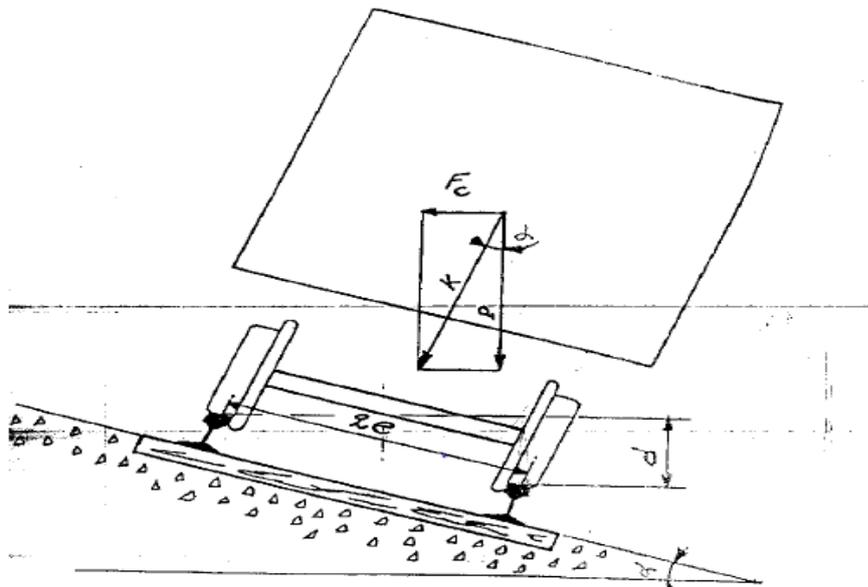


Figure N°II-3 Devers

II-2-8-Devers d'équilibre (d_v) :

Lorsque la vitesse d'un véhicule empruntant une courbe est telle que résultante du poids du véhicule et de la force centrifuge est perpendiculaire au plan de roulement, l'action de l'accélération transversale est entièrement compensée. Pour obtenir ces conditions, il est nécessaire de surélever la file du rail de grand rayon par rapport au niveau de l'autre, d'une voie appropriée. Cette valeur est appelée devers d'équilibre, il est exprimé en mm

II-2-9-Coefficient de dévers (C) :

Le coefficient de devers exprime la proportionnalité entre le devers prescrit et la courbure :

$$d_p = 1000 * C/R$$

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

Le coefficient de dévers est donné par la formule suivante :

$$C = 0.006 V^2$$

V : C'est la vitesse des trains rapides.

II-2-10-Devers prescrit (dp)

Le choix du devers à mettre en voie est un compromis, car il doit permettre la circulation, dans des conditions normale de sécurité et de confort, aussi bien des trains rapides de voyageurs que des trains lente de fret. Ce devers donné à la voie est appelé devers prescrit.

II-2-11-Théorique (dT)

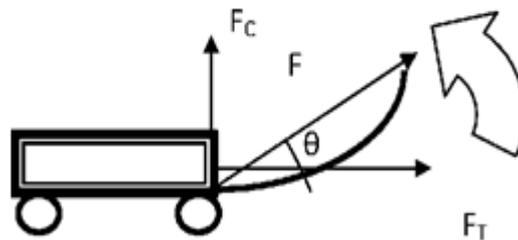
Lorsque la vitesse d'un véhicule empruntant une courbe est telle que la résultante du poids du véhicule et de la force centrifuge est perpendiculaire au plan de roulement, l'action de l'accélération transversale est entièrement compensée.

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

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

Pour une courbe de rayon «**R** et une vitesse du train **V**, la force centrifuge **F** est donnée par cette relation :

$$F = \frac{M \times V^2}{R}$$



$$\text{Tg } \theta = \frac{F}{P} = \frac{V^2}{R \times g} \quad (\theta \ll 0 \text{ donc } \sin(\theta) \approx 0)$$

$$\text{On a } d = e \cdot \sin \theta = e \times \text{Tg } \theta = e \times \frac{V^2}{R \cdot g}$$

Pour $e=1.5\text{m}$, $g=9.81\text{m/s}^2$

Donc la valeur du dévers théorique est donné par cette relation

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

Avec (d : en mm, R : en m et V : en Km/h).

II-2-12-Insuffisance de devers (I) :

Lorsque la vitesse d'un véhicule empruntant une courbe est élevée que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers prescrit, ce véhicule est soumis à une force centrifuge non compensée. Le dévers de la voie est donc insuffisant et la résultante des forces se déplace vers l'extérieur de la courbe. On appelle insuffisance de devers (exprimée en mm) la différence entre le dévers d'équilibre est le dévers prescrit.

II-2-13-Excès de devers (E) :

Lorsque la vitesse d'un véhicule en courbe est plus faible que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers prescrit, ce véhicule est soumis à une force centripète non compensée. Le dévers de la voie est donc excessif et la résultante des forces se déplace vers l'intérieure de la courbe. On appelle excès de devers (exprime en mm) La différence entre le dévers prescrit et le dévers d'équilibre.

II-2-14-Raccordement progressif (RP) :

C'est une courbe à rayon variable assurant la transition entre un alignement et une pleine courbe ou entre deux courbes circulaires de rayon différentes. La clothoïde, ou son approximation la parabole cubique (dite de nord Ling), présente une variation uniforme de la courbure et donc de la flèche. En générale, du fait de la proportionnalité devers/courbure, La variation de dévers est elle aussi uniforme.

L'origine du raccordement progressif (ORP) est l'extrémité du RP coté alignement. La fin du raccordement progressif (FRP) est l'extrémité du RP coté pleine courbe. Dans le cas d'un RP entre deux courbes, l'ORP est l'extrémité du RP du côté du plus grand rayon et la FRP, l'extrémité du RP du côté du plus petit rayon.

ORP : origine de raccordement progressif.

FRP : fin du raccordement progressif.

II-2-15-Raccordement progressif d'inflexion :

C'est un RP unique reliant une courbe à une contre-courbe avec une variation constante des flèches et des dévers entre les deux pleines courbes.

II-2-16-Variation de dévers (Ad/AI) :

Taux exprimé en mm/m suivant lequel le dévers augmente ou diminue par unité de longueur.

II-2-17-Variation d'insuffisance de devers (AI/At) :

Taux exprimé en mm/s suivant lequel l'insuffisance de dévers applique à une circulation circulant à une vitesse donnée augmente ou diminue par unité de temps.

II-2-18-Doucines :

Au changement de pente du rail haute entre un raccordement progressif et un élément de trace constante (alignement ou pleine courbe), le véhicule subit une accélération du mouvement de roulis.

Pour limiter cette accélération, il est nécessaire d'introduire un raccordement circulaire entre les pentes du rail haut centré sur le point de rupture de pente (ORP et FRP) Du fait de la proportionnalité dévers/courbure, ce raccord se traduit dans le diagramme des flèches par des arrondis appelés doucines.

II-3-Règles à respecter dans le tracée en plan

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans les fiches UIC, Il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes.

L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.

- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- Eviter au maximum les propriétés privées
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.

- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques. ^ Essayer d'utiliser le maximum d'alignement,
- Eviter les terrains très plastiques

II-4-LES ELEMENTS DU TRACEE EN PLAN EN PLAN

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous :

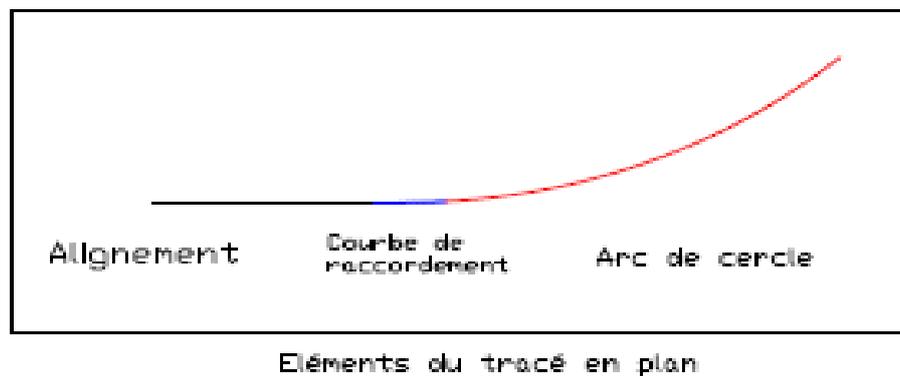


Figure N°II-4Elément Du Trace En Plan

II-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.

II-4-2-L'arc de cercle

Le raccordement entre les alignements se fait avec les raccordements circulaires. La valeur du rayon de raccordement est 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 de ne pas déraper.

II-4-3-La courbe de raccordement

Le raccordement entre l'alignement droit et le cercle de raccordement doit être fait avec des courbes de raccordement progressives.

La courbe de raccordement la plus utilisée est la clothoïde dont la courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne ; dont sa nomination comme courbe curviligne.

On utilise ce type de raccordement afin de :

- Introduire progressivement le dévers.
- Concevoir un tracé esthétiquement satisfaisant.
- Respecter les conditions du confort et de sécurité.

II-5-Paramètre De Conception De La Voie

Ces paramètres, pour lesquels le respect des valeurs exceptionnelles garantit la sécurité, sont les suivants :

- Le rayon de la courbe,
- La variation de courbure,
- Le dévers et le taux de variation de dévers.
- Les différentes valeurs limites mentionnées découlent des caractéristiques de l'armement de la voie, de son état et de sa géométrie, ainsi que de celles du matériel roulant, de sa charge à l'essieu et de sa vitesse.
- Elles s'appliquent à la conception d'une voie d'armement moderne.

II-5-1-Autres paramètres:

Les paramètres suivants jouent un rôle important en matière de confort et de coût de maintenance :

Excès de dévers

Variation de l'insuffisance de dévers,

Longueur des éléments du tracé

II-5-2-La longueur minimale des éléments du tracé :

Afin de ne pas engendrer de sollicitations des véhicules défavorables au confort d'une part et de pouvoir les maintenir par bourrage dressage mécanique lourd d'autre part, les éléments de tracé doivent être d'une longueur suffisante.

II-5-3-Courbe avec RP sans doucine :

Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes doivent, dans ce cas respecter les valeurs du tableau suivant :

Valeur limite normale	V/3
Valeur limite exceptionnelle	V/5

Alors : la longueur minimale des RP est de 30m.

II-5-4-Rayon minimal :

La valeur minimale normale du rayon en voie principale est de 200m. Dans des situations particulièrement contraignantes, le rayon limite exceptionnel peut être abaissé jusqu'à 150m moyennant l'adoption de dispositions particulières éventuelles (pose de contre-rail, graissage des rails, suivi particulier de la géométrie,...). Ces cas doivent faire l'objet d'études dans le cadre de l'installation d'une demande de dérogation.

II-5-5-Application pour notre projet

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

- Vitesse des trains rapides **$V_R = 160 \text{ Km/h}$** .
- Vitesse des trains de marchandises **$V_L = 80 \text{ Km/h}$** .

Voici la fiche (**UIC 703 R**) pour la vitesse maximale de **160 Km/h** :

Tableau N°II-1 : représente la fiche (UIC703 R pour la vitesse maximale de 160 km/h)

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

II-6-Calcul D'axe :

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.

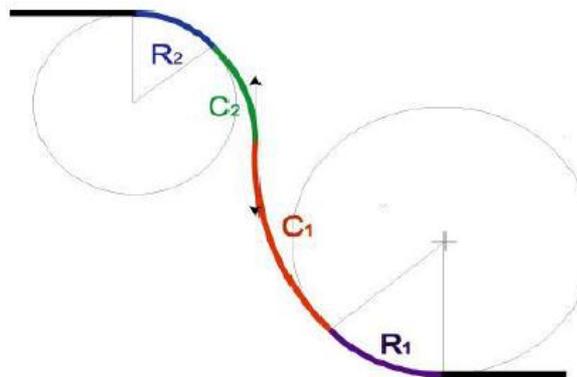


Figure N°II-6 Courbe en S

II-6-1-2-Courbe à sommet

Une courbe constituée de deux arcs clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements

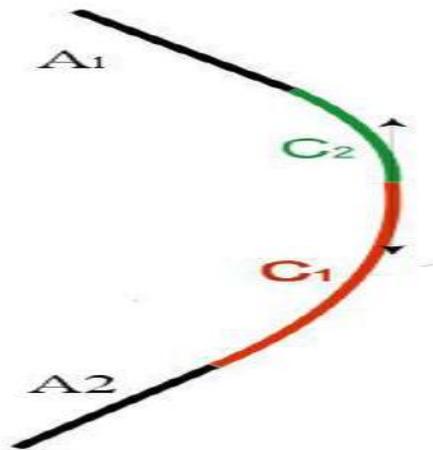


Figure N°II-7 Courbe à sommet

II-6-1-3-Courbe en C

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.

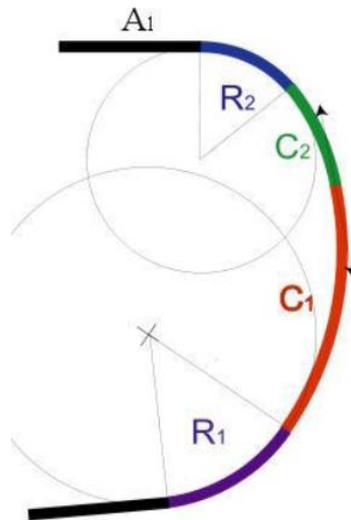


Figure N°II-8 Courbe en C

II-6-1-4-Courbe en ove

Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.

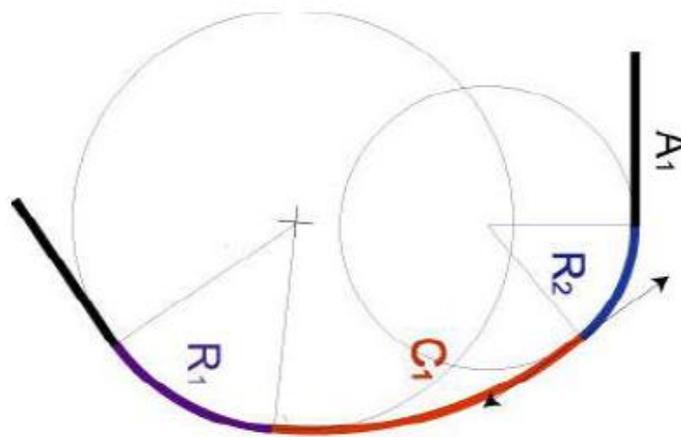


Figure N°II-9 Courbe en ove

Pour notre projet on a l'axe en plan est un alignement droit de pk 95100 m jusqu' à pk 100600 m

II-7-PROFIL EN LONG

II-7-1-Définition

II-7-1-1-Profil en long du terrain naturel : c'est la coupe longitudinale du terrain le long du tracé en plan. Ce profil va être le support pour le profil en long.

II-7-1-2-Profil en long : Est l'ensemble d'alignements (paliers) et de courbes (pentes ou rampes) qui représentent la ligne rouge. Cette ligne doit respecter les conditions suivantes :

- Se raccorder au réseau existant et aux points à passage obligé.
- Respecté la déclivité maximale qui est de 16‰.
- Le rayon minimum en profil en long est de $R_{vmin} = 0.35 V_{Ret}^2$ cela pour limiter l'accélération verticale ($R_{vmin} = 8\ 960\ m$) la SNTF recommande un rayon de 10 000 m.
- Minimiser les quantités de déblai et remblai et les équilibrés.
- Eviter les angles rentrants en déblais pour assurer l'évacuation des eaux.
- Assuré la coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Respecté la distance entre les sommets qui est de 800m.

II-7-2-Eléments géométriques du profil en long

II-7-2-1-Pente : C'est la partie du tracé qui donne le sens de la ligne rouge qui est en descente.

II-7-2-2-Rampe : C'est la partie du tracé qui définit la montée.

Ces deux éléments géométriques doivent assurer une variation d'altitude qui ne dépasse pas 16 pour mille maximum.

II-7-2-1-Pallier : c'est la partie de la ligne rouge qui se trouve en horizontale.

Courbe de raccordement verticale : c'est des arcs de cercle qui assurent la liaison entre deux éléments de la ligne rouge.

Ces différents éléments sont représentés dans la figure suivante :

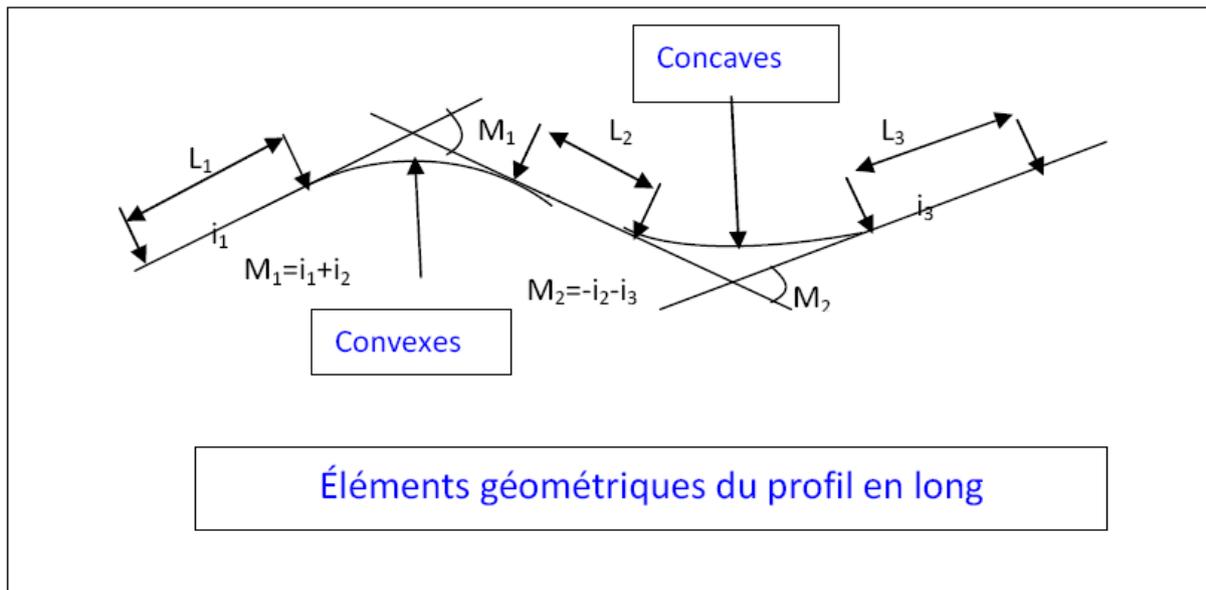


Figure N°II-10 Élément Géométrique Du Profil En Long

II-7-3-Coordination du tracé en plan et du profil en long

Il est nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long (en tenant compte également de l'implantation des points d'échanges) afin :

- D'assurer de bonnes conditions générales de sécurité,
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (changement de voie ; appareil de voie) qui sont placées en palier,
- De prévoir, de loin, l'évolution du tracé.

II-7-4-Trace de ligne rouge ou ligne du projet :

La trace de la ligne rouge doit reprendre à plusieurs conditions concernant le confort, la sécurité, l'évacuation des eaux pluviales et l'économie et pour cela il faut respecter les règles suivantes:

- Il faut respecter les valeurs des paramètres géométriques et les rayons préconisés par les règlements
- Le rayon minimum en profil en long est de $R = 0.35 V_r^2$
- Assurer si possible un palier de 350 à 400m de part et d'autre de la gare
- La déclivité maximale est de 16‰ (exceptionnelle 18‰), au niveau des gares elle est de 00%

- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nuls dans une pente du profil en long et éviter les angles rentrants en déblai
- Minimiser les quantités de déblai et remblai
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Pour une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, ne pas placée une courbe verticale sur une autre horizontale.

II-7-5-Raccordement En Profil En Long :

Le raccordement se fait par une courbe circulaire, l'équation d'un cercle est : $X^2 + (Y - R)^2 = R^2$ ou encore de la forme : $X^2 + Y^2 - RY = 0$

Mais pour un grand rayon ($R = 4000\text{m}$) la variation de l'ordonnée Y sur cet arc est négligeable devant l'abscisse X , surtout lorsque il s'agit d'un carré ($y = 0$) d'où on obtiendra une équation de parabole $Y = X^2/2R$ d'où l'arc de cercle s'assimile à celui d'une parabole.

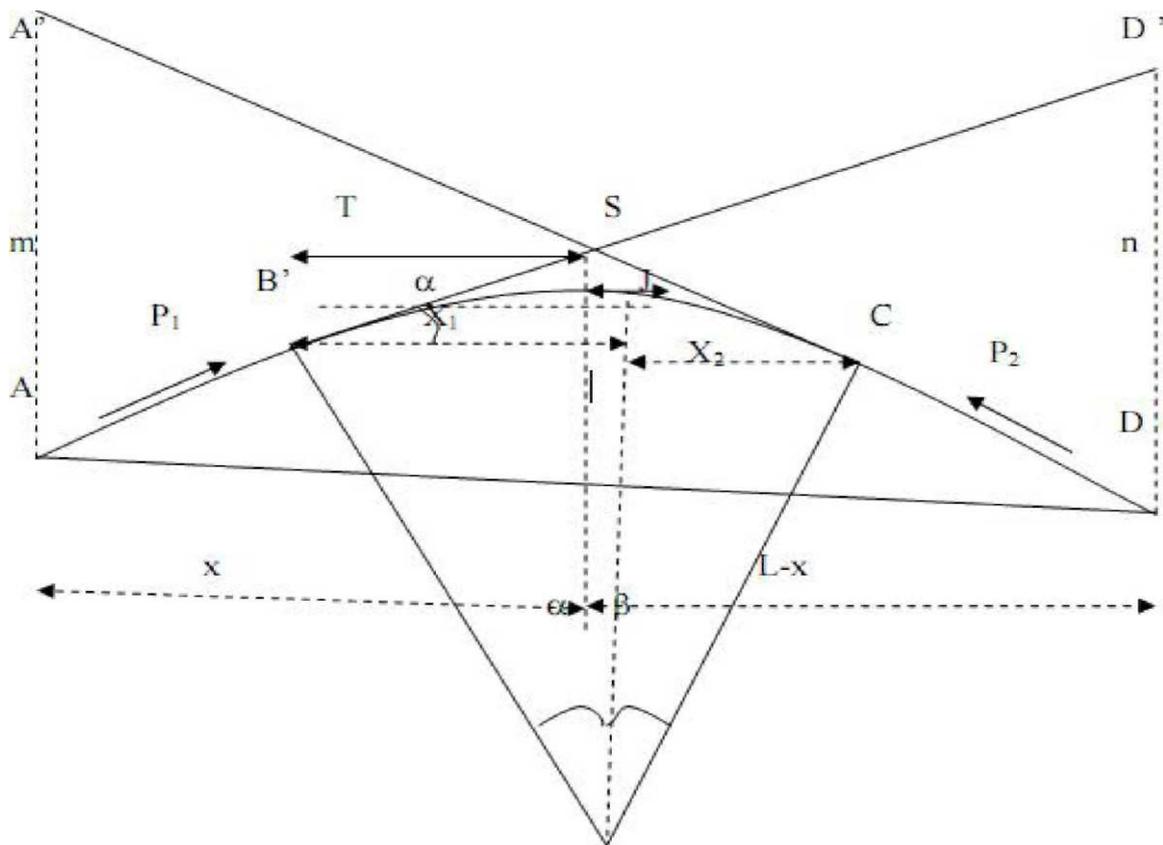


Figure N°II-11 représente le raccorderment du profil en long

➤ **Calcul des pentes**

$$P1 = \frac{\Delta Z1}{\Delta S1}$$

$$P2 = \frac{\Delta Z2}{\Delta S2}$$

➤ **Détermination de la position du point de rencontre (s)**

On a:

$$Z_A = Z_{D'} + L p2, \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_D = Z_{A'} + L p1, \quad n = Z_D - Z_{D'}$$

Les deux triangles A'SA et SDD' sont semblables donc : $m/n = x / (L-x) \Rightarrow x = m \cdot L / (n + m)$

$$S \begin{cases} X_S = X + X_A \\ Z_S = P1 X + Z_A \end{cases}$$

➤ **Calcul des tangentes**

$$T = \frac{R}{2}(P1 \pm P2)$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes B et C.

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T p1 \end{cases} \quad C \begin{cases} X_c = X_S + T \\ Z_c = Z_S + T p2 \end{cases}$$

➤ **Projection horizontale de la longueur de raccordement : LR=2T**

➤ **Calcul des flèches**

$$F=T^2/2R$$

- **Calcul de La Cote Du Point Au Milieu De Raccordement Parabolique**

$$ZG=ZE-F$$

- **Calcul des points kilométriques et des points du début et de la fin de raccordement parabolique**

$$PK_A=PK_E-T \quad PK_B=PK_E+T$$

$$Z_B=Z_E+P_2 \cdot T \quad Z_A=Z_E-P_1 \cdot T$$

- **Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T) :**

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

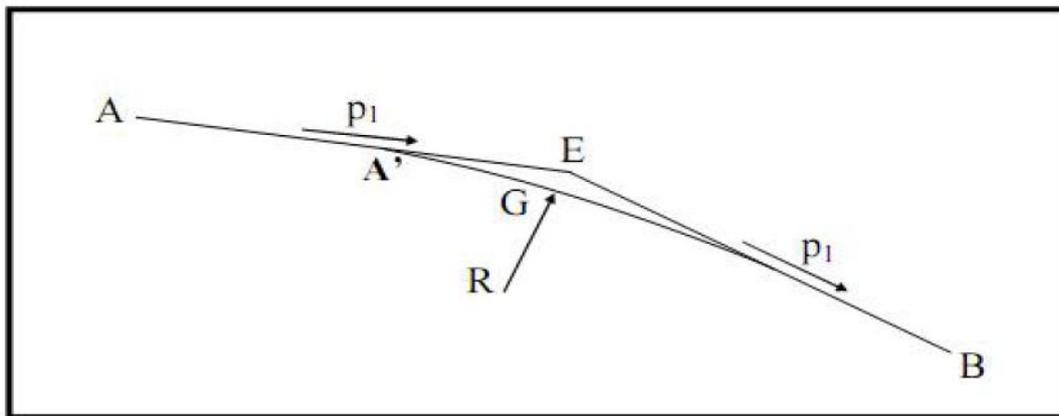
$$X_1=R \cdot p_1$$

$$X_2=R \cdot p_2$$

$$J \begin{cases} X_J = X_B - R \cdot p_1 \\ Z_J = Z_B + X_1 \cdot p_1 - X_1^2 / 2R \end{cases}$$

Dans le cas des pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J (A) et J (D).

II-7-6-Exemple de calcul de profil en long :



A	$S=100409.7\text{m}$ $Z=130.932\text{m}$	E	$S=100551.316\text{m}$ $Z=132.043\text{m}$	B	$S=101344.814\text{m}$ $Z=131.185\text{m}$
---	---	---	---	---	---

$R=18000\text{m}$

Soit à calculer les caractéristiques du profil en long du sommet :

➤ Calcul des pentes

$$P1 = \frac{\Delta Z1}{\Delta S1} = \frac{132.043 - 130.932}{100551.316 - 100409.7} = 7.845\text{‰}$$

$$P2 = \frac{\Delta Z2}{\Delta S2} = \frac{131.185 - 132.043}{101344.814 - 100551.316} = 1.081\text{‰}$$

➤ Calcul des tangentes T :

$$T = \frac{R \times (P1 \pm P2)}{2} = \frac{(7.845 - 1.081) \times 18000 \times 0.001}{2} = 60.876 \text{ m}$$

➤ Calcul de la flèche F :

$$F = \frac{T^2}{2 \times R} = \frac{(60.876)^2}{2 \times 18000} = 0.103\text{m}$$

➤ Calcul de la côte du point au milieu de raccordement parabolique :

$$Z_G = Z_B - F = 132.043 - 0.103 = 131.94 \text{ m}$$

➤ Calcul des Pk et des points du début et de la fin de raccordement parabolique :

$$Pk_{A'} = Pk_E - T = 100551.316 - 60.876 = 100490.44 \text{ m}$$

$$Z_{A'} = Z_E - P1 \times T = 132.043 - 0.007845 \times 60.876 = 131.5654 \text{ m}$$

Donc

$$Pk_{A'} = 100490.44 \text{ m}$$

$$Z_A = 131.5654 \text{ m}$$

$$Pk_{B'} = Pk_E + T = 100551.316 + 60.876 = 100612.192 \text{ m}$$

$$Z_{B'} = Z_E + P_2 \times T = 132.043 + 0.001081 \times 60.876 = 132.108 \text{ m}$$

Donc

$$Pk_{B'} = 100612.192 \text{ m}$$

$$Z_{B'} = 132.108 \text{ m}$$

II-8-PROFIL EN TRAVERS

II-8-1-Définition

Le profil en travers d'une voie ferrée est la coupe transversale de cette voie suivant un plan Vertical perpendiculaire à l'axe de cette dernière.

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

On distingue deux types de profil :

- Profil en travers type.
- Profil en travers courant.

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des Distances régulières (10, 15, 20,25m), qui servent à calculer les cubatures.

II-8-2-Constituants du profil en travers type

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

II-8-2-1-Eléments de superstructure :

- Le type de rail utilisé.
- La valeur de l'écartement de la voie.
- La distance entre les axes (cas de plusieurs voies), pour notre projet on a une seule voie.
- Le type de traverse utilisé.
- Poteaux caténares et caniveaux à câbles (pour les voies électrifiées).
- La valeur de devers en courbe (maximum).
- L'épaisseur de la couche de ballast.
- La longueur de repoussées de ballast.

II-8-2-2-Eléments d'infrastructures :

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

II-8-2-3-Eléments du talus (remblai ou déblai) :

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

II-8-2-4-Eléments d'assainissement :

- Type et dimensions des fossés (assainissement longitudinale).

II-8-2-5-Eléments de protection de la voie :

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

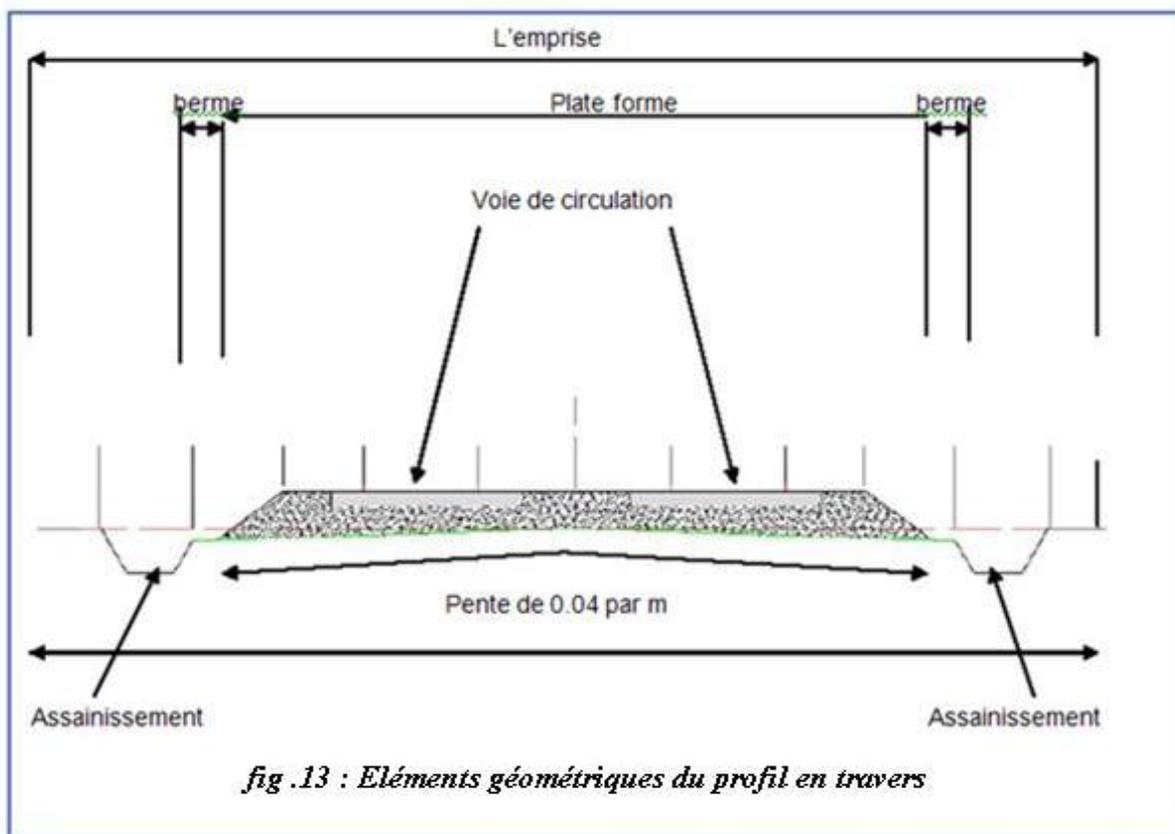


Figure N°II-12 : élément géométrique du profile en travers

II-8-3-STRUCTURE DE LA VOIE FERREE:

II-8-3-1-Introduction

La structure d'assises ou l'infrastructure de la voie est le soubassement d'une voie, en d'autre terme, c'est la partie inférieure sur laquelle cette voie repose. Elle sert à répartir sur la plate-forme, les charges exercées par les traverses et amortir les vibrations de la superstructure, de plus elle contribue aux stabilisations longitudinales et latérales de la voie. Elle permet donc pour une large part d'assurer par sa nature et son épaisseur le bon comportement de la voie ferrée du point de vue rigidité, tenue et drainage.

II-8-3-2-Les différentes couches d'assise

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

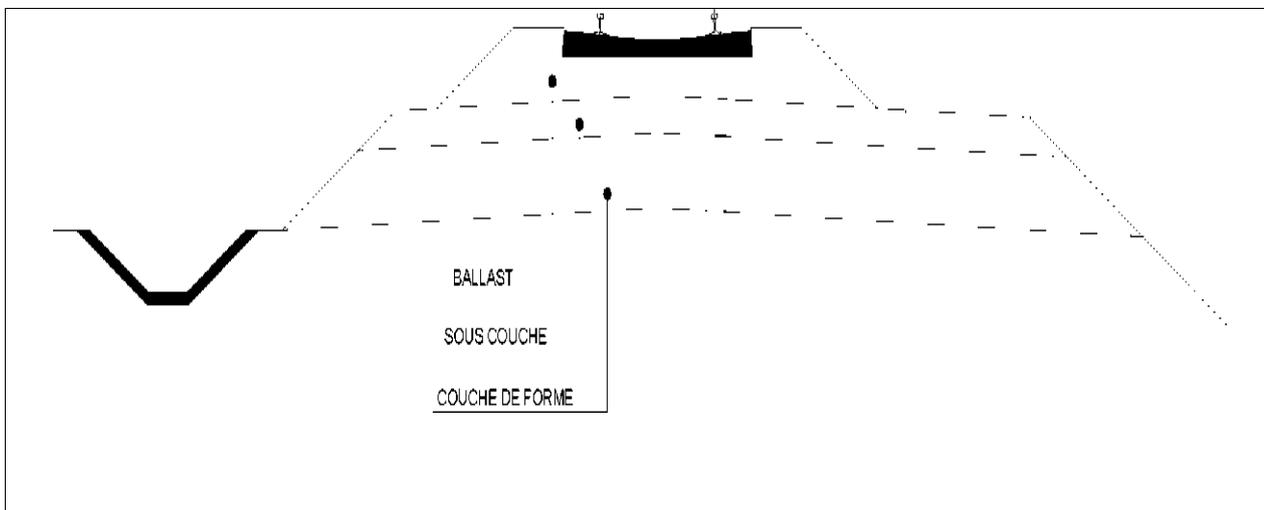


Figure N°II-13 Les différentes couches d'assise

II-8-3-2-1-La couche de ballast

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

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

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

II-8-3-2-1-1-Caractéristique du ballast

II-8-3-2-1-1-1-Caractéristique physique

- **Granulométrie** : on utilise en Algérie actuellement la classe 25/50 mm (selon SNTF).
- **Forme de granulats (Angularité et rugosité)** : Avoir des arêtes vives et des surfaces rugueuses pour permettre la cohésion de la masse et assurer par le frottement Ballast/traverse le bon maintien en place de ces derniers.
- **Homogénéité des granulats** : Un ballast hétérogène (âge et dureté différente) s'altère très rapidement.
- **Propreté des granulats** : le ballast doit être exempt des éléments fins et débris.
- **Perméabilité** : Assurer le bon écoulement de l'eau de pluie.
- **Densité** : Afin de mieux lester la voie et résister aux différents efforts auxquels elle est soumise.

II-8-3-2-1-1-2-Caractéristiques mécaniques

- **Résistance à l'attrition** : sous l'effet des charges concentrées et des vibrations, les granulats du ballast subissent une usure par frottement aux points de contact entre eux, l'essai qui caractérise la résistance à l'attrition est appelé **L'essai DEVAL** (Effectué d'une part à l'état sec '**DS**' et d'autre part à l'état humide '**DH**').

Ballast :

- DS > 14 (pierres durs) et DH > 6 (selon document SNTF)
- DS > 12 (Pierres carbonatées)
- **Résistance aux chocs** : sous l'effet de contraintes transmises au ballast, il se produit un frottement des granulats entre eux, et des chocs engendrés par les traverses et les bourroirs, donc pour mesurer la résistance combinée à la fragmentation par chocs et

l'usure par frottement réciproque des granulats on réalise l'essai **LOS ANGELES**. Pour un ballast acceptable le coefficient '**LA**' doit être inférieur à **25%**.

- **La dureté** : Afin de résister aux efforts reçus ainsi qu'à l'usure par abrasion du fait de vibrations engendrées par les charges roulantes. Elle est mesurée par une évaluation statique du double aspect de la résistance à l'attrition et aux chocs, elle est exprimée par le coefficient de la dureté relative globale '**DRG**', (il varie selon la nature des traverses et du trafic).

Pour le cas de notre projet, on a **DRG > 17** (selon les normes **UIC** concernant la dureté globale exigé pour le ballast).

- **Résistance à la compression** : les contraintes verticales transmises au ballast peuvent lui provoquer des ruptures, en effet, les granulats doivent présenter une résistance à la compression suffisante, elle est mesurée à partir d'un essai en laboratoire, en Algérie (**RC > 14 KN/cm²**, Document SNTF).



Figure N° II-13 rail travers et ballaste

II-8-3-2-1-1-3-Effet du sable sur le ballast

Dans les zones désertiques (cas de notre projet), le sable influence négativement sur le ballast, sous l'effet du vent et du déplacement des dunes de sable, ce dernier introduit facilement dans les cavités de la couche du ballast, ceux qui résultent :

- Diminuer la perméabilité de la couche de ballast.
- Chute de la portance de la couche de ballast due aux grains de sables qui se trouvent entre les granulats de ballast et qui causent le glissement de ces derniers.

Pour affronter ça, l'intervention humaine est nécessaire pour le nettoyage de la couche de ballast, on intervient aussi par la réalisation des écrans protecteurs (arbres naturelles, mur de soutènement,...etc.).

II-8-3-2-2-La sous-couche

Elle comprend, du haut vers le bas, une couche sous-ballast (en grave graduée 0/31,5 mm), une couche de fondation (en grave compactée a 100% OPN mais cela n'est pas nécessaire pour les meilleurs sols) et, s'il y a lieu une couche anti contaminante (en sable propre et éventuellement complétée par une feuille géotextile). Les rôles de la sous-couche sont 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.

La sous-couche est pentée transversalement (en toit ou en pente unique) vers des dispositifs longitudinaux d'assainissement (déblais) ou vers l'extérieur de plateforme (remblais). La pente transversale minimale est de l'ordre de 4 %. Dans les zones de voies à fort dévers, on peut être amené à prévoir une pente transversale unique de la sous-couche pouvant aller jusqu'à 8 %.

II-8-3-2-2-1-Constitution de la sous-couche

II-8-3-2-2-1-1-Sous-ballast

Est une couche en grave propre bien graduée 0/31,5 mm comportant au moins 30 % de concassé, compacté a 100 % OPN et ayant une DRG > 12. Cette couche existe dans tous les cas, même sur les plateformes rocheuses où elle sert de couche d'égalisation et où elle contribue à réduire la raideur de l'assise.

II-8-3-2-2-1-2-Couche de fondation

Est une couche en grave propre bien graduée, compactée à 100 % OPN, et d'une épaisseur de 15 cm minimum, la DRG exigé est > 10 . Cette couche permet la circulation des engins de chantier (la couche «sous-ballast» étant mise en œuvre en fin de chantier, lorsque les travaux de terrassement proprement dit sont tous achevés).

S'il y a lieu une couche anti contaminant en sable moyen propre d'une épaisseur minimale de 15 cm, elles sont complétées en outre par une feuille de feutre synthétique (Géotextile).

II-8-3-2-2-1-3-Couche de forme

Elle est située sur la plate-forme dont la partie supérieure est appelée la couche de forme et qui est inclinée conformément à la sous-couche (**4 % pour notre projet**), 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.

II-8-3-3-Les traverses:

Constituent les points d'appui du rail ; elles maintiennent l'écartement et la rigidité de la voie et répartissent la pression des charges roulantes sur le ballast.

Dans la voie posée sur **longrines Laval**, la longrine proprement dite constitue le point d'appui du rail et répartit la pression des charges roulantes sur le ballast ; l'entretoise maintient l'écartement et la rigidité de la voie.

Les traverses peuvent être en bois, en acier, ou en béton armé.

Les longrines sont en bois ou en béton armé.

Les blochets peuvent être en bois ou en béton armé.

On distingue trois types de traverses :

Les traverses en bois : ils assurent la souplesse et l'isolement élastique, néanmoins, leur inconvénient est celui de la sensibilité aux attaques atmosphériques, ainsi des frais d'entretien assez important.

Les traverses métalliques : elles ont une forme d'U renversé, leurs extrémités sont enfoncées dans le ballast pour empêcher tout déplacement, vu leur légèreté elles sont faciles à poser,

cependant, elles sont bruyantes et conductrices d'électricité, donc nécessitent des dispositifs d'isolement couteux.

Les traverses en béton armé : les premiers types de traverses en béton armé étaient des traverses monoblocs (poutres), présentaient en outre l'inconvénient d'une masse très élevée de l'ordre de 300 à 350 Kg, la faible résistance à la fatigue qui se traduit dans la partie centrale, en effet pour transmettre les efforts du rail au ballast il n'est utile de disposer de matière que dans le volume compris entre la surface d'appui du rail sur la traverse et la surface d'appui de celle-ci sur la ballast. Il suffit donc de disposer, sous chaque file, d'un blochet protégé du contact direct du rail par une semelle en caoutchouc ou en bois comprimé. Quant à la fonction écartement, qui ne met en jeu que des efforts de flexion, elle est assurée par un fer U en acier doux entrecroisant les deux blochets, en effet, la traverse bi-bloc est le type convient aux LRS.



Figure N°II-14 : Traverse en Bois Figure N° II-15 : Traverse en béton

Pour notre projet on utilise le profilé UIC60 posé sur un bi-bloc en béton dont la représentation schématique suivante :

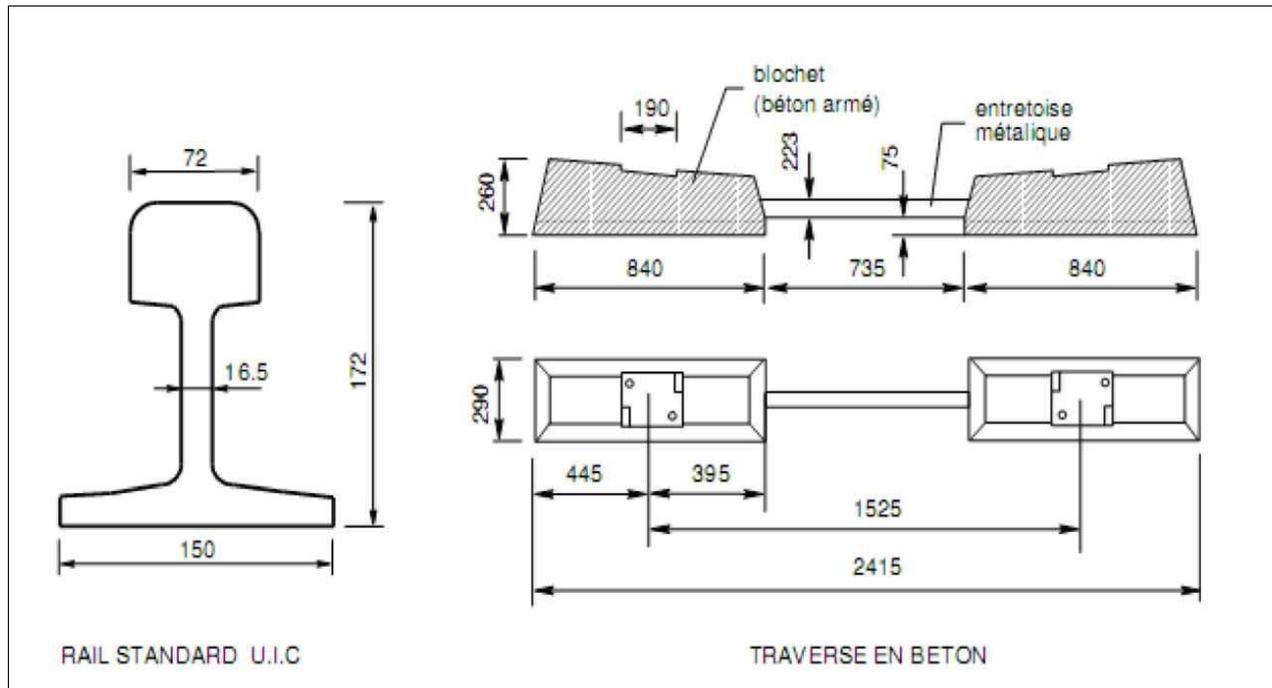


Figure N°II-16 Les Travers En Béton

II-8-3-4-Les rails :

Les rails sont des barres d'acier profilées, mises bout à bout et posées sur les traverses en deux lignes parallèles afin de constituer la voie ferrée.

Ils servent au guidage des roues des convois, à la transmission des informations nécessaires à la bonne marche du train et au retour du courant de traction.

Le rail est une barre d'acier en trois parties ; la table de roulement est la face supérieure du champignon permettant le roulement de la roue

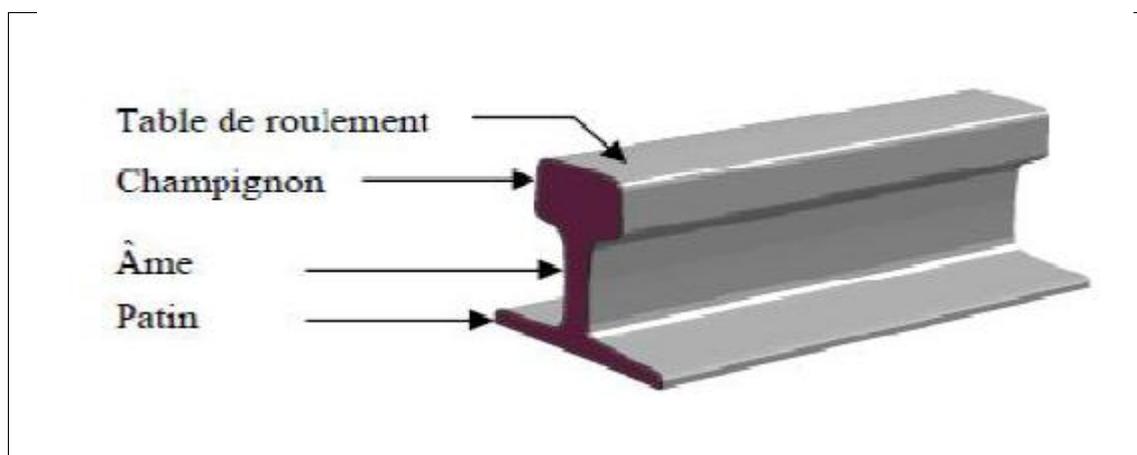


Figure N°II-17 : Composition du rail

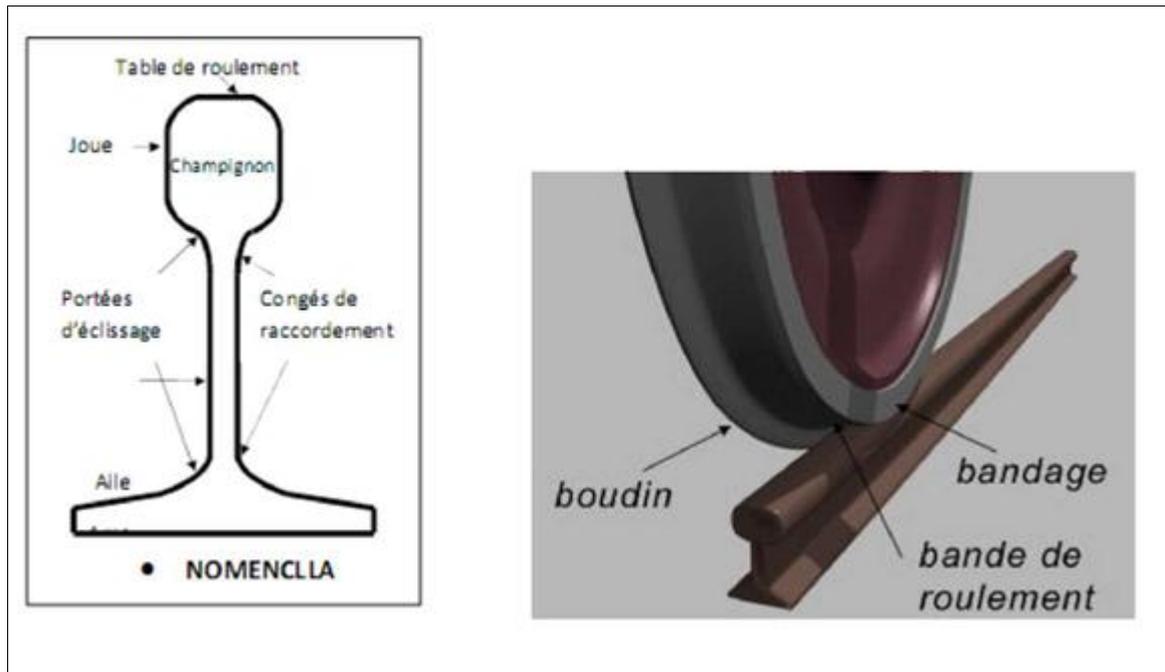


Figure N°II-18 : Schéma d'un profil rail

Figure N°II-19: Contact roue – rail

II-8-3-5-Les longs rails soudés (LRS)

II-8-3-5-1-Définition et conception

Le long rail soudé est un rail dont la longueur est suffisante pour , au moins, qu'un de ses points reste fixe, quelles que soient les variations de température, il est en état de dilatation ou de contraction totalement ou partiellement contrariée, ce qui n'est pas possible que par suite du double frottement entre rail et traverse et entre traverse et ballast.

Les variations de température engendrent des contraintes supplémentaires dans les rails, et les variations de longueur des rails ne peuvent se manifester qu'aux extrémités.

Bien entendu, il est nécessaire que la fixation du rail sur les traverses soit efficace (Résistance au glissement) et que la résistance longitudinale et transversale ainsi que la rigidité du châssis de la voie dans le ballast soient suffisantes.

Les LRS sont désormais largement utilisés dans la plupart des réseaux ferroviaires étant donné que les coûts de construction d'une voie en LRS sont approximativement les mêmes que ceux d'une voie en barres normales. Les LRS offrent toutefois de grands avantages techniques, écologiques et économiques et permettent une importante réduction des coûts de maintenance.

❖ Remarque

On ne doit pas réaliser en LRS sur les zones instables (argile, remblai non compacts, etc.) les LRS seront interrompus et remplacés par rails posés à joint éclissés.

II-8-3-5-2-Avantages et inconvénient des LRS

- Suppression de l'éclissage boulonné,
- Réduction des dépenses d'entretien,
- Réduction des défauts et avaries de rails,
- Amélioration du confort,
- Réduction de l'usure de la superstructure et des véhicules,
- Réduction des dépenses énergétiques de traction,
- Une mécanisation plus facile de la pose et de la maintenance de la voie,
- Une réduction du bruit et les émissions sonores.

L'ensemble de ces caractéristiques permet d'obtenir, avec une voie en LRS, des coûts de cycle de vie plus faible qu'avec une voie en barres normales.

Toutefois les LRS présentent aussi des **inconvénients** dans l'entretien et la technique de pose puisque il faut contrôler couramment les différents aspects qui peuvent nuire aux rails comme :

- Imperfections initiales ; défaut de la soudure et de construction,
- Efforts longitudinaux importants.
- Résistance latérale affaiblie et d'autre cause font apparaître des défauts de dressage latéraux.
- glissement latéral et flambage de la voie.
- Et pour lutter contre ces phénomènes il faut : suivre les différentes opérations de maintenance pour chaque type de LRS décrit dans la fiche UIC 720 et ses recommandations qui sont la technique de pose, la technique de soudure et la maintenance des LRS.

II-8-3-5-3-la soudure des rails**II-8-3-5-3-1-Soudure électrique par étincelage**

(Métal chauffé par effet joule avec forte intensité 50.000 ampères sous 8 volts et par arcs électriques éclatant entre 2 extrémités rapprochées).

II-8-3-5-3-2-Soudure aluminothermique

La soudure par aluminothermie, est aujourd'hui, la seule technique opérationnelle permettant de réaliser sur site, toutes les soudures de rails nécessaire aux opérations de pose et de maintenance de la voie et des appareils de voie.

Coulée entre les abouts des rails à souder du fer liquide obtenu par la réaction : $Fe_2O_3 + Al \rightarrow Al_2O_3 + Fe + Q_{cal}$

Après avoir aligné soigneusement les rails en ménageant entre les abouts un intervalle de 14 à 24mm environ, on place un moule en sable, on chauffe pour porter les abouts au rouge et sécher le sable. La réaction s'amorce, l'acier fondu tombe au fond du creuset et coule dans le moule, l'alumine surnageant.

II-8-3-5-4-Les plans de pose

L'assemblage des constituants obéit aux considérations suivantes : Nombre de traverses au kilomètre - Travelage

La rigidité de la voie ferrée augmente avec le nombre de traverses au kilomètre. L'augmentation des charges par essieu et des vitesses nécessite donc une augmentation du travelage.

En augmentant le nombre des traverses on augmente le nombre des appuis de la voie.

En matière d'armement de voie la ligne de conduite actuelle du réseau est la suivante :

Pour l'ensemble des nouvelles voies principales à poser, ou à renouveler on utilise en général la traverse en béton armé à attaches élastiques avec des longs rails soudés. La longueur des L.R.S. initialement prévue de 800 à 1.200m a été considérablement augmentée pour atteindre des longueurs de l'ordre d'une dizaine de kilomètres.

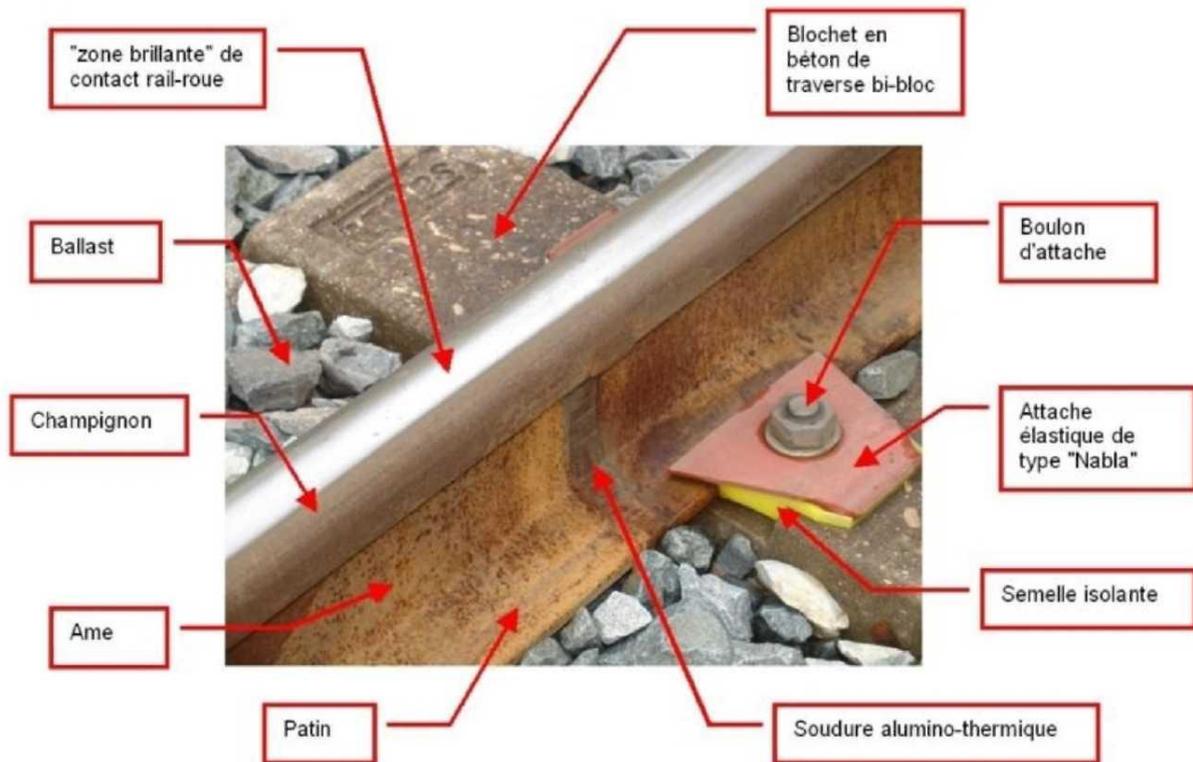


Figure N°II-20: Constituant du rail

II-8-3-5-5-Écartements

L'écartement de la voie normale (1.435) a été déterminé pour la première fois en ANGLETERRE ; il a varié depuis dans d'assez faibles proportions.

L'établissement de ces normes découle des considérations suivantes, en alignement, l'écartement doit être aussi faible que possible, de manière à réduire l'amplitude des mouvements de lacet - en courbe l'écartement est augmenté pour permettre l'inscription des véhicules.

Sur les voies en exploitation l'écartement doit toujours demeurer compris entre 1,432 et 1,470m qui sont des limites de sécurité. Et en Algérie on utilise un écartement de 1,435m recommandé.

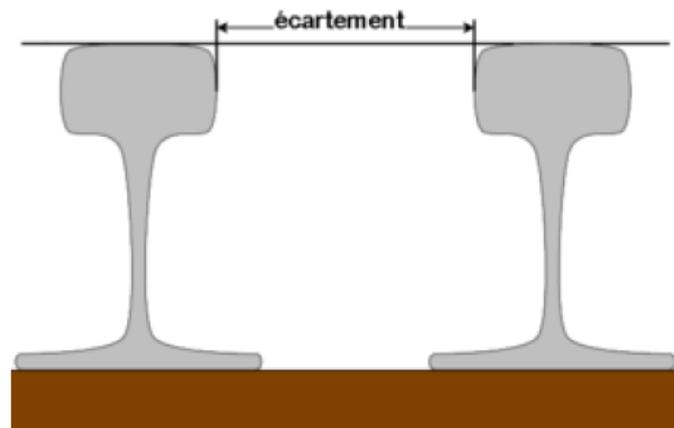


Figure N° II-21 : Ecartement

II-8-3-5-6-Inclinaison des rails

Les rails sont posés avec une inclinaison de 1/20 sur l'horizontale.

Cette inclinaison assure un meilleur guidage des essieux et à tendance à ramener constamment les véhicules dans l'axe de la voie. Jointe à la conicité des bandages, elle supprime partiellement les broutements dus au franchissement des courbes sans différentiel.

L'inclinaison est donnée au moment de l'entaillage sur traverses bois - à la fabrication sur traverses métalliques ou en béton armé par les entretoises sur les longrines Laval.

II-8-3-6-L'appareille de voie :

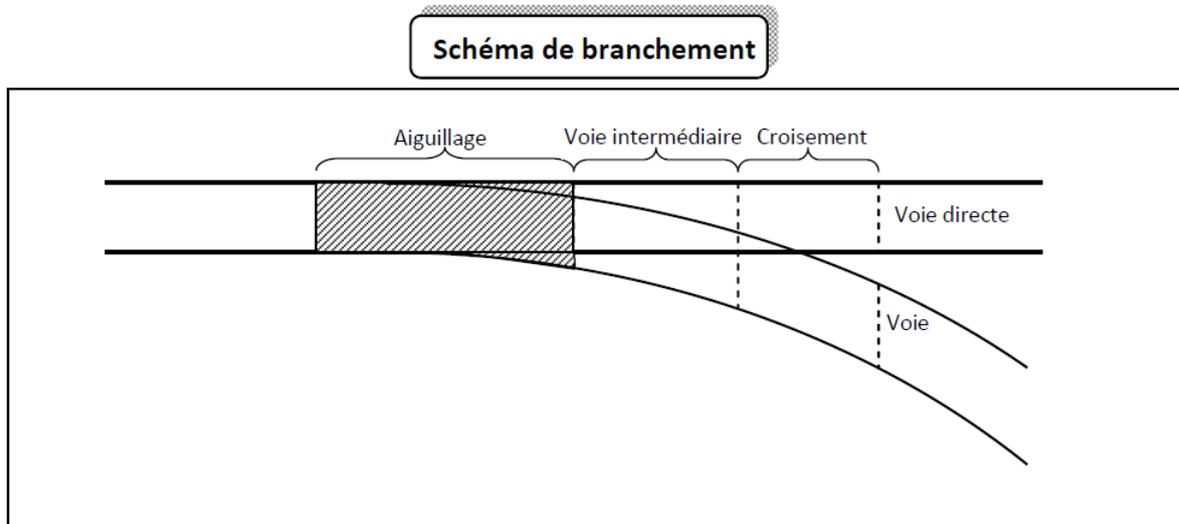
II-8-3-6-1-Définition

L'exploitation des voie ferrées exige des dispositifs de liaison et d'intersection des itinéraires, que l'ont désigné **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 et assurant d'autres fonctions mécaniques par rapport aux véhicules (dérailleurs...).

II-8-3-6-2-Types d'appareils de voie

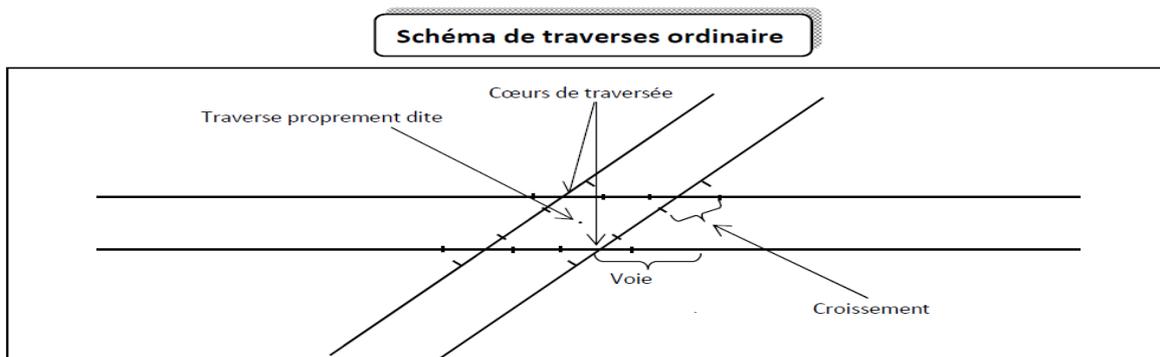
II-8-3-6-2-1-Les branchements

Permettent à l'itinéraire de se ramifier en deux, ou exceptionnellement en trois.

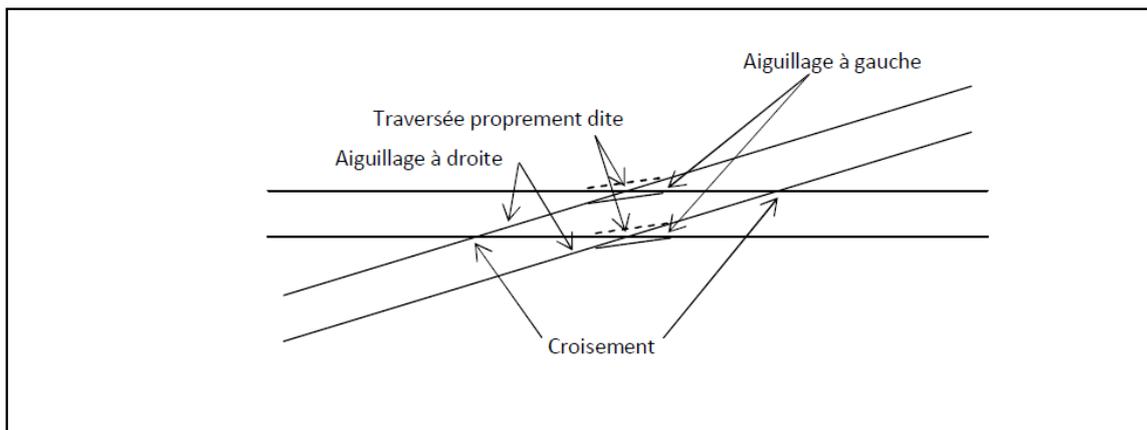


II-8-3-6-2-2-Les traversées

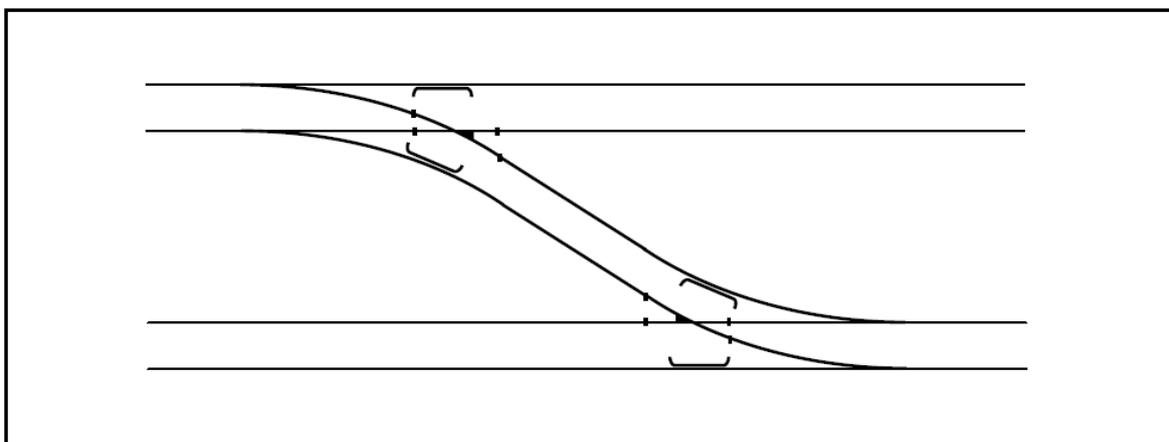
Les traversées ordinaires permettent l'intersection de deux itinéraires



Les traversées - jonction simples ou doubles sont une combinaison de plusieurs aiguillages et d'une traversée.

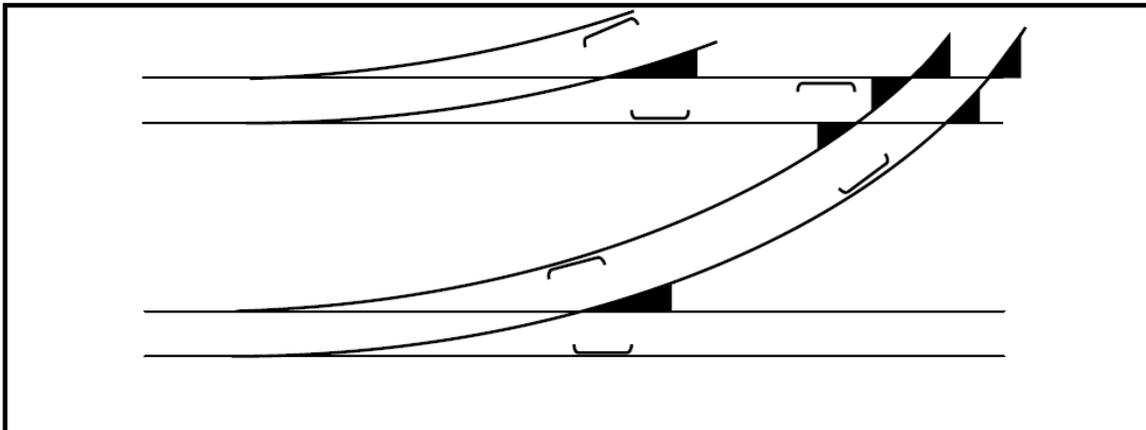
Schéma de traversée-jonction**II-8-3-6-2-3-Les communications**

Combinaison de deux branchements en déviation permettant de relier entre eux deux itinéraires principaux non convergents.

Schéma de communication**II-8-3-6-2-4-Les bifurcations**

Combinaison de deux branchements et d'une traversée permettant à partir de deux itinéraires principaux le départ de deux itinéraires divergents.

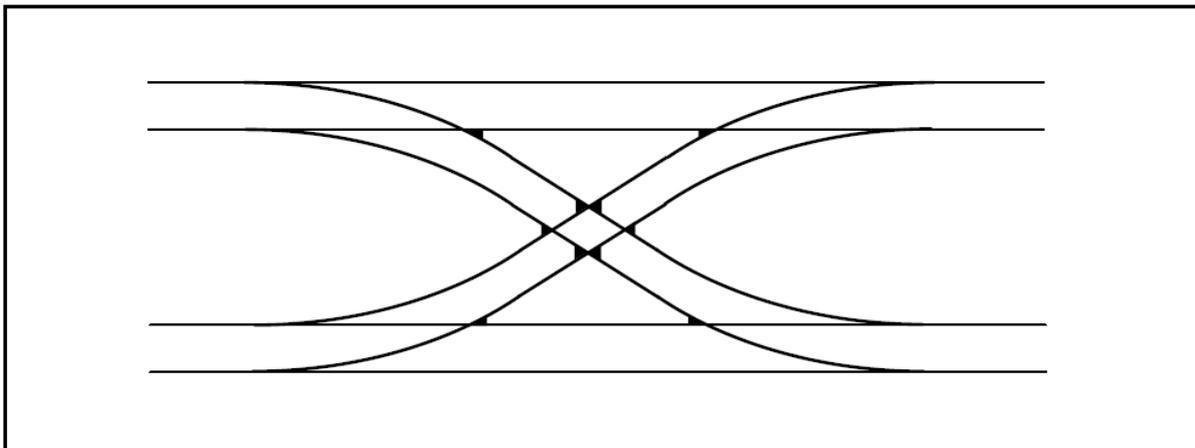
Schéma de bifurcation



II-8-3-6-2-5-Les communications croisées

Ensemble de deux communications qui se coupent

Schéma de bifurcation



II-8-3-6-2-6-L'aiguillage

On distingue deux différents types d'aiguillage

- L'aiguillage à lame articulée
- L'aiguillage à lame flexible

Il assure le doublement des files de roulements par des pièces mobiles «aiguilles» qui peuvent venir au contact des rails adjacents ou s'en écarter pour laisser le passage libre d'un boudin de roue.

II-8-3-6-2-7-Autre appareils :

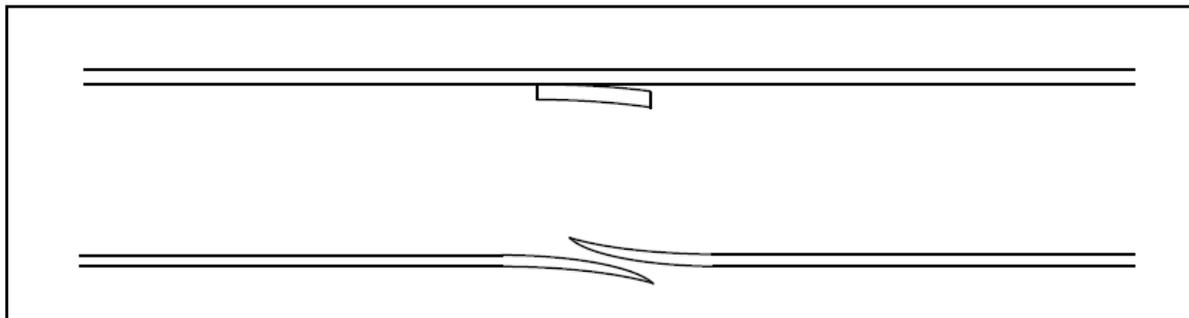
Il existe d'autres appareils appelés appareils de voie par extension, on peut trouver :

- Appareil dilatation
- Appareil dérailleur

Schéma de dilatation



Dérailleur



Le principe de roulement d'essieux à roues à boudins sur une paire de rails d'acier induit la nécessité de systèmes relativement complexes pour les changements d'itinéraire. Les éléments essentiels sont les lames mobiles qui guident les boudins, et les lacunes nécessaires à leur passage qui font défaut sous la bande de roulement pour l'autre itinéraire. Au passage de la lacune, la roue « tombe » puis percute le rail ou la pointe de cœur.

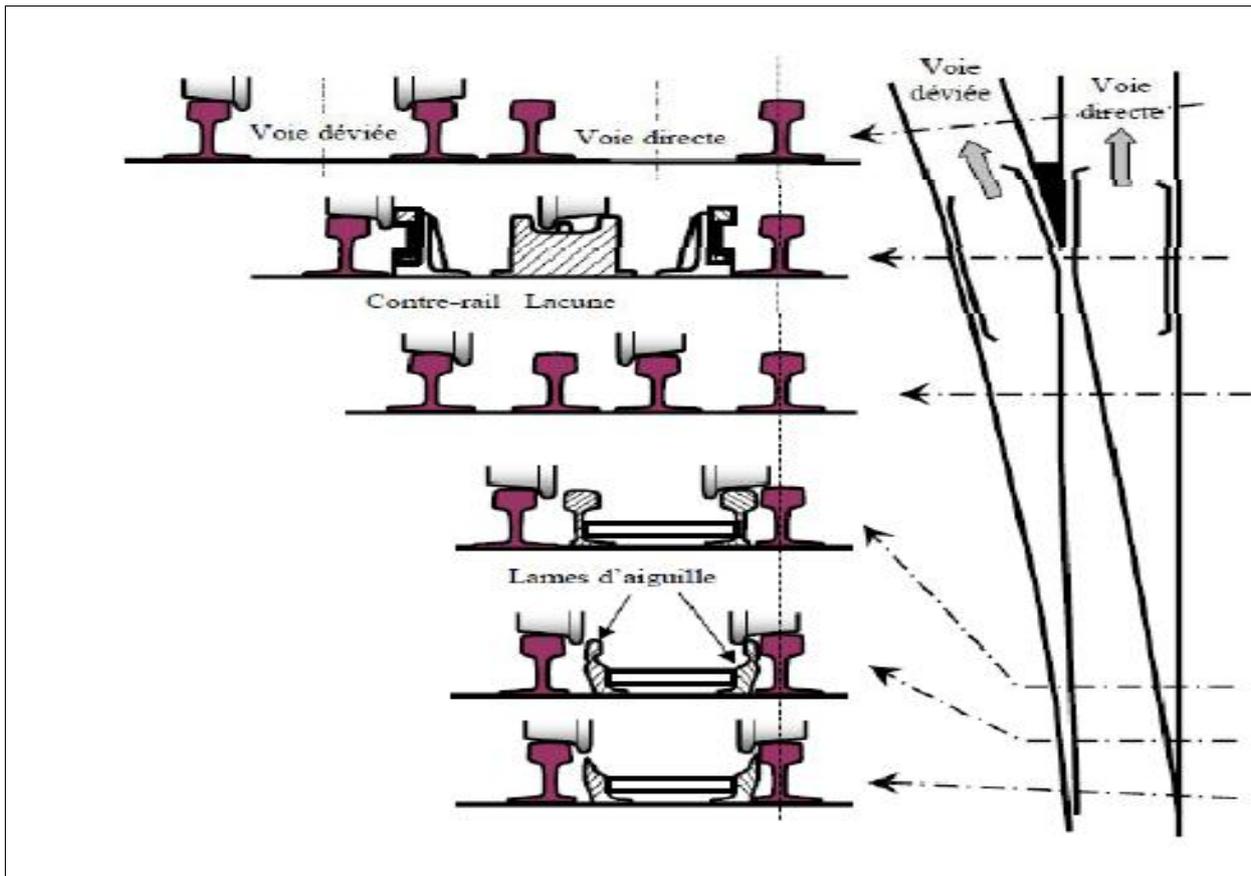


Figure N°II-22 : Progression de profil en travers dans l'appareil de voie

II-8-4-Dimensionnement Des Couches D'assise :

II-8-4-1-Introduction :

Les règles de construction qui ont été établies concernant les voies ferrées, sont basées sur des méthodes expérimentales étayées par les modèles mathématiques, et qui ont données des résultats satisfaisants, l'étude des caractéristiques des sols, la géotechnique, a par ailleurs, apporté une aide décisive aux méthodes de construction des couches d'assise.

Bien entendu, le dimensionnement doit assurer une bonne résistance à la fatigue de la plate-forme et doit mettre hors gel les sols sensibles.

II-8-4-2-Classification de la plate-forme :

On fait la classification de la plate-forme selon l'UIC (Fiche 719 R).

Pour classer les plates-formes il faut tout d'abord connaître la classe de qualité de chaque sol composant la plate-forme ; puis estimer la classe de portance de la plateforme. Une bonne connaissance de la qualité de la plate-forme est nécessaire, car elle représente l'emprise au sol, et constitue la base de la voie ferrée. Pour bien remplir son rôle elle doit être stable et saine.

II-8-4-3-Classe de qualité du sol selon L'UIC (Fiche 719R)

D'après les règlements de l'union internationale des chemins de fer (**fiche UIC 719R**) : La qualité d'un sol dépend des deux paramètres ci-après :

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

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

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

Tableau N°II-2 :Classe de qualité du sol selon L'UIC

Classe de qualité du sol	Classification géotechnique
Sol impropre QS0 : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Substitution du matériau ➤ Traitement par un liant ➤ Géotextile 	0.1-sol organique 0.2-sol comportant plus de 40%de fines 0.3-materiau solubles (gypse. Sel) 0.4- matériau polluant (déchets industrielles) 0.5-sol meneaux organiques
Sol mauvais QS1	1.1-sol comportant plus de 15%de fines 1.2-roches très évolutives (craies très friables marnes schistes altères) 1.3-roche évolutives (craies friables friabilité schistes non altères) 1.4- roche tendres (DS<6et LA>33)
Sols moyen QS1	2.1-SOL COMPORTANT DE 5à15%de fines 2.2- sable comportant moins de 5%de fines 2.3- roches moyennement dure ($6 \leq DS \leq 9$ et $33 \geq LA \geq 30$)
Bons sols QS3	3.1-sol comportant moins de 5%de fines 3.2-roche dures (DS ≥ 9 et LA ≤ 30)

II-8-4-4-Classe de portance de la plateforme :

La portance d'une plateforme dépend de :

1. la qualité d'un sol constituant le corps de remblai ou du sol en place du fond de déblai.
2. la qualité et l'épaisseur de couche de forme (lorsqu'elle existe).

On distingue en fonction des paramètres ci-dessus, les 3 classes de portances de la plateforme suivante :

P1 : plateforme mauvaise

P2 : plateforme moyenne

P3 : plateforme bonne

Le tableau suivant permet la détermination de la classe de portance de la plateforme

Tableau N°II-3 Classe de portance de la plateforme

Classe de qualité du sol support	Classe de portance envisagée pour la plateforme	Classe de forme à mettre en œuvre pour obtenir cette classe de portance	
		Qualité	Epaisseur min en mètre
QS1	P1	QS1	-
	P2	Sol traité au liant	0.30
	P2	QS2	0.55
	P2	QS3	0.4
	P3	QS3	0.6
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0.4
QS3	P3	QS3	-

II-8-4-5-Condition hydrogéologique et hydrologique du site

Le drainage judicieux des eaux superficiels et souterraines garanti la pérennité de l'infrastructure d'où l'importance de l'étude hydrogéologique qui inventorie l'existence des nappes d'eau et de l'étude hydrologique qui s'occupe des cours d'eau et des écoulements en surface en générale. Une étude déterminera ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à mettre en œuvre pour maintenir ces écoulements.

Ces condition hydrogéologiques et hydrologiques sont réputées bonnes si :

- La couche supérieur du sol considère est hors de toute nappe naturelle.
- La plateforme n'est pas le siège de percolations naturelles nocives transversales longitudinales ou verticales.
- Les eaux de pluie sont évacuées correctement de la plateforme et les dispositifs longitudinaux ou transversaux d'assainissement sont en bon fonctionnement.

Si l'une au moins de ces trois condition n'est pas remplie, les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont mauvaises.

II-8-4-6-Épaisseur des couches d'assise :

L'épaisseur de la couche d'assise e^a est donnée par la formule :

$$e = E + a + b + c + d + f + g \quad (\text{Normes UIC 719 R.57})$$

E : paramètre dépendant de la portance du sol.

(a, b, c) : paramètre dépendant de la classe, de l'armement et de l'intensité du trafic de la voie.

(d) : paramètre dépendant de la charge maximal d'essieu des véhicules remorqué

➤ **La valeur de E**

$E = 0.70\text{m}$ pour les plates-formes de classe de portance P1

$E = 0.55\text{m}$ pour les plates-formes de classe de portance P2

$E = 0.45\text{m}$ pour les plates-formes de classe de portance P3

➤ **La valeur de a**

$a = 0\text{ m}$: lignes de groupe UIC 1 et 2, ($V > 160\text{ km/h}$ quel que soit le groupes UIC)

$a = -0,05\text{ m}$: lignes de groupe UIC 3 et 4 $a = -0,1\text{ m}$: lignes de groupe UIC 5,6 et 7, 8,9 avec voyageurs

$a = -0,15\text{ m}$: lignes de groupe UIC 7, 8,9 sans voyageurs

➤ **La valeur de b**

$b = 0\text{ m}$: traverses bois de longueur $L = 2.60\text{ m}$

$b = (2.5 - L)/2\text{ m}$: traverses en béton de longueur L (b, L en (m), $b < 0$ si $L > 2.5$)

➤ **La valeur de c**

$c = 0\text{ m}$: dimensionnement normal

$c = -0.1\text{ m}$: à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existants de groupe UIC autre que 7, 8,9 sans voyageurs,

$c = -0.05\text{m}$: à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC 7, 8,9 sans voyageurs,

➤ **La valeur de d**

$d = 0\text{ m}$: si la charge nominale maximale d'essieu = 200 KN $d = 0,05\text{ m}$:

si la charge nominale maximale d'essieu = 225 KN $d = 0,12\text{ m}$: si la

charge nominale maximale d'essieu = 250 KN

➤ **La valeur de f**

$f = 0$: pour toutes les lignes parcourus a $V < 160\text{ km/h}$ et pour les plates-formes de portance P3, des lignes parcourues à grande vitesse

$f=0.05m$: pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues à grande vitesse

$f=0.10m$: pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues à grande vitesse

➤ **La valeur de g**

$g=+$ géotextile lorsque la couche de forme est en sol **QS1 ou QS2**

$g=0$ (pas de géotextile) lorsque la couche de forme est sol **QS3**

II-8-4-7-Application Au Projet

➤ **Epaisseur de la couche de forme**

A part le massif rocheux traversé par notre projet qui est classé en QS3, notre sol est classé en QS1 (mauvais sols), pour augmenter la portance de la plate-forme on prévoit une couche de forme de classe de portance **P3**, composant du sol de classe de qualité **QS3** Qu'on emmène d'une carrière proche (cité dans le chapitre Terrassement), ce sol sera utilisé également pour le corps de remblai.

Alors, d'après le tableau précédent l'épaisseur de la couche de forme est de **0,60 m**

➤ **Détermination des paramètres de dimensionnement**

- $E= 0.45m$
- $a = -0.05m$ (groupe UIC 3)
- $L =2.415m$
- $b = 0.0425m$ (traverses en béton),
- $c = 0$: (dimensionnement normal)
- $d = 0.05m$: (charge max .d'essieu des véhicules = 200 KN)
- $f=0m$
- $g=0m$

Donc :

$$e = 0,45 - 0,05 + 0,13 - 0 + 0,05 + 0 + 0 = 0,53 \quad e = 0,60 \text{ m}$$

Pour la couche de ballast on prend 30 cm en alignement **La structure de la voie sera conçue comme suit :**

Couche de ballast : 0,30 m en GC (grave concassée) 25/50 mm

Couche sous ballast : 0,15 m en grave bien gradué 0/31.5

Couche de fondation : 0,15 m en TVO

Couche de forme : 0,60 m

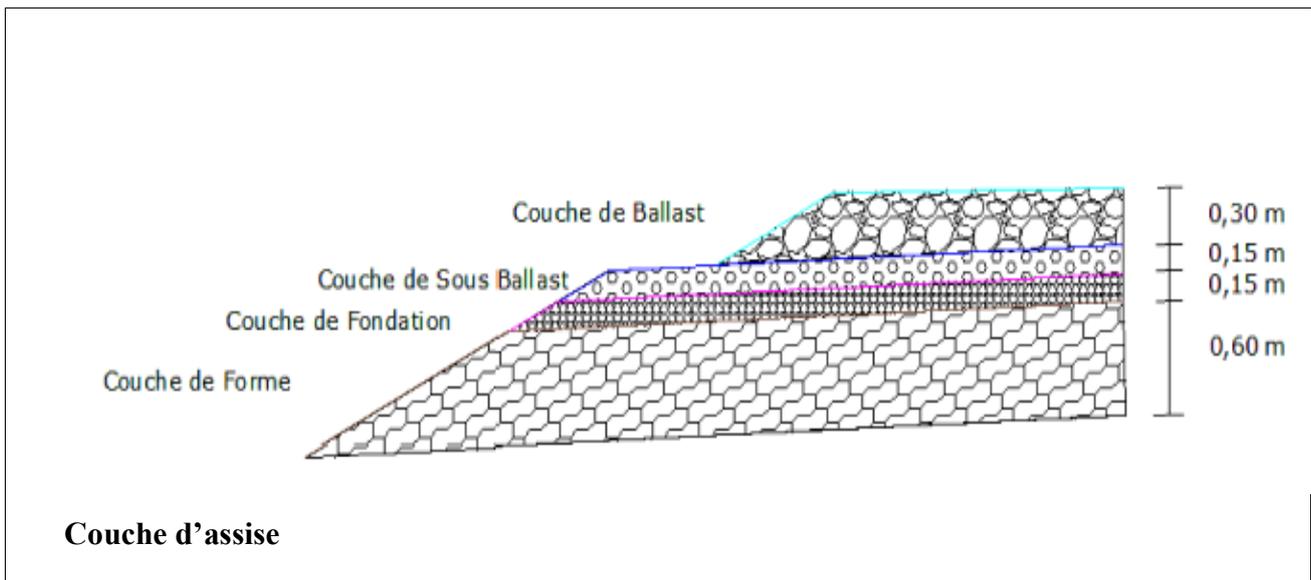


Figure N°II-23 : couche d'assise

II-8-5-TERRASSEMENT :

II-8-5-1-Introduction:

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

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

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

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

Avant de calculer le volume des terres compris dans une butte de terre en déblai, ou dans une cavité de remblai il faut déterminer au préalable les surface des différents profile en travers.

Deux types de profils en travers se rencontrer :

- **Profils homogènes** : ce sont des profils complètement en remblais ou déblai
- **Profils hétérogènes ou profils mixte** : ce sont des profils partiellement en remblai et partiellement en déblai

II-8-5-2-Définition:

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprochée et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet.

Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

II-8-6-Methode De Calcul Des Cubatures :

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

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

Pour calculer un volume, nous utilisons la méthode de la moyenne des aires, qui est une méthode très simple mais elle présente l'inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par un coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

II-8-6-1-Description de la méthode :

En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs :

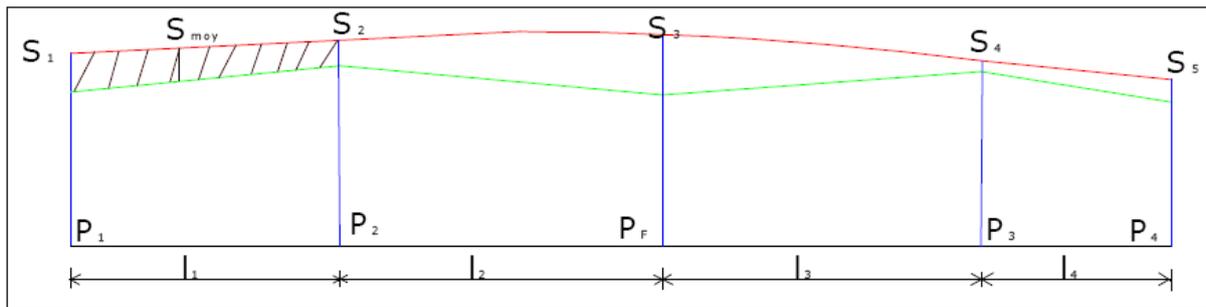
$$V = \frac{h}{6} (S1 + S2 + 4S)$$

Où h, S1, S2 et S désignant respectivement :

Hauteur entre deux profils.

Hauteur des deux profils en travers P1 et P2.

Surface limitée à mi-distances des profils.



Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S1 et S2 sera égale à :

$$V = \frac{l_1}{6} (S_1 + S_2 + S_{moy})$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{moy} et $\frac{(S_1 + S_2)}{2}$

Donc les volumes seront

$$\text{Entre } P_1 \text{ et } P_2 \quad V_1 = (l_1/2) \times (S_1 + S_2)$$

$$\text{Entre } P_2 \text{ et } P_F \quad V_2 = (l_2/2) \times (S_2 + S_3)$$

$$\text{Entre } P_F \text{ et } P_3 \quad V_3 = (l_3/2) \times (S_3 + S_4)$$

$$\text{Entre } P_1 \text{ et } P_2 \quad V_1 = (l_1/2) \times (S_1 + S_2)$$

En addition membre a membre ces expression on a le volume totale des terrassements

$$V(l_1/2) \times S_1 + (l_1 + l_2/2) \times S_2 + (l_2 + l_3/2) \times S_3 + (l_3 + l_4/2) \times S_4 + (l_4/2) \times S_5$$

II-8-6-2-Cas de notre projet

Pour notre projet on a opté pour les sections types exigés par La **SNTF** :

- Concevoir une voie unique sur une plateforme pour voie unique.
- Prendre en considération dans la conception de la section type les gabarits nécessaires pour la future électrification (caniveaux des câbles et les appuis de poteau d'électrification).
- Dans les viaducs, pont rails et les ponts routiers, on a conçu une largeur pour voie double pour le futur dédoublement de la voie (en considérant aussi la future électrification)

II-8-6-3-Resultat De Calcule Des Cubatures

Le calcule de cubature (remblai, déblai) est effectué en utilisant le logiciel COVADIS (version 9) à partir du profil en long et du profile en travers indiqué précédemment, Les détails de calcul sont joints dans **l'ANNEXE**.

CHAPITRE III-ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

III-1-Introduction

III-2-Géologie

III-3-Géotechnique

**III-4-Conditions d'utilisation des sols en
Remblais**

III-5-Conclusion

III-1-Introduction :

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

III-2-Géologie :

Une bonne analyse géologique est un élément fondamentale de la qualité d'un projet et de la tenue ultérieurement de la plate-forme faut donc procéder à un inventaire complet des problèmes géologiques dans le couloir choisi afin que le tracé évite les difficultés de cette nature dans les mesures du possible.

La zone du projet peut être naturellement stable mais elle peut également présenter certains 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, carrières marnières, etc...). Le géologue doit donc faire en premier lieu un recensement complet de toutes ces zones en examinant les cartes, les photos du site.

III-2-1-Géologie du site

La région étudiée appartient à la plate-forme saharienne, les dépôts rencontrés sont du **Néogène** et du **Quaternaire**

III-2-1-a-Le Néogène : Représenté par le Mio-Pliocène et caractérisé par des dépôts du complexe sédimentaire, ce sont des intercalations de sable, d'argile et calcaire lacustre, blanc.

III-2-1-b-Le Quaternaire : Représenté par le quaternaire continental, largement développé et représenté par :

Des sables quartzeux, jaune en générale gypseux.

Argile marron plastique, a intercalations de sable argileux, et d'argile sableuses fortement gypseuses.

Le plus souvent, ces dépôts quaternaires sableux et argileux sont recouverts d'une Croûte dure, gypseuse.

III-2-2-Sismicité de la zone

La Wilaya de Ouargla est classée dans la zone de faible sismicité (Zone I), d'après La nouvelle classification sismique des wilayas d'Algérie, faite par le Centre National de Recherche en Génie Parasismique C.G.S après le dernier séisme du 21 Mai 2003, RPA 99 (Version 2003).

III-2-3-Risques géologique

Les types de risques qui pourraient affecter les alentours de la zone d'étude sont :

- Tempêtes de sable et poussière. Dues à la proximité avec des zones désertiques. Ces phénomènes pourraient causer des dommages considérables pour la voie a projeté.
- Inondations et flux de boue. Ceux-ci sont dus au fait que les pluies interviennent de manière sporadique et ont un caractère torrentiel, la situation géographique de Ouargla est susceptible d'être affectée par des inondations, des crues et torrents de boues du fait des reliefs qui entourent la ville.
- Tremblement de terre.

III-3-Géotechnique

La conception, la réalisation et la maintenance d'ouvrages complexes (ouvrages d'art, routes, voies ferrées, etc.) nécessitent une connaissance fine du sol, de sa nature, de son comportement. L'étude géotechnique, en définissant les caractéristiques précises du terrain, en mesurant les déformations, les résistances, permet d'optimiser le dimensionnement des ouvrages et de leurs infrastructures, et de proposer des solutions efficaces.

III-3-1-Travaux de reconnaissances géotechniques réalisées

Les travaux réalisés sont les suivants :

- Sondages mécaniques.
- Puits de reconnaissances.
- Essais de pénétration dynamique et statique.
- Essais de laboratoire sur les échantillons originaires des puits et des sondages.

III-3-2-Les différents essais en laboratoire :

- Les essais caractérisent la nature des sols .la granulométrie est réalisée par analyse granulométrique par tamisage pour $D > 100\mu$ et par sédimentométrie pour $D < 100\mu$.la mesure d'argilosité est réalisée soit par la mesure des limites d'Atteberg, soit par la mesure de l'équivalent de sable, soit par essai au bleu de méthylène.

- Des essais caractérisent l'état des matériaux .la mesure de la teneur en eau par comparaison avec des critères spécifiques au matériau permet de définir la quantité d'eau correspondant à la résistance maximum.
- Des essais caractérisent le comportement du sol au compactage on a recourt le plus souvent à l'essai proctor normal ou modifié.
- Des essais déterminent le comportement mécanique du sol sous le trafic .il s'agit de l'essai CBR (immédiat et après immersion) ; de l'essai à la plaque, de l'essai à la DYNAPLAQUE et de l'essai de déflexion sous jumelage.
- Des essais caractérisent le comportement vis-à-vis des agressions mécaniques. il s'agit principalement de la mesure de la fragmentabilité :
 - Essai MICRO-deval et LOS ANGELES
 - Essai de gélifraction
 - Essai d'altérabilité

III-3-3-Les essais d'identification:

III-3-3-1-Analyses granulométriques :

Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2 mm, soit au passant de 80 um) Qui permet par exemple de distinguer sols fins, sols sableux (riches en fines) et sols graveleux (pauvres en fines) ; C'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur. Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage.

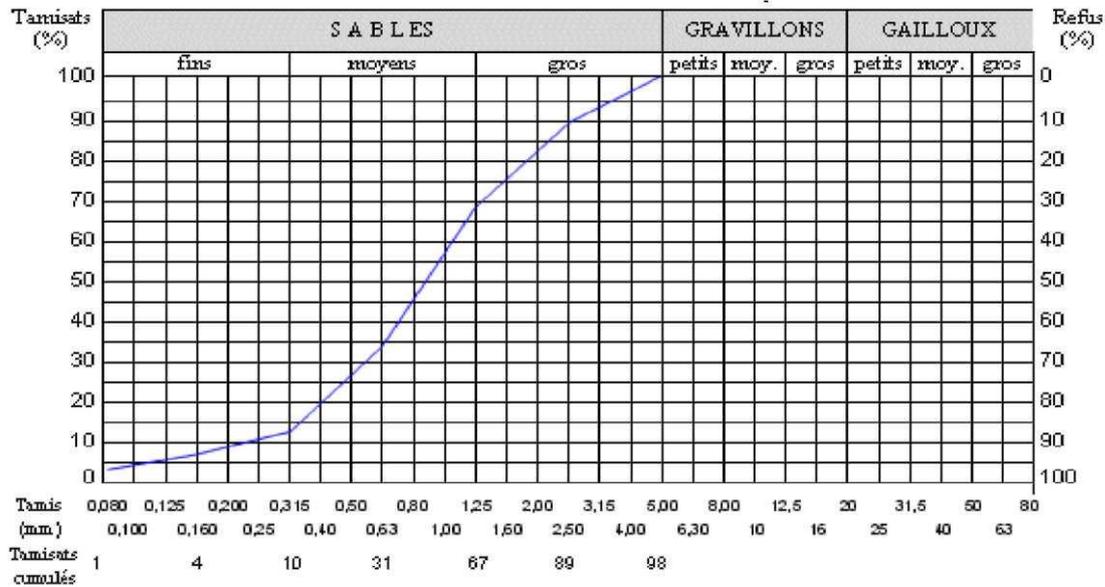


Figure N°III-24 : graphe d'une analyse granulométrique

III-3-3-2-Equivalent de sable :

C'est un essai qui nous permet de mesurer la propreté d'un sable c'est-à-dire détermine la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

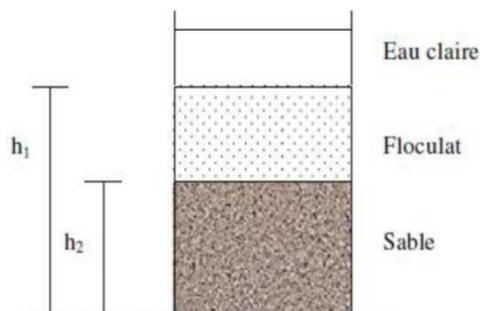


Figure N°III-25 : essai équivalent de sable

III-3-3-3-Essai bleu de méthylène

L'essai a pour objectif de déterminer la quantité et la nocivité des éléments argileux contenus dans les fines du granulat et est basé sur la capacité de ces éléments fins à absorber du bleu de méthylène.

Le colorant étant préférentiellement adsorbé par les argiles, les matières organiques et les hydroxydes de fer, cette capacité rend compte globalement de l'activité de surface de ces éléments.

L'essai consiste à injecter successivement des doses élémentaires d'une solution de bleu dans un bain aqueux contenant la prise d'essai. L'adsorption est contrôlée après chaque ajout en effectuant une tache sur un papier filtre (figure IV.3). La VBS (valeur de bleu d'un sol) s'exprime en grammes de bleu pour 100 g de sol, et les Seuils retenus sont les suivant :

- **0,1** : seuil en dessous duquel on peut considérer que le sol est insensible à l'eau.
- **0,2** : seuil au-dessus duquel apparaît à coup sûr la sensibilité à l'eau.
- **1,5** : seuil distinguant les sols sablo-limoneux des sols sablo-argileux.
- **2,5** : seuil distinguant les sols limoneux peu plastiques des sols limoneux de plasticité moyenne.
- **6** : seuil distinguant les sols limoneux des sols argileux.
- **8** : seuil distinguant les sols argileux des sols très argileux.



Ensemble du matériel d'essai.
périphérie



Auréole bleue appaissant à la
de la tache indiquant la fin de
l'adsorption du bleu sur le sol.

Figure N°III-26 :Essai au bleu de méthylène

III-3-3-4-Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (W_p) et limite de liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

W_p sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice

de plasticité ($I_P = W_L - W_P$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

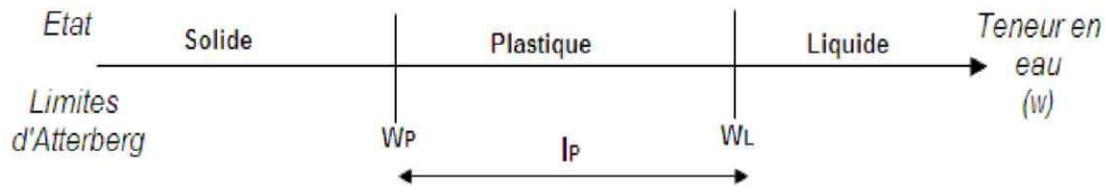


Figure N°25 : Limites d'Atterberg

III-3-3-5-Essai PROCTOR :

Il a pour but de simuler l'évolution du sol au cours du compactage et de déterminer, pour une énergie de compactage déterminée, la teneur en eau qui permet d'obtenir la densité sèche maximale. L'essai consiste à compacter, dans un moule standard à l'aide d'une dame standard et selon un processus bien déterminé, un échantillon du sol à étudier et à déterminer la teneur en eau du sol et sa densité sèche après le compactage. L'essai est répété plusieurs fois de suite sur des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes. On détermine ainsi plusieurs points de la courbe représentative des densités sèches en fonction des teneurs en eau. On trace alors la courbe en interpolant entre les points expérimentaux. Elle présente un maximum dont l'abscisse est la teneur en eau de l'optimum Proctor, et l'ordonnée la densité sèche Proctor.

Deux variantes de l'essai Proctor sont couramment pratiquées :

- L'essai Proctor normal : rend assez bien compte des énergies de compactage pratiquées pour les remblais.
- L'essai Proctor modifié : compactage beaucoup plus poussé et correspond aux énergies mises en œuvre pour les couches de forme et les couches de chaussée. Suivant la granulométrie du terrain étudié, l'essai Proctor (aussi bien normal que modifié) s'effectue dans un moule de faible section (moule Proctor) pour les terrains qui ne contiennent pas d'éléments de dimension supérieure à 5 mm, dans un moule à large section pour les terrains dont les plus gros éléments ont des dimensions comprises entre 5 et 20 mm. Ce dernier moule est le même que celui de l'essai CBR (moule CBR).

Dans le cas de matériaux de dimension maximale supérieure à 20 mm, on remplace poids par poids la fraction supérieure à 20 mm par du 5 /20 mm venant du même matériau. Les dimensions des moules sont les suivantes :

Tableau N°III-4 : Les dimensions des moules

	Diamètre (mm)	Hauteur (mm)
Moule Proctor	101.6	117
Moule CBR	152	127

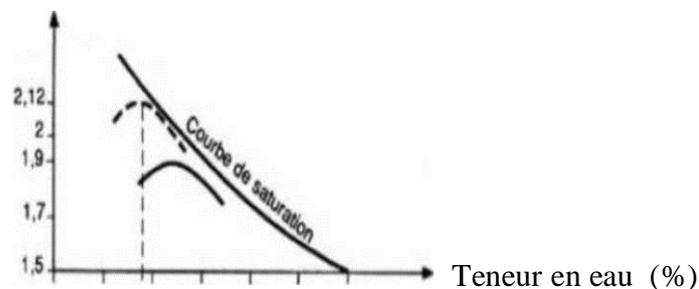
La dame « Proctor normal » pèse 2,4 kg et sa hauteur de chute est de 30,5 cm, et la dame « Proctor modifié » pèse 4,535 kg et sa hauteur de chute est de 45,7 cm.

Dans l'essai Proctor normal, l'énergie de compactage est appliquée au sol en 3 couches de 25 coups de dame dans le moule Proctor ou en 3 couches de 55 coups de dame dans le moule CBR.

Dans l'essai Proctor modifié, le nombre de coups est le même, mais le sol mis en place est en 5 couches.

La figure 5.5 donne un exemple de courbe obtenue dans les deux essais. On a représenté également la courbe de saturation. On constate, et c'est une règle générale, que l'optimum Proctor modifié correspond à une masse volumique du sol sec supérieure et à une teneur en eau plus faible que celle de l'essai Proctor normal.

MASSE VOLUMIQUE DU SOL SEC p_a (Kg/NP)

**Figure N°III-27 :Exemple de courbes Proctor normal et modifié**

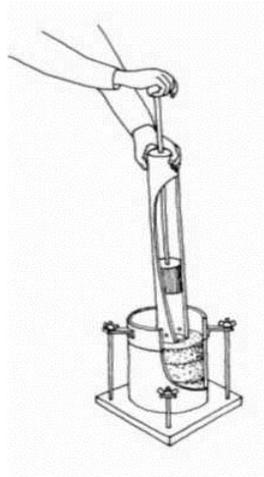


Figure N°III-28 :Opération de compactage

III-3-3-6-Essai C.B.R (California Bearing Ratio):

L'essai CBR (*Californian Bearing Ratio*), proposé en 1938, est universellement utilisé pour apprécier la résistance des sols supports de chaussée. **L'indice portant californien** ou CBR est un nombre sans dimension exprimant, en pourcentage, le rapport entre les pressions produisant un enfoncement donné dans le matériau étudié d'une part, et dans un matériau type d'autre part. Cette notion d'indice portant est bien entendu purement empirique.

L'essai est réalisé sur un échantillon de sol 0/20 mm maximum compacté dans un moule CBR (en remplaçant éventuellement par du 5/20 mm la fraction supérieure à 20 mm). Dans l'essai standard, le matériau est compacté suivant les procédures de l'essai « Proctor modifié » et à la teneur en eau optimale.

On peut ensuite effectuer l'essai soit sans imbibition sur des sols compactés à l'énergie Proctor normal et à la teneur en eau naturelle, soit après immersion complète. La durée de cette immersion est en principe de 4 j. L'échantillon est alors poinçonné par un piston de 4,9 cm de diamètre à une vitesse de 1,27 mm/min. On détermine l'évolution de la pression appliquée en fonction de l'enfoncement. Si $P_{2.5}$ et P_5 sont respectivement les pressions nécessaires pour réaliser des enfoncements de 2,5 et 5 mm, le CBR est par définition la plus grande des deux valeurs :

$$\frac{P_{2.5}}{0.7} \text{ Et } \frac{P_5}{1.05}$$

III-3-3-7-Essai Los Angeles :

L'essai consiste à estimer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier et à l'usure par frottements réciproques dans la machine appelée « Los Angeles ».

On place 5 kg (M_0) de granulat et des boules en acier (7 à 11 de 420 g) dans un tombeur muni d'une plaque intérieure suivant la génératrice. Après un nombre normalisé de tours (500 tours à 33 tours/mn).

Le coefficient Los Angeles (LA) est un pourcentage en masse du rapport des éléments passant au tamis de 1,6 mm séchés après lavage (M_1) et la masse sèche initiale des granulats intacts.

$$LA = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \cdot 100$$

Plus de LA est élevé, moins le granulat est dur, et donc moins bon.



Figure N°III-29:Essai Los Angeles

III-3-3-8-Essai Micro Deval :

L'essai utilise est le Micro-Deval à sec ou en présence d'eau. Cette mesure quantifie à la fois l'usure qui se produit par frottement réciproque des gravillons dans une assise (attrition) et celle survenant entre le pneumatique et le gravillon à la surface des revêtements (usure). Comme l'usure est très influencée par la présence d'eau, l'essai le plus représentatif est le Micro-Deval en présence d'eau (M.D.E.). L'essai Micro-Deval consiste à estimer la résistance à la fragmentation par choc et à l'usure au contact par l'eau. Il est réalisé sur les mêmes classes granulaires utilisées pour Los Angeles. On place 500 g de granulats avec une charge abrasive de 5 kg d'acier de 10 mm de diamètre. Le cylindre tourne à 100 tours/mn pendant 2 heures, on récupère le passant M au tamis de 1,6 mm puis sèche à l'étuve à 105°C jusqu'à masse constante.

Le coefficient Micro-Deval en présence de l'eau est :

$$\text{MDE} = \frac{500 - M}{5}$$



Figure N°III-30 : Essai Micro Deval

III-3-4-Les essais in situ

III-3-4-1-Les essais de plaque :

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge. On déduira ensuite un module de sol E en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule de Bossinesq qui relie Z , le déplacement, la pression q_0 le rayon de charge a et les caractéristiques du massif E_2 . Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante :

$$E\vartheta = \frac{1.5 \times Q \times a}{W} \times (1 - \vartheta^2)$$

$$E = 5 \text{ CBR.}$$

III-3-4-2-Les essais pressiométriques :

III-3-4-2-1-Pénétromètre statique : L'essai de pénétration statique consiste à enfoncer verticalement dans le sol, sans choc, ni vibration, ni rotation à vitesse lente et constante imposée, une pointe munie d'un cône en partie inférieure, dont le diamètre compris entre 30 et 100 mm, par l'intermédiaire d'un train de tiges qui lui est solidaire. Il s'agit de mesurer la résistance à la pénétration de ce cône.

On peut mesurer l'effort total de pénétration, ainsi que l'effort de frottement latéral local, sur un manchon de frottement situé immédiatement au-dessus du cône. Avec cet essai, il est possible :

- de déterminer la succession des terrains ;

- d'estimer l'homogénéité du matériau ;
- d'établir les caractéristiques des sols traversés.



Figure N°III-31 :Les essais pressiométriques

III-3-4-2-2-Pénétrömètre dynamique

L'essai de pénétration dynamique consiste à faire pénétrer dans le sol, par battage un train de tubes lisses muni à son extrémité d'une pointe, ou d'un carottier, à l'aide d'un mouton tombant d'une hauteur donnée.

Le pénétromètre dynamique sert à déterminer la résistance dynamique opposée par le sol sur une pointe s'y enfonçant.

III-4-Conditions d'utilisation des sols en Remblais :

L'idéal est de pouvoir réutiliser les terres provenant des déblais, mais ceci doit répondre à certaines conditions.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension > 80 mm
- Matériaux plastique $I_p > 20\%$ ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

• Les recommandations suivantes doivent être prises en compte lors de la réalisation des terrassements :

1. drainage de la nappe avant les travaux d'excavation.
2. excavation de la terre végétale et des matériaux de remblai avec présence de matériaux délétères et de matières organiques sur toute leur profondeur.
3. protéger la plate-forme argileuse par une couche drainant de nature graveleuse de 15cm d'épaisseur ou une nappe de géotextile.
4. protéger tous les talus de déblais par des masques drainant sableux ou par des nappes de géotextiles drainant.
5. réaliser un fossé de crête de talus de déblai qui récoltera les eaux en amont des talus de déblai
6. mise en œuvre du remblai avec des matériaux sélectionnées et compactés par couche de 300mm pour atteindre une compacité de 95 de l'OPM
7. pour les talus de remblais, réaliser des descentes d'eau (du côté des dévers) chaque 25m dont les eaux déverseront dans le fossé bétonné en aval du remblai
8. végétalisation des talus de déblais et de remblais.
9. la pente des remblais est de 2 horizontal pour 1 vertical. et pour les déblais argileux est de 3 horizontal pour 2 vertical avec des bermes chaque 8m, ces bermes auront une largeur de 0.6m avec une contre pente de 3%, chaque berme sera munie d'une semi buse, reliée au fossé bétonné en bas du talus de déblai.

III-5-Cas de notre projet

D'après le rapport géotechnique, on donne dans le tableau suivant les caractéristiques géotechniques générales du couloir dans le quel passe le tracé

Tableau N° III-5 caractéristiques géotechniques générales du couloir dans le quel passe le tracé

Formation	Excavabilité	Talus déblai	Capacité de drainage	Capacité portante	Utilisation
Grès, sable, argiles et marne	100 % excavable par les moyens mécaniques	3H/2V	Matériaux Semi-perméable	Basse	100 % pas utilisable
Grès, sables, argiles et marnes à gypse (C)	100 % excavable par les moyens mécaniques	3H/2V	Matériaux Semi-perméable	Basse	100 % pas utilisable
Alluvions sableuses des grandes plaines (D)	100 % excavable par les moyens mécaniques	3H/2V	Matériaux Semi-perméable	Basse	66 % à remblai, 34 % pas utilisable
Cailloutis, graviers et sables dans les lits des oueds (E)	100 % excavable par les moyens mécaniques	3H/2V	Matériaux Semi-perméable	Moyenne - basse	95 % à remblai, 5 % pas utilisable

III-6-Conclusion :

La reconnaissance géotechnique constitue une source précieuse d'informations indispensables à chacune des étapes de la naissance d'une section de route. En effet, on projette, on étudie, on réalise de plus en plus des ouvrages importants et complexes dans des sites de plus en plus difficiles à aménager. Il en résulterait un accroissement inadmissible des risques de tout ordre, si on négligeait l'étude géotechnique de ces sites. Il est établi que 80% des dépassements budgétaires sont dus à des raisons géotechniques : soit par méconnaissance du sol ou une négligence de ces études géotechniques. Ce qui vient conforter l'assertion d'un Chercheur affirmant « *l'étude géotechnique on la paye, soit au début ou à la fin. Et il vaudrait mieux la payer au début !!!* ».

CHAPITRE IV AMINAGEMENT DES GARES ET SYSTEME D'ALIMENTATION

IV-1-Introduction

Iv-2-Gares Voyageurs

Iv-3-Equipements De La Gare A Voyageurs

Iv-4-Gare Marchandises

Iv-5-Reseau De Voie

Iv-6-Marge De glissement A L'aval Des Signaux

**Iv-7-La Longueur Utile D'une Voie De
Stationnement**

Iv-8-Les Installations De Gare

**Iv-9-Les Caractéristiques Géométriques Des Gares
De Projet**

IV-1-INTRODUCTION

Une gare est ordinairement un lieu d'arrêt des trains, une gare comprend diverses installations, qui ont une double fonction :

Permettre la montée ou la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises

Pour certaines d'entre elles, 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.

IV-2-GARES 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 chalandes 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.

IV-2-1-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 y trouve donc :

- des parcs de stationnements pour les utilisateurs de voitures particulières, appelés dans certains cas parcs 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.

IV-2-2 Bâtiment voyageurs :

Le bâtiment voyageur (BV) est l'élément central de gares voyageurs.

On distinguera deux types de gares de voyageurs :

IV-2-2-1-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. Dans notre projet la gare de Hassimesaoude PK 96+280 m

IV-2-2-2-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,

IV-2-3-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.

Dans notre projet :

IV-3-EQUIPEMENTS DE LA GARE A VOYAGEURS :

IV-3-1-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.

IV-3-2-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.

IV-3-3-Traversées et couloirs sous voies :

IV-3-3-1-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).

IV-3-3-2-Les couloirs sous voies (passages sous terrain) :

Sont construits dans les gares importantes (plusieurs quais) et dans les gares situées sur les lignes électrifiées.

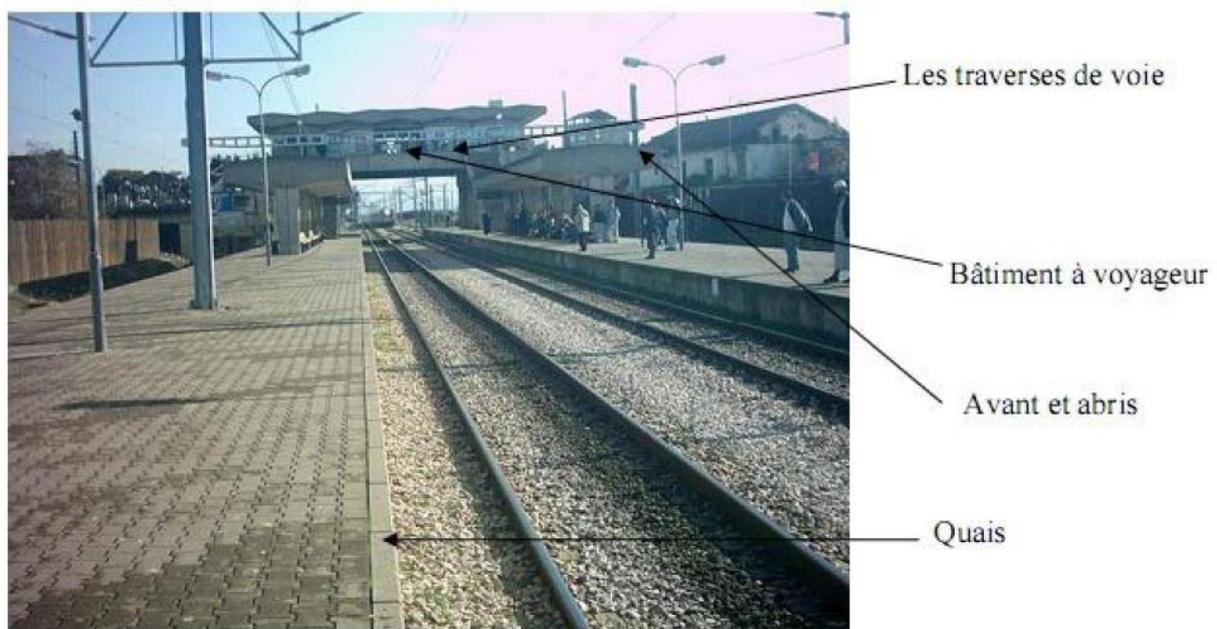


Figure N°IV-33 : Equipement de la gare

IV-4-GARE 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**.

IV-4-1-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.

IV-4-2-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

IV-4-3-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

IV-4-4-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.

IV-5-Réseau de voie

Selon l'importance des gares, le nombre de voies de chaque réseau est variable, chaque voie a sa fonction spécifique, mais elle peut éventuellement servir pour une autre, à condition que celle-ci n'ait pas de priorité sur la fonction spécifique.

Le tableau suivant indique la composition des réseaux selon leurs destinations.

Tableau N°IV-5 :Composition des réseaux selon leur destination

réseau de voies	Voie composant le réseau
Destine au transport de voyageur	Voie principale Voie de déplacement Voie de gare
Destine à l’atelier d’entretien des véhicules	Voie de liaison Voie d’entretien
Destine à laie d’approvisionnement en carburant	Voie d’approvisionnement

Le tracé de réseau d’une gare et sa signalisation ne peuvent se faire qu’en analysant avec précision tous mouvements et manœuvres comprises qui comportent l'exploitation de la gare aux jours de pointe de trafic.

Grâce à une telle analyse, il est possible de proportionner les moyens aux besoins de signalisation moderne qui coûtent cher, et est donc économiquement intéressant de limiter non seulement le nombre des voies, mais celui des liaisons à ce qui est indispensable.

La modernisation d’une gare se traduit maintenant, en général par des simplifications dans le schéma des voies, car, les progrès de la signalisation en supprimant les temps perdus en attente d’information des itinéraires et l’analyse rationnelle des mouvements permettant de s’en passer simultanément autrefois considérés comme indispensables.

IV-6-Marge de glissement à l'aval des signaux

IV-6-1- Définition de la marge de glissement

C'est le tronçon de voie situé au prolongement d'un parcours du train à l'aval d'un signal fermé, et aucune autre circulation de train n'est autorisée dans cette marge, qui, pour certains réseaux, doit être libre de toute occupation.

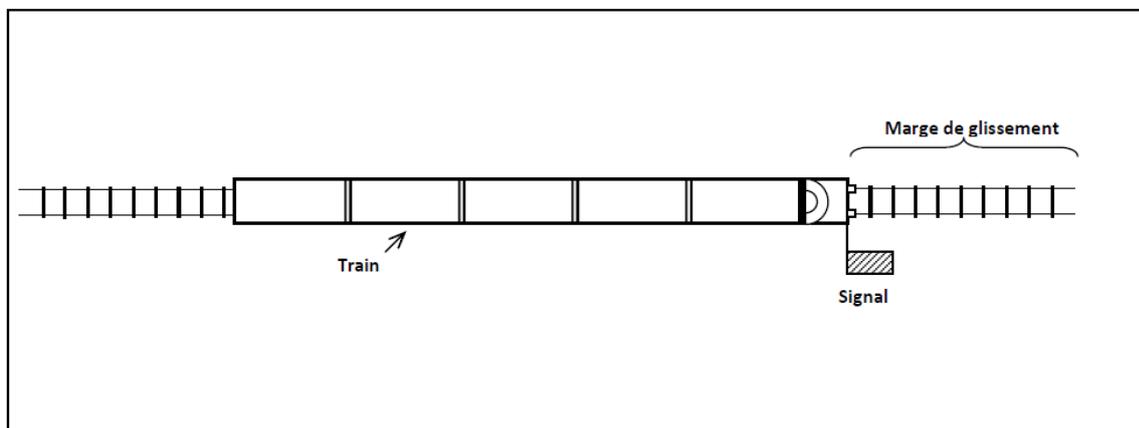


Figure N°IV-34 marge de glissement

IV-6-2-But de la marge de glissement

Elle a pour but de minimiser les conséquences d'un accident de collision lorsqu'un train n'a pas pu d'arrêter avant cette marge, faute de freinage ou rails glissants.

Longueurs de la marge de glissement

1. $50 < LG < 200$ m, selon la vitesse de la ligne, on l'utilise comme marge à l'aval des signaux de protection, des signaux d'entrée, des signaux intermédiaires ou de sortie.

$$LG = 200 \text{ m pour } V > 60 \text{ km/h}$$

$$LG = 100 \text{ m pour } 40 \text{ km/h} < V < 60 \text{ km/h}$$

$$LG = 50 \text{ m pour } V < 40 \text{ km/h.}$$

2. $LG = 50$ m : à l'aval des signaux de blocs

Une réduction de la longueur prescrite est admissible sur la ligne où l'on circule à faible vitesse ou

dans des conditions d'exploitation très simples.

NB :

Lorsqu'on ne peut pas réaliser cette marge, faute de quoi, on doit systématiquement réduire la vitesse d'entrée avant le signal.

IV-7-La longueur utile d'une voie de stationnement

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

- **Garage franc** : de part et d'autre de la voie de stationnement, il marque la partie de voie à occuper par les véhicules garés. L'entraxe entre la voie directe et le garage franc sur la voie déviée du branchement est de 4 m.

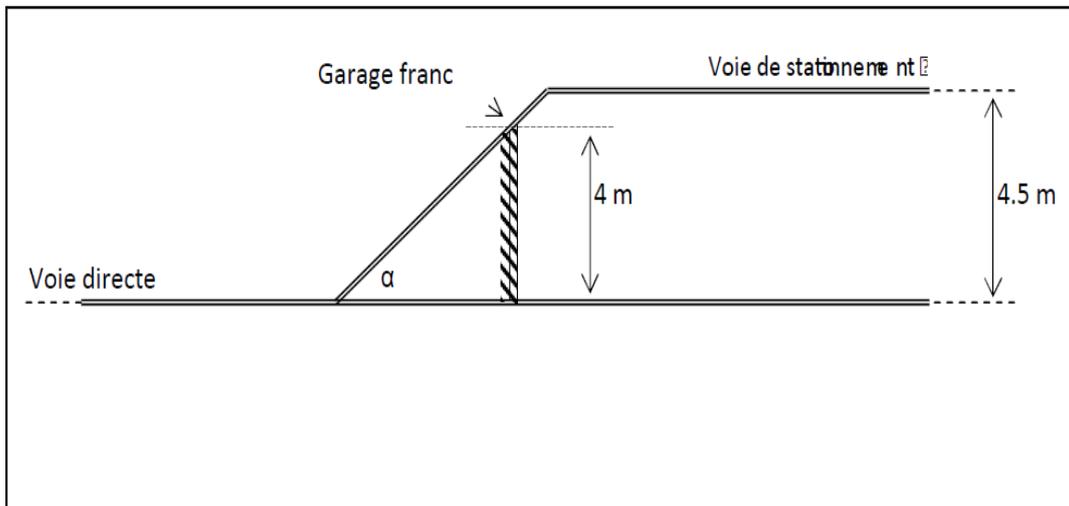


Figure N° : IV-35 La longueur utile d'une voie de stationnement

- **Détermination de la longueur utile :**

Cette longueur est donnée par le règlement comme suit :

$$LU = LG + LS + LT + LA + Le$$

Lu : Longueur utile

L_G: Longueur de glissement

L_S: Longueur de sécurité

L_T: Longueur maximale de train

L_A: marge de tolérance d'arrêt

L_e: tronçon d'isolation pour le système de contrôle

NB :

La longueur de glissement L_G est fonction de la vitesse d'accès aux appareils de voie, elle est aussi fonction de la variation moyenne de la pente sur 2.000 m avant le premier appareil de voie :

$L_G = 200 \pm x$ pour $V > 60$ km /h

$L_G = 100 \pm x$ pour $40 < V < 60$ km/h

$L_G = 50 \pm x$ pour $V < 40$ km/h

x : c'est l'augmentation de 10 % (pour chaque unité de la pente (1‰) des 200 m, 100 m ou de 50 m, dans le cas d'une pente, la valeur maximale $L_{GMAX} = 300$ m.

Dans le cas des rampes, x c'est la diminution de 5 % des 200 m ,100 m, ou de 50 m pour chaque unité de la rampe (1‰), la valeur minimale $L_{GMIN} = 50$ m.

IV-8-LES INSTALLATIONS DE GARE :

IV-8-1-Les heurtoirs :

Les heurtoirs matérialisent la fin d'une voie de garage ou de sécurité .Ils sont placées aux extrémités des voies en cul-de-sac pour éviter que les véhicules en mouvement n'en franchissent les extrémités.

En règle générale, les heurtoirs doivent être précédés, à 10 m. de distance, par des patins de freinage, qui après chaque déplacement doivent être remis en place. Il existe deux principaux types de heurtoirs :

- Les heurtoirs fixes ;
- Les heurtoirs patinant, petit et grand modèle ;

IV-8-2-Les Caténares

Ceux sont des lignes électriques aériennes assurant l'alimentation des engins de traction en marche. Les particularités de gabarit obligé conditionnent notamment la maintenance infrastructure :

- Fil de contact de 150 mm^2 avec porteur,
- Hauteur constante de 5,08ml.

IV-9-Les Caractéristiques Géométriques Des Gares De Projet :

IV-9-1- La déclivité dans les gares

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

Tableau N°IV-6 La déclivité dans les gares

Activité en gare	Déclivité maximale
Service voyageur seul.	< 10‰
Service voyageur et modification de composition des rames.	<5‰
Service voyageur et stationnement prolongé de rames.	<1‰

IV-9-2-Quais

Les quais ou plates-formes d'accès aux trains doivent présenter un état de surface plan et continu sur toute la longueur de la rame la plus longue appelée à y stationner.

Dans les gares à voyageurs, les quais servent à l'embarquement ou au débarquement des voyageurs et permet d'avoir une capacité d'accueil très importante

IV-9-3-La longueur des quais

- Grande ligne 450 m.
- Service régional 350 m (Normes SNTF).
- Banlieue 225m.

IV-9-4-La largeur des quais

La largeur de quais est donnée par la formule suivante :

$$B_{\min} = \frac{1.5 \times N_{\min} + S}{L}$$

IV-9-5-Dimensionnement de la hauteur du quai:

Pour le dimensionnement du quai on utilise les fiches UIC(f741). H = Hauteur au-dessus du plan de roulement, perpendiculaire au plan de roulement L = Distance par rapport à l'axe de la voie, parallèle au plan de roulement

Lorsque la généralisation de l'embranchement à 3 niveaux deviendra possible, une hauteur nominale de 600 mm, plus favorable pour ce type d'embranchement que la hauteur de 550 mm devrait pouvoir être applique sans difficultés techniques.

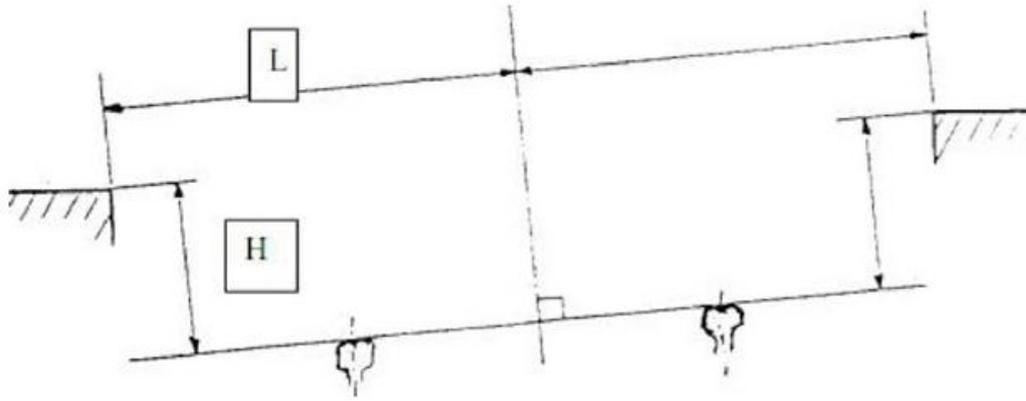


Figure N°IV-36 : Section transversal de la halte

La hauteur nominale des bordures des quais au-dessus du plan de roulement est fixée à 550mm pour des quais concernés par du trafic voyageurs grandes lignes et banlieue Dans certaines conditions, une hauteur différente peut être appliquée, par exemple 760mm.

IV-9-6-Détermination de la distance à l'axe de la voie :

Pour les bordures de quais implantées à la hauteur nominale de 550 mm, la distance nominale à l'axe de la voie est fixée à $L \text{ (mm)} = 1\ 650 + S$; la valeur de S est donnée par la formule :

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

I = étant l'écartement de la voie, en millimètres

R = étant le rayon de la voie, en mètres

Pour des bordures de quais implantées à une hauteur supérieure à 550 mm, la distance L doit être Majorée de valeurs dépendantes de la hauteur adaptée.

IV-9-7-Les toitures des quais

IV-9-7-1-Largeur :

Quai intermédiaire de 8 m de largeur = 7 m

Quai intermédiaire de 6 m de largeur = 5 m

Quai extérieur de 6 m largeur = 5.5 m

On prend 7 m pour cette largeur de toiture

IV-9-7-2-Longueur :

Pour un quai de 350 m elle est ≥ 150 m

On prend 150 m.

IV-9-7-3-Hauteur libre :

H= 3.10 m

IV-9-8-Entre- axe des quais

e normal > 11.3m.

e minimal > 9.3 m (norme SNTF).

V- Principe des gares

V-1-Gare de voyageur de hassimesaoud nouvelle ville

La gare de hassimessaoud nouvelle ville comprendra deux voies principales puisque c'est le début du tronçon en voie double en direction de hassimessaoud pole pétrolière.

Tous les trains grand ligne auront pour terminus hassimessaoud nouvelle ville.

Les arrivées et les départs des trains grands ligne se feront respectivement des voies V4 et V6.

Les arrivées et les départs des navettes qui assurent la liaison hassimesaoud nouvelle ville à hassimessaoud pole pétrolier se feront sur la voie V1

Les trains marchandises emprunteront la voie V2 pour traverser la gare et stationner si nécessaire.

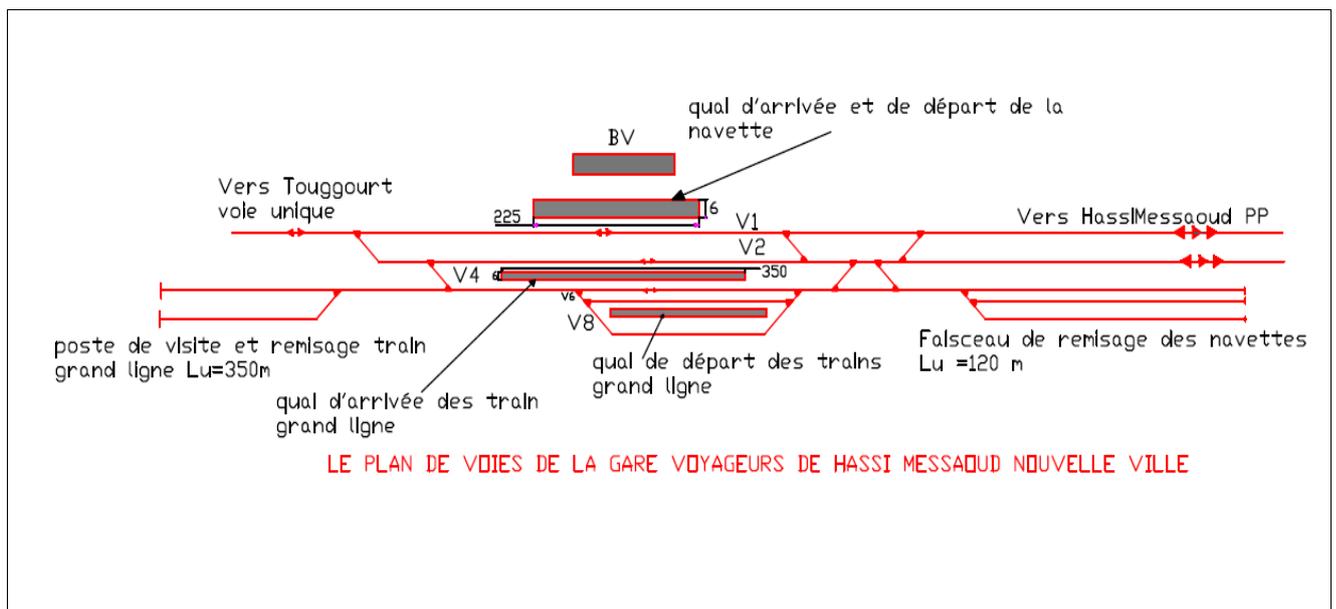


Figure N°IV-37 : principe de la gare de hassimessaoud nouvelle ville

V- 2-Halte de sud de hassimessaoud nouvelle ville

La halte sud de hassimessaoud nouvelle ville est un point d'arrêt de passage pour les navettes. Seulement certaines navettes s'arrêteront à la halte sud pour déposer ou prendre des travailleurs de la zone d'activités de hassimessaoud nouvelle ville.

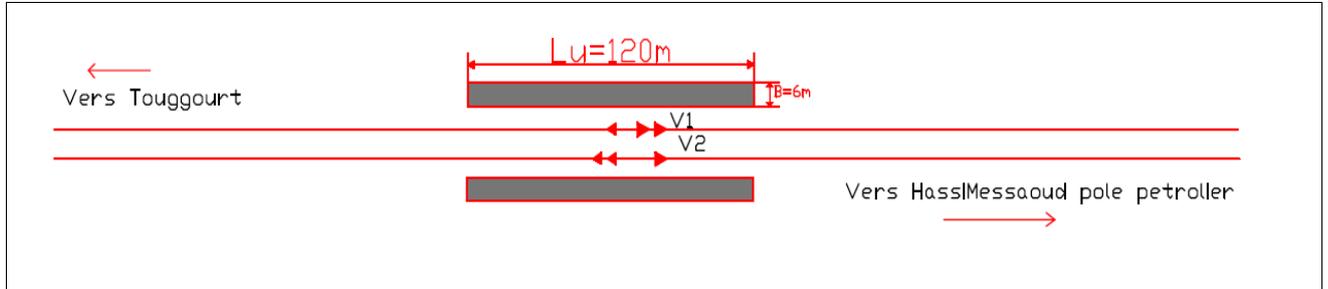


Figure N°IV-37 : principe de Halte de sud de hassimessaoud nouvelle ville

V- 3-Faisceau marchandises de hassimessaoud nouvelle ville

Le principe de la gare marchandise est basé sur le fonctionnement suivant :

- Réception des trains (zone de réception et de départ).
- Tri des wagons en attente de déchargement (zone de tri)et expédition des wagons de marchandises en vrac ou liquides vers les clients via la voie mère industrielle.
- Chargement –déchargement (zone de déchargement).
- Tri des wagons pour recomposition des trains (zone de tri).
- Préparation des trains au départ (zone de réception et de départ).

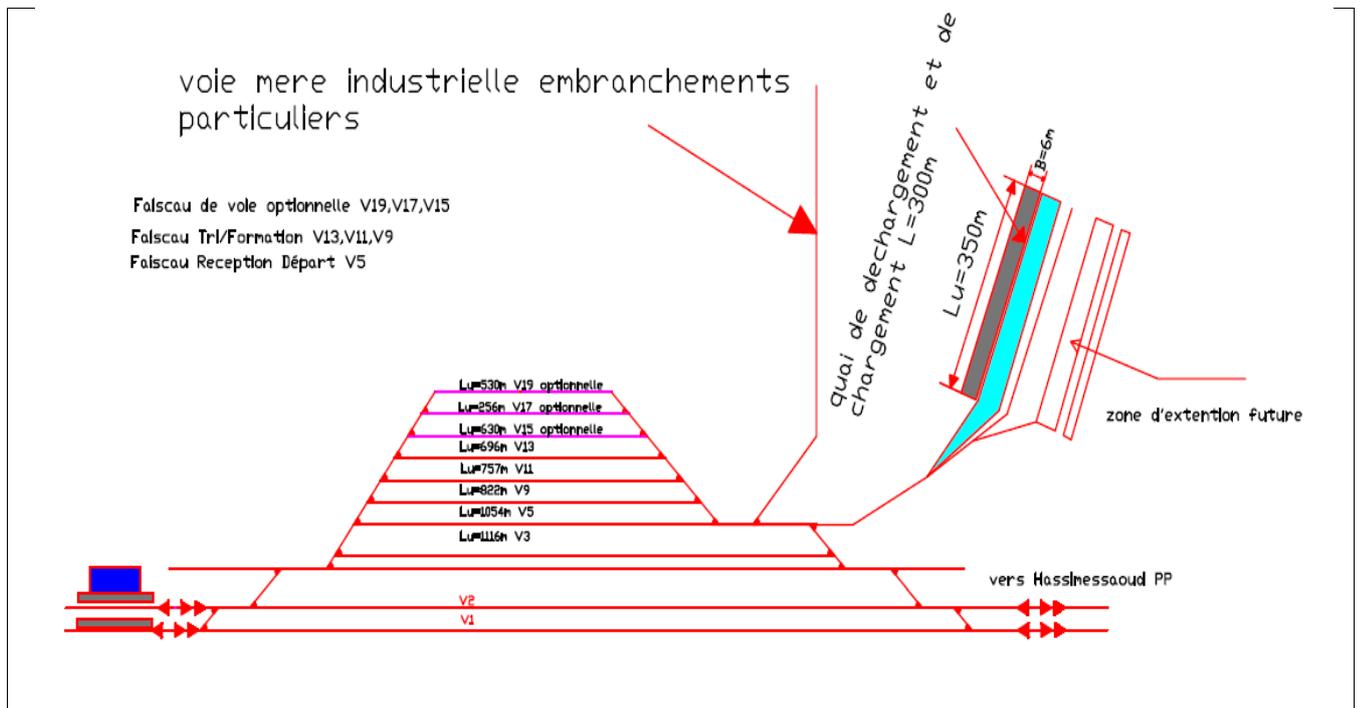


Figure N°IV-38 : principe de gare de marchandise de hassimessaoud nouvelle ville

V- 4-Cas de notre projet

La gare de hassimessaoud de voyageur de hassimessaoud nouvelle ville se trouve entre

pk 96100m et le **pk 96500m**

Halte sud hassimessaoud nouvelle ville zone d'activité se trouve entre **pk 97700m** et le **pk 97900m**

La gare de marchandise se trouve entre le **pk 98500m** et le **pk 100300m**.

A l'extérieur des voie principales V1, V2 il existera autant des quais pour la monter et la descente de voyageurs

Quai d'arrivée et départ de la navette 225 m de longueur(Lu) et 6 m de largeur(B).

Quai d'arrivée et de départ des trains grand ligne de 350mde longueur (Lu) et 6m delargeur (B).

V- 5-La configuration fonctionnelle des gares

V- 5-1-Gare de voyageur

V- 5-1-1-Longueur utile

Voie1 et voie2 Lu=1200m

Voie4 Lu=652m

Voie6 Lu=486m

Voie8 Lu=486m

V- 5-1-2-Entre axe

Voie1/voie2 :4m

V- 5-1-3-Appareille de voie

Appareille 1, 2, 3, 9, 10, 11, 12, 15,16 **UIC 60-500 -1 :12** (60km/h par voie déviée)

Appareille 4, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 17, 18, **UIC 60-300 1 :9** (50km/h par voie déviée)

V- 5-2-Gare marchandise hassimessaoud nouvelle ville

V- 5-2-1-Longueur utile

V- 5-2-1-1-Faisceau Tri/formation V13, V11, v9

Voie13 Lu=696m

Voie11 Lu=757m

Voie9 Lu=822m

V- 5-2-1-2-Faisceau réception/départ V7, V5, V3

Voie 7 Lu=884m

Voie 5 Lu=1054m

Voie 3 Lu=1116m

V- 5-2-1-3-Faisceau des voies optionnelles V19, V17, V15

Voie 19 Lu=530m

Voie 17 Lu=556m

Voie 15 Lu=633m

V- 5-2-2-Entre axe

Voie 1/voie 2 :4.2m

Voie 1/voie 3 :12m

Voie 3/voie 5 :4.5m

Voie 5/voie 7 :7m

Voie 7/voie9 :4.5m

Voie 9/voie 11 :4.5m

Voie 11/voie 13 :4.5m

Voie 13/voie15 :4.5m

Voie 15/voie 17 :4.5m

Voie 17/voie 19 :4.5m

V- 5-2-3-Appareille de voie

Appareille 19 ,20 ,21 ,22 ,55 ,56 ,57 ,58 **UIC60-500 -1 :12PLANCHER BÉTON**(60 km par voie déviée)

Appareille 23 32 51 **UIC 60-300 -1 : 29PLANCHER BÉTON**(50 km par voie déviée)

Appareille 24 25 26 27 28 29 30 31 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 52 53 54 **UIC 60-190 -1 :7PLANCHER BOIS** (40km/h par voie déviée)

V- 5-3-Assainissement dans les gares

V- 5-3-1-Assainissement transversal

Pour faciliter le ruissellent des eaux pluviales dans les gares, les quais doivent avoir une pente de 2%en toit de telle sorte à évacuer ces eaux vers les voie ensuite ces eaux sont dirigées grâce aux pentes transversales des plat forme.

V- 5-3-2-Assainissement longitudinale

Les drains disposés longitudinalement avec des pentes de 3‰ permettent de recueillir les eaux de ruissellement qui s'infiltrent dans le ballast et la plateforme et les évacuer vers le réseau d'assainissement via les regards de visite

VI-LA SIGNALISATION

IV-1-Emploi et rôle de la signalisation

Les installations de signalisation jouent un rôle très important pour éviter certains problèmes :

- Les risques de déraillement
- Circulation dans les deux sens sur voie unique
- Le franchissement dans les passages à niveau
- Protection dans le franchissement des appareils de voie
- L'espacement des circulations pour éviter les rattrapages (cantonement ou block).
- Permettre un freinage sans risque par une distance d'arrêt suffisante Dans certains cas, la mise en scène des signaux d'arrêt s'avère nécessaire :
- signal d'annonce d'arrêt
- signal de ralentissement et de rappel de ralentissement indiquant au mécanicien une limitation de vitesse sur un aiguillage franche en voie déviée ou à l'entrée des gares ou encore à cause des travaux temporaires.

VI-2-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.

VI-3-Genre et étalon de signalisation

Sur les lignes à double voie, la circulation des trains se fait normalement à gauche, les signaux implantés à demeure sont habituellement installés à gauche de la voie à laquelle ils s'adressent ou dans la partie gauche au-dessus de cette voie. Dans certains cas, notamment dans les entre-voies réduites, il peut être fait usage de signaux de type bas installés au ras du sol. La signalisation peut comporter :

- Des tableaux lumineux
- Des tableaux mécaniques fixes ou effaçables
- Des tableaux ou pancartes réflectrices
- Des guidons d'arrêt . . .

Exceptionnellement à certains signaux amovibles par nature (signaux à main), les signaux sont implantés à demeure soit à titre permanent, soit à titre temporaire (signaux de chantier...).

Les signaux implantés à demeure sont dit :

- Fixes, lorsqu'ils présentent un aspect invariable.
- Mobiles, lorsqu'ils présentent aux moins un aspect distincts. Ces deux signaux correspondent respectivement à la position «signal ouvert» et à la position «signal fermé ».

VI-4-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.

VI-5-Visibilité des signaux

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

V-5-1-Visibilité des signaux hauts

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

VI-5-2-Visibilité des signaux bas

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

VII-Traction et système d'alimentation en énergie

VII-1-Introduction :

L'énergie électrique est l'énergie fournie sous forme de courant électrique à un système électrotechnique ou électronique. L'électricité est directement utilisable pour effectuer un travail : déplacer une charge, fournir de la lumière.

Un système d'électrification ferroviaire est l'ensemble des moyens mis en œuvre pour alimenter en énergie électrique les trains (locomotive électrique ou rame automotrice électrique).

Ces systèmes peuvent être classés selon différents critères :

- Type d'alimentation (troisième rail ou caténaire),
- Type de courant :
 - Courant continu ou courant alternatif,
 - Tension électrique,
 - Fréquence (en courant alternatif),
 - Courant monophasé ou triphasé.

VII-2-Les exigences d'un système d'électrification :

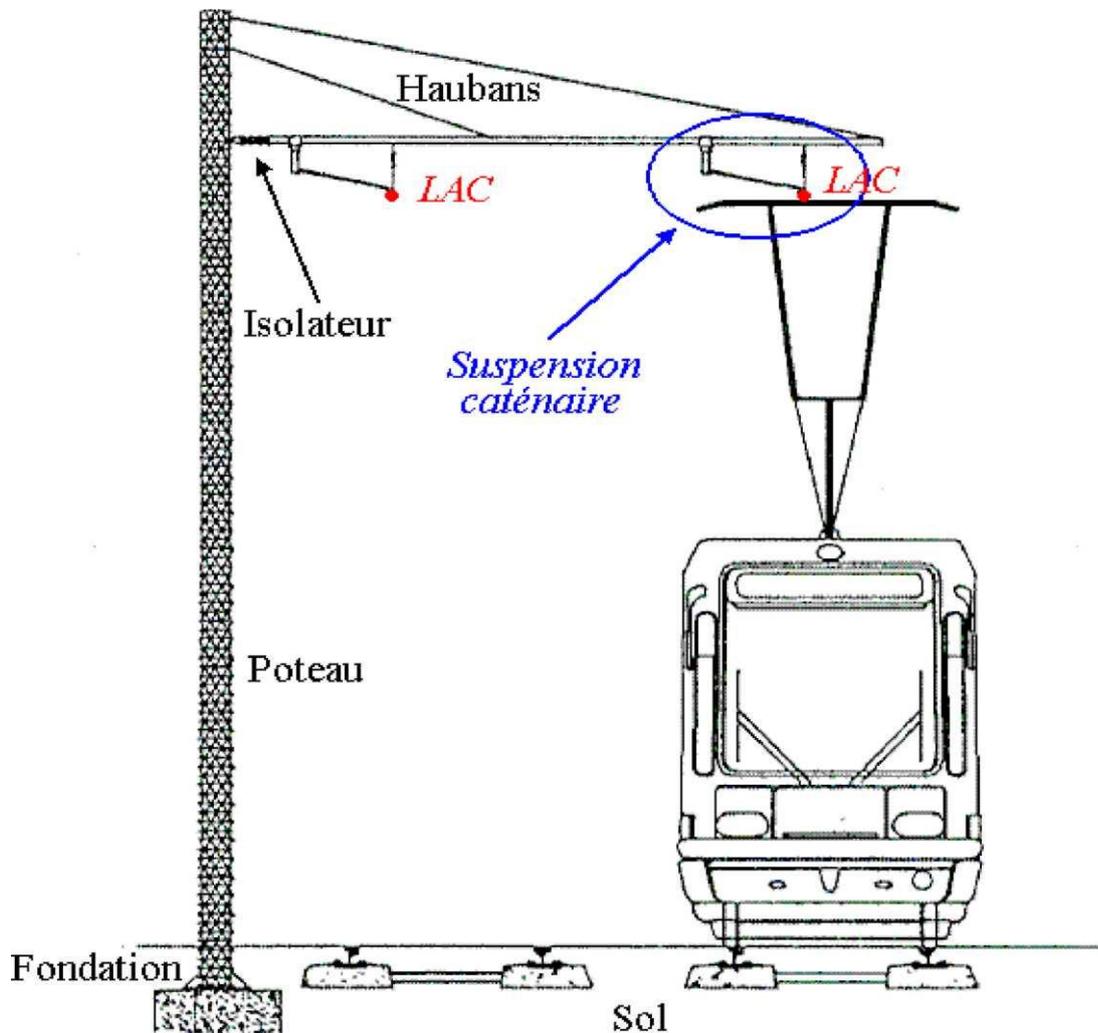
L'alimentation en courant de traction d'un réseau de transport urbain doit répondre à :

VII-2-1-La sécurité : le système retenu doit permettre la coupure immédiate et sûre du courant en cas de court-circuit (pour minimiser les risques d'incendie et les blessures par électrocution), de surcharge (pour minimiser les risques de dommages aux équipements) ou de commande de l'exploitant ou des usagers en cas d'urgence.

VII-2-2-La fiabilité : c'est-à-dire que le courant fourni doit l'être de façon quasi-continue, 24 heures sur 24.

La flexibilité : elle-même liée à la sécurité, le système doit permettre de couper l'alimentation de façon suffisamment sélective pour autoriser la continuité de l'exploitation sur les tronçons de ligne où cela est possible par ailleurs.

Collectivement, ces exigences conduisent à mettre en œuvre, de nombreuses redondances et des modes dégradés, permettant d'assurer l'exploitation quasiment sans interruption due à des pannes d'équipement ou à l'arrêt d'une source d'énergie particulière.



FigureN°IV-40 : Support latéral d'une ligne aérienne de contact

La Figure représente un type de support pour la ligne aérienne de contact. La suspension caténaire vise à maintenir le fil de contact aussi parallèle à la voie que possible dans des conditions de fonctionnement dynamique. La pression entre la ligne de contact et le pantographe doit également être suffisante et constante, pour éviter les arcs électriques entre ces conducteurs.

Dans les années à venir, l'électrification aérienne des réseaux de transports urbains pourrait tendre à ralentir. Comme précédemment évoqué, pour des raisons esthétiques, techniques et pratiques, certains centres villes souhaitent s'affranchir des lignes aériennes de contact. Les avancées techniques actuelles proposent entre autre une bimodalité d'énergie. La LAC

pourrait par exemple être associé à un système d'Alimentation Par le Sol (APS) ou à des moyens de stockage énergétiques embarqués.

CHAPITRE V- OUVRAGE D'ART ET **DIMENSIONNEMENT DES** **OUVRAGESHYDRAULIQUES**

V-1-Introduction

V-2-Drainage des eaux souterraines

V-3-Définitions

V-4-Les bassins versants

V-5-Détermination des débits de crues

V-6- Détermination du débit de saturation

Q_s

V-7- Dimensionnement des dalots

V-8- Dimensionnement du fossé

V-9-Ouvrage d'art

V-1-Introduction :

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :

- L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, cunettes, rigoles, etc....
- **Les drainages** : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainant et canalisations drainant).
- **Les canalisations** : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...)

V-2-DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES :

V-2-1-Nécessité Du Drainage Des Eaux Souterraines :

Les eaux souterraines comprennent d'une part, les eaux de la nappe phréatique et d'autre part, les eaux d'infiltrations. Leurs effets sont nocifs si ces eaux détrempe la plateforme, ce qui peut entraîner une baisse considérable de la portance du sol.

Il faut donc veiller à éviter :

- La stagnation sur le fond de forme des eaux d'infiltration à travers la voie ferrée
- La remontée des eaux de la nappe phréatique ou de sa frange capillaire jusqu'au niveau de la fondation.

V-2-2-Protection Contre La Nappe Phréatique :

- La construction d'un chemin de fer modifie la teneur en eau du sol sous-jacent,
- car les couches d'assise diminuent l'infiltration et l'évaporation.
- Si le niveau de la nappe phréatique est proche de la surface, la teneur en eau du sol tend vers un état d'équilibre dont dépend la portance finale.

Lorsque cette dernière est faible, on pourra :

- soit dimensionner les couches d'assise en conséquence.
- soit augmenter les caractéristiques de portance du sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique ou en mettant les couches d'assise en remblai.
- Le choix de l'une ou l'autre de ces solutions dépend :
- des possibilités de drainage du sol (coefficient de perméabilité).
- de l'importance des problèmes de gel.
- de leurs coûts respectifs.

V-3-Définitions :

V-3-1-Bassin versant :

- C'est la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré.
- Elle est définie par la topographie et délimitée soit par une crête soit artificiellement par une canalisation.

V-3-2- Collecteur (canalisation):

- Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites Collecteurs secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.
- Les collecteurs sont constitués par des tuyaux enterrés alignés, entre les regards avec un diamètre et une pente constante.
- Ouvrage placé sur les canalisations pour contrôler, nettoyé et pour faciliter l'entretien des canalisations.
- Pour cette dernière raison, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 100 m

V-3-3- Sacs :

Ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles, et sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés, par les eaux superficielles.

V-3-4-Cueille de loup, grille d'introduction et gueulard :

Ils permettront l'écoulement de l'eau superficielle dans les sacs.

V-3-5- Ovoïde :

Lorsque les débits sont importants et entraînent de gros diamètres, la canalisation est remplacée par un ovoïde.

V-3-6- Les regards :

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres.

V-4-Les 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 (A) des bassins, exprimés en km², est déterminée avec une précision acceptable, la délimitation des lignes de partage des eaux est faite sur les cartes d'état major à différentes échelles selon l'importance des bassins versants au droit de la ligne ferroviaire de HassiMessaoud.

Les paramètres suivants :

- Surface (A)
- Périmètre (P)
- L'indice de compacité KC (paramètre de forme du bassin)
- Longueur de l'oued (L)
- Altitude max (Hmax)
- Altitude min (Hmin)
- Longueur du rectangle équivalent (Lr).

Sont évalués et calculés pour chaque Oued qui traverse la voie ferrée à partir des cartes d'état major.

Avec :

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right]$$

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

Tableau N°V-7 : Caractéristique des bassins versants

N°	PK Intersection Oued-Voie	A(Km ²)	P (Km)	L(Km)	K _c	L _r (Km)	H _{Max} (m)	H _{Min} (m)	H _{Moy} (m)
1	100+640	8.82	16.14	15.17	2.97	14.56	466.71	223.29	345.00

V-5-Détermination des débits de crues

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

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

$$Q_{Max, F\%} = \frac{C \times P_{Tc, F\%} \times A}{3.6 \times T_c}$$

- Q Max, F%** : Débit maximal instantané de la crue de fréquence F, (m3/s).
- C** : Coefficient de ruissellement du bassin par la crue considérée (pour la même fréquence).
- T c** : Temps de concentration du bassin versant (heures).
- P Tc, F%** : Hauteur totale maximale de précipitation correspondant au temps de concentration du bassin pour une fréquence donnée.
- A** : Aire du bassin versant (km²).

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 N°V-8- Coefficient de ruissellement

Type de chaussée	Coefficient « C »	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 – 0.95	0.9
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 – 0.4	0.4
Talus, sol perméable	0.1 – 0.3	0.1 – 0.3
Terrain naturel	0.0 – 0.2	0.2

Avec :

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_{Moy} - H_{Min}}}$$

$$P_j = \frac{P_{jMoy}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} * e^{u\sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

u = 2.32 (variable de Gauss pour une période de retour de 100 ans)

Nous avons opté pour la détermination des débits de projets par la formule de **Turraza**, et pour une période de retour de 100 ans.

Pour notre projet :

$$P_{jmoy} = 25.6 \text{ mm}$$

$$b = 0.19$$

$$C_v = 0.4$$

$$T_c = \frac{4\sqrt{8.823} + 1.5 * 15.177}{0.8 \sqrt{345.0 - 223.3}} = 2.56$$

$$P_j = \frac{25.6}{\sqrt{0.6^2 + 1}} * e^{2.23 \sqrt{\ln(0.6^2 + 1)}} = 75.59$$

$$P_{T_c, F\%} = 75.59 \left(\frac{2.56}{24} \right)^{0.19} = 49.41$$

$$Q_{Max, F\%} = \frac{0.4 \times 49.41 \times 8.823}{3.6 \times 2.56} = 18.92$$

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau N°V-9 : Débit de crues

N° BV	PK Intersection Oued – Voie Projetée	A (Km2)	Débit Max (m3/s)
1	100+640	8.832	18.92

La formule de Turraza est la plus utilisée en Algérie, les résultats obtenus par cette formule sont relativement plus élevés par rapport aux autres formules empiriques, par conséquent, pour la suite de l'étude on se propose d'utiliser les résultats de débits max, de la formule de Turraza pour le dimensionnement des ouvrages de drainage.

V-6- Détermination du débit de saturation Q_S

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

$$Q_s = K_{st} * R^{2/3} * I^{1/2} * S$$

Où:

- Q_s**: débit maximum.
- K_{st}**: coefficient de rugosité de canalisation.
- I** : pente de canalisation (m/m).
- S**: section transversale de l'écoulement.
- RH**: rayon hydraulique (RH = S_m/P_m).
- K_{st}** : 70 bétons (dalots).

Tableau N°V-10 : Coefficient de MANNING STRIKLER

K_{st}	VALEUR
Terre	30
Buses métalliques	40
Maçonneries	50
Bétons (dalots)	70
Bétons (buses préfabriquées).	80

V-7- Dimensionnement des dalots

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

Dans notre projet, les dalots sont en béton.

On fixe la hauteur d'après le profil en long et on calcule la travée nécessaire. On fixe aussi la hauteur de remplissage à Ø = 0.8h.

On a

$$Q_s = Q_{\max, F\%}$$

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

Pour notre projet on prend : **I = 1 %**

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

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

Alors on a

$$70 * \left(\frac{0.8 * 1.5 * L}{1.6 * 1.5 + L} \right)^{2/3} * 0.01^{1/2} * 0.8 * 1.5 * L = 18.92$$

Donc **On a**

$$L \approx 3.5m$$

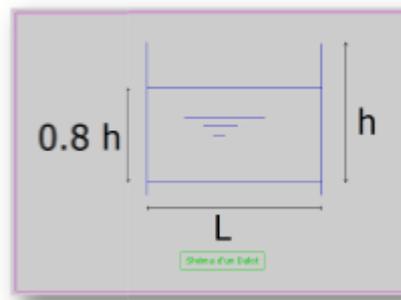


Figure N° V-41: schéma d'un dalot

V-8- Dimensionnement du fossé

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

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

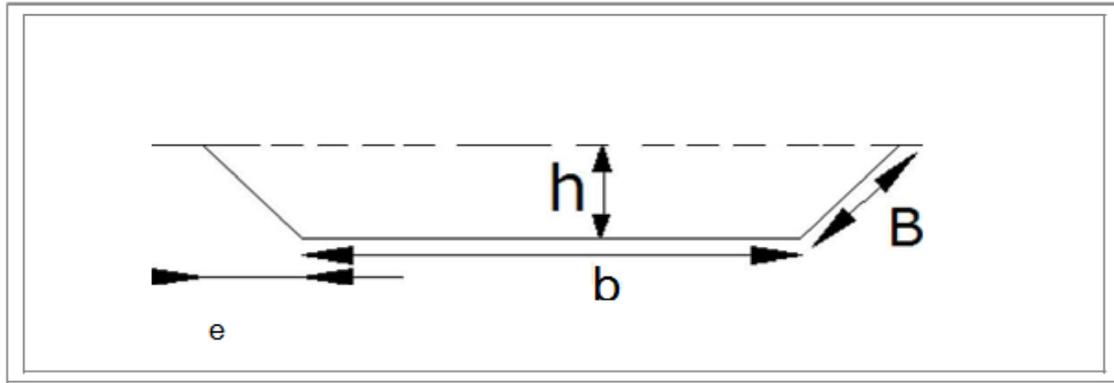


Figure N° IV-42 :Schéma d'un fossé

-**Sm**: surface mouillée.

-**U** : périmètre mouillé. a , h , B

-**R**: rayon hydraulique $R = S/U$.

-**P** : pente du talus $P = 1/n$.

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

Kst : 70 (fosse en terre). Pente de fosse I = 1 %

V-8-1- Calcul de la surface mouillé

$$S_m = b.h + 2 e.h/2 = b.h + n.h^2 = h (b + n.h) \quad \text{donc} \quad S_m = h (b + n.h)$$

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

V-8-2- Calcul du périmètre mouillé

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

Avec : $B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2 * h^2} = h \cdot \sqrt{1 + n^2}$.

V-8-3- Calcul du rayon hydraulique

On a $R_h = S_m / P_m$ donc :

$$R_h = \frac{h(b + n \cdot h)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}}$$

V-8-4- Calcul du débit max pour un talus de déblai

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

On a :

$$Q_{\text{max}} = Q_s = K_{ST} * I^{1/2} * h * (b + n * h) * \left(\left[\frac{h(b + nh)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3} \right)$$

Avec : KST = 70

I = 1 % (pente de l'ouvrage)

n = 1.5

b = 0.5 m

Après un calcul itératif, on trouve h = 0.3

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

h = 0.5 met b = 0.5 m

V-9-Ouvrage d'are

V-9-1-Introduction :

D'une façon générale, on appelle un pont tout ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation. Selon le cas, on distingue : pont-rail pont- route, pont canal.

En résumé, on appellera pont tout ouvrage de franchissement en élévation construit in situ, ce qui exclut les buses totalement ou partiellement préfabriquées.

Ce chapitre présentera les ouvrages d'art existants, ainsi le type de l'ouvrage à concevoir pour franchir les routes et les pistes existantes.

V-9-2-Recommandation Sur Le Choix Du Type D'ouvrage

- dans le cas où la voie ferrée croise la route en un endroit ou l'écart entre leur niveau respectif n'est pas important, ou bien qu'à cet endroit la voie ferrée passe en déblai par rapport à la route, il est évident alors de prévoir un passage supérieur routier c.à.d. un ouvrage d'art routier dont les gabarit UIC permettent le passage d'un ou plusieurs trains en même temps selon la nature de la ligne (la ligne à voie unique, à double voies, ou à plus)

- par contre si ce croisement se fait en un endroit ou la voie ferrée passe en très grand remblai par rapport à la route, de telle façon à pouvoir insérer un gabarit routier entre leur niveau de roulement et cela sans oublier les retombées des poutres de l'ouvrage d'art (= 1.20 m). alors dans ce cas, c'est la voie ferrée qui sera en passage supérieur, c.à.d. qu'il faudra prévoir un ouvrage d'art ferroviaire.

Afin d'analyser cas par cas tous les croisements précédents, il est important de connaître d'abord la nature et le débit de chaque voie traversière afin d'analyser cas par cas tous les croisements en fonction de la vitesse de base maximale le long du tracé ferroviaire :

- si cette vitesse est supérieure à 100 km/h aucun passage à niveau n'est toléré sauf pour les pistes en débit presque nul et seulement si la topographie du terrain le permet sinon pour toutes les autres classes de route un ouvrage est à prévoir, Comme indique si dessus.
- si cette vitesse est inférieure à 100 km/h, en plus des pistes on peut admettre un passage à niveau pour les chemins à débit presque nul (même condition (même condition topographique)

Pour Notre Projet Les ouvrages d'art existants sont hors de tronçon étudiée

TABLEAU V-11- Liste Des Ouvrages D'art Pour Les Croisement

N°	Pk (m)	Type	CARACTERISTIQUE
1	83+536	Pont route	RN3chausse unique
2	94+275	Pont route	Piste largeur 6m non goudronnée
3	115+115	Cadre BA 8*5	Piste 6m non goudronnée
4	115+790	Pont route	RN3 et piste
5	139+520	Pont route	Route largeur 8m goudronnée

CHAPITRE VI ENTRETIEN DE LA VOIE FERREE

I- GÉNÉRALITÉS

II- ORGANISATION DE L'ENTRETIEN

III- MOYENS DE CONTROLE DE L'ETAT DES VOIES

IV- TECHNIQUE DE NIVELLEMENT

V- DESHERBAGE CHIMIQUE

VI. RENOUVELLEMENTS

VII. OPERATIONS DETAILLEES DE L'ENTRETIEN

VIII- MAINTENANCE DU BALLAST

XI- CONDITION DE MAINTENANCE DE LRS

X- CONCLUSION

I- GÉNÉRALITÉS

L'entretien a pour objet le maintien des voies dans un état qui leur permet d'assurer la circulation des trains en toute sécurité et dans des conditions de confort aussi voisines que possible de l'état de neuf.

Bien entendu, les normes d'entretien varient avec la vitesse des trains et le tonnage supporté. La maintenance de la voie proprement dite comprend trois rubriques principales :

- L'entretien courant dans le but est le maintien de la voie dans un état correspondant au service qu'elle doit rendre sous le double aspect : sécurité et confort.
- Le renouvellement caractérisé par le remplacement systématique des éléments de la voie lorsque l'usure ou vieillissement est tel que l'entretien courant se révèle impuissant. Les travaux procurent le plus souvent l'occasion d'améliorer l'armement, d'augmenter la possibilité d'accroissement des charges par essieu ou des vitesses sur le parcours, ces éléments (rails, traverses ou ballast) sont renouvelés soit séparément, soit le plus souvent simultanément.
- Les grosses réparations comportant des opérations non cycliques substitution ou de régénération systématiques intéressant les différents éléments de la voie sur une échelle plus réduite toutefois que les renouvellements.

II- Organisation de l'entretien

L'utilisation des divers appareils permet une planification très poussée de l'entretien des voies, qui comprend :

1. Une opération cyclique «révision intégrale» consistant à remettre la voie tous les quatre ans dans un état aussi proche que possible de celui de sa pose.
2. Des opérations de nivellement annuelles, déterminées essentiellement, par l'examen des divers enregistrements et par le résultat des tournées, elles peuvent être continues, discontinues, ou limitées aux seuls joints.
3. Un certain nombre d'opérations cycliques annuelles (serrage des attaches et des herbages chimiques).
4. Des opérations cycliques de contrôle (passage des engins de détection des avaries de rails).

II-1-Bases de l'entretien

Les paramètres d'appréciation de la qualité de la voie sont :

- ❖ le matériel
- ❖ sa géométrie
- En ce qui concerne le matériel, son vieillissement dépend essentiellement du trafic
- La géométrie de la voie, par contre, dépend, de plusieurs paramètres dont :
 - les caractéristiques et état de vieillissement de la voie.
 - les caractéristiques de trafic.
 - les conditions climatiques.
 - la qualité de la fondation.

Il est envisagé, si nécessaire, des travaux «hors révision intégrale» (**H.R.I**) cycliques ou non cycliques.

- ❖ Les travaux cyclique sont repris plus tard, les travaux non cycliques sont
notamment :
 - rechargement ou meulages des rails, aux abords en pleine barre.
 - remplacement d'éclisses ou de boulons rompus.
 - serrage de boulons d'éclisses et exceptionnellement le tirage de fer, les consolidations d'attaches, le remplacement des traverses.

II-2-Les classes d'entretien

L'organisation de l'entretien dépend aussi de la décision ou non de renouveler (voie et ballast, RVB), et de la proximité de la date de renouvellement.

A cet effet, on divise les lignes en classes d'entretien :

La classe «R» : Lignes à renouvellements systématique caractérisés par u fort trafic et une vitesse de 140Km/h au moins.

La période de renouvellement est de 20 à 25 ans.

La classe «E» : On distingue :

La sous classe «**E1**» : lignes à renouvellement pas cas d'espèce.

La sous classe «**E2**» : lignes de renouvellement exceptionnel.

Les propositions de renouvellement devront faire l'objet de justifications détaillées d'ordre technique (armement, usure...) ou économique.

La classe «S» :

Ce sont des lignes sans trafic de voyageurs.

Aucun renouvellement n'y est prévu, des substitutions de rails de réemploi pourront y être envisagées.

II-3- Les règles d'entretien

Les règles d'entretien sont fixées en tenant compte de ces classes de renouvellement.

II-3-1- Ligne de la classe «R»

On considère trois époques d'entretien :

- les années qui suivent le **R.V.B** pendant lesquelles les révisions sont allégées.
- En période intermédiaire, la fréquence des opérations tient compte du vieillissement du matériel et du trafic supporté depuis la pose.
- A partir de la 3^{ème} année précédant le renouvellement, les opérations d'entretien doivent être organisées dans le seul but d'assurer une tenue suffisante de la voie sur l'ensemble du parcours à renouvelés.
- L'entretien du matériel comporte des travaux de **R.I** et des travaux **H.R.I S L** entretien normal de la géométrie de la voie s'effectuent par bourrage-dressage mécanique lourd. L'entretien du bornage et la vérification du piquetage devront être effectuées.

II-3-2- Lignes de classes «E»

Ces lignes sont parcourues par des circulations caractéristiques très variées, l'entretien y est conduit donc de manière à préserver pour chaque ligne, ou tronçon de ligne, le niveau de qualité correspondant à l'importance du trafic et à la vitesse de la ligne. Pour l'entretien du nivellement dressage, les mêmes dispositions que pour les classes «R» sont à observer.

II-3-3- Lignes de la classe «S»

Pour ces lignes, l'entretien du matériel comprend :

- Une révision cyclique, la **R.I**
- Les vérifications et éventuellement des interventions en **H.R.I**.

A l'examen des enregistrements et à la suite des constatations faites au cours des tournées, le chef de district décide des interventions à faire concernant l'entretien du nivellement-dressage.

II-4. Les appareils de voies

Les appareils de voies sont inclus dans les cycles de révision de **R.I** de la voie courante, cependant certaines d'entre eux peuvent être groupés pour être traités dans la même année.

L'entretien du matériel des appareils des groupes UIC 1 à 6 et (7, 8, 9), **AV**.

Comporte essentiellement :

Une révision cyclique (**R.I**) (3ans ou 6 ans) **UIC** 1 à 6.

Les vérifications ou opérations hors révision (**H.R.I**).

Remplacement des ferrures.

En ce qui concerne l'entretien des appareils de voie, des lignes de groupes UIC 7.8.9 sans voyageurs, il est rattaché à l'entretien des appareils des **VS**.

L'instruction spécifique à l'entretien des appareils de voie donne les dispositions à observer pour l'entretien du nivellement-dressage.



FIGURE N°43 : disposition des appareils de voies

II-5. Travaux divers

Au cours de l'année, le chef de district recueille le plus grand nombre de données susceptibles de servir à l'établissement du calendrier de l'année suivante.

Les travaux concernant l'entretien des abords de la voie sont à effectuer avec discernement et à mécaniser lorsqu'ils sont importants



FIGURE N°44 Travaux divers de la voie ferrée

III- Moyens de contrôle de l'état des voies

III- 1-Tournées à pied et en machine

Les agents chargés de l'entretien de la voie, chef de district chef de section et chef de divisions, en contrôlant régulièrement l'état géométrique.

De tout temps, la base de ces observations a été la tournée à pied emploi de moyens annuels de contrôle : réglé à dévers d'écartement, canne à boule, cordeau pour le dressage, les tournées en queue de train, ou éventuellement en machine, permettent d'observer les oscillations latérales, généralement amplifiées pas l'attelage du dernier véhicule et les défauts verticaux auxquels certains types machines sont très sensibles.

III-2. Appareil hallade

L'appareil hallade enregistre sur un graphique les oscillations de trois pendules, qui traduisent les accélérations verticales, transversales et longitudinales du véhicule ou il est installé.

Les indications données pas cet appareil dépendent donc à la fois de l'état de la voie et de la réaction du véhicule.

L'expérience montre d'ailleurs que le confort est beaucoup plus influencé par la qualité de la suspension des véhicules que par l'état de la voie.

L'appareil hallade, qui n'est pratiquement plus utilisé à l'heure actuelle, a dans certains cas été remplacé par sa version moderne, l'accélérographe qui permet d'avoir des valeurs précises des accélérations enregistrées.

Ces accélérographes sont particulièrement utilisés lorsque, en vue d'augmentations de vitesse sur une ligne, on veut examiner le comportement des véhicules et des engins moteurs réellement utilisés.

III-3. Voiture d'enregistrement Mauzin

C'est une voiture qui mesure l'état géométrique des voies en charges, en traçant sur une bande graphique à une échelle linéaire de 20 cm par kilomètre Les enregistrements que réalise la voiture de contrôle :

1. le nivellement longitudinal de chaque file de rails
2. le gauche
3. les flèches des deux files de rails
4. l'écartement de faces internes des champignons

Il faut d'ailleurs noter que, quel que soit le mode d'enregistrement, ce qui est le plus intéressant n'est pas l'étude d'un enregistrement isolé, mais l'étude d'une suite d'enregistrement permettant de contrôler d'une part la vitesse de vieillissement de la voie par la progression des irrégularités enregistrées, et d'autre part l'efficacité des opérations d'entretien effectuées.

IV- Technique de nivellement

La correction du nivellement et des opérations essentielles de l'entretien, elle était exécutée autrefois par bourrage manuel, mais elle est exécutée maintenant soit par soufflage, soit par bourrage mécanique.

IV-1. Le soufflage

Le nivellement par soufflage repose, sur la détermination, par mesurage des défauts de la voie en place, de la quantité de gravillon dont il faut recharger les moules pour éliminer ces défauts.

Dans le soufflage, on mesure au moyen d'une mire lunette, la hauteur de relevage du rail au droit de chaque traverse, en tenant compte de la « danse » existante, puis on lève la voie au cric pour introduire à l'aide d'une pelle spéciale, un volume de gravillon correspondant à la quantité à relever.

Les vides du ballast permettent au gravillon de pénétrer à l'intérieur du moule existant, et on peut ainsi, au moyen de cailloux de 10 à 30 mm, relever la voie de la quantité désirée, si minime soit-elle.

Les opérations successives du soufflage sont les suivantes :

- mesure des défauts de nivellement statique et dynamique
- dégraissage du ballast sur l'une des faces de la traverse, de part d'autre par de chaque file de rails, pour dégager l'emplacement de la pelle souffleuse utilisé pour introduire le gravillon entre le moule et la traverse.
- Levage de la voie à l'aide de crics.
- Soulage proprement dite.
- Regarnissage en ballaste des parties dégarnies avant le levage de la voie.

IV-2-Le bourrage

Le bourrage consiste, après avoir mise la voie de niveau au cric, à faire pénétrer du ballast à force sous la traverse, au moyen d'une pioche spéciale, la «batte». Cette opération, très fatigant, s'est modernisée grâce à la bourreuses mécaniques, ce sont des engins puissants qui font pénétrer le ballast en profondeur sous la transverse et le compactent à la fois par pressions et par vibrations. La mise à niveau de la voie devant la bourreuse est entièrement automatique.

V- Désherbage chimique

La lutte contre l'envahissement de la plate-forme et du ballast par la végétation, dans le double but de faciliter le travail d'entretien de la voie et d'éviter une pollution rapide du ballast, à figurer longtemps parmi les travaux qui absorbaient une part importa de l'activité des brigades. L'utilisation de ballast en pierre cassée à rendu le développement de la végétation plus difficile. La seul solution complété et économique est le traitement par pulvérisation du ballast et des banquettes avec un produit herbicide (Chlorate de Sodium).

VI. Renouvellements**VI-1. Généralités**

Le renouvellement est une opération qui a pour but le traitement partiel ou total des éléments de la voie.

Ce traitement n'intervient que lorsque les opérations d'entretien ne sont plus à même d'assurer une qualité suffisante ou lorsque la voie est arrivée à un degré d'assuré tel qu'un entretien soigné :

- Deviendrait trop onéreux
- Ne permettrait plus de la maintenir dans un état offrant toutes les garanties de sécurité pour la circulation
- Ne pourrait plus permettre d'assurer un roulement confortable.

Aussi la périodicité des renouvellements est-elle en relation étroite avec le trafic. Les calculs de bilan actualisé ont confirmé un intervalle de l'ordre de 25 ans entre deux renouvellement sur les lignes les plus chargées, armés en LRS sur support bois.

Selon le degré de consolidation des composantes de la voie on peut distinguer.

- Le renouvellement complet du matériel et du ballast
- Le renouvellement de rails
- Le renouvellement de ballast seul
- Le renouvellement de traverses
- Le renouvellement des appareils de voie

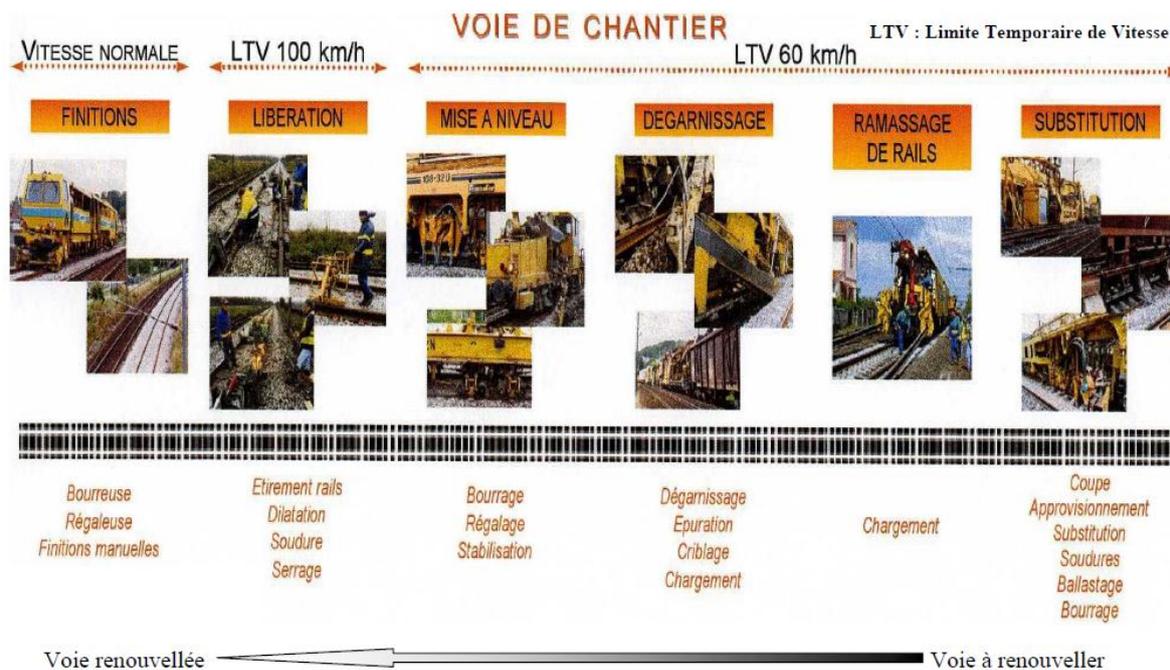


FIGURE N°45 Opérations réalisées pour la voie renouvelée

VI-2. Détermination des zones à renouveler

La détermination des zones à renouveler tient compte des facteurs suivants

VI-2. 1. Vieillessement des éléments constitutif de la voie

VI-2. 1. 1. Ballast : un ballast est à renouveler lorsque :

- Il a perdu ses quantités de perméabilité
- Il n'est plus possible de procéder à un criblage

VI-2. 1.2. Rails : le renouvellement des rails est prescrit lorsque :

- Les limites d'usure ont été dépassées
- Les abouts sont écrasés et que leur rechargement n'est plus possible
- Les portées d'éclissage sont très usées
- Les joints sont très fatigués et que leur entretien est très coûteux
- Des usures particulières rendent difficile le bon entretien
- L'on constate de forte concentration d'avaries, ruptures ou fissures (cas des taches ovales)

VI-2. 1. 3. Traverses : le renouvellement des traverses pourrait être envisagé dans les cas suivants :

- ❖ **Traverses en bois** : dépérissement du bois, fentes longitudinales, d'où serrage inefficace, cintrage (traverse bateau).

- ❖ **Traverses métalliques** : cintrage, fissures autour des lumières, ovalisation des lumières ou simplement suppression du plancher métallique et remplacement par un plancher bois ou béton.
- ❖ **Traverses en béton armé** : brochettes fissurés ou cossés, entretoises de formés ou oxydées, tirefonds ou tournant.

Il faut noter que le renouvellement de traverses soules se présenter rarement si l'entretien courant a été bien conduit.

VI-2. 1.4. Attaches : éclisses, boulons, tréfonds, selles, etc...

En général, ce petit matériel est remplacé systématiquement lors de l'exécution d'un R.R et R.V ou R.V.B son degré d'usure est souvent semblable à celui des rails et des traverses.

- Ballast de : 15 à 20ans.
- Traverses : 15 à 25 ans.
- Rails de : 15 à 40 ans.

A partir de ce cycle d'usure des périodicités de renouvellement systématique sont établies (en moyenne 15 ans renouvellement pour R.V.B et 30 ans pour le R.V).

L'intérêt général à réaliser des armements homogènes sur de longues distances (facilité et commodité dans l'exploitation de la ligne et l'entretien des voies).

- Evolution et perspectives d'avoir du trafic sur certaines lignes (augmentation de la charge par essieu en vue de la circulation de machines lourds ou de wagons super chargés)
- Les besoins en matériel ancien modèle qui n'est plus usine.

VI-3. Phases caractéristiques du renouvellement

Un renouvellement simultané de voie et de ballast comprend une série d'opération élémentaire :

- Dégarnissage, le criblage du ballast et l'évacuation des produits de dégarnissage.
- La substitution de la voie nouvelle à la voie ancienne.
- Le ballastage et le relevage de la voie.
- Le nivellement et le dressage.

Les autres opérations : soudage par aluminothermie des rails, libération des contraintes pouvant exister dans les L.R.S . . .

- a. Le dégarnissage et le criblage du ballast s'opèrent au moyen de garnisseurs mécaniques : une chaîne à godets passant sous la voie enlève le vieux ballast et le remonte jusque dans les trommels ou sur des tamis vibrants, qui rejettent les trop gros ou trop fins à l'extérieur et ne remettent sur la voie que les cailloux de dimension convenables.
- b. La substitution proprement dite de la voie est effectuée à l'aide de portique de pose et de dépose, ou d'un wagon portique, équipés de groupes électrogènes ou hydrauliques. Dans la version la plus moderne, les éléments de voie sont montés en chantier fixe, avec des

traverses neuves et des rails de remploi, et transportés en piles sur des véhicules spéciaux, ces véhicules alimentent, grâce à des chariots à translation entièrement automatiques, le wagon portique de pose, les éléments déposés suivent un processus exactement inverse.

Dans une phase ultérieure, un engin spécial à grand rendement substitue les barres longues neuves posées en attente sur les têtes de traverse aux barres courtes provisoires.

- c. Le nivellement s'opère systématiquement sur tous les chantiers au moyen des bourreuses mécaniques lourdes déjà citées.

VI-3. Renouvellement des voies en Algérie

La « SNTF » possède le record du plus long réseau ferroviaire parmi les pays Maghrébins estimé à environ 4020 Km.

Malgré cet avantage acquis, la SNTF n'a déclenchée le renouvellement qu'aux cours des années soixante-dix (1970), destiné seulement à des rénovations ponctuelles de rails, de traverses et de ballast.

La « SNTF » a connu de faible taux réalisation à raison de :

- L'absence d'entreprise spécialisée dans ce domaine
- La mauvaise méthode d'exécution (qualités de dressage, bourrage insuffisantes, e t c .)
- Manque de moyens financiers

A partir de ces obstacles, la « SNTF » a jugé nécessaire sa décentralisation en créant des structures indépendantes du service entretien, ayant comme objectives rattraper les retards cumulés, conduisant après à la naissance des entreprises de réalisations ferroviaires exemple « INFRAFER ».

Ce n'est qu'en 1980, que les travaux de rénovation sont réellement commencés, par l'introduction d'engins lourds capables d'intervenir à n'importe quel moment, de telle manière à contribuer aux objectifs tracés (meilleur qualité de bourrage, dressage, et nivellement, e t .) et surtout compensés l'effort humains.

VII. Operations détaillées de l'entretien

Les matériaux hors de service, ainsi que ceux ne plus faire un bon usage doivent être remplacé.



FIGURE N°46 Operations détaillées de l'entretien

VII-1. Traverse à remplacer

VII-1. a) Traverse en bois

- Des traverses cassées transversalement
- Des traverses impropres à rester dans la voie principale
- Des traverses échauffées dans lesquelles les tires fonds n'offrent plus une résistance

Suffisant. Sauf si on peut faire disparaître ce défaut par le perçage de nouveaux trous, après déplacement longitudinal des traverses

- Des traverses usées mécaniquement, dont l'épaisseur sous le rail n'offre plus assez de prise aux tires fonds.
- Des traverses dont la face pose d'est arrondie au point plus tenir le bourrage



FIGURE N° 47 Traverse à remplacer en bois

VII-1. b) Traverse en béton armé

On remplace les traverses dont les tires fonds tournent fous, celles dont les tables de sabotages sont détruites et laissent apparaître des armatures et celles dont les brochets de béton sont fissurés ou très épaufrés ou ne sont plus adhérents à la poutrelle de liaison.



FIGURE N°48 Traverse en béton armé

VII-1. c) Traverse métalliques

Le remplacement des traverses métalliques, par usure, s'impose rarement, cependant quelque traverse particulièrement exposées peut se fissurer au même être usées au droit des appuis leur remplacement est alors obligatoire.



FIGURE N°49 Traverse métalliques

VII-2. Eclisses à remplacer

Il faut remplacer les éclisses cassées ou fissuration des que ces défauts sont constatés. Toute fissure ou cassure d'éclisse est indice d'un mauvais bourrage. Il faut également remplacer les éclisses usées qui se trouvent à fond de course c'est-à-dire qui touchent l'âme du rail.

VII-3. Rail à remplacer

Il faut remplacer les rails dont le métal présente des défauts de nature à compromettre la sécurité, dès que ces défauts sont constatés, on considérera comme hors de service et on remplacera aussitôt les rails cassés ou ayant des fissures verticales, les rails dont la surface de roulement présente des exploitations importantes de patinage.



Technicien en entretien de la voie ferrée

Les techniciens en entretien de la voie ferrée inspectent la voie en vue de déceler les défauts. Au besoin, ils interviennent, remplacent et réparent les éléments usés ou brisés. Ils utilisent des machines et de l'équipement pour entretenir et réparer les rails de la voie ferrée afin de la maintenir à l'intérieur des tolérances requises et en bon état de fonctionnement.

FIGURE N°50 changement des rails

VII-4. Ballast

Le ballast des voies se souille plus ou moins rapidement, selon sa nature, du fait

- de la végétation
- des débris tombés des locomotives et des trains
- des déchets provenant du broyage des éléments quand le ballast est trop tendre
- du reflux des plates-formes argileuses

La révision annuelle comprend, au cours de la phase de remise en état des matériaux, l'épuration des zones de mauvais ballast.

VIII-Maintenance du ballast

Les expériences et les observations montrent que le ballast ne se détériore pas d'une manière sensible sous les effets d'un seul processus, d'une cause unique, même si par elle est prépondérante.

Généralement, c'est une combinaison de plusieurs facteurs ayant pour origine :

- L'usure mécanique
- La pollution
- L'altération physico-chimique

- L'eau

Qui provoque la détérioration du ballast

Afin d'y remède et d'éviter cette détérioration, il y a lieu de prendre des mesures dont nous citerons dans ce qui suivre.

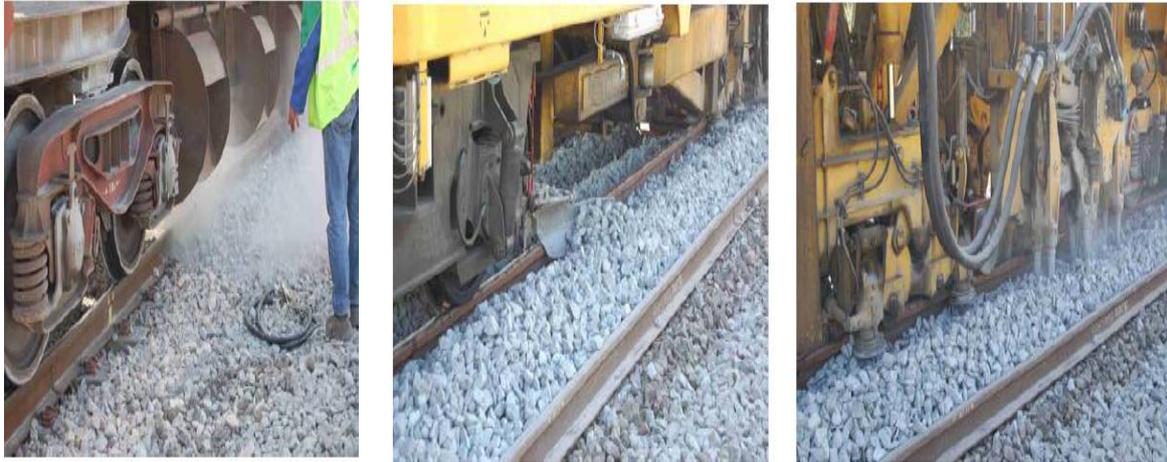


FIGURE N°51 Maintenance du ballast

VIII-1-Détérioration du ballast par usures mécaniques

Le ballast sous l'action des contraintes auxquelles il est soumis se détériore. Ces détériorations se trouvent aggravées par :

- Véhicules eux- même
- Voie

Dans ce même contexte d usures mécanique nous citrons des usures dues.

- Aux techniques d 'entretien
- Aux défauts de nivellement et de bourrage
- A la structure de la plateforme
- Aux produits transportés ou déversés sur la voie
- Aux défauts de matériels de voie
- Aux modifications des conditions d 'exploitation

Dans le but de réduire les usures mécaniques, il est nécessaire de prendre en considération les consignes suivantes :

1. Eviter les défauts de nivellement dans le profil de la voie, et faire de telle sorte qu'il n'y ait pas apparition non uniforme de
 - points durs le long du tracé (trop bourrés, rigides)
 - point faible (zones insuffisamment bourrés, d'altération)
2. Eviter l'introduction du matériau d'entretien inadéquat à savoir, brouse lourde conçue pour un concassé de roches très résistant (DRG>16) pour éviter l'effritement du ballast de qualité moyenne à médiocre généralement utilisé sur nos voies

3. Eviter les défauts des matirais de la voie, car ceci provoquerait l'augmentation des chocs et des vibrations transmises au ballast
4. Eviter la mise en circulation de matériel lourd (car au départ la voie est conçue pour un dimensionnement précis), et plus rapide
5. Eviter au maximum l'effet d'enclumes (c'est-à-dire, le contact du ballast avec une plateforme rocheuse dure)
6. Assurer une étanchéité pour les wagons transportant du sable quartzeux et bien l'utiliser rationnellement dans le cas où il est utilisé par les machines pour éviter le pratique, car le sable par friction peut accélérer la désagrégation

VIII-2-Déterioration de la caractéristique du ballast par pollution

La pollution a pour effet de rigidifier la couche de ballast, de diminuer sa perméabilité et de l'empêcher donc de jouer les rôles qui lui sont assignés

Les causes de pollution du ballast sont multiples on distingue principalement les pollutions par

- Les fines
- Le sable
- Les produits transportés
- La végétation
- Les zones industrielles

VIII-2-1. les fines

Ce type de pollution est très répandu sur notre réseau et a des origines diverses.

Cette pollution peut être produite par l'arctation du ballast soit par la plate-forme elle-même.

Pour cela nous proposerons d'éviter aussi les plates-formes argileuses car cela finit presque toujours si le dimensionnement des couches d'assises n'a pas été sérieusement pensé, par contamination de la couche de ballast

VIII-2-2. Le sable

Dans la zone désertique c'est le cas pour nous du fait de sa consistance et sous l'action du vent et du déplacement des dunes le sable s'introduit facilement dans les cavités du lit de ballast donnant deux cas distincts :

- Remplissage partiel du lit de ballast par le sable
- LIT de ballast complètement remblayé par le sable

Du fait du remplissage partiel du lit de ballast par le sable il s'ensuit une chute de module du ballast (de la portance de la couche de ballast) due de toute évidence au fait qu'en zones de

contact des grains de ballast le sable intervient comme un moyen de glissement aussi longuement que donne le lit de ballast restent cavités à remplir.

Ceci se traduit par un terrassement important et par l'application de points fiables nocifs à la longévité du ballast et du matériel .Le ballast dans ce cas précis et en l 'absence d 'humidité Risque d'être chassé par le sable sous l'effet des vibrations.

Pour cela l'intervention humaine, chaque fois que le vent souffle en induisant des déplacements de dunes, est nécessaire pour le nettoyage en plus des écrans protecteurs soit arbres naturels ou artificiels, mur de soutènement ...

VIII-2-3. les produits transportés

Les wagons spécialisés dans le transport des produits en vrac doivent être obligatoirement toujours autre étanches, afin que de la matière transportée ne s'échappe et ne pollue pas le ballast, entre autres.

VIII-2-3-a) Le phosphate

Qui cause de grands dommages à la voie en diminuant la perméabilité de la couche de ballast.

VIII-2-3-b) les huiles et produits chimiques

VIII-2-3-c) Les huiles : dans les zones des dépôts essentiellement accélèrent l ' altération et lubrifiant de ballast, provoquant des terrassements.

VIII-2-3-d) Les produits chimiques : tel le soufre, peuvent en présence d ' eau attaquer le ballast calcaire.

VIII-2-3-e) La végétation Utilisation des désherbants

VIII-4-Roles et action de l'eau sur le ballast

L'eau agit sur le ballast et la plateforme (voie) de manières :

- Diminution de la portance
- Réduction de l'élasticité du ballast
- Altération par hydratation et dissolution
- Pollution par des fines et des agents agressifs

Les effets de ces phénomènes sont d'autant plus importants que la roche à ballast est poreuse, perméable et que les stagnations d'eau sont plus prolongées.

Il est par conséquent indispensable et dimensionner convenablement les ouvrages de drainages et assainissement de plate-forme.

XI-Condition de maintenance de LRS

Les opérations de maintenance des L.R.S qui affectent la distribution des contraintes, la résistance au glissement, la rigidité du châssis de voie et le ballast, influent sur la stabilité du châssis de voie, de ce fait, l'exécution des opérations de cette nature n'est admise, en principe, que sous certaines conditions de température bien définies.

XI-1-Plage de températures à l'intérieur de laquelle des travaux peuvent être effectués

- La température de fixation est une valeur initiale permettant de déterminer les limites de la plage de températures à l'intérieur de laquelle des travaux de maintenance peuvent être effectués.
- La température de fixation ne doit pas être modifiée par les travaux de maintenance.
- L'exécution des travaux de maintenance n'est admise que dans la plage de températures définies par rapport à la température de fixation.
- Les valeurs «a» et «b» sont variables, «a» étant normalement supérieur à «b». «a» et «b» dépendent du type d'opération, des méthodes d'exécution, de la constitution de la voie, (traverse, rayons des courbes) et des engins utilisés.
 - ❖ La température limitée la plus basse à laquelle des opérations sont admises est 0°C
 - ❖ La température limitée la plus haute ne doit en aucun cas dépasser la température de fixation plus de 15°C.
- Pendant l'exécution des travaux, les températures des rails doivent être surveillées, celles-ci peuvent être enregistrées par écrit.

Avant l'atteinte des températures limites admises, les travaux de maintenance doivent être complètement terminés.

XI-2-Mesures prises pour assurer la stabilité de la voie

1. Au cours des interventions dans le ballast, la résistance transversale peut être réduite jusqu'à 40% de la valeur initiale. En utilisant des stabilisateurs dynamiques ou des dameuses de ballast, en tête de traverse et dans les cases entre les traverses, la résistance transversale peut être ramenée à 50 ou 65 % de la valeur initiale.

La voie retrouve sa résistance transversale d'origine au cours du passage du trafic. L'utilisation d'un stabilisateur dynamique de la voie correspond au passage d'un trafic de 75000 t environ. La résistance transversale peut être considérée comme suffisante pour la voie après le passage d'un trafic de 100.000 à 200.000 t. Cette valeur dépend notamment du type de traverse et la vitesse maximale de circulation sur la ligne.

2. Si après réalisation des travaux, la température du rail est supérieure à T_{f+b+c} avant que le délai de stabilisation ne soit écoulé, il est recommandé de mettre en place un ralentissement

jusqu'à expiration de ce déblai. Cette valeur «C» est déterminée par chaque réseau en fonction des conditions climatiques et de la constitution de la voie.

3. les travaux effectués sur une voie peuvent provoquer une réduction du profil de ballast dans la voie, ces réductions nécessitent aussi une limitation dépendant de l'importance de la réduction de ce profil.
4. la réduction de la vitesse des trains entraîne des gênes pour l'exploitation des lignes, on recommande, si possible, de procéder aux travaux sur la voie équipée en LRS en dehors de la saison chaude.

XI-3-Surveillance

XI-3-1. Modes de surveillance

La surveillance de la voie en LRS doit être effectuée de la même façon que dans la voie à joints par la tournée à pied, par du parcours de voitures de mesure.

Pour la surveillance régulière de la voie en LRS, il y a lieu de bien observer, en particulier :

- l'état des rails
- l'efficacité du serrage des attaches
- le profil de ballast
- le nivellement-dressage de la voie.

N.B. : Cette surveillance est particulièrement importante avant les périodes de forte chaleur

XI-3-2-Fréquence

La fréquence de surveillance de la voie est fonction du trafic, de la vitesse, de la nature et de la superstructure.

XI-3-3-Surveillance dans des conditions spéciales

On dit que les conditions sont spéciales lorsque la température du rail est supérieure à la température T_f+d , « d » étant une valeur généralement comprise entre 10 à 25°C. Elle est à fixer par les réseaux en fonction de la constitution de la voie et des conditions climatiques.

Dans ces conditions, une surveillance spéciale doit être organisée en particulier sur :

- Les points singuliers de la voie : les appareils de voie, les appareils de dilatation, les ponts, les passages à niveaux et les débouchés de tunnels.
- Les zones de résurgences de LRS et celles dans lesquelles :
 - ❖ le profil de ballast est devenu insuffisant
 - ❖ l'assise de la voie est mauvaise
 - ❖ les travaux sur le ballast ont été réalisés récemment

- ❖ les traverses sont inégalement bourres
- ❖ l'assise de la voie est réputée évoluer rapidement par expérience
- ❖ de trouvent les joints de secours
- ❖ par suite d'une fixation mauvaise des rails

N.B : lorsque la température atteint en très peu de temps des valeurs très basses, une surveillance spéciale est recommandée

XI-4-Réparation des L.R.S

Pour réparer une rupture de L.R.S on peut envisager les possibilités suivantes :

- mesures immédiates
- réparation provisoire
- réparation définitive

Il est possible que la réparation définitive soit la seule à envisager.



FIGURE N°52 Réparation des L.R.S

XI-4-1. Mesures immédiates

Les mesures immédiates à prendre sur la voie équipée de L.R.S sont les mêmes que pour la voie à joints, c'est-à-dire pose d'éclisses de secours et mise en place d'un appui et s'assurer que le serrage d'attaches reste efficace sur au moins 20 mètres de part et d'autre de la rupture.

XI-4-2. Réparation provisoire

Autre que l'éclissage provisoire, la réparation provisoire comporte des travaux supplémentaires sans soudage final.

Autre l'éclissage provisoire, il est généralement possible de poser un coupon de rail, suivant la vitesse admise à assurer les réseaux doivent fixer les longueurs minimales de ces coupons. Avant introduction du coupon de rail, pour reconstitution ultérieure de la longueur d'origine, la force extérieure du champignon du rail sera repérée par une marque à une distance métrique

entière, de part et d'autre du bord de la lacune créé par la cassure. Dès que possible, le coupon de rail sera soudé d'un côté au rail en place.

XI-4-3- Réparation définitive

La réparation définitive consiste à restituer la longueur du rail (quantité de métal) dans le même profil tenant compte de l'état de contraintes initiales. Un équilibrage de contraintes doit être effectué sur une longueur déterminée de part et d'autre de l'emplacement subissant la réparation. Cette distance doit correspondre au minimum à la longueur des zones de respiration créées à la suite de la rupture.

Cette réparation doit être réalisée avec la température du rail égale ou inférieure à la température de fixation.

Lorsque la température du rail est inférieure à la température de fixation, il est nécessaire d'utiliser les réchauffeurs ou les tendeurs de rail pour pouvoir exécuter les soudures définitives.

XI-5- Déjettement et déformation de voie

On ne désigne pas déjettement et déformation de voie un déplacement du châssis de voie par rapport à sa position initiale dans le plan horizontal au vertical. Un déjettement ou déformation de voie peut se produire lorsque les résistances transversales et la rigidité du châssis de voie à cause des contraintes de pression sont insuffisantes pour éviter un flambage du châssis de voie. Lors du déjettement, les ondes causées par la détente et l'allongement de la zone de voie concernée peuvent être de 8 à 20 m avec des amplitudes jusqu'à 1000 mm environ.

La déformation de la voie diffère du déjettement par sa longueur d'ondes généralement comprise entre 4 et 8 m avec des amplitudes de 20 à 80 mm environ.

Avant de procéder à la réparation d'un déjettement ou d'une déformation de voie, il y a lieu de relever toutes les informations concernant la cause de cet incident.

XI-5-1-Mesures d'exploitation

Tout déjettement de voie présente un danger immédiat pour l'exploitation la voie doit être fermée au profil immédiatement. En cas de déformation de la voie, la vitesse doit être réduite entre 10 et 30 km/h. pendant le passage des trains, la voie doit être surveillée.

Après réparation d'une voie ayant subi un déjettement ou une déformation, la zone perturbée doit d'abord être tranchée à vitesse très réduite, et la voie doit être examinée au passage du train.

XI-5-2- Rétablissement provisoire de la voie

Les deux files de rail doivent être coupées au milieu et écourtées de longueurs excédentaires. Ensuite il faut remettre la voie dans sa position initiale, les attaches doivent être desserrées sur au moins toute la

longueur du traitant et resserrées, les joints doivent être éclissés comme des joints de secours avec une lacune suffisante. Il faut remplacer les rails très faussés et les traverses endommagées sur le tronçon de voie rétabli provisoirement, il faut rouler à vitesse réduite et surveillé le comportement de la voie.

XI-5-3-Rétablissement définitif de la voie

En ce qui concerne le déjettement ou déformation de voie, les règles de base pour le rétablissement définitif sont les même que pour la pose, la libération des contraintes doit être effectuée à une température se situant à l'intérieur de la plage de température de fixation admise, des zones de longueur plus grande sont à inclure des deux côtés du tronçon en cause, la longueur minimale de cette libération doit inclure les zones de respiration créés par le déjettement de la voie.

X-Conclusion

La SNCF et RFF (depuis 1997) ont fourni leurs meilleurs efforts pour maintenir l'exploitation et la sécurité ferroviaire sur un réseau très étendu malgré les ressources nettement insuffisantes pour la maintenance (entretien et renouvellement) de l'infrastructure durant les 30 dernières années.

Ces efforts ont été réalisés grâce à la mise en œuvre d'une politique de maintenance s'accommodant de cette situation de restrictions budgétaires tout en faisant le maximum pour maintenir l'ensemble du réseau en exploitation et favoriser les gains de productivité.

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRAI UNITAIR	MONTANT
1	Terrassement				
	Déblai	M3	31229.15	360	11242494
	Remblai	M3	90383.89	720	65076400.8
	Totale terrassement				76318894.8
2	Couche d'assise				
	Couche de ballaste GC (25/50)	M3	4882.9	3188	2814685.2
	Couche de sous ballast GBG (0/31.5)	M3	2927.8	2415	7070637
	Couche de fondation TVO (0/40)	M3	2927.8	1900	432820
	Couche De Forme G drainante (20/40)	M3	42406.54	2 160,00	91598126.4
	Totale de couche d'assise				101916268.6
3	Pose de rail de roulement				
	Rail UIC60	T	2000	102 477,00	204954000
	Traverses en béton VAX U31 NAT	UNITE	25000	7004.96	175124000
	Soudure Electrique	UNITE	616	8 740,00	576840
	Soudure aluminothermique	UNITE	385	11 780,00	4535300
	Appareil de voie UIC60 190 1/9	UNITE	29	28 623 500,00	830081500
	Appareil de voie UIC60 300 1/7	UNITE	3	7 101 250,00	21303750
	Appareil de voie UIC60 500 1/12	UNITE	8	12 069 940,00	96559520
Totale de pose de voie				588246410	
4	Travaux divers				
	Signalisation	F pose de voie (5%)			29412320.5
	Assainissement	F terrassement (10%)			7637889.48
	Electrification	F pose de voie (4%)			23529856.4
	Quais	M2	8160	50000	408000000
	Etude complémentaire d'exécution	F terrassement (5%)			3815944.74
Totale des travaux devers				472396011.1	
Cout totale du projet				1238877585	

- ❖ **Remarque :** Ce devis est donné à titre indicatif. Les quantités sont évaluées selon les résultats de notre étude. Les prix unitaires sont forfaitaires, nous les avons relevés à partir des projets de fin d'études de l'ENTP les plus récents

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. En Algérie, le lancement de grands projets d'infrastructures de transport, entrant dans le cadre de la relance économique et du développement des différents réseaux.

L'autoroute Est-Ouest, les voies ferrées, le tramway d'Alger, d'Oran et de Constantine, le métro d'Alger...etc. Des grands projets qui auront, sans doute, des répercussions positives sur le développement régional des différentes wilayas concernées.

Cette étude d'APD nous a permis d'appliquer nos connaissances théoriques acquises pour cerner les problèmes réels existants concernant l'étude et la réalisation des projets ferroviaires. Finalement, grâce à ce projet, on s'immerge dans le milieu professionnel par acquisition de plusieurs connaissances dans notre domaine.

Par ailleurs, nous avons mis à profit l'élaboration de notre PFE pour acquérir et apprendre à utiliser un logiciel de conception

routière qui est le logiciel COVADIS. L'utilisation de ce dernier a nécessité l'apprentissage également d'une application du logiciel Auto CAD.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

BIIBLIOGRAPHIE

- LA VOIE FERREE – TECHNIQUE DE CONSTRUCTION ET D'ENTRETIEN, PAR **JEAN ALIAS**
- FICHES UIC (UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER).
- REFERENTIEL TECHNIQUE **SNTF** (SOCIETE NATIONALE DE TRANSPORT FERROVIAIRE), 22 -12-2005 VERSION 2.
- MEMOIRES DE FIN D'ETUDE DE L'ENSTP (ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES TRAVAUX PUBLICS)
- COURS D'HYDROLOGIE DE L'ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
- SITES INTERNET (ANESRIF, WIKIPEDIA, ETC...)
- MANUELLE DE REFERENCE DE LOGICIEL COVADIS
- MISSION B4.2 : PLAN DE VOIE EN GARE RAPPORT APS AVANCE
- MISSION B4 : TRCE DE LA VOIE RAPPORT PRELIMINAIRE
- PLAN N° : THM-DES-SYS-I-APS AVANCE B4.2-003-00
- REFERENCE DES PLANS
- PLAN N° : THM-DES-SYS-I-APS AVANCE B4.2-004-00
- REFERENCE DES PLANS
- COURS DE LA VOIE FERREE DE L'ECOLE NATIONAL TRAVEAU PUBLIQUE **Dr K.AIT MOKTAR**
- RAPPORT AUDIT RESEAU FERRE NATIONAL LABORATOIRE D'INTERMODALITE DES TRANSPORTS ET DE PLANIFICATION
- SITE WEB [HTTP://LITEP.EPFL.CH](http://LITEP.EPFL.CH)

ANNEXE A

RESULTATS DES CALCULS

AXE EN PLAN

Type linéaire Longueur de l'axe en plan

5632.7417m

PROFILE EN LONG

élément	caractéristique des éléments	longueur (m)	abscisse (m)	Z (m)
			95100	129,21
D1	PENT =2,341‰	340.365		
			95440.365	128.00
PR1	R=28000m S=95473,121 Z=130,378m	65,5524		
			95505,8974	128.20
D2	PENT =0,000‰	4762,5922		
			100268,489	128.20
PR2	R=-18000m S=100339,096 m Z=130,378m	141,2109		
			100409,7	129.13
D3	PENT =7,845‰	141,6158		
			100551,3163	128.98

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGNE	ANGLE PROFIL	X PROFIL	Y PROFIL	COTE TN	COTE PROJET
1	0.000	184.9258g	766198.07	3585348.099	127.000	129.22
2	100.000	184.9258g	766221.530	3585250.889	127.213	129.22
3	200.000	184.9258g	766244.988	3585153.679	128.000	129.22
4	300.000	184.9258g	766268.446	3585056.470	128.000	129.21
5	400.000	184.9258g	766291.904	3584959.260	128.790	129.21
6	500.000	184.9258g	766315.362	3584862.050	128.163	129.200
7	600.000	184.9258g	766338.819	3584764.840	128.811	129.200
8	700.000	184.9258g	766362.277	3584667.631	128.000	129.200
9	800.000	184.9258g	766385.735	3584570.421	127.758	129.200
10	900.000	184.9258g	766409.193	3584473.211	126.514	129.200
11	1000.000	184.9258g	766432.651	3584376.002	127.000	129.200
12	1100.000	184.9258g	766456.109	3584278.792	127.182	129.200
13	1200.000	184.9258g	766479.566	3584181.582	127.851	129.200
14	1300.000	184.9258g	766503.024	3584084.372	128.000	129.200
15	1400.000	184.9258g	766526.482	3583987.163	128.000	129.200
16	1500.000	184.9258g	766549.940	3583889.953	128.120	129.200
17	1600.000	184.9258g	766573.398	3583792.743	128.779	129.200
18	1700.000	184.9258g	766596.856	3583695.533	129.160	129.200
19	1800.000	184.9258g	766620.314	3583598.324	129.213	129.200
20	1900.000	184.9258g	766643.771	3583501.114	128.418	129.200
21	2000.000	184.9258g	766667.229	3583403.904	128.000	129.200
22	2100.000	184.9258g	766690.687	3583306.695	127.791	129.200
23	2200.000	184.9258g	766714.145	3583209.485	127.900	129.200
24	2300.000	184.9258g	766737.603	3583112.275	127.860	129.200
25	2400.000	184.9258g	766761.061	3583015.065	127.971	129.200
26	2500.000	184.9258g	766784.518	3582917.856	128.000	129.200
27	2600.000	184.9258g	766810.758	3583089.848	128.378	129.200
28	2700.000	184.9258g	766836.691	3582993.269	128.826	129.200
29	2800.000	184.9258g	766862.623	3582896.690	128.212	129.200
30	2900.000	184.9258g	766888.556	3582800.111	128.675	129.200

31	3000.000	184.9258g	766914.488	3582703.532	127.175	129.200
32	3100.000	184.9258g	766940.421	3582606.953	129.904	129.200
33	3200.000	184.9258g	766966.354	3582510.374	129.464	129.200
34	3300.000	184.9258g	766992.286	3582413.795	128.274	129.200
35	3400.000	184.9258g	767018.219	3582317.216	129.321	129.200
36	3500.000	184.9258g	767044.151	3582220.637	130.207	129.200
37	3600.000	184.9258g	767070.084	3582124.058	127.793	129.200
38	3700.000	184.9258g	767096.016	3582027.479	127.878	129.200
39	3800.000	184.9258g	767121.949	3581930.900	129.092	129.200
40	3900.000	184.9258g	767147.881	3581834.321	129.494	129.200
41	4000.000	184.9258g	767173.814	3581737.742	129.530	129.200
42	4100.000	184.9258g	767199.746	3581641.163	128.297	129.200
43	4200.000	184.9258g	767225.679	3581544.584	129.133	129.200
44	4300.000	184.9258g	767251.611	3581448.005	129.180	129.200
45	4400.000	184.9258g	767277.544	3581351.426	129.239	129.200
46	4500.000	184.9258g	767303.476	3581254.847	129.223	129.200
47	4600.000	184.9258g	767329.409	3581158.268	130.206	129.200
48	4700.000	184.9258g	767355.341	3581061.689	129.390	129.200
49	4800.000	184.9258g	767381.274	3580965.110	127.982	129.200
50	4900.000	184.9258g	767407.206	3580868.531	128.717	129.200
51	5000.000	184.9258g	767433.139	3580771.952	129.548	129.200
52	5100.000	184.9258g	767459.071	3580675.373	130.268	129.200
53	5200.000	184.9258g	767485.004	3580578.794	131.036	129.200
54	5300.000	184.9258g	767510.936	3580482.215	131.227	129.130
55	5400.000	184.9258g	767517.122	3580459.177	131.183	129.063
56	5500.000	184.9258g	767435.329	3579925.262	129.319	128.99
57	5600.000	184.9258g	767440.636	3579903.105	128.976	128.980

Volume de chaussée

N PROFI	ABSCISSE CURVILIGNE	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACOTE VOLUME
1	0.000	27.0	27.0	47.3	0
2	100.000	54.0	54.0	94.5	0
3	200.000	28.5	28.5	49.8	0
4	300.000	54.0	54.0	94.5	0
5	400.000	42.7	42.7	74.7	0
6	500.000	54.0	54.0	94.5	0
7	600.000	54.0	54.0	94.5	0
8	700.000	36.3	36.3	63.5	0
9	800.000	54.0	54.0	94.5	0
10	900.000	54.0	54.0	94.5	0
11	1000.000	54.0	54.0	94.5	0
12	1100.000	54.0	54.0	94.5	0
13	1200.000	54.0	54.0	94.5	0
14	1300.000	54.0	54.0	94.5	0
15	1400.000	54.0	54.0	94.5	0
16	1500.000	54.0	54.0	94.5	0
17	1600.000	54.0	54.0	94.5	0
18	1700.000	54.0	54.0	94.5	0
19	1800.000	54.0	54.0	92.8	0
20	1900.000	53.0	53.0	78.2	0
21	2000.000	44.7	44.7	94.5	0
22	2100.000	54.0	54.0	57.7	0
23	2200.000	32.9	32.9	94.5	0
24	2300.000	54.0	54.0	94.5	0
25	2400.000	44.8	44.8	78.3	0
26	2500.000	54.0	54.0	94.5	0
27	2600.000	30.4	30.4	53.1	0
28	2700.000	54.0	54.0	94.5	0
29	2800.000	54.0	54.0	94.5	0
30	2900.000	44.7	44.7	78.3	0

ANNEXE A**RESULTA DE CALCULE**

31	3000.000	54.0	54.0	94.5	0
32	3100.000	54.0	54.0	82.1	0
33	3200.000	54.0	54.0	94.5	0
34	3300.000	54.0	54.0	94.5	0
35	3400.000	40.4	40.4	70.7	0
36	3500.000	54.0	54.0	94.5	0
37	3600.000	54.0	54.0	94.5	0
38	3700.000	54.0	54.0	94.5	0
39	3800.000	44.5	44.5	77.9	0
40	3900.000	54.0	54.0	94.5	0
41	4000.000	54.0	54.0	94.5	0
42	4100.000	54.0	54.0	94.5	0
43	4200.000	53.9	53.9	94.5	0
44	4300.000	54.0	54.0	94.5	0
45	4400.000	54.0	54.0	94.5	0
46	4500.000	54.0	54.0	94.5	0
47	4600.000	54.0	54.0	94.5	0
48	4700.000	54.0	54.0	94.5	0
49	4800.000	54.0	54.0	94.5	0
50	4900.000	54.0	54.0	94.5	0
51	5000.000	54.0	54.0	94.5	0
52	5100.000	54.0	54.0	94.5	0
53	5200.000	54.0	54.0	94.5	0
54	5300.000	54.0	54.0	94.5	0
55	5400.000	28.0	28.0	94.5	0
56	5500.000	54.0	54.0	94.5	0
57	5600.00	54.0	54.0	94.5	0
		2927.8	2927.8	4882.9	0

Volume de terrassement

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGNE	VOLUME REMBLAI	VOLUME DEBLAI	X PROFIL	Y PROFIL
1	0.000	1515.9	0	766198.07	3585348.099
2	100.000	1202.36	0	766221.530	3585250.889
3	200.000	1297.96	0	766244.988	3585153.679
4	300.000	1044.81	0	766268.446	3585056.470
5	400.000	666.75	0	766291.904	3584959.260
6	500.000	1389.09	0	766315.362	3584862.050
7	600.000	2045.45	0	766338.819	3584764.840
8	700.000	3183.85	0	766362.277	3584667.631
9	800.000	4297.73	0	766385.735	3584570.421
10	900.000	3803.55	0	766409.193	3584473.211
11	1000.000	2839.71	0	766432.651	3584376.002
12	1100.000	2269.37	0	766456.109	3584278.792
13	1200.000	1334.85	0	766479.566	3584181.582
14	1300.000	523.74	0	766503.024	3584084.372
15	1400.000	223.38	77.37	766526.482	3583987.163
16	1500.000	61.86	687.36	766549.940	3583889.953
17	1600.000	–	2289.88	766573.398	3583792.743
18	1700.000	–	2879.36	766596.856	3583695.533
19	1800.000	–	1199.47	766620.314	3583598.324
20	1900.000	255.48	0	766643.771	3583501.114
21	2000.000	1806.84	0	766667.229	3583403.904
22	2100.000	3857.03	0	766690.687	3583306.695
23	2200.000	4326.63	0	766714.145	3583209.485
24	2300.000	4289.29	0	766737.603	3583112.275
25	2400.000	5174.04	0	766761.061	3583015.065
26	2500.000	3999.48	0	766784.518	3582917.856
27	2600.000	1093.76	1659.06	766810.758	3583089.848
28	2700.000	–	3248.29	766836.691	3582993.269
29	2800.000	–	1589.23	766862.623	3582896.690

30	2900.000	978.69	0	766888.556	3582800.111
31	3000.000	1783.26	169.42	766914.488	3582703.532
32	3100.000	828.6	2106.57	766940.421	3582606.953
33	3200.000	24.03	2938.31	766966.354	3582510.374
34	3300.000	–	1001.15	766992.286	3582413.795
35	3400.000	–	0	767018.219	3582317.216
36	3500.000	305.94	0	767044.151	3582220.637
37	3600.000	967.1	0	767070.084	3582124.058
38	3700.000	2475.78	0	767096.016	3582027.479
39	3800.000	3220.54	1277.34	767121.949	3581930.900
40	3900.000	1754.95	1807.89	767147.881	3581834.321
41	4000.000	349.03	1134.34	767173.814	3581737.742
42	4100.000	–	603.79	767199.746	3581641.163
43	4200.000	–	0	767225.679	3581544.584
44	4300.000	–	0	767251.611	3581448.005
45	4400.000	570.05	17.75	767277.544	3581351.426
46	4500.000	1420.26	696.35	767303.476	3581254.847
47	4600.000	1511.43	1120.81	767329.409	3581158.268
48	4700.000	791.63	1362.19	767355.341	3581061.689
49	4800.000	130.41	1923.25	767381.274	3580965.110
50	4900.000	3.61	1174.73	767407.206	3580868.531
51	5000.000	225.91	171.4	767433.139	3580771.952
52	5100.000	575.49	0	767459.071	3580675.373
53	5200.000	453.91	46.92	767485.004	3580578.794
54	5300.000	518.14	46.92	767510.936	3580482.215
55	5400.000	2897.32	0	767517.122	3580459.177
56	5500.000	6832.41	0	767525.125	3580469.125
57	5600.00	9262.49	0	767535.245	3580478.283
		90383.89	31229.15		

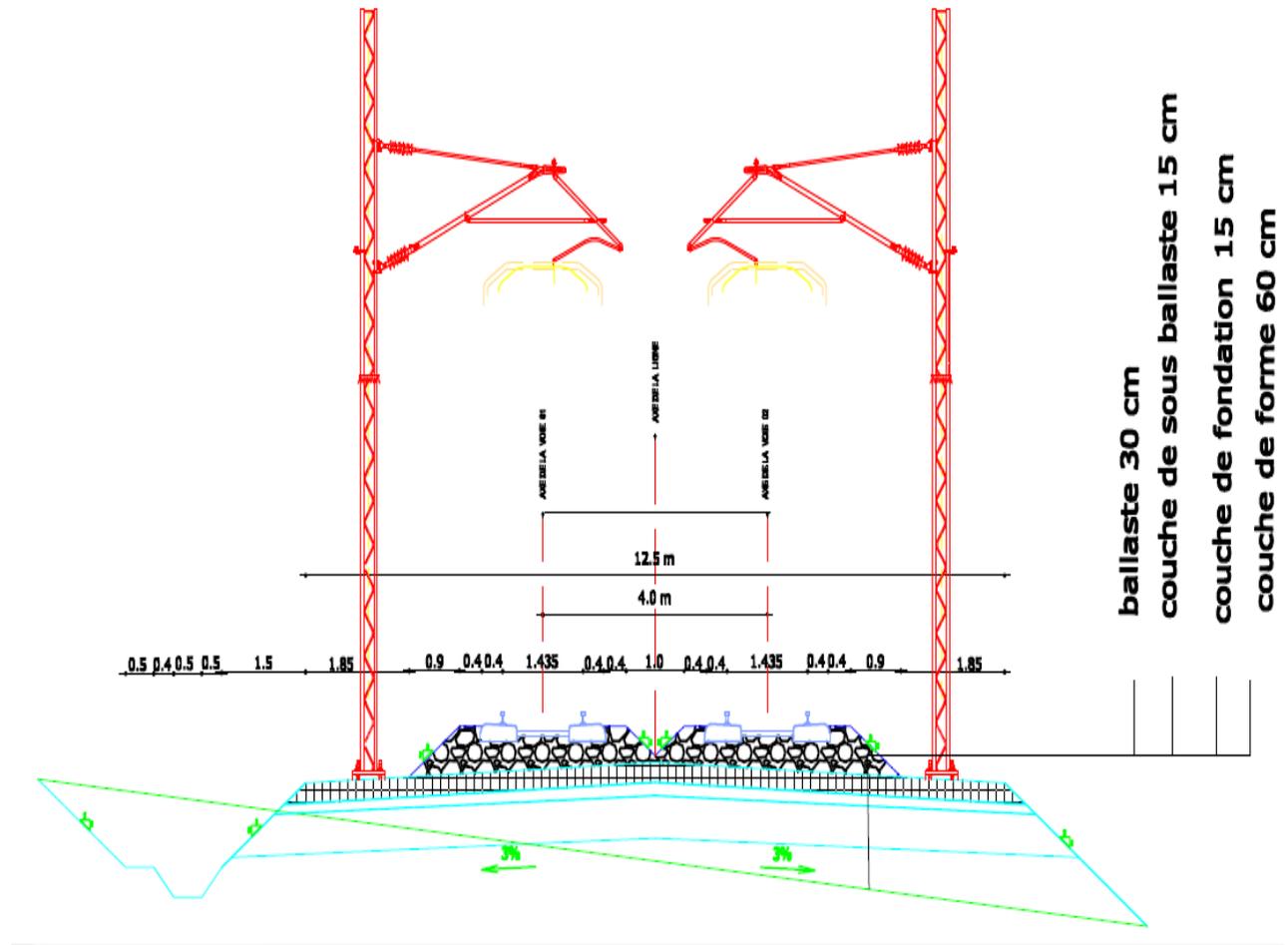
ANNEXE B
LISTE DES DESSINS

AXE EN PLAN : plan imprimé

PROFILE EN LONG : plan imprimé

PROFILE EN TRAVERS

PROFIL EN TRAVERS EN ALIGNEMENT



Profile En Travers Alignement droit

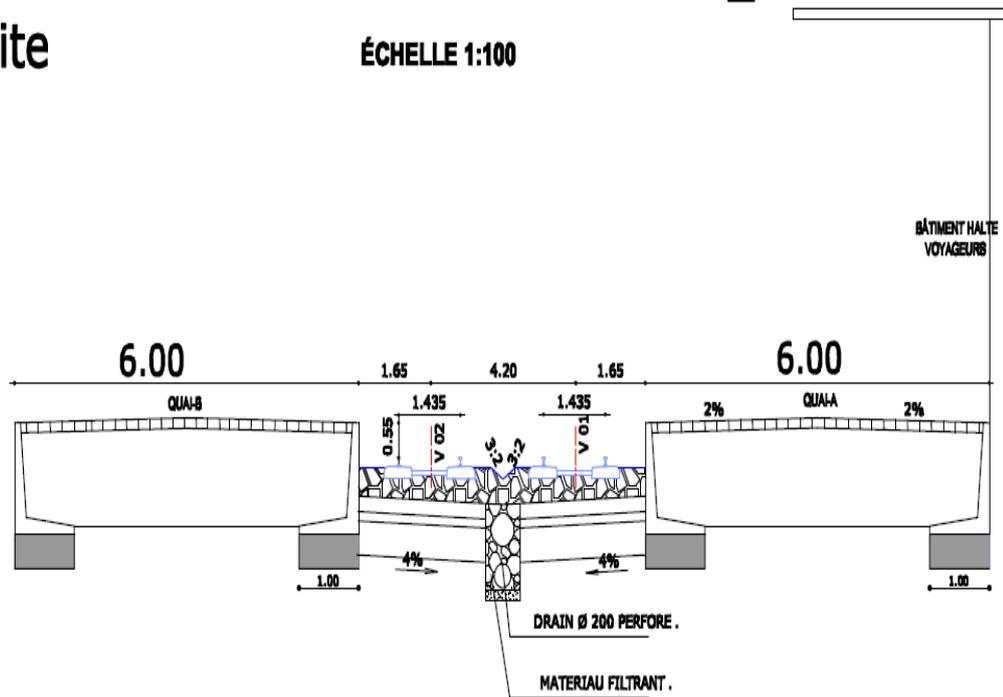


Gare De Marchandise De HassiMessaoud

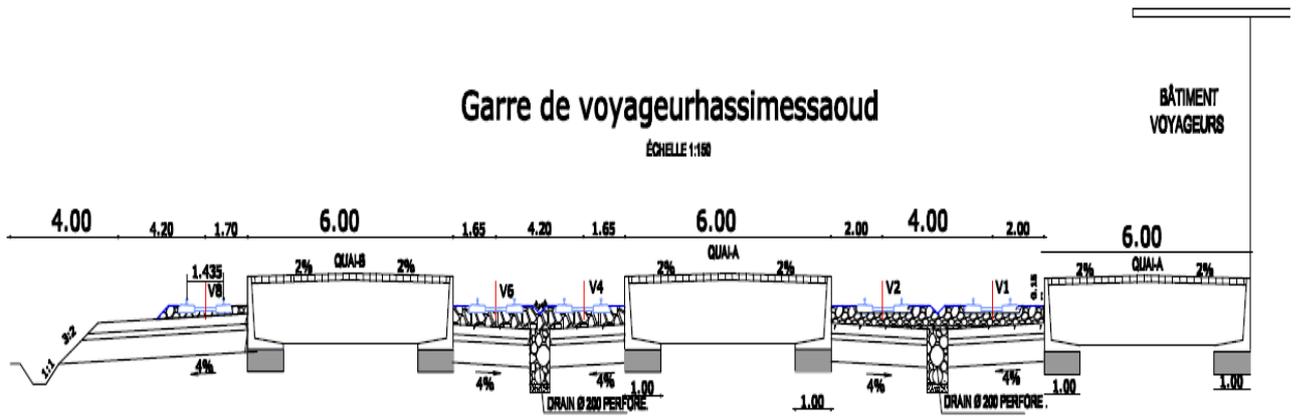
HHH

Halt sud de Hassimessaoud nouvelle ville _zone d'activite

ÉCHELLE 1:100



HALT SUD DE HASSIMESAOU D NOUVELLE VILLE



Gare De Voyageur Hassimesaod Nouvelle Ville