

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

*Pour l'Obtention du Diplôme
d'Ingénieur d'Etat des Travaux Publics*

Thème

*Étude APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie
unique entre TISSEMSILT et BOUGHEZOUL
[PK00+00 au PK15+00] avec conception de la gare
de TISSEMSILT*

Proposé par :

Seridji Widade

Présenté par :

*Benaniba Mourad.
Boukedjane Hamza*

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Nous Remercions Avant Tout Le Dieu De Nous Avoir Gardes En Bonne Sante De Mener A Bien Ce Modeste Projet De Fin D'étude.

Un Grand Mercie S'adresse Particulièrement A Nos Familles Qui Nous Ont Soutenus Pour Réaliser Nos Etudes Et Qui Nous Ont Toujours Encouragés Pour Que Nous Les Terminions.

Nous Souhaitons Exprimer, Tout Particulièrement, Nos Vifs Remerciements Et Notre Profonde Reconnaissance A Notre Encadreur M^{elle} : Serridji W .De Nous Avoir Fait Confiance Et Accepte De Diriger Ce Mémoire.

Nous Tenons A Remercier Tous Les Enseignants Et Les Travailleurs De L'ENSTP Sans Exception, Et A Tous Ceux Qui Ont Contribué Dans Notre Formation De Prés Et De Loin, Depuis, Les Premières Lettres Alphabétiques.

Nous Associons, Enfin, A Ces Remerciements Tous Nos Collègues.

Nous Avons Eu La Chance De Rencontrer Des Amis Formidables Qui Nous Ont Encouragés Et Soutenus Au Cours De Ces Cinq' ans. Qu'ils Trouvent Ici Le Témoignage

De Nous Attachement Et De Nous Amitié.

MOURAD & HAMZA

SOMMAIRE

CHAPITRE I : TRANSPORT FERROVIAIRE EN ALGERIE :

I.	INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	01
II.	TRANSPORT FERROVIAIRES EN ALGERIE.....	03
III.	RESEAUX FERROVIAIRES ALGERIEN.....	04
IV.	La rocade ferroviaire des hauts plateaux.....	06

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET :

I.	INTRODUCTION	08
II.	DESCRIPTION DU TRACE.....	08
III.	OBJECTIF DU PROJET.....	09
IV.	Consistance des travaux.....	09
V.	Caractéristique de tronçons projetés	10
VI.	CARACTERISTIQUE DE LA VOIE.....	11
VII.	SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE FERREE.....	12

CHAPITRE III : TRACE EN PLAN :

I.	INTRODUCTION	13
II.	CONDITIONS ET REGLES DE TRACE	13
III.	ELEMENTS DE TRACE EN PLAN	14
IV.	CONDITIONS DE RACCORDEMENT	15
V.	LE DEVER	15
VI.	APPLICATION NUMERIQUE POUR LE CALCUL DES DEVERS ET DE PARAMETRES DE CLOTHOÏDE	21

Chapitre IV : Calcul d'axe :

I.	Calcul d'axe	23
II.	Procède de calcul.....	23
III.	Calcul des éléments géométriques.....	24

CHAPITRE V : PROFIL EN LONG :

I.	DEFINITION.....	28
II.	ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG	28
III.	CALCUL DES ELEMENTS DU PROFIL EN LONG	29
IV.	APPLICATION AU PROJET.	31

CHAPITRE VI : PROFIL EN TRAVERS ET CALCUL CUBATURE :

I.	DEFINITION.....	34
II.	CONSTITUANTS DU PROFIL EN TRAVERS TYPE.....	34
III.	CAS DE NOTRE PROJET.....	35
IV.	CALCUL DES CUBATURES.....	36

CHAPITRE VII : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE :

I.	INTRODUCTION.....	40
II.	Catégorie de la voie.....	40
III.	Caractéristique d'une voie.....	40
IV.	Caractéristique d'une ligne.....	41
V.	armement de la voie	41
VI.	Assemblage des rails.....	45
VII.	Ecartements.....	49

CHAPITRE VIII : ETUDE GEOLOGIE ET GEOTECHNIQUE :

I.	CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	50
II.	SISMICITE.....	37
III.	ESSAIS IN SITU.....	37
IV.	ESSAIS AU LABORATOIRE	39
V.	CONCLUSION.....	43

CHAPITRE IX : STRUCTURE D'ASSISE :

I.	INTRODUCTION.....	58
II.	Caractéristique et rôles des diverses couches d'assise.....	58
III.	Classes de qualité des sols.....	63
IV.	Classes de portance de plates –formes.....	65
V.	Méthode de dimensionnement	66
VI.	Dimensionnement de la plate forme.....	69

CHAPITRE X : LES OUVRAGES D'ART :

I.	INTRODUCTION.....	70
II.	Ouvrage en terre.....	70
III.	Les ouvrages d'art.....	71
IV.	Liste des ouvrages d'art.....	72

CHAPITRE XI : CALCUL HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT :

I.	INTRODUCTION.....	74
II.	Conception générale.....	74
III.	Définition.....	77
IV.	Données pluviométriques.....	76
V.	Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements.	76
VI.	Application du projet.....	82

CHAPITRE XII : La GARE ferroviaire :

I.	INTRODUCTION.....	88
II.	Plan de masse d'une gare.....	88
III.	Considérations générales.....	88
IV.	Equipements de la gare à voyageurs.....	89
V.	Condition de conception des gares.....	92

CHAPITRE X III : Les appareils de voie :

I. INTRODUCTION.....	96
II. Définition de l'appareil de voie.....	96
III. Branchement.....	97
IV. L'application de différents types de branchement.....	97
V. Les aiguilles.....	99
VI. Les différentes traversées.....	100
VII. Les appareils de voies utilisées dans le projet.....	103
VIII. Les appareils de voie enroulés	103
IX. Géométrie et représentation sur les plans.....	104

CHAPITRE X IV : Conception de la gare :

I. Gare de Tissemsilt.....	107
II. Les quais et leurs toitures.....	109
III. Assainissement des gares.....	111

CHAPITRE X V : Terrassement et talus :

I. INTRODUCTION.....	114
II. TERRASSEMENT.....	114
III. Engins de terrassement.....	115
IV. Terrassement de la plate- forme.....	115
V. PROTECTION DES TALUS	117
VI. DESCENTE D'EAU SUR DES TALUS	118

CHAPITRE X VI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF :

I. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF.....	120
II. CONCLUSION GENERALE.....	121

chapitre

I

Transport ferroviaire en Algérie

I. INTRODUCTION GÉNÉRALE :

1. Les infrastructures de transport :

Sont l'ensemble des installations fixes qu'il est nécessaire d'aménager pour permettre la circulation des véhicules et plus généralement le fonctionnement des systèmes de transport.

Les infrastructures sont généralement organisées en réseaux comportant des nœuds et des liens. Ainsi le réseau ferroviaire est constitué de gares reliées entre elles par des lignes. Les nœuds importants, comme les gares, sont aussi le point de contact et d'échange entre deux ou plusieurs modes de transport.

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

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



Figure. 01 , Les infrastructures de transport ferroviaire

I.2. Chemin de fer :

Le chemin de fer est un système de transport guidé servant au transport de personnes et de marchandises. Il se compose d'une infrastructure spécialisée.

Le matériel roulant et de procédures d'exploitation faisant le plus souvent intervenir le facteur humain.

L'infrastructure des chemins de fer est appelée **voie ferrée**. Elle se compose, la plupart du temps, de deux files de rails posés sur des traverses, d'appareils de voie, de passages à niveau, de la signalisation et le cas échéant des installations de traction électrique.

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

I.3. Importance du chemin de fer :

Le transport ferroviaire possède un impact indéniable sur la croissance de la demande de transport. Il est le complément essentiel aux autres modes, Peu polluant, plus sûr, plus économique en terme d'énergie, il s'intègre parfaitement dans l'environnement ; il joue un rôle indiscutable dans l'aménagement du territoire et le désenclavement des zones déshéritées.

Dans la compétition des divers moyens de transport, le chemin de fer garde des atouts nombreux et importants et notamment ceux relatifs :

- ✓ La régularité et la ponctualité.
- ✓ La rapidité et le confort, La sécurité, etc.

Il est également reconnu comme un moyen de transport économique et quasi idéal; à titre illustratif un train céréalier complet équivaut à 55 semi-remorques.

A cela vient s'ajouter la préoccupation de la protection de l'environnement liée :

- ✓ A la congestion (routière/autoroutière).
- ✓ A la pollution (émission de CO2 a effet de serre).
- ✓ Aux dommages corporels et matériels (coûts élevés des accidents de la route).

La congestion des routes accroît la consommation d'énergie, amplifie les nuisances sur L'environnement et affecte l'efficacité économique des systèmes de transport.

II. TRANSPORT FERROVIAIRE EN ALGERIE :

Après les années grises et noires, qu'a vécues l'Algérie durant les deux dernières décennies du XXe siècle, son économie commence à renaître de ses propres cendres. En effet, le développement économique de l'Algérie a connu une accélération significative au cours des cinq dernières années, avec une croissance exceptionnelle digne des pays émergents.

Le schéma national d'aménagement du territoire repose sur 04 grandes lignes directrices :

✓ **La durabilité** : l'obligation impérative de prendre en compte et d'assurer la préservation des ressources et des milieux naturels,

✓ **L'équilibre** : rétablir un équilibre durable entre les grandes composantes du

territoire Algérien (le littoral et la montagne, les hauts plateaux et le sud)

✓ **La compétitivité** : adapter les territoires algériens aux exigences de l'économie mondiale,

✓ **L'équité** : réduire les inégalités économiques et sociales dont souffrent les populations des zones rurales et urbaines défavorisées.

III. RESEAUX FERROVIAIRE ALGERIENE :

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.

Cette importante enveloppe servira 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.

En quelques lignes et dans l'immédiat, 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

(1) on donne les grands axes du plan de modernisation du rail en Algérie :

- ✓ Modernisation des lignes existantes : **855 Km.**
- ✓ Doublement des voies : **430 Km.**
- ✓ Ligne des hauts plateaux : **600 Km.**
- ✓ Boucle du sud : **800 Km.**
- ✓ Autres lignes : **1.120 Km.**
- ✓ Autres lignes en cours de réalisation : **828 Km.**
- ✓ Lignes Projetées : **1.400 Km.**

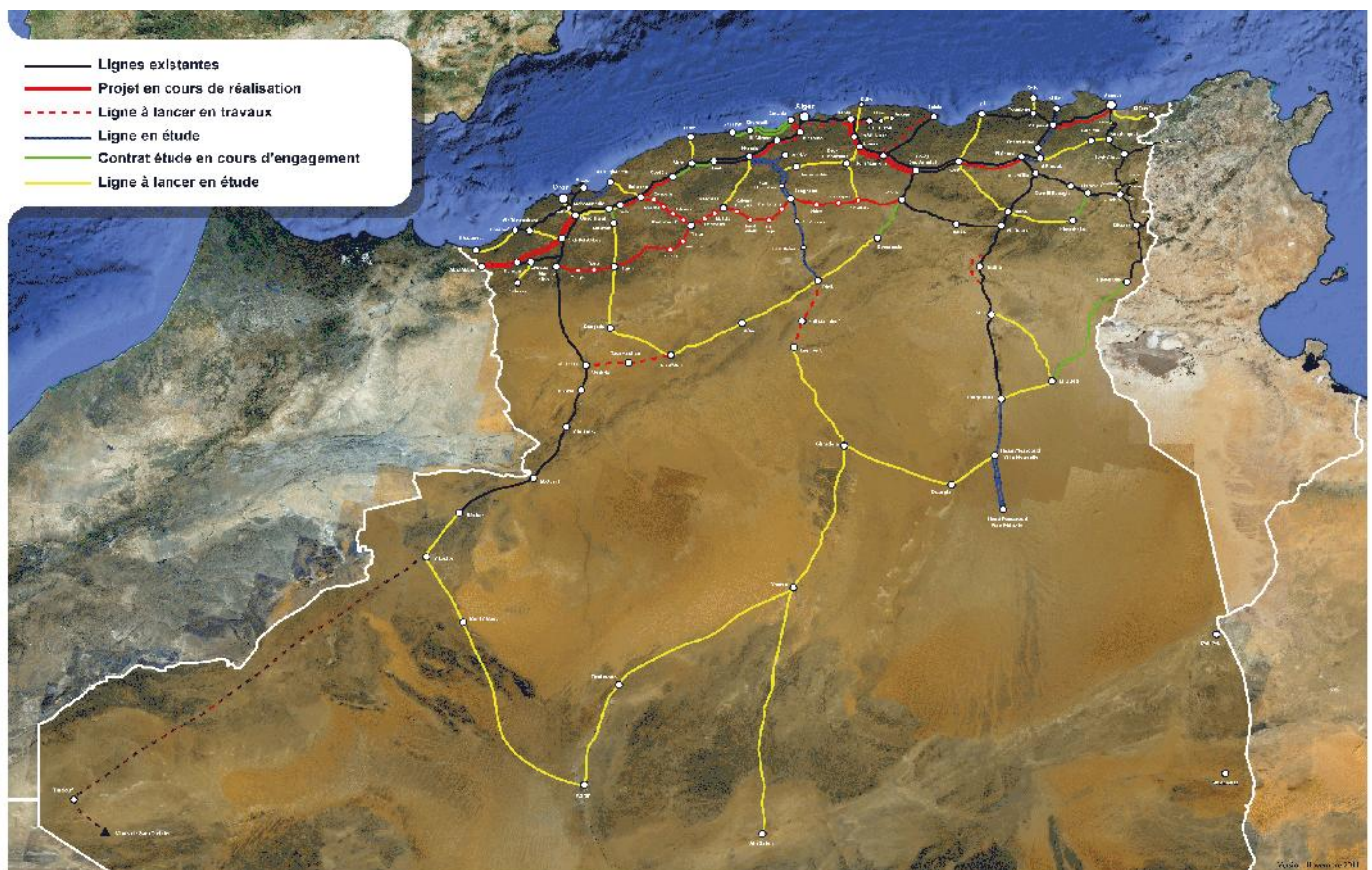


Figure.02. Réseaux ferroviaires Algérien et son avenir

IV. LA ROCADE FERROVIAIRE DES HAUTS PLATEAUX :

L'analyse des flux de transport et la prévision d'évolution de ces flux en Algérie, montrent qu'une part prépondérante des échanges, à l'intérieur du pays continuera à se faire par voie routière.

Largement prépondérant par rapport notamment au rail, le trafic automobile croît annuellement et continue à se développer, entraînant la saturation progressive des régions principales de la frange nord du pays. Les difficultés de communication, les pôles d'activités risquent de s'aggraver et d'entraîner des chroniques importantes aussi bien pour l'utilisateur que pour la collectivité.

En ce sens, la réalisation dans les plus brefs délais de la rocade ferroviaire des Hauts plateaux s'impose si l'on veut implanter les objectifs d'industries lourdes, nécessaires à leur décollage économique (plan quinquennal en cours et perspectives **2014**).

1. Objectifs du projet :

Dans le cadre des grands travaux d'aménagement du territoire, au désenclavement et à la dynamisation des Hauts Plateaux et suite au plan quinquennal en cours et en perspective, plusieurs projets d'industrie lourde nécessaires au développement et au décollage économique vont s'implanter dans les régions des Hauts Plateaux.

2. Réseau de la rocade :

La future ligne s'étendra sur **600 km** et sera portée ensuite à environ un millier de kilomètres, elle comprendra les lignes suivantes :

- ✓ Ain Touta (Aurès)-Moulay Slissen (Sidi Bel Abbès) en passant par M'Sila, Boughzoul, Tiaret et Saida.
- ✓ Electrification de la ligne Ain M'Lila -Tébessa et M'Sila Bordj Bou Arréridj.
- ✓ Electrification de la ligne Tiaret - Relizane et Saida - Mouhammadia .
- ✓ Création de la ligne M'Sila Boughzoul sur plus de **100 km**.
- ✓ Création de la ligne Boughzoul - Tessemssilt - Tiaret - Saida, sur plus de **300 km**.
- ✓ Création de la ligne Saida Moulay Slissen, sur **120 km**.
- ✓ Création de la ligne Mecheria - El Bayadh, sur **170 km**.

- ✓ Création de la ligne Ain Beida - Khenchela, sur **50 km**.
- ✓ Création de la ligne Djelfa - Laghouat, sur **150 km**.
- ✓ Amélioration du tracé Bouchegouf - Drean - Tébessa, long de **100 km**.
- ✓ Amélioration et rectification du tracé de ligne minière entre Ouenza Tuilerie et Tébessa.
- ✓ Rénovation de la ligne minière Annaba - Tébessa - Djebel Onk.

3. Difficultés observées :

A la marginalisation et au retard qu'a imposé la colonisation aux espaces des Hauts Plateaux, s'ajoutent les contraintes proprement géographiques que sont, selon l'ensemble considéré, le relief, l'insuffisance des ressources en eau ou les grandes distances, avec en outre et pour tous les cas, la fragilité écologique. C'est en ce sens que le problème du développement des régions intérieures se pose en terme de véritable conquête.

On doit quand même surmonter ses handicaps et accéder au niveau des compétitivités qu'exige le décollage économique.

4. Avantages du projet

Cependant, ce projet présente de multiples objectifs et avantages :

- ✓ La préservation et la pérennité des ressources naturelles
- ✓ La valorisation et l'optimisation de toutes les potentialités
- ✓ La correction des déséquilibres régionaux
- ✓ Le désenclavement de certaines régions
- ✓ Création et développement de l'emploi
- ✓ L'ouverture des régions les unes aux autres
- ✓ L'adaptation et le développement des zones industrielles et des zones économiques
- ✓ La redynamisation du secteur **BTPH** lors des travaux
- ✓ Un gain de temps de transport et une amélioration de la sécurité.

chapitre

II

Présentation du projet

I. INTRODUCTION:

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

II. Description du projet :

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

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

La ligne est conçue comme ligne de grande vitesse (**LGV**) sur voie normale, avec des caractéristiques géométriques selon les **standards UIC**.

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

Cette ligne relie les **04** wilayas (**Tissemsilt-Tiaret-Djelfa** et **Médéa**).

Pour notre projet nous avons pris le tronçon (**PK0+00 à PK15+00**), entre la **ville de tissemsilt** et le **Colonel Bougara**.

La partie de **Pk (-[1+150] à 01+100)** contient la conception de la gare de la ville de **Tissemsilt**.

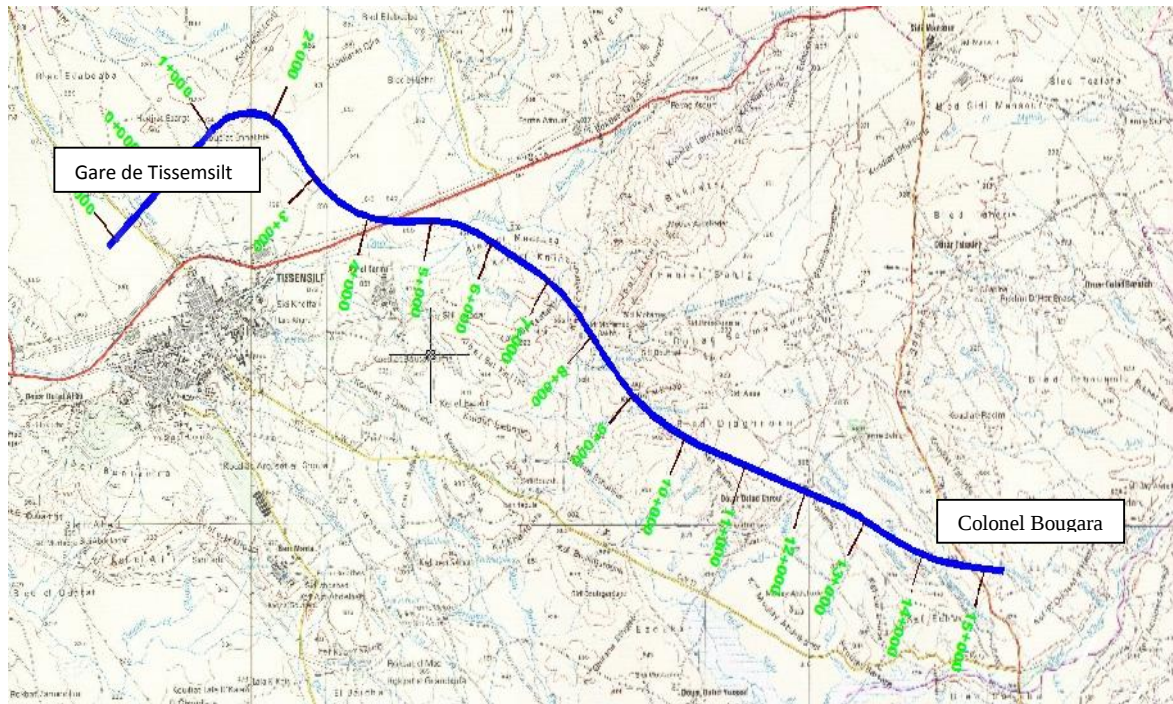


Figure.01.présentation de projet.

III. OBJECTIF DU PROJET :

- ✓ Cette étude à pour but d'identifier un tracé le plus optimiser, permettre la réalisation d'une liaison ferroviaire entre ces deux.
- ✓ La correction des déséquilibres régionaux.
- ✓ Le désenclavement de certaines régions.
- ✓ L'ouverture des régions les unes aux autres
- ✓ L'adaptation et le développement des zones industrielles et des zones économiques
- ✓ Un gain de temps de transport et une amélioration de la sécurité.
- ✓ son objectif et d'alimenter les unités d'industrie et favoriser le développement des villes comme Tissemsilt et nouvelles villes de Boughezoul.

IV. Consistance des Travaux :

Les travaux comprennent de façon non limitative:

- ✓ La réalisation des travaux de terrassements et assainissements.
- ✓ La fourniture et pose de la voie ferrée.
- ✓ La réalisation des ouvrages d'art ferroviaires neufs y compris les travaux de protection

de ces ouvrages, la correction des lits d'oueds avec les systèmes de protection et de canalisations des crues et venues d'eau importantes.

- ✓ La réalisation des passages supérieurs routiers avec les terrassements correspondants et sujétions liées.
- ✓ La réalisation des ouvrages de drainage y compris les travaux de protection de ces Ouvrages.
- ✓ L'exécution des ouvrages annexés et la réalisation des têtes et murs de soutènement;
- ✓ La construction des gares et haltes;
- ✓ Pour des raisons financières, la construction d'une partie des gares de croisement est reportée éventuellement et sera achevée optionnellement dans le cadre du présent traité ou à une date ultérieure.

Le concept d'exploitation pour cette réalisation en deux étapes permet dans un premier temps d'avoir sur toutes les sections de la ligne une circulation continue de 2 trains de voyageurs / heure, De plus, 8 à 10 trains de marchandises peuvent circuler entre 23 et 5 h.

Conditions Spéciales à Considérer

- Le classement des Hauts Plateaux en une zone de grandes activités sismiques oblige Impérativement à considérer le facteur sismique correspondant.
- Les conditions météorologiques typiques pour les Hauts Plateaux sont à prendre en Compte.

V. CARACTÉRISTIQUES DE TRONÇONS PROJETÉS:

1. caractéristique technique :

Cette ligne nouvelle à voie unique est conçue pour une vitesse maximale de **160 km/h**.

Les caractéristique géométrique et technique pour les études d'exécution seront bases sur Les caractéristiques fondamentales mentionnes ci après et les paramètres non précisés seront déduits des recommandations **UIC** et des pratiques de la **SNTF**.

2. caractéristique de base :

- ✓ Ligne totale a une longueur de **132 km**, pour notre étude la longueur de tracé et de **15 km** (du **pk 00+000** au **pk 15+000**).

- ✓ ligne à voie unique pose sur une plate forme de **8m** (au cause de future d'électrifications).
- ✓ Vitesse des trains de voyageurs : **160km/h**.
- ✓ Vitesse des trains de marchandises : **100km /h**.
- ✓ trafic mixte voyageurs et marchandises.
- ✓ ligne sans passage a niveau.
- ✓ traction actuel diesel.

VI. CARACTERISTIQUE DE LA VOIE :

1. Ecartement :

La voie normale a un écart de **1435 mm**.

2. Vitesse maximale :

Vitesse rapide (voyageurs) : $V_R = 160\text{km/h}$.

Vitesse lente (marchandises) : $V_L = 100\text{km/h}$.

3. Rayon :

$$R_{\min} = 11.8 \cdot V^2 / (d_{R\min} + I_{\max}) .$$

4. Courbe de raccordement :

La clothoïde est a utilisé pour les courbes de raccordements.

5. Longueur minimum des éléments de trace :

La longueur minimum des éléments en plan et en profil en long est de $V^2/2(m)$

V : étant la vitesse max de la voie

6. Dévers :

a. **Dévers maximal:** $d_p = 160 \text{ mm}$.

b. **Insuffisance de dévers :** (pour les trains rapides).

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

c. **Excès de dévers :** (pour les trains marchandises)

$$E_{\max} = 110 \text{ mm}$$

7. Déclivité :

La déclivité admise varie en fonction de la longueur :

- la déclivité maximale est fixée à **16‰**
- la déclivité dans les gares et gares de croisement est fixe **0‰**

VII. SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE FERREE :

1. Rails :

Les rails utilisés dans ce projet sont du **type 60 E1**. Les rails seront livrés en barres de **18 m** non percées qui seront soudées entre elles pour former des barres de **216 m**.

2. Traverse :

- ✓ **traverses bi-bloc** en pleine voie et voie de gare.
- ✓ **traverses en bois** pour les appareils de voie.
- ✓ **traverses bi-bloc** pour les tiroirs et voie de services.

3. Attache :

Attache élastique de type **NABLA**.

4. Appareils de voie :

Vitesse de branchement dans l'appareil de voie.

- ✓ **UIC 60 300 1/9** $V_{\max} = 50 \text{ Km/h.}$
- ✓ **UIC 60 500 1/12** $V_{\max} = 60 \text{ Km/h.}$

5. Entraxe voie :

L'entraxe des voies :

- ✓ gare marchandises : **5m**
- ✓ gare voyageurs : **5m**

chapitre

III

Tracé en plan

I. INTRODUCTION :

Le tracé en plan de la voie ferrée est une projection orthogonale de tous les points sur un plan horizontal, il est constitué en générale d'une succession d'alignements droits et d'arcs de cercles relié entre eux par des courbes de raccordement progressif.

En chemin de fer le tracé en plan est caractérisé par deux vitesses :

V_R : vitesse des trains rapides (voyageurs).

V_L : vitesse des trains lents (marchandises).

II. CONDITIONS ET REGLES DE TRACE :

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

- ✓ Comme c'est une étude APD on ne doit pas sortir du couloir choisi.
- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- ✓ Eviter le maximum les propriétés privées.
- ✓ Utiliser le maximum d'alignements droit et entre deux courbes la longueur minimale est de **0.5 V (km/h)**.
- ✓ Eviter le franchissement des oueds et des routes dans la mesure du possible qui nécessitent la réalisation des ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- ✓ Suivre les courbes de niveau afin de diminuer le terrassement.
- ✓ Eviter les problèmes de talus :

Talus en déblai : éviter :

- ✓ Présence de nappe.
- ✓ Terrains plastiques.
- ✓ Présence de roches fissurées.

Talus en remblai : éviter :

- ✓ Présence de terrain instable (pouvant être mis en mouvement par le remblai).
- ✓ Sol très compressible.

III. ELEMENTS DE TRACE EN PLAN :

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

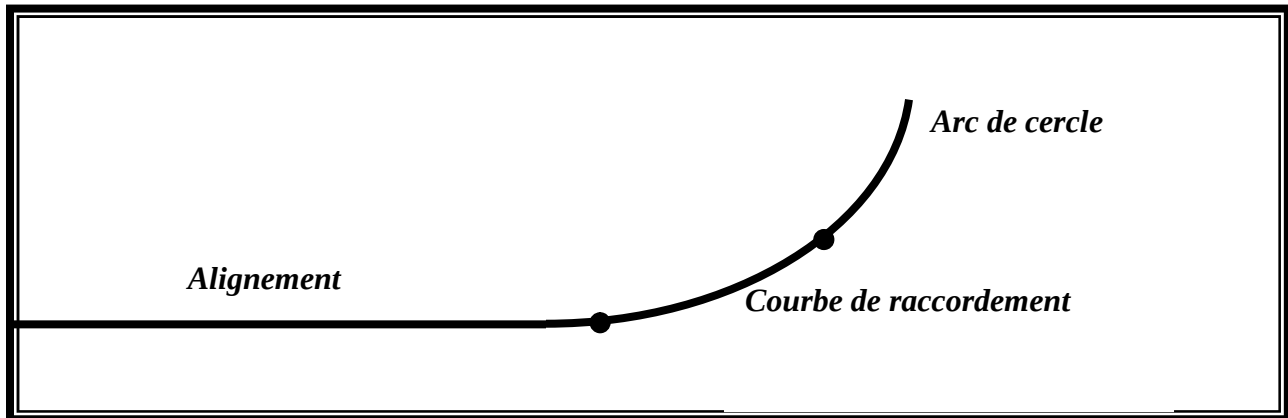


Figure. 01 .Schéma de raccordement de progressif

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.

2. L'arc de cercle :

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

3. La courbe de raccordement :

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

On utilise pour ce type de raccordement la clothoïde qui assure, grâce à sa variation linéaire

de courbure la stabilité et le confort plus son aspect esthétique satisfaisant.

IV. CONDITIONS DE RACCORDEMENT :

1. Condition de gauchissement :

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

2. Condition du confort optique :

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

3. Condition du confort dynamique :

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

V. LE DEVERS :

D'après les lois de la mécanique classique un point matériel qui se déplace dans une courbe subit une force centrifuge qui a tendance à la renverser à l'extérieur du virage. Cette force peut conduire au déraillement du train et à la fatigue de la voie et des roulants, pour annuler ou modérer cette force, on surélève le rail ou la file extérieure de la voie, cette différence de niveau dans une courbe est appelée **dévers**.

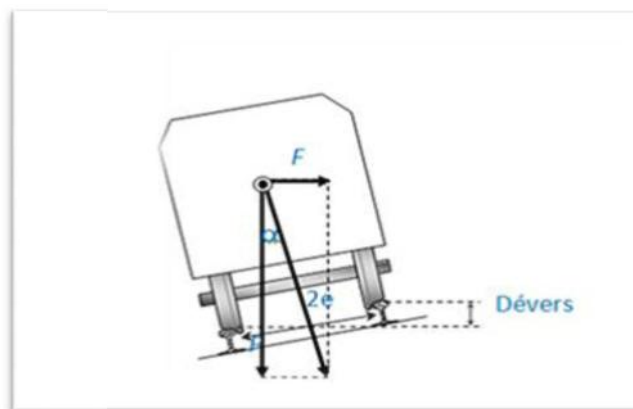


Figure02. Force en courbe et dévers

1. Dévers théorique :

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

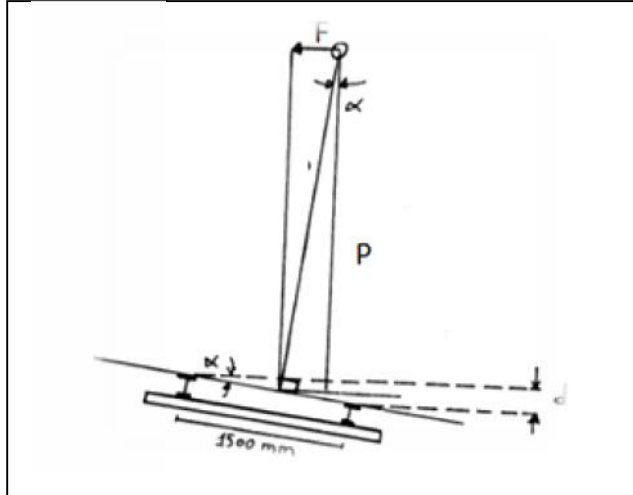


Figure03. Notion de dévers

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

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

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

Avec :

- e : l'écartement des deux fils de rail.
- α : Angle de dévers, entre la résultante P et la force verticale g .

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

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

$$\text{D'où : } d = \frac{118 \cdot V^2}{R} \quad (R \text{ en m, } d \text{ en mm et } V \text{ en km/h})$$

2. Notion de l'insuffisance (I) et de l'excès du dévers (E) :

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

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

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

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

3. Dévers pratique (d_p) : (réel)

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

$$d_p = \frac{1000.C}{R} .$$

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

Ce dernier ne doit pas dépasser la limite qui est de **160mm** (180mm exceptionnelle).

Les normes de la **SNTF** estiment ce dévers de **70%** du dévers théorique :

$$d_p = 0,7 \frac{11.8.V_R^2}{R} \leq 160 \text{ mm.}$$

Le calcul théorique de C se fait en utilisant les formules suivantes :

$$C = \frac{R_{min}.d_{Rmin}}{1000}$$

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

$$R_{\min} = \frac{11.8.V_R^2}{d(R_{\min}) + I_{\max}}$$

$R_{\min}$: Rayon minimum

$d_{R_{\min}}$: Dévers pratique correspondant au rayon minimum.

V_R : Vitesse du train rapide (voyageurs).

V_L : Vitesse du train lent (marchandises).

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

$E_{\max}$: L'excès maximum du dévers.

4. L'insuffisance de dévers :

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

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

$$I = d_R - d_P = \frac{11.8.V_R^2}{R} - d_P$$

(d_R : dévers pour les **trains rapide**)

5. L'excès de dévers :

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

$$E = d_L - d_P = d_P - \frac{11.8.V_M^2}{R}$$

(d_L : dévers pour les **trains** de marchandises)

6. Calcul de la longueur de raccordement «L» de dévers :

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

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

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

de plus, la longueur de la rampe de dévers doit être telle que :

$$L \geq 0.4V_{\max} \geq 30\text{m et } L \leq R/4$$

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

7. Raccordement de dévers :

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

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

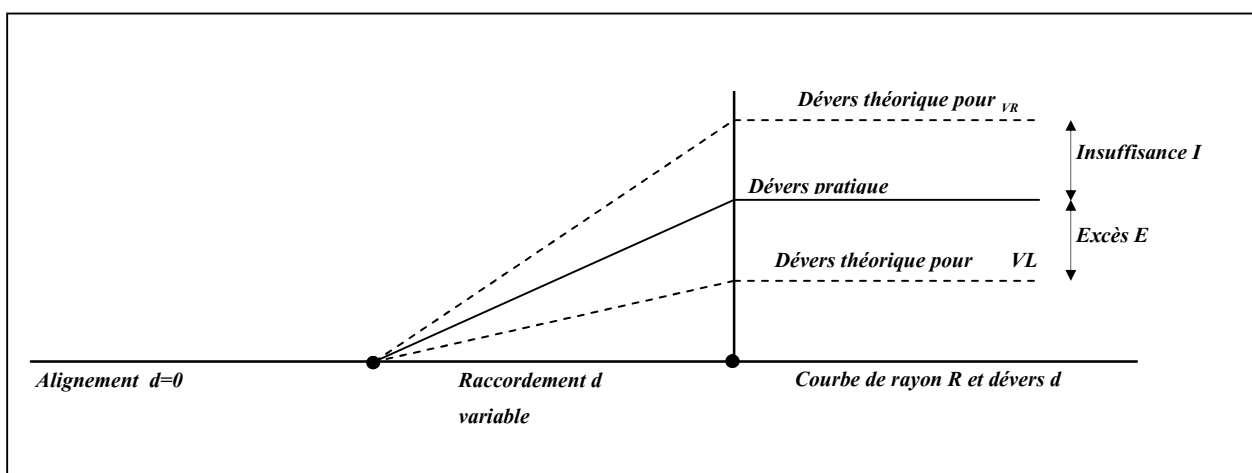


Figure.04. Schéma de raccordement de dévers.

8. Gauche et variation du dévers :

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

Pour régler le problème, on doit limiter cette rampe par unité de longueur, le rapport d/L appelé «gauche» exprime cette variation en (mm/m). La variation de dévers peut être exprimée par la notion : $\frac{\Delta d}{\Delta \ell}$ (mm/m)

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

$$\frac{\Delta d}{\Delta \ell} \leq \frac{180}{V}$$

Ou bien : $\frac{\Delta d}{\Delta t} \leq 50 \text{ mm/sec}$

La limite inférieure des valeurs minimales est, sauf exception, la suivante :

$$\frac{\Delta d}{\Delta \ell} \leq \frac{216}{V} \text{ (en mm/m)}$$

Ou bien : $\frac{\Delta d}{\Delta t} \leq 60 \text{ mm/sec}$

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

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

La SNTF exige une variation ≤ 2.52 (exception 3.24 mm/m)

A.N: $V_R = 160 \text{ km/h} \Rightarrow 180/160 = 1.125 \text{ mm/m} < 2.52 \text{ mm/m.}$

•Remarque :

Les voies sont généralement empruntées par plusieurs trains à différentes vitesses ;
Pour cette raison on utilise lors d'une étude le dévers normal et non pas le dévers théorique.

VI. APPLICATION NUMERIQUE :

D'après les données de la SETI-RAIL :

Vitesse des trains rapides $V_R = 160 \text{ km/h}$.

Vitesse des trains lents $V_L = 100 \text{ km/h}$.

$$\begin{cases} E_{\max} = 110 \text{ mm.} \\ I_{\max} = 150 \text{ mm.} \end{cases}$$

Et la formule donnant le coefficient de dévers :

$$C = \frac{R_{\min} \cdot d_{R\min}}{1000}$$

On prend :

$$d_{R\min} = \frac{V_R^2 \cdot E_{\max} + V_L^2 \cdot I_{\max}}{V_R^2 - V_L^2}$$

$$d_{R\min} = \frac{160^2 \cdot 110 + 100^2 \cdot 150}{160^2 - 100^2} = 276.66 \geq 160 \text{ donc on prend } d_{R\min} = 160 \text{ mm.}$$

Et la formule donnant le rayon minimale :

$$R_{\min} = \frac{11.8 \cdot V_R^2}{(d(R_{\min}) + I_{\max})} \quad \text{Avec : } \begin{cases} d_{R\min} = 160 \text{ mm.} \\ I_{\max} = 150 \text{ mm.} \end{cases}$$

A.N :

$$R_{\min} = \frac{11.8 \cdot 160^2}{(160 + 150)} \Rightarrow R_{\min} = 974.45 \text{ m} \quad R_{\min} \approx 975 \text{ m.}$$

✓ Exceptionnellement $R=800\text{m}$ à l'entrée de la gare de Tissemsilt pour des raisons Topographique.

Alors :

$$C = \frac{975 \cdot 160}{1000} = 156 \text{ on prend } C=150 \text{ (multiple de 15 le plus proche)}$$

Calcul de L : (longueur de clothoïde)

C=150

R	d(réel)	trains de voyageur		trains de marchandises	
		d th	I	d mar	E
800	160	377.60	217.60	147.50	12.50
1800	83.33	167.82	84.49	65.56	17.78
1500	100	201.39	101.39	78.67	21.33
2000	75	151.04	76.04	59.00	16.00
3000	50	100.69	50.69	39.33	10.67
2000	75	151.04	76.04	59.00	16.00
3000	50	100.69	50.69	39.33	10.67

$$L_{\min} = \frac{d_p \cdot V_{\max}}{180}, \quad A = \sqrt{R \cdot L} \quad L \geq 0.4V_{\max} \geq 30\text{m (vérifier)} \text{ et } L \leq R/4$$

Lmin	0.4Vmax	R/4	L(prendre)	A
142.22	64	200	150	346.41
74.07	64	450	130	483.74
88.89	64	375	170	504.98
66.67	64	500	100	447.21
44.44	64	750	60	424.26
66.67	64	500	100	447.21
44.44	64	750	60	424.26

Tableau .01 , Calcul des dévers et la longueur de clothoïde.

chapitre

IV

Calcul d'axe

I. CALCUL D'AXE :

L'opération de calcul d'axe n'aura lieu, qu'après avoir déterminé le couloir par le quel passera la voie.

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

II. Procèdes de calcul :

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

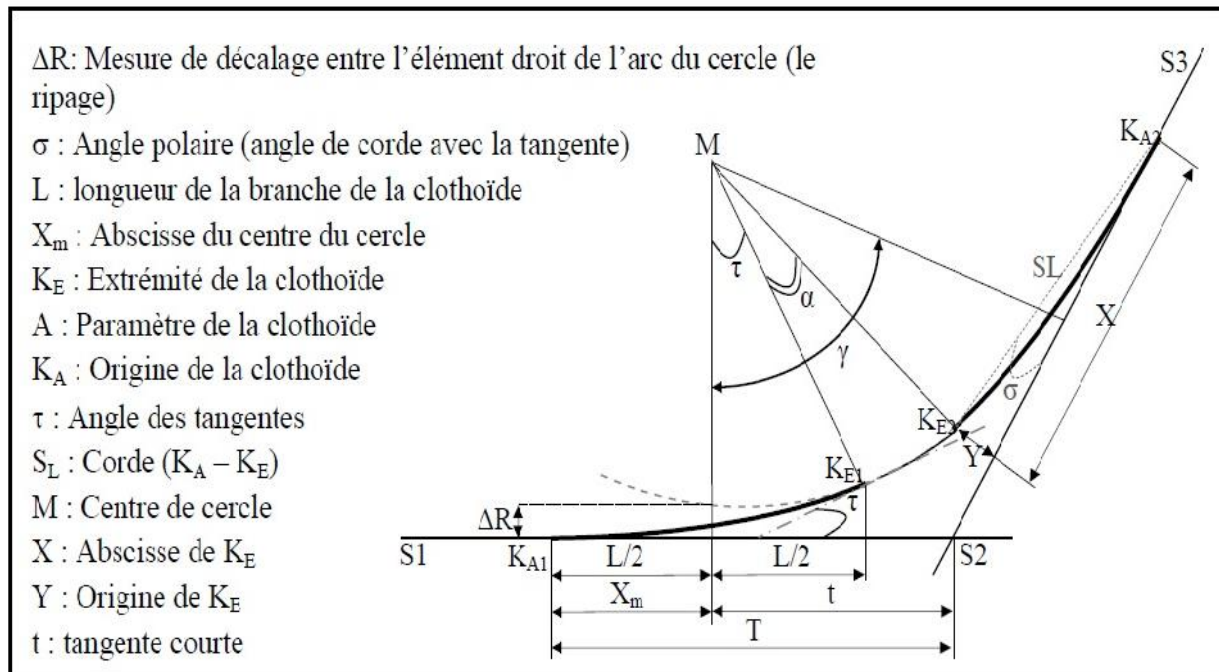


Figure.01, Elément de la clothoïde.

III. Tout calcul d'axe doit suivre les étapes suivantes :

- ✓ Calcul de gisements
- ✓ Calcul de l'angle γ entre alignements
- ✓ Calcul de la tangente T
- ✓ Calcul de la corde SL
- ✓ Calcul de l'angle polaire σ

- ✓ Vérification de non – chevauchement
- ✓ Calcul de l'arc de cercle
- ✓ Calcul des coordonnées des points singuliers

IV. Calcul des éléments géométriques:

1. Gisement :

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

a. Formules et méthodes de calculs :

Rayon R1 = 3000 m

S₀ (402341.4170, 3937179.8597)

S₁ (403297.9630, 3936636.6956)

S₂ (404196.2975, 3936536.1004)

b. Calcul des gisements:

$$\begin{cases} |\Delta X| = |X_{S1} - X_{S0}| = 956.546 \\ |\Delta Y| = |Y_{S1} - Y_{S0}| = -543.1623 \end{cases} \quad \begin{cases} |\Delta X_1| = |X_{S2} - X_{S1}| = 898.3345\text{m} \\ |\Delta Y_1| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = -100.5952\text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \overline{s_1 s_0} = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2} \approx 1100.002 \text{ m} \\ \overline{s_2 s_1} = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2} \approx 903.9492\text{m} \end{cases}$$

D'où:

$$G_{S_0}^{S_1} = 100 + \arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 132.873 \text{ grade.}$$

$$G_{S_1}^{S_2} = 100 + \arctg \frac{|\Delta Y_1|}{|\Delta X_1|} = 107.099 \text{ grade}$$

2. Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S_1}^{S_2} - G_{S_0}^{S_1}| = 25.773 \text{ grade}$$

3. Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \cdot \frac{200}{\rho} = \frac{60}{2 \times 3000} \cdot \frac{200}{\rho}$$

Avec :

$L = 60\text{m}$ (L : longueur de clothoïde)

$\tau = 0.6369 \text{ grade}$

4. Vérification de non chevauchement :

$\tau = 0.6369 \text{ grade}$

$\gamma / 2 = 25.773 / 2 = 12.8865 \text{ grade}$

D'où :

$\tau < \gamma / 2 \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$

$$\frac{L}{R} = \frac{60}{3000} = 0.02$$

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

$$\frac{\Delta R}{R} = 0.000017 \Rightarrow \Delta R = 0.051 \text{ m}$$

$$\frac{X_m}{R} = 0.01 \Rightarrow X_m = 30 \text{ m}$$

$$\frac{X}{R} = 0.02 \Rightarrow X = 60 \text{ m}$$

$$\frac{Y}{R} = 0.0000666 \Rightarrow Y = 0.2 \text{ m}$$

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

$$T = 30 + (3000 + 0.051) \operatorname{tg} 12.8865 \Rightarrow T = 645.7 \text{ m}$$

5. Calcul des Coordonnées S L :

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

donc :

$$S_L = \sqrt{60^2 + 0.2^2} = 60 \text{ m}$$

6. Calcul de σ :

$$\sigma = \arctg \frac{Y}{X} = \frac{0.2}{60} = 0.2122 \text{ grade}$$

7. Calcul de l'arc :

$$b = \frac{[p \cdot R(g - 2t)]}{200}$$

$$b = \frac{[p \cdot 3000(25.773 - 2 \times 0.6369)]}{200} = 1153.91m$$

8. Calcul des coordonnées des points singuliers :**CALCUL KA1:**

$$K_{A1} = \begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} - T \sin G_{S0}^{S1} \\ Y_{KA1} = Y_{S1} - T \cos G_{S0}^{S1} \end{cases}$$

$$K_{A1} = \begin{cases} X_{KA1} = 403297.9630 - 645.7 \sin 132.873 = 402736.4505m \\ Y_{KA1} = 3936636.6956 - 645.7 \cos 132.873 = 3936955.4937m \end{cases}$$

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

$$K_{A2} = \begin{cases} X_{KA2} = 403297.9630 + 645.7 \sin 107.099 = 403939.6526 m \\ Y_{KA2} = 3936636.6956 + 645.7 \cos 107.099 = 3936564.842m \end{cases}$$

$$K_{E1} = \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \sin(G_{S0}^{S1} + \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \cos(G_{S0}^{S1} + \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E_1} = \begin{cases} X_{KE_1} = 402736.4505 + 60 \sin(132.873 + 0.2122) = \mathbf{402788.5286m} \\ Y_{KE_1} = 3936955.4937 + 60 \cos(132.873 + 0.2122) = \mathbf{3936925.696m} \end{cases}$$

$$K_{E_2} = \begin{cases} X_{KE_2} = X_{KA2} - S_L \sin(G_{S1}^{S2} - \sigma) \\ Y_{KE_2} = Y_{KA2} - S_L \cos(G_{S1}^{S2} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E_2} = \begin{cases} X_{KE_2} = 403939.6526 - 60 \sin(107.099 - 0.2122) = \mathbf{403880.003 m} \\ Y_{KE_2} = 3936564.842 - 60 \cos(107.099 - 0.2122) = \mathbf{3936571.32 m} \end{cases}$$

Les calculs sont faits à l'aide du logiciel **COVADIS 9.1** et les résultats du calcul sont joints dans l'annexe. On remarque bien que le calcul est le même que le calcul automatique

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexes.

chapitre

V

Profil en long

I. DEFINITION:

1. Profil en long du terrain naturel :

Le profil en long de la voie est constitué : de pentes uniformes reliées entre elles par des courbes circulaires.

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

2. Profil en long :

Est l'ensemble d'alignements (paliers) et de déclivité (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.
- ✓ Respecter la déclivité maximale qui est de **16‰**, en gare elle est de **0.0‰**.
- ✓ Le rayon minimum en profil en long est de $R_{vmin} = 0.35 V^2$ (exceptionnellement $R_v=0.25 V^2$) et cela pour limiter l'accélération verticale ($R_{vmin} = 8\,960\text{ m}$).
- ✓ Minimiser les quantités de déblai et remblai et les équilibrés.
- ✓ Eviter les angles rentrants en déblais pour assurer l'évacuation des eaux.
- ✓ Assurer la coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- ✓ Respecter la distance entre les sommets qui est de $V/2$ cas normale et $V/2.5$ cas exceptionnelle.

II. ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG :

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

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 maximums)

3. Palier : c'est la partie de la ligne rouge qui se trouve en horizontale.

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

III. CALCUL DES ELEMENTS DU PROFIL EN LONG :

Dans ce calcul, on détermine toutes les coordonnées des points singuliers du raccordement, la tangente d'une part et d'autre du sommet, la flèche au dessous de ce dernier, on déterminera aussi les **PK** des points singuliers.

1. 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 :

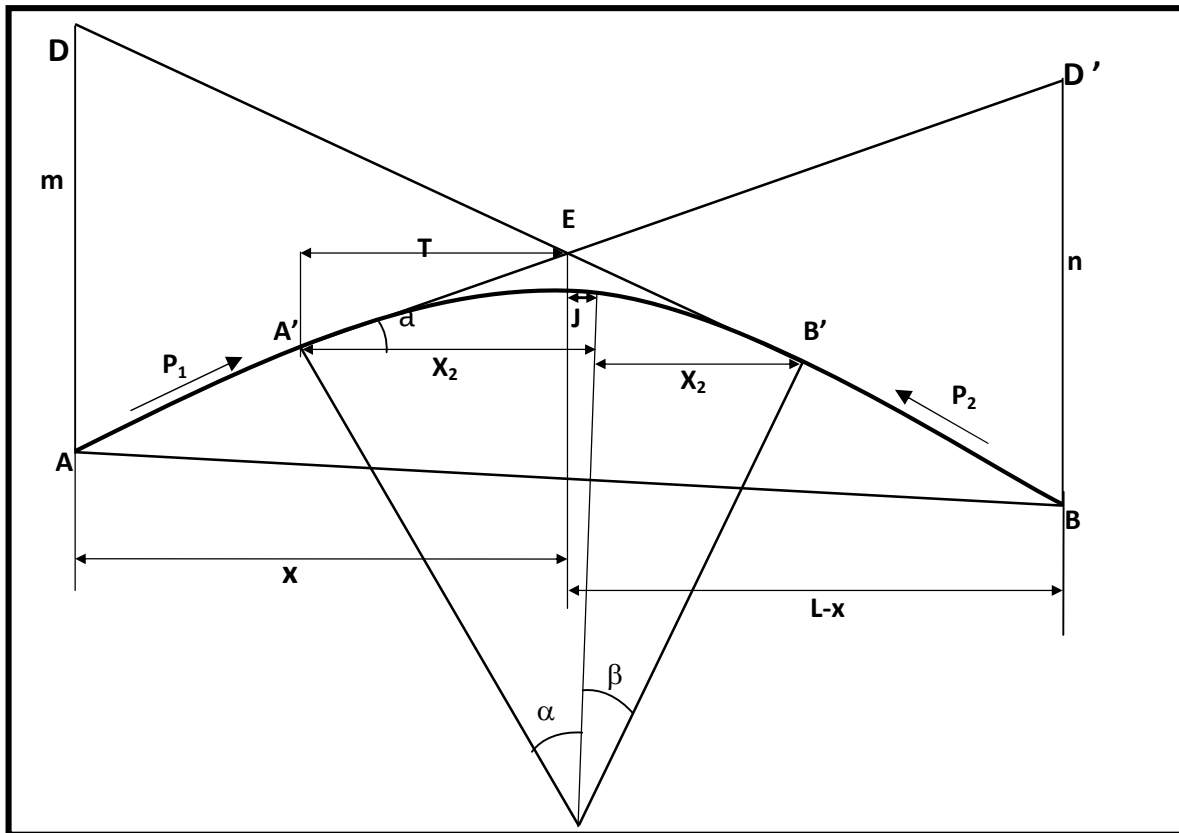
- ✓ D'assurer de bonnes conditions générales de sécurité.
- ✓ De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (changement de voie appareil de voie) qui sont placées en palier.
- ✓ De prévoir, de loin, l'évolution du tracé.

2. Raccordement en profil en long :

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

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

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



Avec :

A' et B' : Extrémités du raccordement.

T : Tangente de part et d'autre du sommet.

G : Milieu de raccordement situé sur la variante.

A et B : deux points connus sur P_1 et P_2 .

F : Hauteur de l'abaissement du sommet (Flèche).

X : Distance entre le sommet et un point A sur P_1 .

($\alpha + \beta$) : angle de variation, ou de changement de direction.

O : Centre du cercle de rayon R.

E : Sommet ou point de changement de déclivité.

L : Distance entre les deux points A et B.

IV. Calcul des éléments du profil en long :**1. Détermination des pentes :**

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta S_1}, P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta S_2}$$

2. Détermination de T :

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

3. Détermination de la flèche F :

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

4. Détermination des coordonnées du sommet E :

$$\begin{cases} X_E = X_A + X \\ Z_E = Y_A + X \cdot P_1 \end{cases}$$

5. Coordonnés de A' et B' :

$$A' (X_{A'} = X_E - T, Y_{A'} = Y_E - P_1 T)$$

$$B' (X_{B'} = X_E + T, Y_{B'} = Y_E - P_2 T)$$

6. Pk et altitudes des points singuliers :

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

$$Z = Z_{A'} + P_1 l$$

$$Pk_E = Pk_{A'} + l$$

$$l = \frac{Z_B - Z_{A'} + P_2 L}{P_2 - P_1}$$

7. Point du milieu de raccordement G :

$$Z_G = Z_E - F$$

$$Pk_G = Pk_E$$

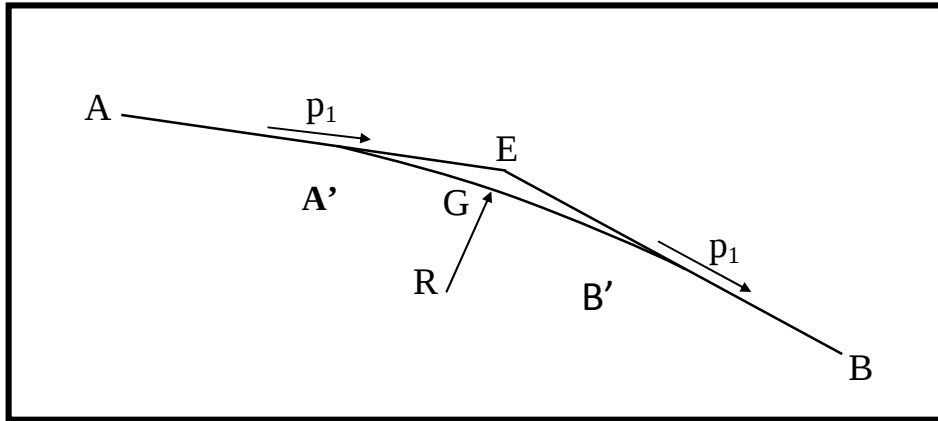
La flèche prise avec son signe.

8. Points de début et de fin du raccordement :

$$\text{Début : } \begin{cases} Z_{A'} = Z_E - P_1 \cdot T \\ Pk_{A'} = Pk_E - T \end{cases}$$

$$\text{Fin:} \quad \left\{ \begin{array}{l} Z_{B'} = Z_E - P_2 \cdot T \\ Pk_{B'} = Pk_E + T \end{array} \right.$$

V. APPLICATION AU PROJET :



$$\begin{array}{lll} A & \left\{ \begin{array}{l} S=1273.1595 \\ Z=869.196 \end{array} \right. & E & \left\{ \begin{array}{l} S=1766.0961 \\ Z=877.082 \end{array} \right. & B & \left\{ \begin{array}{l} S=3034.3784 \\ Z=856.7904 \end{array} \right. \end{array}$$

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

$$Pk_E = 1+766.0961 \text{ m}$$

$$Z_E = 877.082 \text{ m}$$

$$R = 10000 \text{ m}$$

1. Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta S_1} = 16\text{‰}$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta S_2} = -16\text{‰}$$

2. Calcul de la tangente T :

$$T = \frac{|-0.16 - 0.16|}{2} \times 10000 = 160 \text{ m}$$

3. Calcul de la flèche F :

$$F = \frac{T^2}{2R} = \frac{(160)^2}{2 \times 10000} = 1.28 \text{ m}$$

4. Calcul de la côte du point au milieu de raccordement parabolique :

$$Z_G = Z_E - F = 877.082 - 1.28 = 875.802 \text{ m}$$

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

- $Pk_{A'} = Pk_E - P_1 \cdot T = 1766.0961 - 160 = 1606.0961 \text{ m}$

$$Z_{A'} = Z_E - P_1 \cdot T = 877.082 - 0.016 \times 160 = 874.522 \text{ m}$$

Donc :

$$\begin{cases} Pk_{A'} = 01+606.0961 \text{ m} \\ Z_{A'} = 874.522 \text{ m} \end{cases}$$

- $Pk_{B'} = Pk_E + T = 1766.0961 + 160 = 1926.0961 \text{ m}$

$$Z_{B'} = Z_E + P_2 \cdot T = 877.082 + (-0.016 \times 160) = 874.522 \text{ m}$$

Donc :

$$\begin{cases} Pk_{B'} = 01+926.0961 \text{ m} \\ Z_{B'} = 874.522 \text{ m} \end{cases}$$

Les résultats de calcul sont joints en annexes

chapitre

VI

Profil en travers
et calcul des cubatures

I. DEFINITION:

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe des voies projetée.

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

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 **25m**, qui servent à calculer les cubatures.

II. CONSTITUANTS DU PROFIL EN TRAVERS TYPE :

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

1. Eléments de superstructure :

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

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.

3. Eléments du talus (remblai ou déblai) :

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

4. Eléments d'assainissement :

- ✓ Type et dimensions des fossés (assainissement longitudinale).

5. Eléments de protection de la voie :

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

III. CAS DE NOTRE PROJET :

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

- ✓ La voie unique repose sur une plate forme de **8m** de largeur .
- ✓ La superstructure se compose de rail **UIC60**.
- ✓ Les talus des remblais et des déblai auront des pentes de **1H/1.5V**et **1H/2V** .

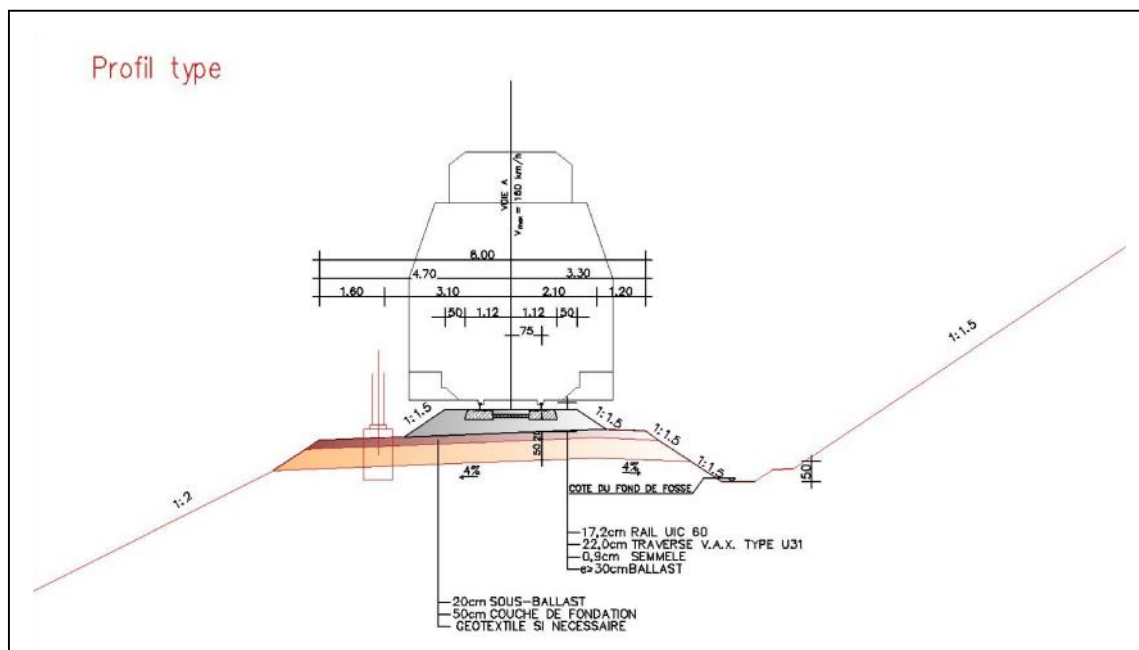


Figure01. Profil type d'une voie unique

IV. CALCUL DES CUBATURES :

1. les Méthodes de calcul :

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

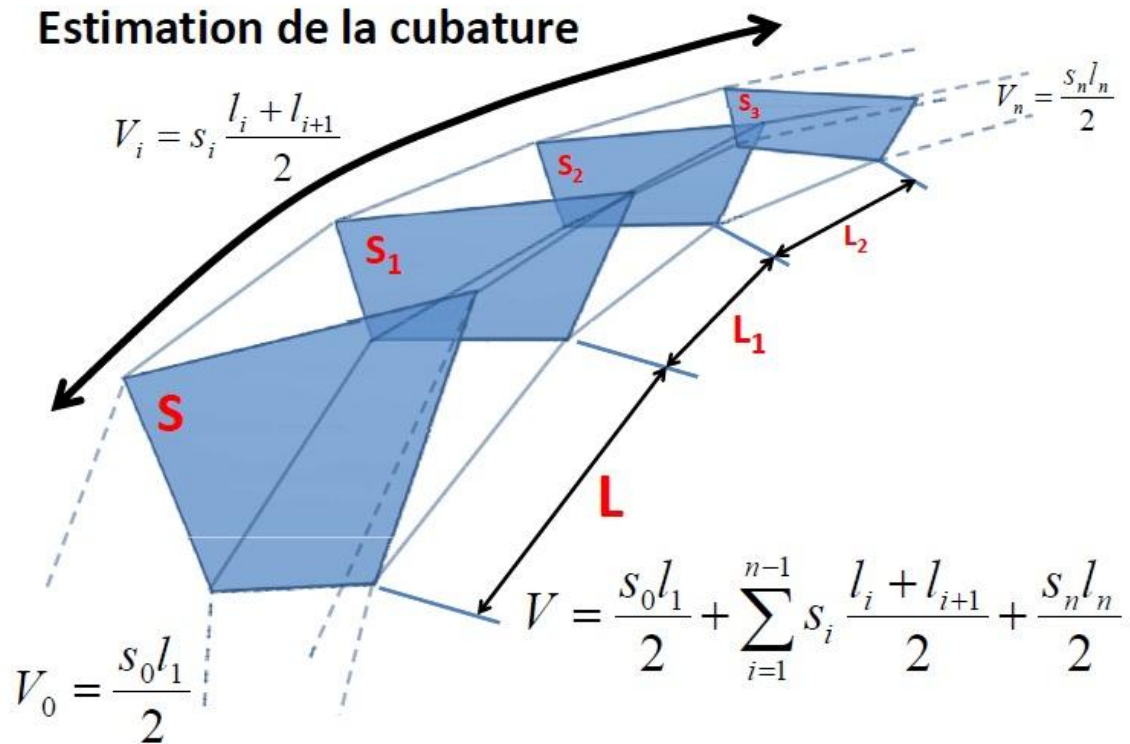
- ✓ Méthode de la moyenne des aires.
- ✓ Méthode de la longueur applicable, etc....

Aucune des ces méthodes donnent de résultats exactes, pour rapprocher de l'exactitude on doit majorer les résultats avec une certaine marge d'erreur (selon l'appréciation 'ingénieur), les résultats obtenus seront utilisés pour l'estimation du cout de projet.

2. Méthode de calcul des cubatures :

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

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



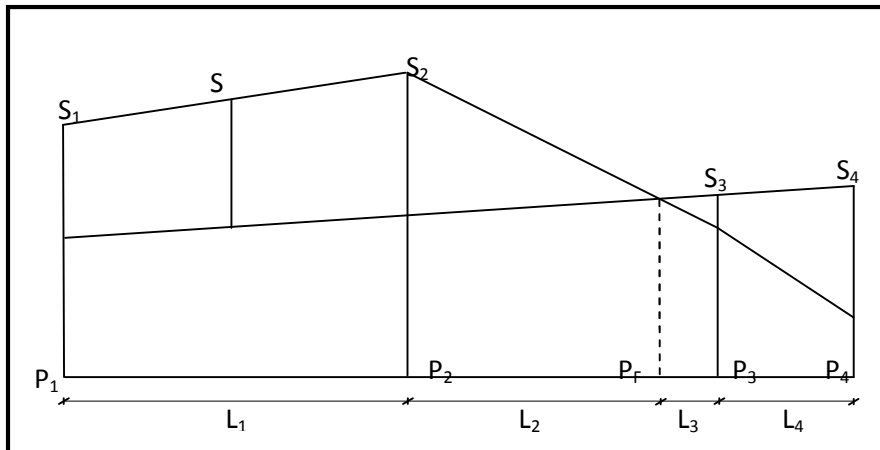
Avec:

S: aire de profil en travers.

n: numéro de profil.

L: distance entre profil.

Soit à calculer le volume total des terrassements dans le schéma suivant :



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

S_i : Surface des profils en travers des P_i

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

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

✓ **Le volume entre P₁ et P₂**

$$V_1 = \frac{L_1}{2} \left(S_1 + S_2 + 4 \cdot \frac{S_1 + S_2}{2} \right) = \frac{L_1}{2} (S_1 + S_2)$$

✓ **Le volume entre P₂ et Pf**

$$V_2 = \frac{L_2}{2} (S_2 + 0)$$

✓ **Le volume entre Pf et P₃**

$$V_3 = \frac{L_3}{2} (0 + S_3)$$

✓ **Le volume entre P₃ et P₄**

$$V_4 = \frac{L_4}{2} (S_3 + S_4)$$

D'où le volume total des terrassements (remblai et déblai)

$$V = \frac{L_1}{2} \cdot S_1 + \frac{(L_1 + L_2)}{2} \cdot S_2 + \frac{(L_3 + L_4)}{2} \cdot S_3 + \frac{L_4}{2} \cdot S_4$$

Pour notre projet, le calcul des cubatures de terrassement a été fait avec le logiciel (COVADIS 9.1). Les détails de calcul sont joints dans l'ANNEXE.

Nature	Remblais	Déblais	Couche de végétation
Volume (m³)	714631.52	1159132.37	128885.42

Tableau récapitulatif des cubatures des couches d'assises :

Nature	Ballast	Sous – Ballast	Couche de forme
Volume (m³)	3450	22466	63389.45

chapitre

IV

La superstructure
de la voie

I. INTRODUCTION :

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

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

II. Catégories de voies :

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

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

III. Caractéristique d'une voie :

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

- ✓ Le type de rail utilisé (poids, longueur, section).
- ✓ Le mode de fixation des rails aux traverses.
- ✓ La longueur des rails en voie (barres normales éclissées ou longs rails soudés).
- ✓ L'écartement des rails, et les tolérances admises.
- ✓ Le type et la densité des traverses (travelage).
- ✓ Le tracé en long (rayons de courbure et dévers).

- ✓ Le tracé en profil (pente ou rampe).
- ✓ Le support (ballast ou béton).
- ✓ La charge admise par mètre courant ou à l'essieu.
- ✓ La vitesse des trains (voies à grande vitesse).

IV. Caractéristiques d'une ligne :

Une ligne ferroviaire peut être constituée d'une seule voie : on parle dans ce cas de « voie unique » ou souvent de deux voies : ligne à double voie, plus rarement trois voies ou plus. Autres paramètres qui caractérisent une ligne ferroviaire, outre le type de Voie :

- ✓ le gabarit,
- ✓ le système de signalisation.

V. ARMEMENT DE LA VOIE :

1. Traverse :

Une traverse doit assurer au moins un appui sous chaque file de rail (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.

On distingue trois types de traverses :

a) 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.

b) Les traverses métalliques :

Elles ont une forme d'U renversé, leurs extrémités sont enfoncées dans le ballast pour empêcher tout déplacement, vue leurs légèreté elles sont faciles à poser, cependant, elles sont bruyantes et conductrices d'électricité, donc nécessitent des dispositifs d'isolement couteux.

c) 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. La durée de vie est de **50ans**.



Figure.01 : type des traverses

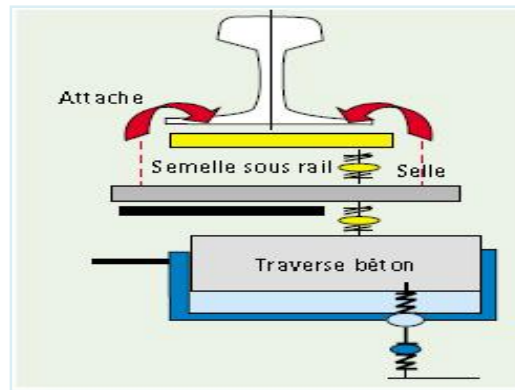
En générale la distance entre deux travers successives est deux **0.6m** le travelage (c'est-à-dire le nombre de travers au kilomètre) varie de **1500** à **1722** travers par kilomètre. Généralement en Algérie on utilise un travelage de **1666** travers au kilomètre.

2. Attache :

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

Une attache est dite « **rigide** » si du fait du manque de souplesse des matériaux la constituant, elle n'accompagne pas le mouvement vertical du rail lors du passage des roues. Elle assure un bon maintien transversal du rail mais ne garantit en rien son maintien longitudinal, lui permettant ainsi de « cheminer », c'est à dire de se déplacer vers l'origine ou l'extrémité de la ligne sous les sollicitations de la dilatation ou des forces de freinage ou d'accélération des convois.

Contrairement à l'attache rigide, l'attache dite « **élastique** » continue à assurer le maintien du rail lorsque celui-ci s'affaisse sous la charge des circulations. Elle s'oppose donc à son cheminement longitudinal et peut être utilisée pour la pose de **LRS**. En utilise attache élastique de type **NABLA**.

**Figure.02. Les attache****3. Rail :**

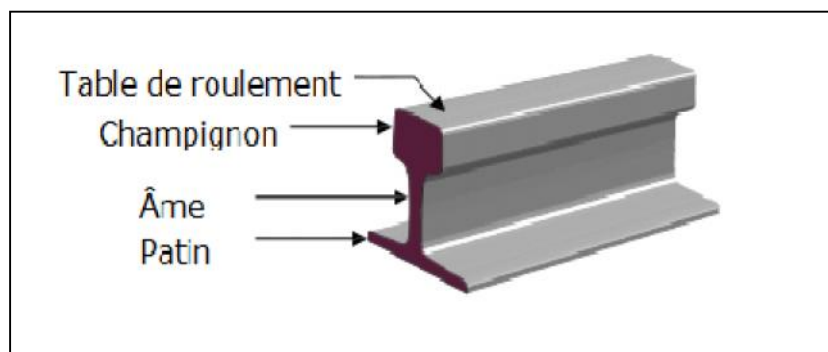
Est un profilé métallique spécial destiné à supporter la charge de la roue et permet son guidage et son roulement.

L'acier utilisé doit satisfaire aux diverses contraintes de fatigue, corrosion et abrasion. Sa composition, outre que le **carbone**, comprend le **manganèse**, **silicium**, **phosphore** et **soufre**.

Les dimensions varient suivant les pays et les lignes.

Dans le cas général ou le trafic important, la masse linéaire du rail est de **60.34 kg/m**. Les deux files de rail sont fixées sur les traverses qui maintiennent leur écartement et répartissent la charge sur le ballast.

Un rail peut servir aussi à l'alimentation électrique (alimentation par troisième rail). 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.03. Rail (UIC 60)**

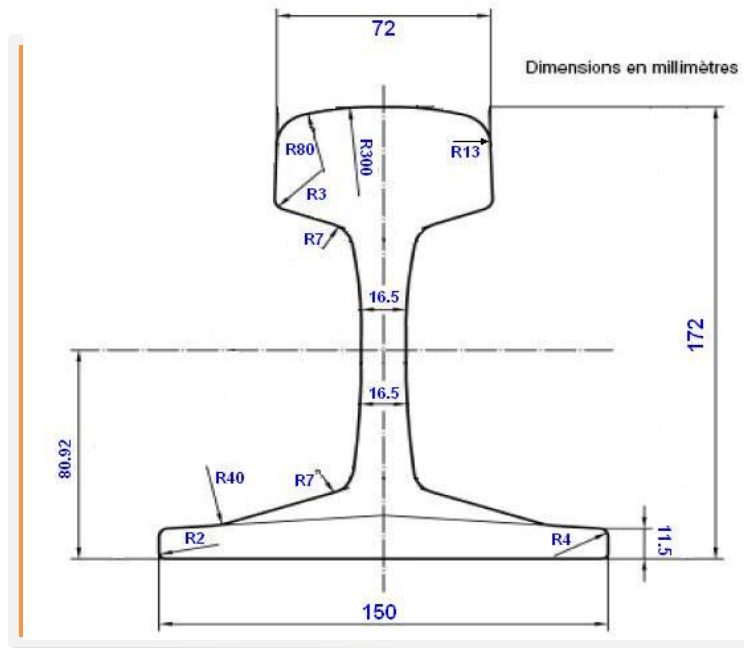


Figure.04. Le profil du rail (UIC 60)

a) Types de rails :

Le rail moderne est généralement du type « Vignole » ; dans une section transversale, on distingue le patin qui s'appuie sur la traverse, le champignon qui constitue le chemin de roulement, et l'âme, filet vertical qui relie le champignon au patin.

Le rail à double champignon, dont la section est symétrique, avait été conçu pour permettre de retourner le rail usé et donc doubler sa durée de vie. Ce principe a été abandonné. Des rails à gorge (type « Broca ») sont utilisés pour les voies encastrées dans des chaussées routières, notamment pour les installations industrielles et les lignes de tramway.

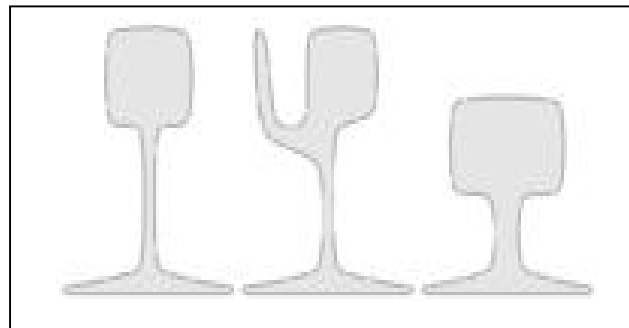


Figure.05. Types de rails

b) Inclinaison du rail :

Afin de favoriser le centrage des roues du train, les rails sont inclinés vers l'intérieur selon une pente de $1/20^e$ en voie normale et métrique.

Cette pente est obtenue par entaillage incliné des traverses bois.

c) Fissuration :

Un rail rompu doit être impérativement remplacé ou immédiatement éclissé en attente de remplacement.

Les fissures sont inacceptables si elles mettent en péril la tenue d'une éclisse ou la résistance de l'âme.

L'oxycoupage (perçage au chalumeau) est interdit en raison du risque de fissure.

d) Contre-rail :

Le contre-rail est impératif sur les appareils de voie. L'écartement entre le rail et le contre rail doit être tel qu'il assure un réel guidage.

VI. Assemblage des rails

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

1. L'éclissage :

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

- ✓ Relier les rails de façon à ce qu'ils se comportent comme une poutre continue.
- ✓ Avoir la même qualité d'acier que le rail.
- ✓ Empêcher les mouvements verticaux des extrémités des rails l'une par rapport à l'autre tout en permettant le mouvement de dilatation pour ce type d'assemblage, toutefois, aucune amélioration apportée n'est pleinement satisfaisante, on a remarqué, en effet, depuis longtemps que plus les boulons d'éclisses sont serrés, mieux les joints se comportent et moins les chocs sont ressentis, mais plus la dilatation des rails est contrariée.

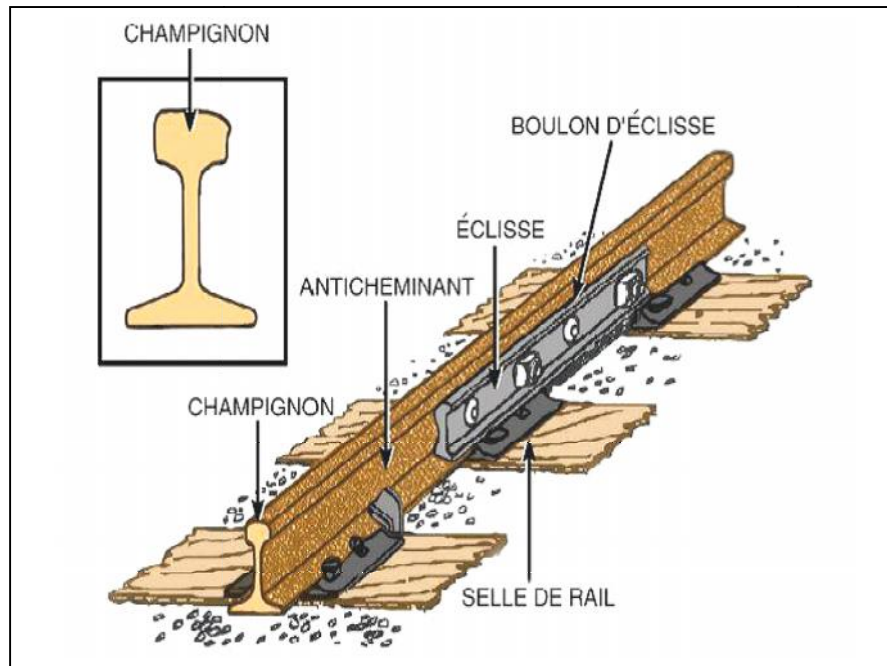


Figure.06.L'éclissage.

2. LES LONGS RAILS SOUDES (LRS) :

a) 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.



Figure .07. Le long rail soudé

b) 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.

• Toute fois 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.

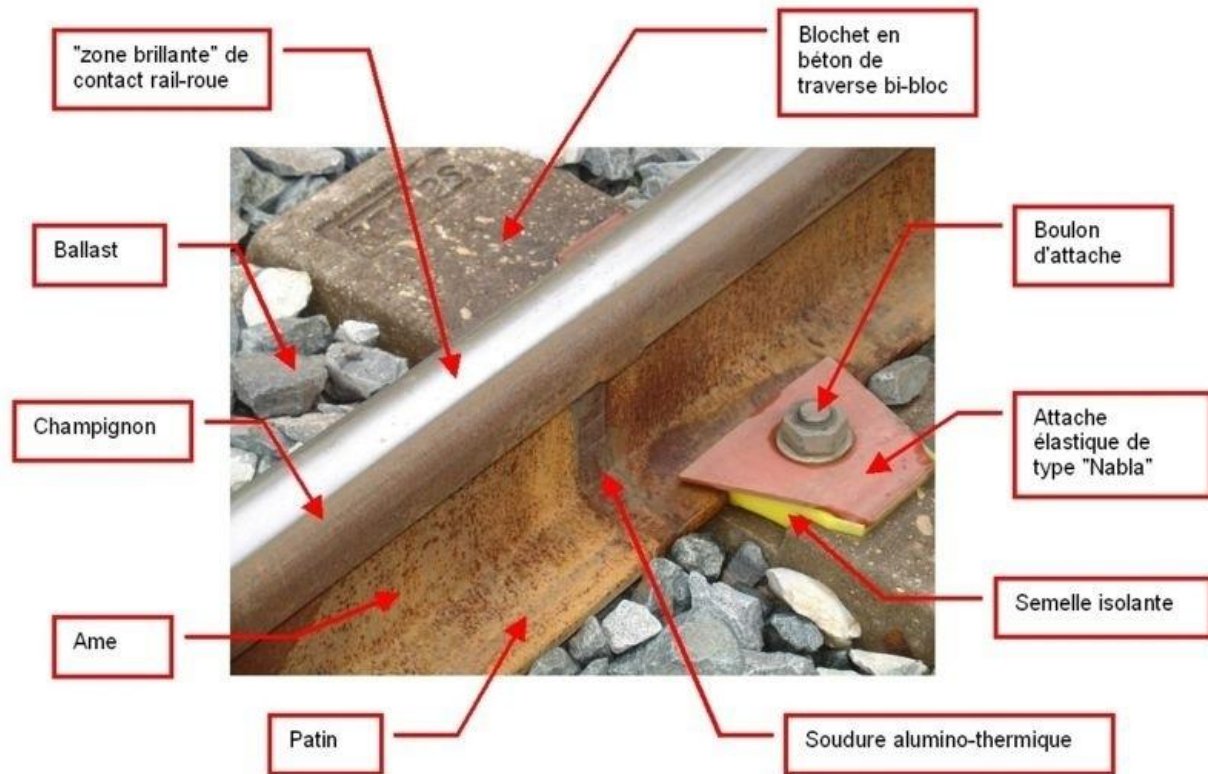


Figure .08. Constituant du rail.

VII. 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.

Pour notre projet on utilise le profilé **UIC60** posé sur un **bi-bloc** en béton.

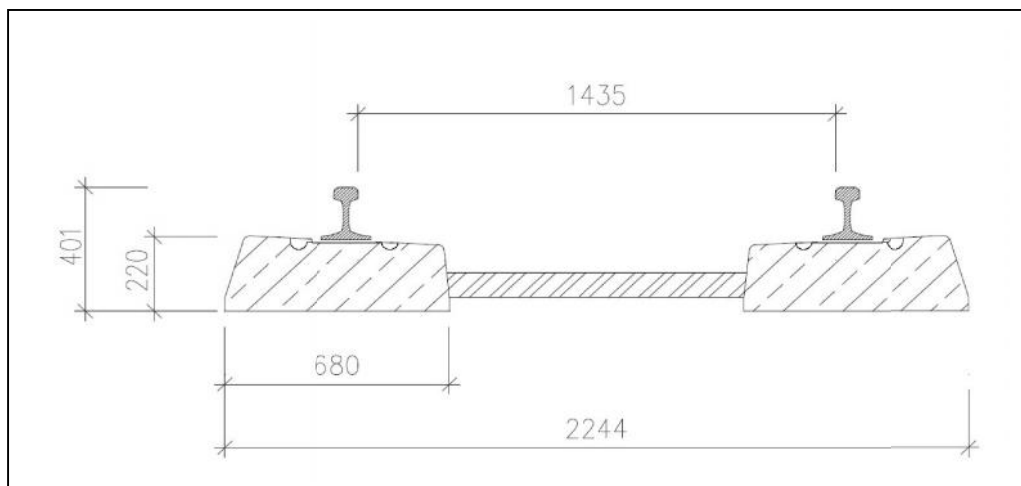


Figure .09. Type de rail et travers.

chapitre

VIII

Géologie et Géotechnique

I. Contexte Géologique:

1. Géologie régionale :

Les trois domaines paléogéographiques de l'Algérie du Nord sont séparés par des couloirs déprimés, bordés par des accidents tectoniques majeurs à déversement vers le Sud. L'accident sud atlasique sépare le domaine de la plate-forme saharienne du domaine atlasique. Au Nord entre l'Atlas saharien et le domaine tellien (pays des nappes) s'intercale le couloire sud-tellien dit usuellement les « Hauts Plateaux » bordés au Nord par le front de la première nappe méridionale du système tellien. La ligne projetée dans le présent tronçon s'intègre dans le domaine des Hauts Plateaux, à la limite de l'Atlas Tellien. C'est une région qui présente différentes formes de relief; avec des altitudes variant généralement entre 400m et 1000m. Le domaine des Hauts Plateaux (avant-pays alpin) se présente en une dépression allongée, grossièrement orientée SW-NE, dans laquelle s'est écoulé le matériel plastique de sédiments crétacés et tertiaires. Ces derniers forment une couverture sédimentaire réduite, dont les affleurements sont masqués souvent par des dépôts d'âge Quaternaire. Ce domaine géographique est irrigué par des rivières ou des ruisseaux à régime saisonnière, néanmoins. Leur courant est orienté suivant la direction générale des reliefs (SW-NE). Ils franchissent les chaînes montagneuses dans les zones de faiblesses (les failles et les formations meubles par exemple).



2. Géologie Locale :

Sur le plan géologique de tronçon entre Tissemsilt et Bougara, le tracé de ligne doit passer une arête de montagne qui est formée de grès ainsi que de limons et d'argiles. En raison d'un plissement par endroits très fort, les roches sont inclinées dans des sens assez variables et forment des angles d'incidences variables. Selon les roches qui s'y trouvent, les coupes et entailles de terrain, en particulier, doivent être distinguées d'un point de vue géotechnique. On trouve les roches sédimentaires à granulations fines ainsi que les roches meubles à granulations fines tout particulièrement dans la portion centrale et orientale du tracé. Ces roches ne se prêtent pas à la fabrication de matériaux de construction. matériau ne se prête pas ou bien seulement partiellement à une utilisation comme matériau de remblayage pour les remblais.

II. Travaux sur le terrain :

Les sondages carottés réalisés nous ont permis de récupérer des échantillons intacts, paraffinés qui ont été acheminés au laboratoire ou ont été réalisées les différents essais.

- La réalisation de 10 puits de reconnaissance chaque 1,5 Km, afin de permettre une reconnaissance des conditions géologiques de la plate forme du tracé.



Figure .02.les sondage carottier

Le tableau suivant donne les valeurs minimales, maximales et moyennes des paramètres géotechniques obtenus sur les échantillons des formations traversés par le tracé de la ligne ferroviaire (d'autre couloire), Les valeurs moyennes seront considérées comme valeurs représentatives de l'unité.

Paramètres géotechniques		Min	Max	Moyenne
Granulométrie	< 80 μ (%)	12	25	16,33
Limite d'Atterberg	WL (%)	20,90	34,00	24,88
	IP (%)	3,78	4,83	4,30
Equivalent de sable	ES%	15	21	17,44
Bleu Méthylène	VBS	0 ,23	1,11	0.76
Proctor	γ_{dmax}(t/m³)	1,74	1.95	1,82
	W_{OPM} (%)	10,60	17,56	16,08
CBR	95% OPM	09	60	32,5
	100% OPM	13	73	47,33

III. Interprétation des résultats du laboratoire :

1. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer les proportions des grains de différentes tailles dans le sol. Elle s'effectue par tamisage pour les grains d'un diamètre supérieur à **80 μm** et par sédimentation pour les grains **<80 μm** .

L'analyse granulométrique montre un pourcentage de passants à **80 μ** compris entre **12% et 25 %**, avec une moyenne de **16,33%**. Ces résultats montrent qu'on est en présence d'un terrain à prédominance de **sols grenus**.

- sols grenus 50% > 80 μm
- sols fins 50% < 80 μm
- sols organiques > 10%

2. Limites d'Atterberg :

Compte tenu de leur structure, les formations meubles (fraction fine) ont la propriété d'absorber l'eau ou se dessécher, ceci en fonction des conditions d'humidité auxquelles elles sont soumises, et passent ainsi d'un état à un autre.

Le but de cet essai est la détermination expérimentale la limite de liquidité (**W_L**) et de la limite de plasticité (**W_P**).

La détermination de **W_L** et **W_P** nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permette de le classer grâce à l'abaque de plasticité de Casagrande.

Les résultats des limites d'Atterberg réalisés sur les échantillons ont donné des indices de plasticité « **IP** » variables entre **3,78%** et **4,83%** avec une moyenne de **4,30%**, et des limites de liquidité entre **20,90%** et **34,00 %** avec une moyenne de **24,88 %**. Les valeurs de plasticité « **IP** » obtenu montrent que les sols sont **non plastiques à peu plastique**, la valeur moyenne correspond à un sol **peu plastique**.

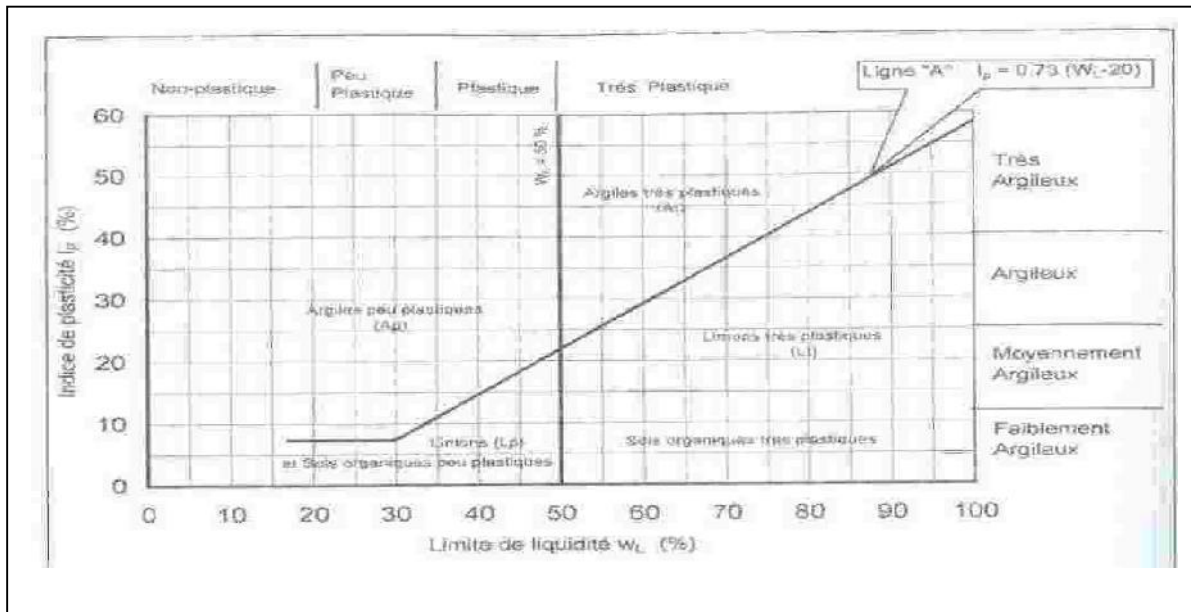


Figure .03. diagramme de plasticité de casagrande

3. Essai PROCTOR modifié :

Les essais de compacité Proctor sont réalisés dans le but de déterminer la teneur en eau de compactage optimale, permettant d'avoir une densité maximale du matériau;

✓ Les valeurs de densités maximales (γ_{dmax}) varient entre $1,74 \text{ t/m}^3$ et $1,95 \text{ t/m}^3$, avec une moyenne de $1,82 \text{ t/m}^3$.

✓ Les teneurs en eaux optimales (W_{OPM}) varient entre $10,60 \%$ et $17,56\%$, avec une moyenne de $16,08\%$

Ces résultats montrent que le matériau analysé, présente une forte densité au compactage, mais nécessitant un apport d'eau plus ou moins important pour sa mise en place.

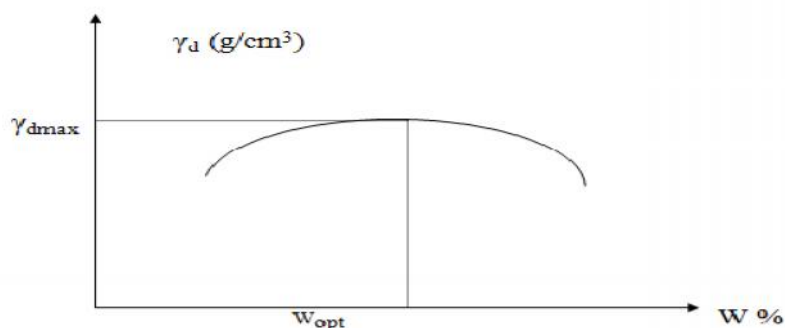


Figure .04. courbe de Proctor

4. CBR Imbibé :

Les essais de portance **CBR** réalisés avec trois énergies de compactage (10c/c, 25c/c et 55c/c), ont donné bonne valeurs d'indices **CBR** à **95%** de compacité, Un matériau dont **I CBR $\leq$ 20** recommandé pour la couche de fondation les valeurs obtenus varient entre **09%** et **60%** avec une moyenne de **32%**.

Un matériau dont **I CBR $\leq$ 20** recommandé pour la couche de fondation

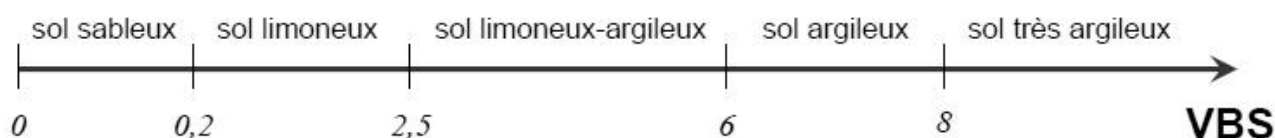
5. Équivalent de sable :

Cet essai caractérise la propreté du sol ou, par opposition, le degré de pollution du sol par la phase argileuse ou limoneuse présente. Donc la valeur obtenue varie entre **15** et **21 %** avec une moyenne de **17,44 %**, ce qui signifie que se sont des sols plastique impropre(argileux) aux couche de chaussée.

Nature	Equivalent de sable
Argile pure	E. S. = 0
Sol plastique	E. S. = 20
Sol non plastique	E. S. = 40
Sable pur et propre	E. S. = 100

6. Essai au bleu de Méthylène :

Il s'agit de mesurer la capacité des éléments fins d'un sable à adsorber du bleu de méthylène. Les argiles contenues dans un sable ont la propriété de fixer le bleu de méthylène proportionnellement à leur surface spécifique. Donc la valeur obtenue varie entre **0.23** et **1.11** avec une moyenne de **0.76**, ce qui signifie que c'est un sol limoneux, Sensible à l'eau



7. Analyse chimique :

- ✓ Carbonates **Caco3**
- ✓ Sulfates **SO4⁻²**

Teneur en CaCO ₃ (%)	Désignation géotechnique
0 - 10	Argile
10 - 30	Argile mameuse
30 - 70	Marne
70 - 90	Calcaire mameux
90 - 100	Calcaire
	Sols
	Roches

Le taux des carbonates varie entre **16 %** et **46 %** avec une moyenne de **30,44 %** ce qui confirme la formation marneuse du sol. Son taux en sulfates est nul.

Types d'essais	Norme
Limite d'Atterberg	NF P 94-051
Analyse granulométrique	NF P 94-056
Analyse sédimentométrique	NF P 94-057
Essai Proctor modifié	NF P 94-093
Essai de poinçonnement CBR avec	NF P 94-078
Détermination de la teneur en eau	NF P 94-050
Equivalent de sable	NF P 18-598

Tableau.01.les normes des essais

IV. Classification du sol selon les fiches UIC 719 et GTR :

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

La classification de notre sol (sol support) en se basant sur les résultats obtenus au terme des essais en laboratoire ainsi que sur les prescriptions données par les UIC (UIC 719F-194b), notamment les chapitres (1.3.1) et (1.3.2) alloués respectivement aux classes de qualité de sol et de la portance des plates formes.

Selon la fiche UIC 719R, le tracé traversé une zone de faible caractéristique physique et mécanique la classe de qualité du sol de la plate forme, correspond globalement au **QS1**.

chapitre

IX

Dimensionnement couche d'assise

I. Introduction :

L'infrastructure de la voie ferrée où la structure d'assise, 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 leur nature et leur épaisseur le bon comportement de la voie ferrée du point de vue rigidité, tenue et drainage.

Les couches d'assise comprennent couche de ballast proprement dite composée de gravier d'une granulométrie grossière, une sous couche d'adaptation interposée entre le ballast et la plateforme.

Cette sous couche, mono ou multicouche est composée de matériaux grenus (sable ou graves) et parfois de tapis de nature diverses.

La sous –couche comprend une couche de ballast, une couche de fondation et éventuellement couche anti-contaminant, la plat –forme pour sa part est constituée d'une couche de forme qui repose sur le corps de remblai ou le terrain naturel en déblai.

II. Caractéristique et rôles des diverses couches d'assise :

1. La couche de ballast :

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

Son rôle est de transmettre les efforts engendrés par le passage des trains au sol, sans que celui-ci ne se déforme par tassement. Le rôle du ballast est aussi d'enchâsser les traverses afin d'assurer une résistance aux déformations longitudinales (particulièrement important pour la technique des longs rails soudés).

Les éléments du ballast doivent s'imbriquer, de façon à former une masse compacte, mais perméable. Les traverses sont enchâssées dans le ballast, ce qui assure la fixité de la voie.

Le ballast subit deux types d'usure :

- ✓ contamination par des matériaux parasites, par exemple de la terre. il est nécessaire de remplacer le ballast régulièrement.
- ✓ tassement du ballast sous les traverses, ce qui provoque une déformation verticale de la voie. Il est alors nécessaire de réinjecter du ballast de faible granulométrie sous les traverses; ou bien de réaliser une opération d'entretien.

2. Rôle et constitution du ballast :

Il est constitué de matériaux de carrière résistants durs, non gélifs (gneiss, porphyres, basaltes, etc.) anguleux et ayant une très forte résistance à l'abrasion. Ce n'est pas un simple caillou mais un granulat produit à l'issue d'un processus industriel de fabrication et répondant à des caractéristiques précises et rigoureuses (formes, dureté, propreté... etc.)

Le ballast utilisé a des rôles multiples :

- il assure, en raison de sa granulométrie particulière le drainage et l'évacuation rapides des eaux zénithale.
- ancrer les traverses.
- Il constitue un amortisseur de vibrations très efficace grâce à ses propriétés théologiques.
- Il permet, au moyen du bourrage- dressage mécanise la rectification très rapide du nivellement et du tracé.
- ✓ La valeur de sa dureté globale **DRG** doit être égale ou supérieur à **17**.

La mise en place du ballast sera réalisée en deux couches :

- ✓ La première couche d'épaisseur **15cm** sera posé en premier lieu à l'aide de camions a benne, ou par train sur la voie qui n'à pas encore été renouvelé /l'existante ce n'est qu'après la pose des rails qu'on complètera le ballast en accord avec le nivellement exigé par le profil en travers type.

3. Caractéristiques physico-mécanique du ballast

a) Caractéristiques physiques :

- **Granulométrie** : on utilise actuellement en Algérie la **25/50 mm**, (documents SNTF).
- **Forme des granulats** : elle doit être poly hydrique avec des éléments d'arêtes vives, les granulats ne doivent être ni trop longs ni trop plats.
- **Homogénéité des granulats** : un ballast hétérogène (âge et dureté différents) s'altère très rapidement.
- **Propreté des granulats** : le ballast doit être exempté des éléments fins et débris.

b) Caractéristiques mécaniques :

- **Résistance à l'attrition:**

Les matériaux de la couche de ballast, sous l'effet des charges concentrées et des vibrations, subissent des déplacements relatifs provoquant un frottement aux Points de contact les granulats.

Ce phénomène a été reproduit en laboratoire sous le nom d'essai « DEVAL » :

- ✓ Deval à sec **DS**.
- ✓ en présence d'eau Deval humide **DH**.

Essais Deval : le coefficient Deval (**D**) doit être supérieur à :

DS > 14 pour les pierres dures (ballast)

DH > 12 pour les calcaires (pierres carbonatées)(documents SNTF)

- **Résistance aux chocs :**

sous l'effet des 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 a 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 a **25% (LA <25)** en Algérie.

- **La dureté :**

Elle est mesurée par une évaluation statique du double aspect de la résistance a l'attrition et aux chocs, elle est exprimée par le coefficient de la dureté relative globale, un

ballast doit avoir pour notre cas, une **DRG >18** (il varie selon la nature des traverses et du trafic).

Le tableau ci-après détermine les DRG exigés pour ce ballast :

	Traverse en bois			Traverse en béton de L $\geq$ 2.4m			Traverse en béton de L < 2.4m		
	D R G			D R G			D R G		
	SOUHAI	MINI		SOUH	MINI		SOUH	MINI	
Groupe UIC1.6									
v>200				20	17	16			
V<200	17	14	13.5	17	15	14	18	15	14
Groupe UIC7.9		13.5	13		14	13			

Tableau.01 : Le coefficient de la dureté relative globale.

• **Résistance à la compression simple :**

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

2. La sous -couche :

C'est une couche d'adaptation interposée entre ballast et plate-forme, cette sous-couche est pente transversalement de **3% à 5%**, elle peut être selon la nature de la couche de forme sous- jacente, mono ou multi couche, Elle a également des rôles multiples :

- ✓ Protection de la partie supérieure de la plate-forme contre l'érosion qui résulte, d'une part du poinçonnement opéré par les éléments de ballast d'autre part, de l'action des eaux zénithales.
- ✓ Protection des plats-formes contre les effets du gel. Meilleure réparation des chargements.

La sous couche comprend :

a) Une couche sous ballast :

En grave propre bien graduée **0/31.50mm**, comportant au moins **30%** de concassée cette couche existe dans tous les cas même sur les plates –formes rocheuses. En effet elle a comme but :

- ✓ De retenir et rendre diffus les efforts transmis par le ballast à la plate –forme.
- ✓ D'empêcher l'infiltration de la partie inférieure du ballast.
- ✓ Contribuer à l'écoulement normal des eaux zénithales en les acheminant vers les cotes de la plate –forme.

La couche de « sous-ballast » doit-être conforme aux caractéristiques suivantes :

Le pourcentage de fine c.-à-d., élément passant à **75mm** doit être **<15%** Si le pourcentage de fine dépasse **10%**, la limite de liquidité et de plasticité doit être **<25**, et **6%** respectivement

$$\text{Coefficient d'uniformité } \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$$

b) Une couche de fondation :

Les matériaux utilisés sont en général soit des sous-produits de carrière de ballast, du tout venant d'oued ou du gravier bien gradué compactée à **95% OPM**.

Cette couche permet la circulation des engins de chantiers les matériaux doivent –être conformes aux spécifications particulières ci-après :

- Sous produit de carrière du ballast (0/31.5mm) propre bien gradué **DRG>10**.
- graves alluvionnaires et tout venant.
- coefficient de courbure **Cc** doit être compris entre **1 et 3**

$$1 \leq Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} + D_{10}} \leq 3$$

-limite de liquidité **<35%** -indice de plasticité **<10%**

-coefficient d'uniformité doit-être supérieure à 4 : $U = \frac{D_{60}}{D_{10}} \geq 4$

3. la plate-forme

Constituée de sol rapportée (remblai) ou en place (déblai) la partie supérieure de la plate-forme est aménagée en couche de forme, pente transversalement.

Dans le cas d'un remblai cette couche de forme est d'un sol de qualité meilleure ; son taux de compactage est de **95% OPM**. Par fois la couche de forme est traitée aux liants hydrauliques.

Dans le cas d'un déblai, la couche de forme est obtenue par compactage du fond de fouille à **95% OPM** sur épaisseur minimal de **30cm**.

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

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

III. Classes de qualité des sols :

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

- ✓ La nature géotechnique du sol, à cet égard, on utilise l'indentification géotechnique évoquée dernièrement (fiche 719R)
- ✓ Les conditions hydrauliques et hydrologiques locales, qui sont données si :
 - La couche supérieure du sol considéré est hors de toute nappe naturelle (niveau de cette dernière est mesuré avant toute opération de rabattement complémentaire et en période climatique défavorable)

- La plate –forme n'est pas le siège de percolations naturelles nocives transversales, longitudinales ou verticales ;
- Les eaux de pluie sont évacuées correctement de la plat forme et les dispositifs longitudinaux au transversaux d'assainissement sont en bon fonctionnement.
- Si l'une au moins de ces trois condition n'est pas remplie, les conditions hydrologiques sont réputées mauvaises ;
- On distingue, alors selon les paramétrés ci-avant les quatre classes de qualité des sols notées Q_s ci-après :

Classification des sols (Identification géotechnique)	Classe de qualité des sols
0.1 Sols organiques 0.2 Sols fins (comportant plus de 15 % de fines (1)) foisonnés, humides et donc non compactables 0.3 Sols thixotropes (2) (quick-clay par exemple) 0.4 Sols comportant des matériaux solubles (sel gemme ou gypse) 0.5 Sols comportant des matériaux polluants (déchets industriels, par exemple) 0.6 Sols mixtes "minéraux organiques" (2).	QS0
1.1 Sols comportant plus de 40 % de fines (1) (sauf sols 0.2) 1.2 Roches très évolutives Par exemple : - Craies de $\rho_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ et de friabilité forte - Marnes - Schistes altérés	QS1
1.3 Sols comportant de 15 à 40 % de fines (1) (sauf sols 0.2) 1.4 Roches évolutives Par exemple : - Craies de $\rho_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ et de friabilité faible - Schistes non altérés 1.5 Roches tendres Par exemple : Si microdeval en présence d'eau (MDE) > 40 et Los Angeles (LA) > 40	QS1 (3)
2.1 Sols comportant de 5 à 15 % de fines (1) 2.2 Sols comportant moins de 5 % de fines (1) mais uniformes ($C_u \leq 6$) 2.3 Roches moyennement dures Par exemple : Si $25 < \text{MDE} \leq 40$ et $30 < \text{LA} \leq 40$	QS2 (2)
3.1 Sols comportant moins de 5 % de fines (1) 3.2 Roches dures Par exemple : Si $\text{MDE} \leq 25$ et $\text{LA} \leq 30$	QS3

Tableau.02 : les classes de qualité des sols (normes UIC 719 R. 34).

IV. Classes de portance de plates –formes

La portance d'une plate-forme dépend :

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

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

P3 : bonne plate – forme.

P2 : plate forme moyenne.

P1 : plate –forme mauvaise.

Classe de qualité du sol	Classe de portance envisagée pour la plate-forme	Couche de forme à mettre en oeuvre pour obtenir cette classe de portance	
		Qualité	Epaisseur minimale : "e _f " (en mètres) (voir figure 15)
QS1	P1	QS1	-
	P2	QS2	0,50
	P2	QS3	0,35
	P3	QS3	0,50
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0,35
QS3	P3	QS3	-

**Tableau 03: selon la classe, et qualité du sol support et la portance de la plate-forme
(Normes UIC 719 R. 34).**

● **Sensibilité au gel des sols :**

On peut diviser les sols en trois classes, selon leur degré de sensibilité au gel :

- ✓ sol insensibles au gel ;
- ✓ sol sensibles au gel ;
- ✓ sols très sensibles au gel.

Pour ce qui concerne les classes granulaires élémentaires la sensibilité au gel s'évalue sans difficulté au moyen du tableau ci- après :

Classe de sensibilité au gel	Classe granulaire de sols
Insensible au gel	Gravier - sable
Sensible au gel	argile
Très sensible au gel	limon

Tableau04 : les classes granulaires élémentaires la sensibilité au gel.

Un sol insensible au gel est un sol pour lequel le gel et le dégel n'occasionnent pas de déformations inacceptables pour qui concerne le nivellement du nivellement de la voie.

Un sol sensible ou très sensible au gel est un sol pour lequel la formation de lentilles de glace observée sous certaines conditions de teneur en eau et de température est la cause de désordres inacceptables pour ce qui concerne les nivellements longitudinaux et transversaux de la voie.

V. Méthode de dimensionnement :

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

- ✓ Les problèmes de portance
- ✓ Les problèmes du gel

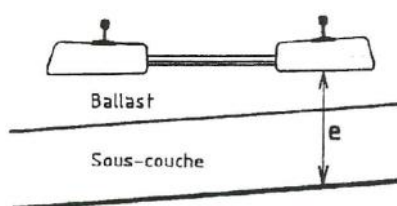
1. Structure d'assise type :

La structure d'assise type peut s'établir à partir du tableau des diverses combinaisons possibles de qualité de sol support et des caractéristiques de couche de forme, le calcul des épaisseurs ensuite, se fait en appliquant la formule indiquée ci-après :

a) Calcul des épaisseurs minimales de structures d'assise :

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

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



Avec:

- E** = (classe de la plate forme P1, P2, P3),
a = classe de la voie (groupe de 1 à 6 voir UIC 714).
b = type et longueur de la traverse
c = ligne nouvelle
d = (la charge maximal à l'axe)
f = type de plate forme et vitesse de référence.
g = Géotextile

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

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

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

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

Valeur de a :

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

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

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

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

Valeur de b :

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

b = (2.50-L)/2; pour les travers béton de longueur **L**.

Valeur de c :

$C = 0$, pour un dimensionnement normal.

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

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

Valeur de d :

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

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

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

Valeur de f :

$f = 0m$: pour les lignes de $V \leq 160 \text{Km/h}$ et pour les plates forme de classe **P3** des lignes quelle que soit la vitesse.

$f = 0.5m$: pour les plates forme de classe **P2** ou bien des lignes de $V > 160 \text{ km/h}$.

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

Géotextile :

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

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

Pour ce qui est de l'épaisseur du ballast :

35cm pour une vitesse $V > 200 \text{Km/h}$

30cm pour une vitesse compris entre 120 et 200Km/h

25cm pour une vitesse compris entre 80 et 120 Km/h

20cm pour une vitesse compris entre 60 et 80 Km/h

VI. Dimensionnement de la plate forme :

1) Détermination de l'épaisseur des couches :

Notre sole est : Q_{S1}

✓ Plate forme : $p3 \Rightarrow E=0.45m$

✓ La ligne étudiée est de groupe $UIC : \Rightarrow a=-0.10m$.

Travers bi-bloc (mixte) $b = (2.50-L)/2$, L est la longueur du travers **2,24 m** pour ce projet.

$$b = \frac{2.5 - 2.24}{2} = 0.13m$$

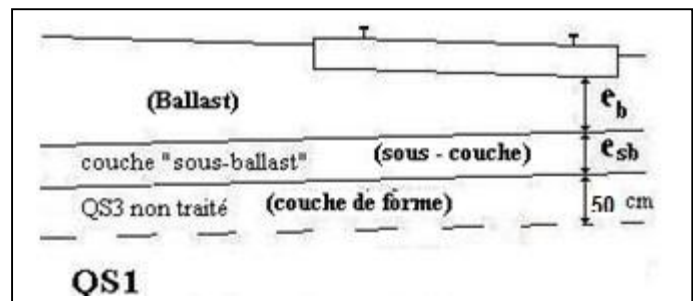
✓ $c=0$ (nouvelle ligne).

✓ $d=0,00\text{ m}$ (charge pour essieux 200 KN).

✓ $f=0$ (vitesse $V \leq 160\text{ KN/h}$).

✓ $g=0$ (couche de forme est en sol Q_{S3}).

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



On prend $e=0.50m$

Fig.01. Différentes couches sur plate forme p3 pour sol Q_{S1} .

e = épaisseur de ballast+épaisseur de sous couche.

Donc :

✓ **Ballast: 30 cm** (sous traverse)

✓ **Sous-ballast : 20cm**

✓ Couche de forme de type **QS3** : de **50cm** compacté **95 %** de la densité sèche correspondant à l'optimum Proctor.

chapitre

X

Ouvrage en terre
et ouvrage d'art

I. INTRODUCTION :

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



Figure01: Ponts routiers



Figure02: Ponts Rail

II. Ouvrage en terre :

Les recommandations et les prescriptions en usage dans les divers réseaux ferroviaires concernant les terrassements proprement dits (étude et exécution des ouvrages en terre) font appel aux techniques mises au point dans le domaine des travaux publics. Bien entendu, l'étude et le contrôle d'exécution des ouvrages en terre ferroviaire doivent être conduits d'une façon particulièrement stricte.

1. La stabilité :

La sécurité au glissement, tant à court terme qu'à long terme, doit être montrée par le calcul à partir des caractéristiques du sol.

2. Tassement :

L'étude de tassement des remblais doit vérifier néanmoins que les tassements à attendre après mise en service sont facilement maîtrisables par reprises habituelles sur la ligne considérée.

3. Pentes et talus :

Selon le type du sol et leurs caractéristiques physiques et mécaniques on adopte une pente qui assure une stabilité satisfaisante, tant au remblai qu'au déblai.

4. Compactage :

La technique de compactage est déterminante concernant la qualité des ouvrages en terre, les taux de compactage et les modules de déformations minimaux prescrites dépendent de la nature du sol, du type de compacteur et de l'état d'humidité. L'épaisseur des couches élémentaires à prévoir et l'énergie de compactage nécessaire, des dispositions particulières peuvent également être recommandées (arrosage, essorage etc.) La technique de compactage est définie soit, à l'aide de planches d'essais, soit en utilisant les recommandations mises au point à cet effet : par exemple, le document référencé (SETRA, LCPC).

III. Les ouvrages d'art :

1. Influence sur le choix de l'ouvrage :

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

- ✓ **Données naturelles** : écoulement des eaux, nature de sol, etc.
- ✓ **Exigences techniques** : portée, programme de charge, gabarit, etc.

Toutefois, les contraintes dimensionnelles et fonctionnelles sont : La voie portée, ou l'obstacle franchi Programme de charge Gabarit Tirait d'eau Adaptation architecturale à la région Sujétion à respecter pendant la construction.

2. Croisement avec une route :

En général, le problème de croisement doit prendre en considération la nature et le débit de la voie afin d'analyser cas par cas tous les types de croisement en fonction de la vitesse de base maximale. On prévoit en effet, trois (03) solutions possibles :

- ✓ **Passage supérieur :** Si la vitesse de train est importante $\geq 100 \text{ km/h}$ et si la topographie ne le permet pas.
- ✓ **Passage à niveau :** pour les routes de faible débit surtout.
- ✓ **Passage inférieur de la route :** rarement envisagée, c'est lorsque la topographie l'exige (niveau de roulement de train élevé).

En ce qui concerne notre projet, la vitesse du train étant de **160 km/h** donc on évitera les passages à niveau

IV. Liste des ouvrages d'art :

pk	Description
00+528.500	Pont rail sur une route de longueur L=11.30m
02+777.000	Pont rail sur une route de longueur L=20m.
04+180.500	Pont rail sur une route de longueur L=15
04+970.000	Pont rail sur une route de longueur L=11.30m
07+975.000	Viaduc de longueur L=556m.
08+660.000	Viaduc de longueur L=530m.
10+043.000	Passage supérieur sur une voie ferrée L=20m
13+747.000	Pont rail sur une route de longueur L=11.30m

chapitre

XI

Ouvrage hydrauliques
et assainissement

I. Introduction :

Le but principal de l'étude est de déterminer un système opérationnel d'évacuation des eaux pour assurer la stabilité de l'infrastructure et pour améliorer la portance de la plate forme, ce système doit assurer le captage des eaux zénithales et les eaux des nappes phréatiques.

II. Conception générale :

Pour cela il suffit d'incliner transversalement la couche de forme et la couche de sous-ballast en forme de toit (-4%,4%) symétrique en double voie, dissymétriques en voie unique, puis de pente la surface latérale de la plate forme de 1/1,5 ou 1/5 en zone sableuses . (Cela dépend du type de sol). Ces deux pentes permettent la direction des eaux vers un fossé latéral ou elles y seront recueillies. Le fossé, Lui-même est pente longitudinalement pour l'évacuation finale des eaux. Cette évacuation finale peut se faire au niveau des ouvrages hydrauliques, dans une vallée, ou encore dans une dépression de relief quelconque. Les fossés sont nécessaires du côté en déblai pour empêcher la stagnation des eaux, mais non nécessaires en remblai.

N.B : Les fossés en terre doivent porter l'eau à une vitesse limitée afin d'éviter l'érosion, sinon (Pour de grandes vitesses) les fossés seront revêtus (en béton).

III. Définition :

1. Fossés :

Les fossés jouent un rôle important dans la protection de voie, et les talus pendant les pluies fortes, et c'est la meilleure solution pour captage et l'évacuation des eaux pluviales. Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale .ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

2. Drainage profonds :

Les drainages profonds en forme d'installation souterraine sont construits par des tuyaux de filtres perforés sur la partie supérieure pour l'assainissement de la plate forme au dessous des voies, ils seront installés de telle sorte qu'un tuyau assure l'assainissement de deux voies.

3. 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.

La superficie (S) des bassins, exprimées en **km²**, est déterminée avec une précision acceptable, la délimitation des lignes de partage des eaux est faite sur les cartes d'état major au **1/200 000** et **1/50 000**.

La superficie, Le périmètre et la longueur des cours d'eau des bassins versants sont mesurés à l'aide du logiciel AUTOCAD.

4. 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.

5. Cheminée (chambre de visite):

Ouvrage placé sur les canalisations pour contrôler, nettoyer et pour faciliter l'entretien des canalisations. Pour cette dernière raison, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser **100 m**.

6. 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.

7. Cueillette de loup, grille d'introduction et gueulard :

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

8. Ovoïde :

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

9. 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.

IV. Données pluviométriques

La région de **Tissemsilt** se caractérise par un climat semi aride avec parfois des averses très importantes qui peuvent conduire à des catastrophes naturelles. D'après les observations effectuées à la station météorologiques on a :

- ✓ Pluie moyenne journalière **P_jm = 58.63 mm**.
- ✓ L'exposant climatique **b = 0.37**.
- ✓ Le coefficient de variation climatique **C_v = 0,45**.

V. Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements :

1. Superficie des bassins versant :

a. Calcul des précipitations maximales journalières de fréquence donnée PJ(%) :

Le calcul de la précipitation **P_j (%)** est obtenu par la formule suivante :

$$PJ(\%) = \frac{PJ_{moy}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{U \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

- **P_jmoy** : pluie journalière moyenne (mm)
- **C_v** : Coefficient de variation climatique
- **U**: Variable de Gauss
- **Ln**: Log. Népérien

Fréquences au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retours (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de Gauss(U)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

Tableau.01. Valeurs de variable du GAUSS.**Remarque :**

- ✓ Les buses seront dimensionnées pour une période de retour **10 ans**.
- ✓ Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour **50 ans**.
- ✓ Les ponts dimensionnés pour une période de retour **100 ans**.

b. Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements:**• Estimation des débits de crue :**

Le calcul du débit maximum limite, de fréquence donnée, à l'intensité moyenne I de la pluie, et de durée " t " égale au temps de concentration est effectué par une formule donnant un débit de la méthode dite rationnelle et elle est donnée par :

$$Q_a = k \times C \times I_t \times A$$

- Q_a = Débit des eaux pluviales **m³/s**;
- I_t = Intensité maximales des prescriptions **mm/h** ;
- A = Superficie de la surface drainée (bassin versant);
- C = Coefficient de ruissellement ;

Remarque importante :

d'après **SETRA**: la formule $Q_a = K.C. i. A$ est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :

$$\text{Ou } \begin{cases} Q_a \text{ en (m}^3\text{/s) valable pour : } i \text{ en (mm/h) ; } A \text{ en (km}^2\text{) ; } K = 0.2778 \\ Q_a \text{ en (L/s) valable pour : } i \text{ en (mm/h) ; } A \text{ en (ha) ; } K = 2.778 \end{cases}$$

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.

Type de sol	Coefficient	Valeurs prises
<i>sol perméable</i>	0.1 - 0.4	0.4
<i>Talus sol perméable</i>	0.1 - 0.3	0.3
<i>Terrain naturel</i>	0.05 - 0.2	0.2

Tableau.02. coefficients de ruissellement.

Intensité de la pluie :

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

➤ **Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :**

$$P_j = \left(\frac{P_{jmoy}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \right) e^{U \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

Pj moy : Pluie journalière moyenne (mm).

CV : Coefficient de variation climatique.

U : Variable de gauss il est de 1.282 pour une période de retour de 10 ans.

➤ Calcul de la fréquence d'averse:

$$P_t(\%) = P_j(\%) \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^b \quad \text{Avec :}$$

P_j : Hauteur de la pluie journalière (mm)

P_t : Pluie journalière maximale annuelle.

b : Exposant de climatique.

T_c : Temps de concentration (heure).

● Temps de concentration :

La durée t de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

- ✓ Lorsque $A < 5 \text{ km}^2$:
$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$$
- ✓ Lorsque $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$:
$$T_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$
- ✓ Lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$:
$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

Où : T_c : Temps de concentration (heure).

A : Superficie du bassin versant (km^2).

L : Longueur de bassin versant (km).

P : Pente moyenne du bassin versant (m. p. m).

H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

● Calcul de l'intensité de l'averse :

L'intensité à l'averse est donnée par la relation suivante :

$$I_t = I \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^B$$

Avec :

$$B = b - 1$$

I : l'intensité de l'averse horaire.

$$I = \frac{P_j}{24}$$

• **Calcul des débits :**

On va calculer le débit avec la méthode rationnelle :

$$Q_a = 0,2778 \times C \times I \times A$$

• **Calcul de débit de saturation Q_s :**

Le calcul du débit est déterminé par la formule de « MANNING STRIKLER »

$$Q_s = V * S_u \text{ avec : } V = K_{st} * J^{1/2} R_H^{2/3}$$

Où :

K_{st} : Coefficient de « MANNING STRIKLER »

$$k_{ST} = \begin{cases} 30 \text{ en terre} \\ 40 \text{ en buses métalliques} \\ 50 \text{ maçonneries} \\ 70 \text{ bétons (dalots)} \\ 80 \text{ bétons (buses préfabriquées).} \end{cases}$$

J : pente longitudinale de l'ouvrage

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

S_t : Section totale de l'ouvrage

S_u : Section utile de l'ouvrage **$b \times H_u$**

H_u : hauteur utile

c. dimensionnement du réseau de drainage des rampes :

En ce qui concerne l'assainissement des rampes des bordures hautes qui protègent les remblais des eaux de ruissellement sont prévus le long de ces rampes.

Les eaux de ruissellement sont à cheminées à l'aide des descentes maçonnées à canettes.

Les canalisations se font à l'aide de semi buses en directions du fossé principal.

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

$$Q_s = K_{st} \cdot R_H^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot S$$

Où:

Q_s : Debit maximum

K_{st} : Coefficient de rugosité de canalisation.

I : Pente de canalisation. (m/m).

S : Section transversale de l'écoulement.

R_H : Rayon hydraulique

$$\left. \begin{array}{l} S_m = \frac{\pi R^2}{2} \\ P_n = \pi R. \end{array} \right\} \Rightarrow R_H = \frac{S_m}{P_n}$$

VI. Application du projet :**Calcul de précipitation :**

D'après la formule de « GALTON » on a :

$$P_j = \left(\frac{P_{jmoy}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \right) e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

L'intensité de pluie :**✓ Pendant 10ans :**

$u = 1.28$, $C_v = 0.45$, $P_{jmoy} = 58.63 \text{ mm}$

$$(P_j, 10\%) = \left(\frac{58.63}{\sqrt{0.45^2 + 1}} \right) e^{1.28 \sqrt{\ln(0.45^2 + 1)}} = (P_j, 10\%) = 92.64 \text{ mm}$$

✓ Pendant 50ans :

$u = 2.057$, $C_v = 0.45$, $P_{jmoy} = 58.63 \text{ mm}$.

$$(P_j, 50\%) = \left(\frac{58.63}{\sqrt{0.45^2 + 1}} \right) e^{2.057 \sqrt{\ln(0.45^2 + 1)}} = (P_j, 50\%) = 129.33 \text{ mm}$$

✓ Pendant 100 ans :

$u = 2.327$, $C_v = 0.45$, $P_{jmoy} = 58.63 \text{ mm}$.

$$(P_j, 100\%) = \left(\frac{58.63}{\sqrt{0.45^2 + 1}} \right) e^{2.327 \sqrt{\ln(0.45^2 + 1)}} = (P_j, 100\%) = 145.23 \text{ mm}$$

✓ L'intensité de l'averse:

$$I(t) = \frac{P(t)}{24}$$

• Pour: $P_j (10\%) = 92.64 \text{ mm}$, $I (10\%) = \frac{92.64}{24} \Rightarrow I (10\%) = 3.86 \text{ mm/h}$

• Pour : $P_j (50\%) = 129.33 \text{ mm}$, $I (50\%) = \frac{129.33}{24} \Rightarrow I (50\%) = 5.388 \text{ mm/h}$

• Pour : $P_j (100\%) = 145.23 \text{ mm}$, $I (100\%) = \frac{145.23}{24} \Rightarrow I (100\%) = 6.051 \text{ mm/h}$

I. Dimensionnement des fossés :

Les fossés sont placés à l'extérieur de la plate-forme, dans les sections en déblais, ils recueillent et écoulent les eaux de ruissellement. La hauteur des talus de déblais est supérieur à 3.00 m alors on prévoit des fossés de forme trapézoïdal à parois en béton

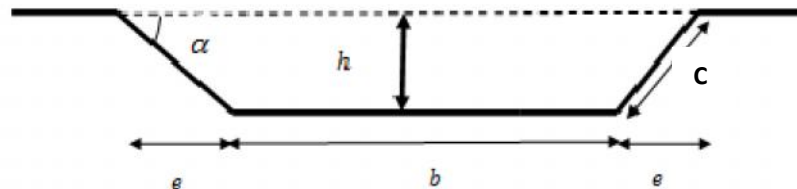


Figure.01 : Fossé

Calcul de la surface du bassin versant :

- ✓ Surface de la plate forme : $A_p = 8 \times 100 \times 10^{-6} = 8.10^{-4} Km^2$
- ✓ Surface de la berme : $A_b = 0,5 \times 100 \times 10^{-6} = 0,5.10^{-4} Kn^2$
- ✓ Surface du talus : $A_t = 10 \times 100 \times 10^{-6} = 10.10^{-4} Kn^2$

Calcul des débits d'apport (Qa) :

• Pour la plate forme :

$$C = 0,2 \quad , P = 4\% \quad , I(10\%) = 3.86 mm/h \quad , b = 0.37 \quad , A = 8.10^{-4} Km^2$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{8.10^{-4}}{0.04}} \Rightarrow t_c = 0,0179 \text{ h}$$

$$I_t = I. \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.86 \times \left(\frac{0.0179}{24}\right)^{0.37-1} \Rightarrow I_t = 360.43 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = K.C.I_t.A = 0,2778 \times 0,2 \times 360.43 \times 0,08 = 16,02.10^{-3} m^3/s$$

• Pour la berme :

$$C = 0,35 \quad , P = 4\% \quad , I(10\%) = 3.86 mm/h \quad , b = 0,37 \quad , A = 0,5.10^{-4} Km^2$$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0,5.10^{-4}}{0.04}} \Rightarrow t_c = 0,00449 \text{ h}$$

$$I_t = I. \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.86 \times \left(\frac{0.00449}{24}\right)^{0.37-1} \Rightarrow I_t = 861.4 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = K.C.I_t.A = 0,2778 \times 0,35 \times 861.4 \times 0,005$$

$$\square Q_a = 4,18.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

• Pour le talus :

$$C = 0,2, P = 67\%, I(10\%) = 3.86 \text{ mm/h}, b = 0,37, A = 10.10^{-4} \text{ Km}^2$$

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{10.10^{-4}}{0.67}} \Rightarrow t_c = 0,0049 \text{ h}$$

$$I_t = I. \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.86 \times \left(\frac{0,0049}{24}\right)^{0.37-1} \Rightarrow I_t = 815.261 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = K.C.I_t.A = 0,2778 \times 0,2 \times 815.261 \times 0.1$$

$$\square Q_a = 45,29.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = Q_a + Q_a + Q_a = (16.02 + 4.18 + 45.29).10^{-3} \square Q_a = 65,49.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Calcul de la surface mouillée :

$$S_m = bh + 2\frac{eh}{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \text{ d'ou } e = n.h$$

$$s_m = b.h + n.h^2 = h.(b + n.h)$$

$$s_m = h.(b + n.h)$$

Calcul du périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2.c$$

D'après PYTAGORE :

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \text{ d'ou } e = n.h$$

$$C = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2 h^2} = h.\sqrt{1 + n^2}$$

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

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

à la saturation:

$$Q_{amax} = Q_s = K \cdot \sqrt{I} \cdot S_m \cdot R^{2/3}$$

$$Q_a = Q_s = (K_{st} \cdot \sqrt{I}) \cdot h(b + n \cdot h) \cdot \left[\frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3}$$

$$h_{i+1} = \left[\frac{Q_a}{K_{st} \times b \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{\left[1 + 2\sqrt{1 + \frac{h}{b}} \right]^{2/5}}{1 + \frac{h}{b}}$$

On prend **b = 50cm** , **Kst**: 30 fossés en terre , Pente de fosse **I=4%** donc :

$$H_{i+1} = \left[\frac{0.06549}{70 \times 0.5 \times 0.04^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 7.07 \times h]^{2/5}}{1 + 2h}$$

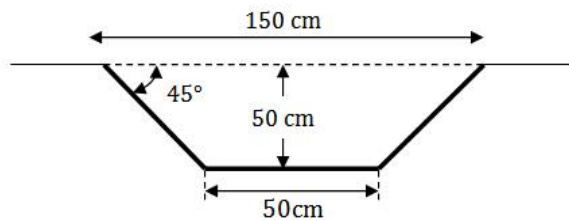
On calcul la hauteur par itération, on trouve : **h = 39cm**

On prend **h=0.5m** pour facilité la tache d'entretien plus tard.

Donc :

$$b = 50cm$$

$$h = 50cm$$



II. Dimensionnement des buses :

Pour dimensionner les buses on prend **Qa=Qs**

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

$$Q_a = K \cdot C \cdot I_t \cdot A$$

$$I_t = I \cdot \left(\frac{t_c}{24} \right)^{b-1}$$

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

t_c : le temps de concentration pour les bassins versants inférieurs à **5km²**.

Calcul de débit de saturation (QS) :

$$Q_s = K_{st} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times S_m$$

On à:

$$S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2 \text{ (pour une hauteur de remplissage égale à } 0.5 \text{)}$$

$$R_H = \frac{R}{2}$$

$$K_{st} = 80 \text{ (pour les buses)}.$$

I: la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à **4m / s** ; pour notre cas **I= 2,5%**

Exemple de calcul :

PK	S(Km ²)	P(%)	Tc(h)	It(mm/h)	C	Q(m ³ /s)
05+271.500	0.172	19.44	0.119	109.011	0.34	1.77

$$Q_s = Q_a \Rightarrow 80 \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times (0.025)^{1/2} = 1.77 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow R^{8/3} = 0,141$$

$$R = 480.38\text{mm}, \text{ donc } d = 960.76\text{mm}.$$

Nous avons éliminés les buses de $\varnothing \leq$ à **1000mm** pour des raisons d'entretien seules les buses de **Ø1000 et 1500** sont prévues.

III. 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, les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier. Dans notre projet, les dalots sont en **béton**.

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à **p = 0.8h**.

$$Sm = 0.8h \times L$$

$$Pm \approx 1.6h + L$$

$$Rh = Sm / Pm = \frac{0.80h \times L}{1.6h + L}$$

$$Qa = Qs = K_{st} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times S = K_{st} \times I^{1/2} \times 0.8h \times L \times \left(\frac{0.80h \times L}{1.6h + L} \right)^{2/3}$$

Et par calcul itérative, on tire la valeur de **h** qui vérifie cette inégalité

Avec: **K_{st}** = 70 bétons (dalots), **I** = 1 = 2.5%

$$h_{i+1} = \left[\frac{Qa}{K_{st} \times L \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 1.6 \times \frac{h_i}{L}]^{2/5}}{0.8}$$

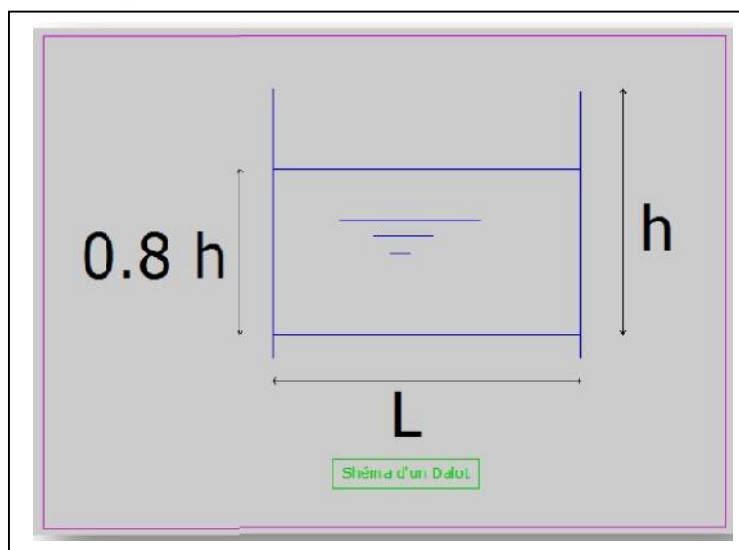


Figure.02 : Dalots

Exemple de calcul :

PK	S(Km ²)	P(%)	Tc(h)	It(mm/h)	C	Q(m ³ /s)
04+850	40.623	1.46	5.71	9.52	0.23	24.73

On prend $\begin{cases} L=2.5m, \\ Q=24.73m^3/s \end{cases}$

$$h_{i+1} = \left[\frac{24.73}{70 \times 2.5 \times 0.025^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 1.6 \times \frac{h_i}{2.5}]^{2/5}}{0.8} . \text{après le calcul itérative on trouve } \mathbf{h=2.5m}.$$

Conclusion :

Les résultats obtenus ce sont représentés dans le tableau suivant :

<i>Point kilométrique</i>	<i>Dalots L*h(m*m)</i>	<i>Buses de diamètres Ø (mm)</i>
02+867	(1.5*1.5)	
03+668	(2.5*1.5)	
04+850	(2.5*2.5)	
05+271.500		Ø 1000
05+442.5		Ø 1000
07+353.5		Ø 1000
07+900	Viaduc	
08+175	Viaduc	
08+320	Viaduc	
08+660	Viaduc	
09+093.75		Ø 1500
09+542.18		Ø 1000
09+810	(2.5*2.5)	
10+331		Ø 1500
10+935		Ø 1500
11+268.25		Ø 1500
11+348	(02*1.5)	
12+790	(02*1.5)	
13+387	(2.5*2.5)	
13+862		Ø 1500
14+230		Ø 1500
14+775		Ø 1500
14+803		Ø 1500
14+887		Ø 1500

chapitre

XII

Les gares ferroviaires

I. Introduction

Une gare est un lieu de stationnement ou de passage des trains et on peut y affecter des manœuvres d'échanges de machine. Les gares comprennent un plateau de voies dont certaines sont bordés de quais d'embarquement et des bâtiments, elles assurent la circulation des trains et celle des voyageurs. On distingue trois types des gares :

- ✓ Gare des voyageurs.
- ✓ Gare des marchandises.
- ✓ Gare de croisement.

En ce qui concerne les gares de voyageurs, elles sont réalisées dans les grands centres de concentration.

II. Plan de masse d'une gare :

Le concepteur de la gare est appelé à établir un plan de masse de la gare, en tenant compte des fonctions de toutes les installations de base qui la constituent. Dans ce stade (03) éléments sont nécessaires pour l'étude de plan de masse :

1. Catégorie de la gare :

C'est en fonction de cet élément que l'on peut déterminer son rôle et ses constituants.

2. Son trafic :

C'est par lequel, que l'on estime et évalue l'importance de la gare pour l'aménager d'une façon convenable.

3. Son emplacement :

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

III. Considérations générales :

Une gare moderne doit remplir son rôle dans un climat satisfaisant et avec un service convenable et agréable, pour cela, plusieurs agents peuvent intervenir pour évaluer la qualité du service.

1. La rapidité du travail :

C'est le facteur primordial intervenant dans la comparaison globale avec ses concurrents.

2. La sécurité :

le transport fait appel a des véhicules lourds dont il faut écarter le public en dehors des espaces aménagés pour l'accès , on doit réparer matériellement entre le cheminement du public et ceux des véhicules ,ce qui oblige a recourir aux croisements a niveaux différents . Toutes les aires destinées aux voyageurs ou marchandises doivent porter le souci de sécurité sur l'ensemble de la gare.

3. Rupture de charge des voyageurs :

Occasionne dans le voyage un temps mort qu'il faut s'acharner a réduire en simplifiant les parcours et les formalités.

4. Politique commerciale :

L'aspect commercial subit la concurrence des autres modes de transport, et sont soumis au comportement de la clientèle qui reste libre de son choix, le transport commercial doit chercher la meilleure rentabilité par la meilleure productivité, son rôle des installations de transit reste déterminant, la satisfaction des usagers sera d'autant plus complète que les opérations fastidieuses du transit se déroulent dans un cadre :

- ✓ **Simple** : sans risque d'erreur.
- ✓ **Propre** : ensemble sanitaire adéquat.
- ✓ **Agréable** : qualité de l'architecture, éclairage, accès facile, aire de stationnement, positionnement.
- ✓ **Souplesse évolutive** : il sera sage d'étendre l'analyse «prospective» a l'ensemble des facteurs qui conditionnent l'activité des transporteurs et notamment de tenir le plus grand compte des prévisions économiques et territoriales, tels que les plans d'équipement et d'aménagements et de rendre possible les extensions.

IV. Equipements de la gare à voyageurs :

En règle générale, la conception d'une gare du point de vue fonctionnel consiste établir un plan de masse de toutes les voies, en tenant compte de leurs fonctions respectives au sein de différents réseaux de voie. Cette même conception doit aussi se préoccuper de la situation des diverses installations de base constituant une gare moderne.

1. Bâtiment à voyageurs

Dans les bâtiments de gares, il y a lieu de distinguer deux sortes de bâtiments :

a) Les bâtiments à voyageurs (B.V) :

Dans lesquels une partie au moins des locaux est accessible à la clientèle « voyageurs ». Ces bâtiments permettent notamment aux voyageurs de passer de la voie publique vers les quais à voyageurs.

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

Qui comprennent des locaux de service exclusivement réservés aux agents du chemin de fer, tels que cabine de signalisation, magasin, magasin des coulis, bureaux, etc.

2. Quais :

Un **quai de gare** est un aménagement dans une gare ferroviaire, une station de métro ou un arrêt de tramway, parallèle à la voie ferrée et permettant l'accès aux voitures. Généralement, les gares possèdent au moins un quai, les plus grandes ayant de nombreux.



Figure.01, Quais.

3. Auvents et abris :

Dans le but de protéger les voyageurs des intempéries, on prévoit des auvents dans les gares importantes et des abris dans les gares intermédiaires.



Figure.02. Auvents et abris.

4. 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).



Figure.03. Les traversées de voies.

5. Passages sous terrai :

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

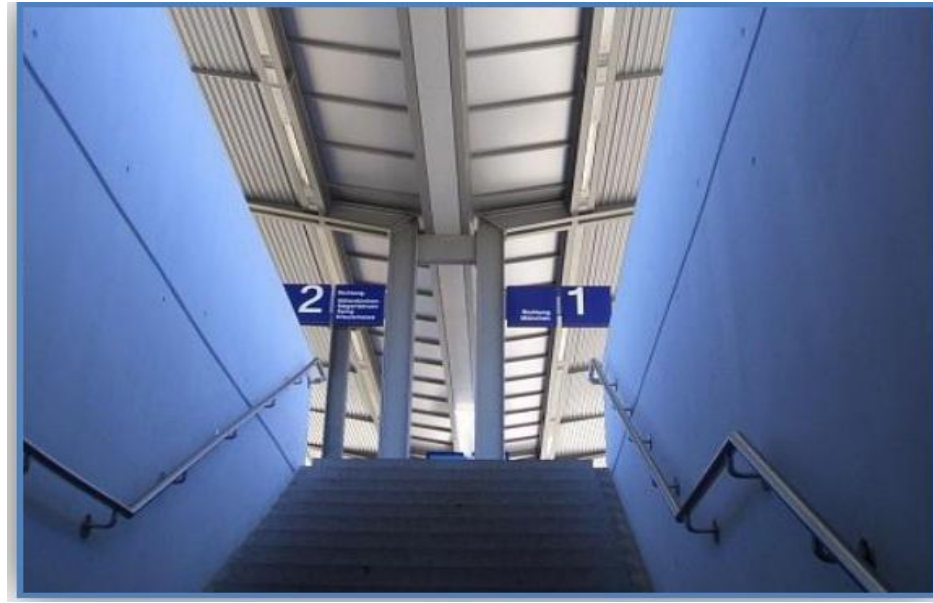


Figure.04. Passages sous terrai.

V. Condition de conception des gares :

Les gares doivent répondre à un certain nombre de conditions :

- ✓ L'étude de bâtiment de voyageurs (B.V) doit être coordonnée avec l'intérieur du plan d'urbanisme.
- ✓ Il faut séparer les flux de voyageurs entrant et sortant.
- ✓ Il faut séparer le trafic banlieue et grande ligne.
- ✓ Une grande gare centrale et préférable à la solution de plusieurs gares.
- ✓ Il faut aménager aux abords immédiats des gares et en liaison directe avec celle-ci, des parcs de stationnement des voitures.

1. Différents réseaux :

On distingue les réseaux des voies destinées :

- ✓ Au transport de voyageurs.
- ✓ Au transport de marchandises.
- ✓ Au transport d'entretien des véhicules.

- ✓ A l'approvisionnement en carburant.
- ✓ A l'emplacement du service de maintenance de la voie.
- ✓ Au chantier de permutation de boggie dans le cas ou le réseau est différent (c'est-à-dire écartement normal à l'étroit ou inversement).

2. Type de réseau de voie dans les gares :

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

Réseau	Voies composant le réseau
- Destiné au transport de voyageurs	➔ Voie principale ➔ Voie de dépassement ➔ Voie de garage
- Destiné au transport de marchandises	➔ Voie de manœuvre ➔ Voie de garage ➔ Voie de déchargement pour trains longs ➔ Voie de stationnement prolongé ➔ Voie de liaison
- Destiné aux ateliers d'entretien des véhicules	➔ Voie de liaison ➔ Voie d'entretien
- Destiné à l'aire d'approvisionnement en carburant	➔ Voie d'approvisionnement
- Destiné au service de la maintenance de la voie	➔ Voie d'acheminement vers le hangar de maintenance ➔ Voie de hangar

Tableau.01, la composition des réseaux selon leurs destinations.

3. Marge de glissement à l'aval des signaux :

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.

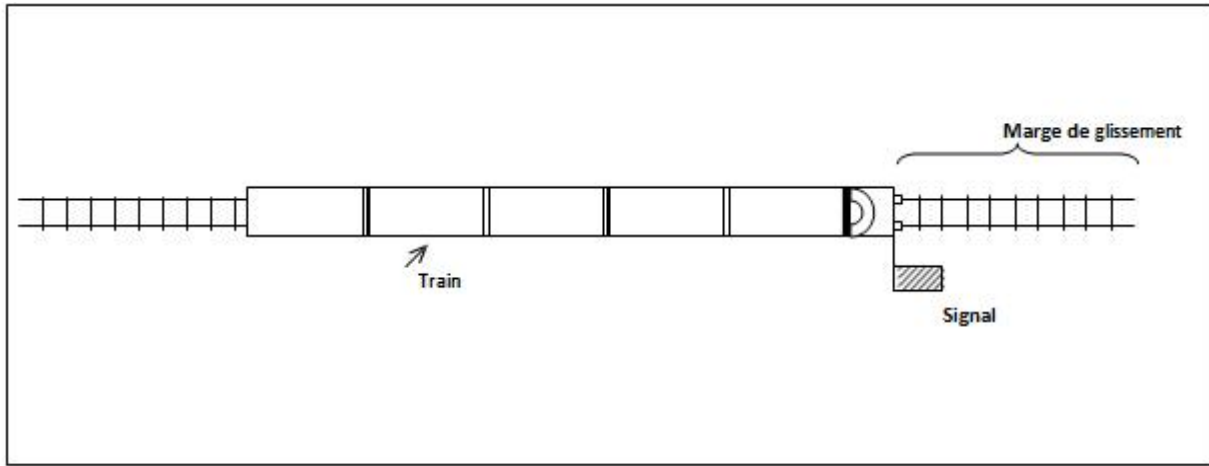


Figure.05. Marge de glissement.

• 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 s'arrêter avant cette marge, faute de freinage ou rails glissants.

• Longueurs de la marge de glissement :

✓ $50 \leq LG \leq 200$, 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 $V \geq 60 \text{ km/h}$

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

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

✓ $LG = 50 \text{ m}$: 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.

4. Garage franc :

Le garage franc marque la limite de la partie de voie à occuper par véhicules gares, sur sa position théorique, l'entraxe minimum entre la voie directe et la voie déviée du branchement est de 3.57m.

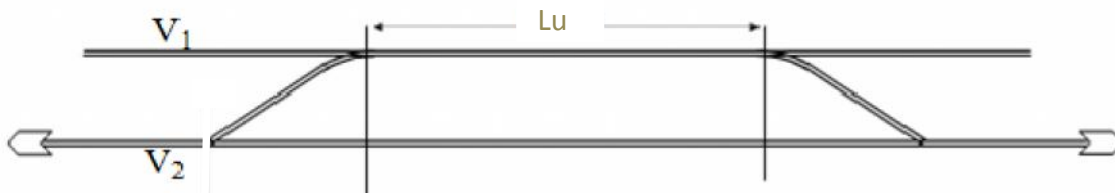
$$GF=3.57*N+1$$

Exemple :

Un appareil de voie type **UIC 60-500- 1/12** (tg 0.083). $GF=3.57*12+1=43.84m$.

5. Détermination de la longueur utile

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.



Cette longueur est donnée par le règlement comme suit :

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

LU : Longueur utile.

LG : Longueur de glissement.

LS : Longueur de sécurité.

LT : Longueur maximale de train.

LA : marge de tolérance d'arrêt.

LC : tronçon d'isolation pour le système de contrôle.

chapitre

XIII

Appareille de voie

I. Introduction :

Un appareil de voie est un élément de la voie ferrée qui est différent de la voie courante ; il permet entre autres d'assurer les bifurcations et les croisements d'itinéraires. En effet, le conducteur d'un train n'ayant aucune maîtrise de la direction prise par le convoi, ce sont les appareils de voie qui sont chargés de le guider et de l'orienter de façon mécanique et passive. Les appareils de voie sont souvent appelés aiguillages dans le langage courant. En général, les appareils de voie sont construits et montés en atelier (montage à blanc) avant d'être installés à leur emplacement définitif.

II. Définition de l'appareil de voie :

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

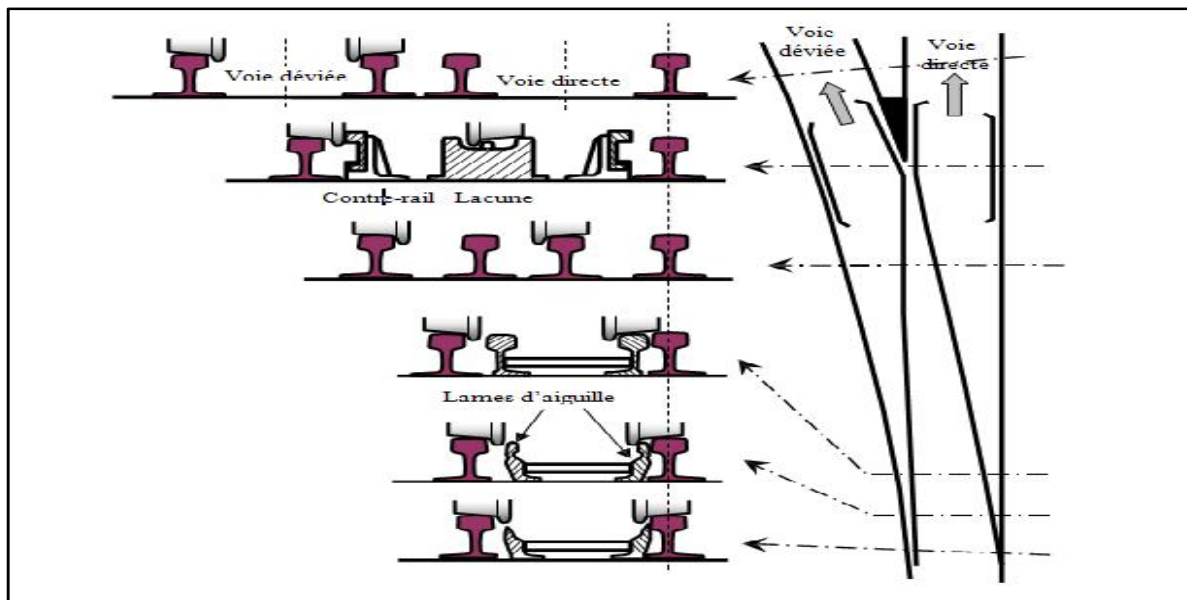


Figure.01. Cinématique au franchissement d'un branchement

III. Branchement

Le branchement simple se compose de 03 parties en générales :

- 1-partie aiguillage (qui comprend essentiellement les aiguilles mobiles)
- 2-partie intermédiaire (assimilable à la voie courante)
- 3-partie croisement (qui comprend essentiellement le cœur de croisement)

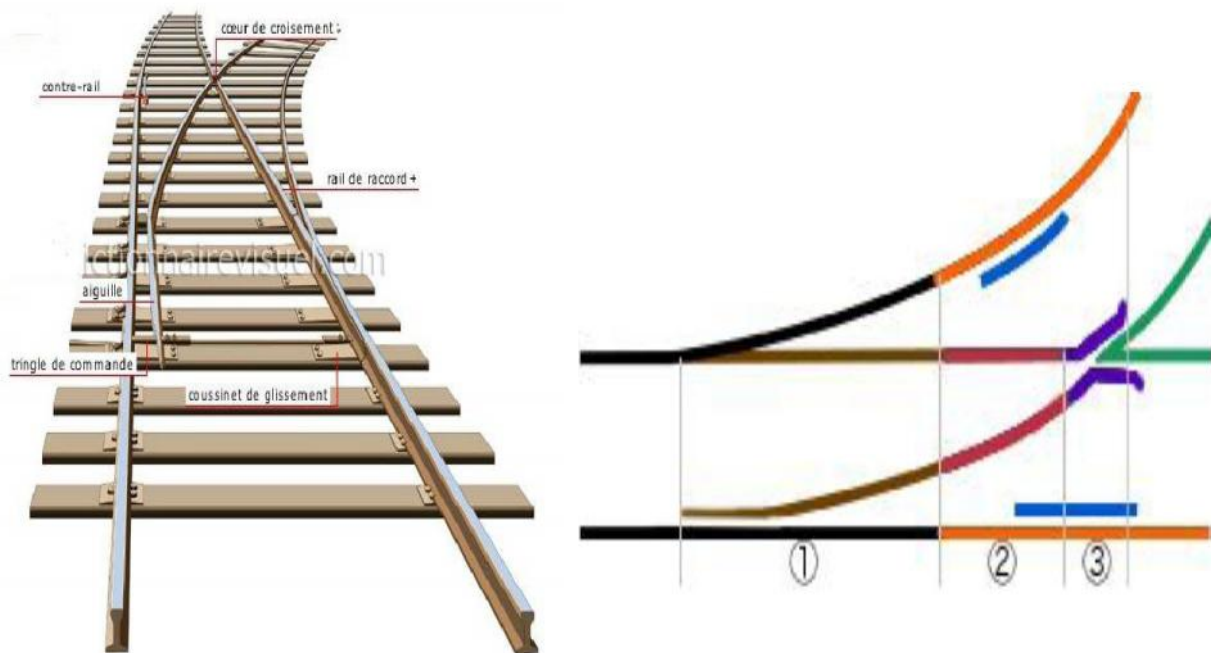


Figure.02.Eléments de branchement

IV. L'application de différents types de branchement

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

- ✓ En fonction de la vitesse de l'embranchement
- ✓ En fonction du tracé

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

Domaine d'emploi du branchement	Vitesse (Km/h)	Type de branchement
▶ Dans le réseau des zones industrielles. ▶ Dans le réseau d'embranchement Particulier.	30	140- 1/6 tg (0,167)
▶ Dans les faisceaux de classement, remisage, voie de nettoyage et toutes les voies de manœuvre	40	190- 1/7 tg (0,143) 190- 1/9 tg (0,111)
▶ Comme branchement d'entrée et de sortie de voies de quais les trains de voyageurs. ▶ Dans le faisceau de transfert de la a gare de marchandises. ▶ Dans la voie de circulation des trains marchandises	50	300- 1/9 tg (0,111)
▶ Comme branchement d'entrée et de sortie des voies de quai utilisées par les trains de banlieue ou de voyageurs. ▶ Dans les communications des voies de ligne. ▶ Dans la bifurcation d'une voie de ligne ▶ Comme branchements d'entrée et de sortie des gares.	60	500- 1 /12 (0,083)

Tableau .01, Les types de branchement

V. Les aiguilles :

On appelle "aiguilles" ou "aiguillage" la partie de l'appareil de voie qui détermine la direction que prend le train. Cette partie est généralement composée de deux demi-aiguillages : un demi-aiguillage de droite et un demi-aiguillage de gauche, la position de l'appareil lorsque l'on regarde l'appareil de la pointe vers le talon (voir aiguillage).

Chaque demi-aiguillage est composé d'une aiguille et d'une contre-aiguille. Les deux aiguilles sont reliées entre-elles au moyen d'un tringle d'écartement qui permet de connecter les deux aiguilles : lorsque l'une est ouverte, l'autre est plaquée. Les tringles de manœuvre assurent la transmission du mouvement du moteur ou de la boîte de manœuvre aux aiguilles. Il existe trois catégories d'aiguilles :

- ✓ le branchement simple.
- ✓ le croisement, ou traversée simple, (dénommée aiguille fictive)
- ✓ la traversée jonction (qui peut être simple ou double), combinaison des deux précédentes.



Figure.03, aiguillage

Les aiguillages sont construits avec le type de rail et écartement de la voie demandée. La boîte de manœuvre peut être simple ou allouable, manuelle ou électrique.

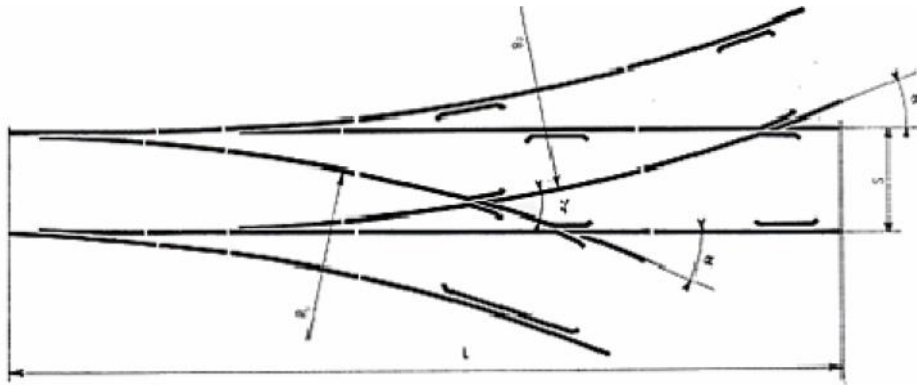
VI. Les différentes traversées :

1. La traversée oblique ordinaire :

Elle permet l'intersection de deux voies en alignement ou en courbes de même rayon (cas de l'enroulement) l'intersection se fait sous un angle compris entre 6° et 90° .

2. Elément de la traversée oblique :

La traversée oblique ordinaire est constituée d'une traversée proprement dite, de deux croisements. Elle comporte également deux groupes de quarts files de rails intermédiaires. Les différentes parties d'une traversée oblique sont dites à droite ou à gauche suivant leurs positions par rapport à un observateur situé au centre et dirigé suivant l'axe longitudinal.



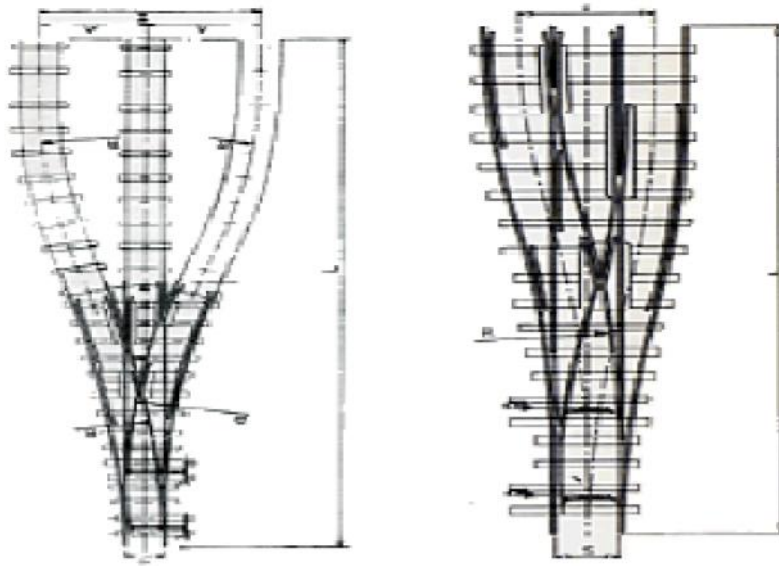
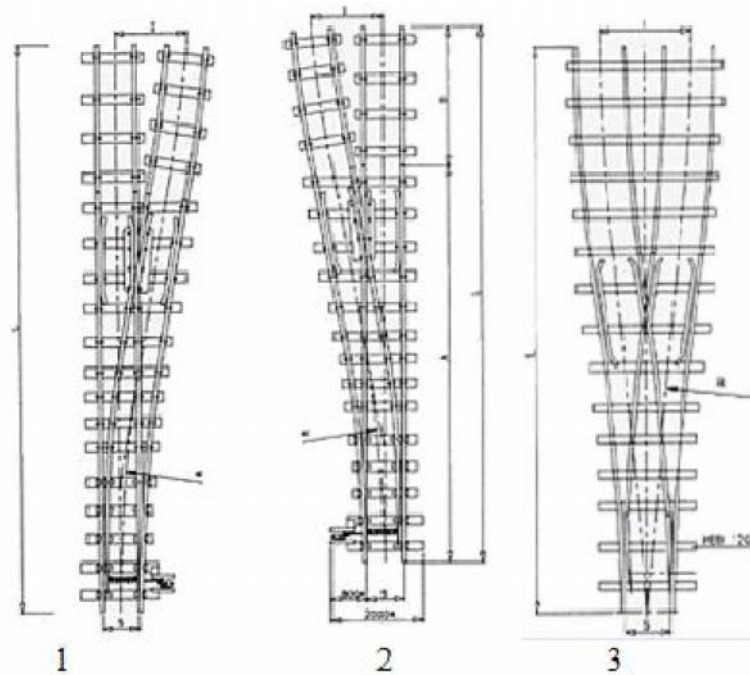


Figure.05. Élément traversée oblique.

3. La traversée jonction simple :

La traversée jonction simple est une traversée oblique qui grâce à l'adjonction d'aiguillages, permet de relier entre elles les deux voies qui se croisent d'une seule côte, par rapport à l'axe longitudinal de la traversée oblique.

Elle est constituée de deux croisements, d'une traversée proprement dite, de deux aiguillages et de voie intermédiaire.



- 1 : Croisement déviation à droite.
 2 : Croisement déviation à gauche.
 3 : Croisement à symétrique à deux voies.

4. La traversée jonction double (TJD) :

La traversée jonction double à en plus des éléments de la traversée jonction simple, deux aiguillages permettant à cet appareil de relier les deux voies qui se croisent de deux cotés par rapport à l'axe de l'appareil.

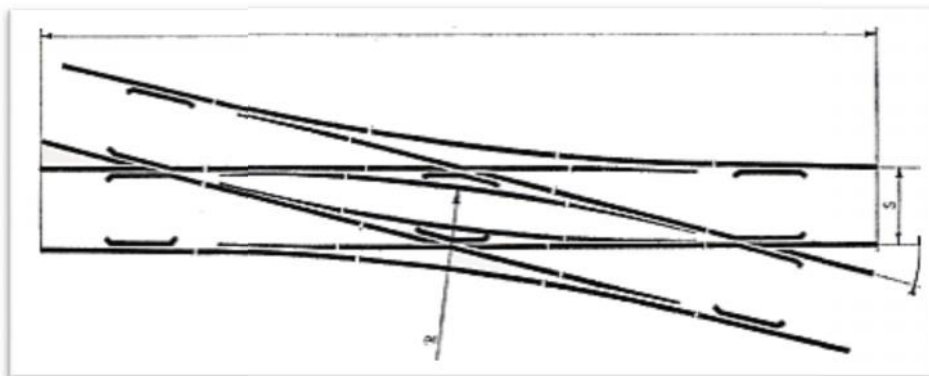


Figure.07. Croisement intersection double.

5. Les communications :

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

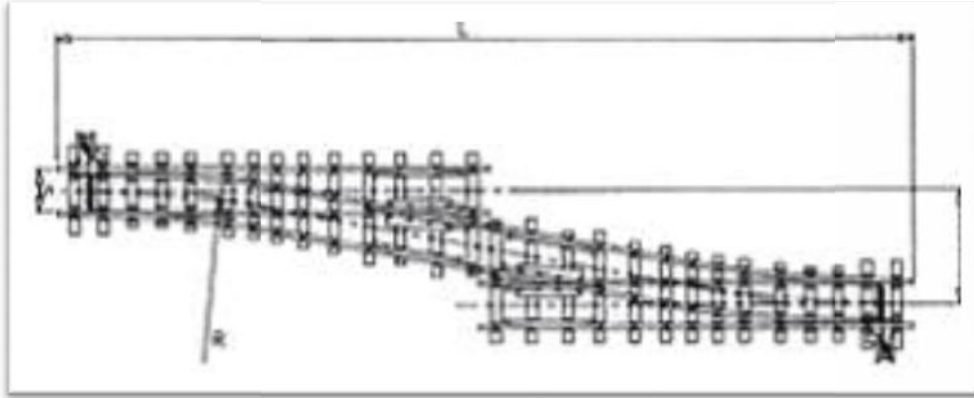


Figure.08. Branchement de communication.

VI. Les appareils de voies utilisées dans le projet :

Au niveau de la gare de **Tissemsilt** nous avons utilisé **02** types d'appareils :

- **UIC 60 500 1/12** (appareils cintrés) : ce type d'appareils assure une vitesse de roulement maximale de **60 km/h** et posé entre deux voies principales.
- **UIC 60 300 1/9** : ce type assure une vitesse max de **50 km/h** , on le pose entre une voie principale et une autre secondaire .

VII. Les appareils de voie enroulés :

a. Généralités

Pour trouver la meilleure solution de tracé d'une ligne ou d'une gare, il faut envisager très souvent la pose des branchements situés en courbe, les branchements de cette façon sont désigner d'après leurs modification géométriques :

- ✓ Appareils enroulés cintrés intérieur (**C.IN**).
- ✓ Appareils enroulés cintrés extérieur (**C.EX**).

Leurs construction se fait en courbant les branchements simples de la manière que la voie directe sera mise en courbe et que le rayon de la voie déviée sera modifié, l'angle de branchement et par conséquence la tangente de l'angle, garde sa valeur.

VIII. Géométrie et représentation sur les plans :

a) Appareil cintré intérieur :

Le branchement simple sert de base pour la construction de l'appareil cintré intérieur.

Par conséquence la voie directe est mise en courbe en adoptant le rayon R_s , la voie déviée adopte le rayon R_z .

1. Caractéristiques de l'appareil cintré intérieur :

- L'appareil dont la voie directe est courbée de même sens que la voie déviée est appelée cintrée intérieure.
- Les centres des deux cercles formés par des rayons R_s , R_z se trouvent à la même coté de l'appareil.
- Le rayon de la voie déviée est plus petit que celui du branchement simple.

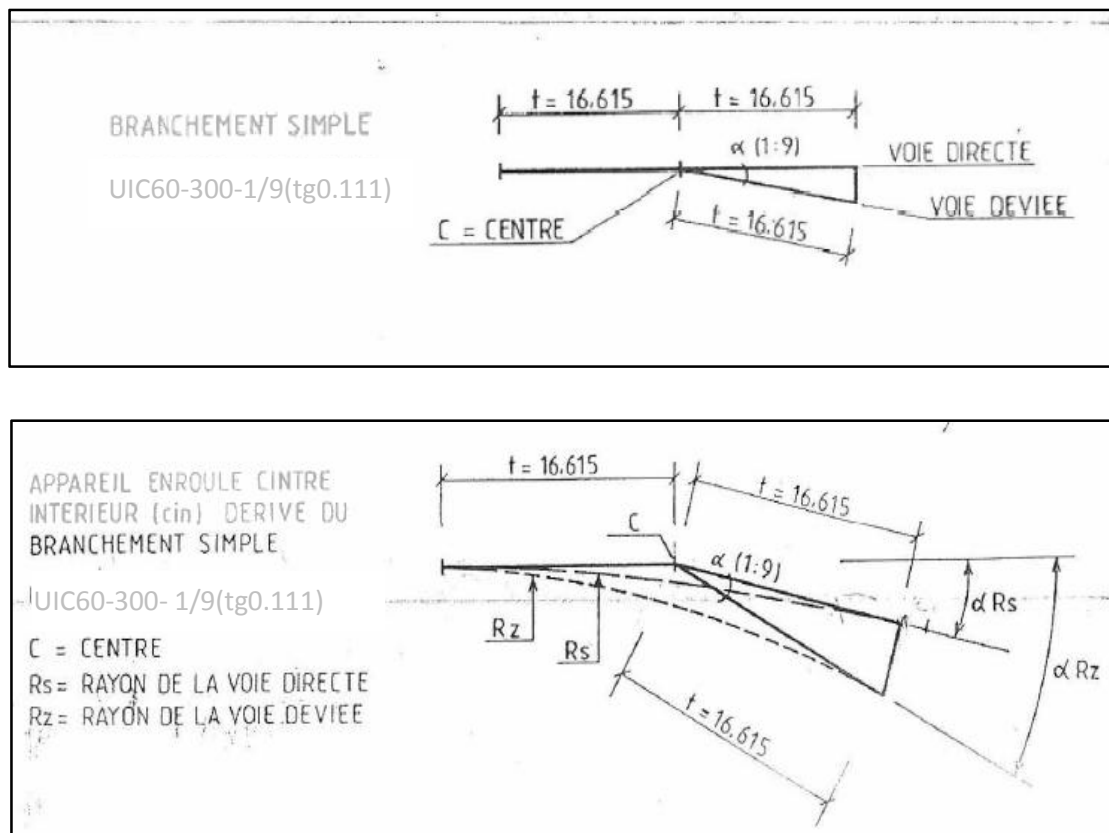


Figure.09. Schéma des appareils enroulés cintrés intérieurs (UIC 60-300-1/9)

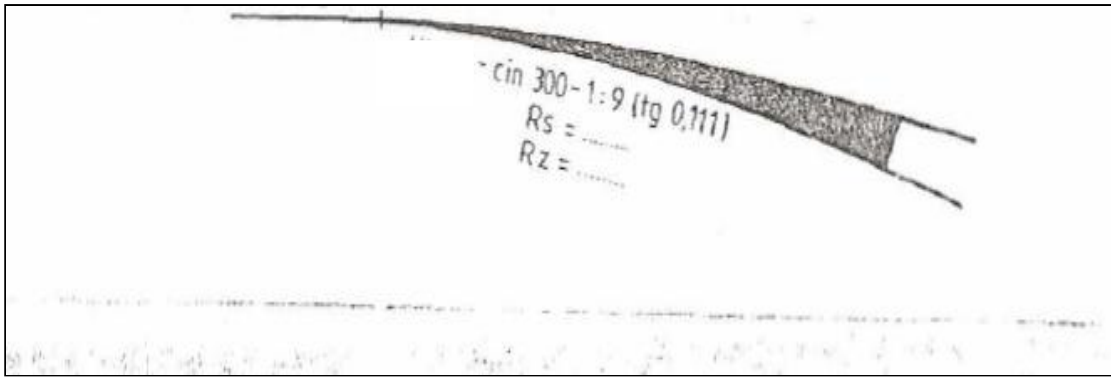


Figure.10. Représentation sur le plan.

b. Les appareils enroulés cintrés extérieurs :

Le branchement simple sert de base pour la construction des appareils cintrés extérieur, ses tangentes sont pliées autour de centre en conservant l'angle du branchement simple .

par conséquent la voie directe est mise en courbe en adoptant le rayon R_s , la voie déviée adopte le rayon R_z .

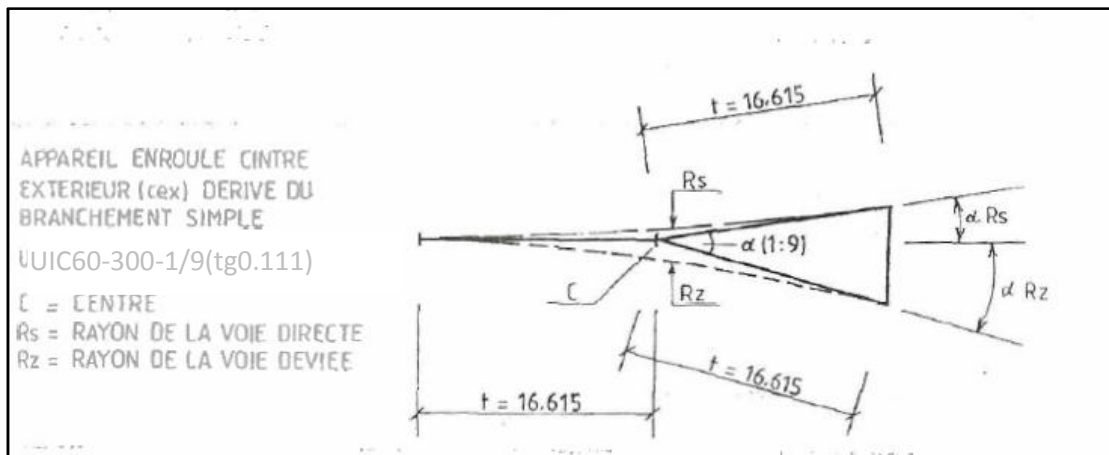


Figure.11. Schéma de l'appareil enroulé cintré extérieur

2. Caractéristiques de l'appareil cintré extérieur :

- l'appareil dont la voie directe est courbée de sens contraire que la voie déviée est appelée cintrée extérieur (C.EX).

- les centres des deux cercles formés par les rayons R_s , R_z se trouvent au différents cotés de l'appareil .
- le rayon de la voie déviée est plus grand que celui du branchement simple.

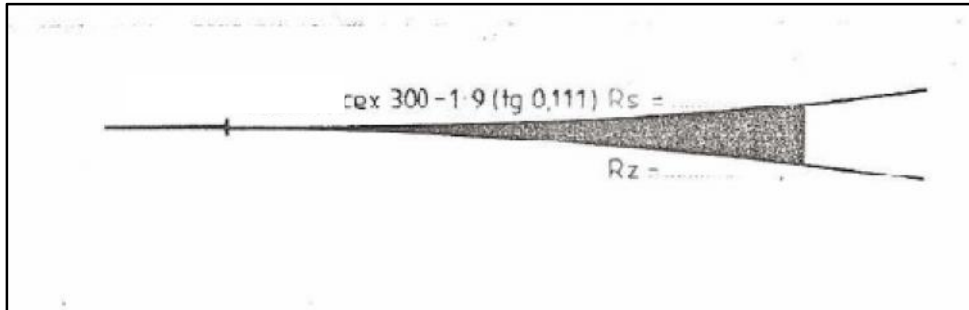


Figure.12. Représentation de l'appareil (C.EX) sur le plan

b) Le calcul des appareils cintrés :

Le calcul se fait au moyen de la méthode des formules trigonométriques.

Appareil cintré intérieur :

Formule à utilisé, si le rayon R_z est demandé : $R_z = \frac{R_s \cdot R_0 - t^2}{R_0 + R_s}$

Formule à utilisé, si le rayon R_s est demandé : $R_s = \frac{R_z \cdot R_0 + t^2}{R_0 - R_z}$

- R_z : le rayon de la voie déviée.
- R_s : le rayon de la voie directe.
- t : la longueur de la tangente du branchement simple choisi. $t = R \cdot \tan(\alpha/2)$
- R_0 : le rayon de la voie déviée du branchement simple choisi.

Appareil cintré extérieur :

Formule à utilisé, si le rayon R_z est demandé : $R_z = \frac{R_s \cdot R_0 + t^2}{R_s - R_0}$

Formule à utilisé, si le rayon R_s est demandé : $R_s = \frac{R_z \cdot R_0 + t^2}{R_z - R_0}$

- R_z : le rayon de la voie déviée.
- R_s : le rayon de la voie directe .
- t : la longueur de la tangente du branchement simple choisi.
- R_0 : le rayon de la voie déviée du branchement simple choisi .

chapitre

XIV

Conception
de la gare
de Tissemsilt

I. Gare de Tissemsilt :

La gare de Tissemsilt, située entre **PK (– [1+150]) et PK 1+100)** est une gare combinée pour voyageurs et marchandises. Sa longueur est de **2250 m**, et elle se trouve à une altitude de **915,596 m** au dessus de la mer.

La gare dispose de **04** voies avec **02** quais. Les voies **A** (voie directe principale) et **4** sont destinées à recevoir des trains d'une longueur maximale de **750 m**, alors que les voies **3** et **B** sont destinées à des trains de **586 m**. Les voyageurs auront accès aux trains par des quais intermédiaires, qui seront réalisés entre les voies **A** et **4** respectivement **B** et **3**. Des voies de triage (voies **5** et **12**) pour des trains d'une longueur maximale de **350 m**, rallongeront les voies **B** et **4** du côté ouest. Ce sont ces voies qui forment la gare voyageurs. Les voies de quais sont prévues pour une vitesse de **60 km/h** (voie directe principale: **140 km/h**).

Au nord de la gare, raccordée à la voie 2, se trouvent deux voies de formation de train (voies **6** et **8**) pour des trains d'une longueur maximale de **750 m**. Les voies **10** et **20** peuvent être munies ultérieurement d'une grue à portique; elles sont appropriées pour des trains de longueurs maximales de **750m** et **500m** successivement. La voie **10** sera raccordée aux deux bouts à la voie directe principale tandis que la voie **20** est une voie en impasse. La voie **22** pour des trains de longueur maximale **500m** sera munie d'une rampe de tête supplémentaire pour que camions, citernes, etc. aient accès direct aux trains. En outre, trois autres voies de triage pour des trains de longueurs maximales de **400 m** (voie **16**) respectivement **350 m** (voies **14** et **18**) sont prévues dans la gare.

La vitesse d'entrée et de sortie pour les voies marchandises directes est de **50 km/h** (voies **6, 8** et **10**) Pour les voies marchandises en impasse, l'entrée/la sortie du peigne de voies se trouvent du côté est de la gare.

Dans le prolongement de la voie **16**, dans la zone nord-ouest de la gare, se trouve le bâtiment d'entretien des locomotives avec deux voies (**26** et **28**) de longueur **30 m**, ainsi qu'une voie empressée à l'entretien de longueur **150m** (voie **24**) qui sera équipée d'installation d'approvisionnement en consommable tels que silo à sable, citerne de carburant, etc.

Gare de tissemsilt:

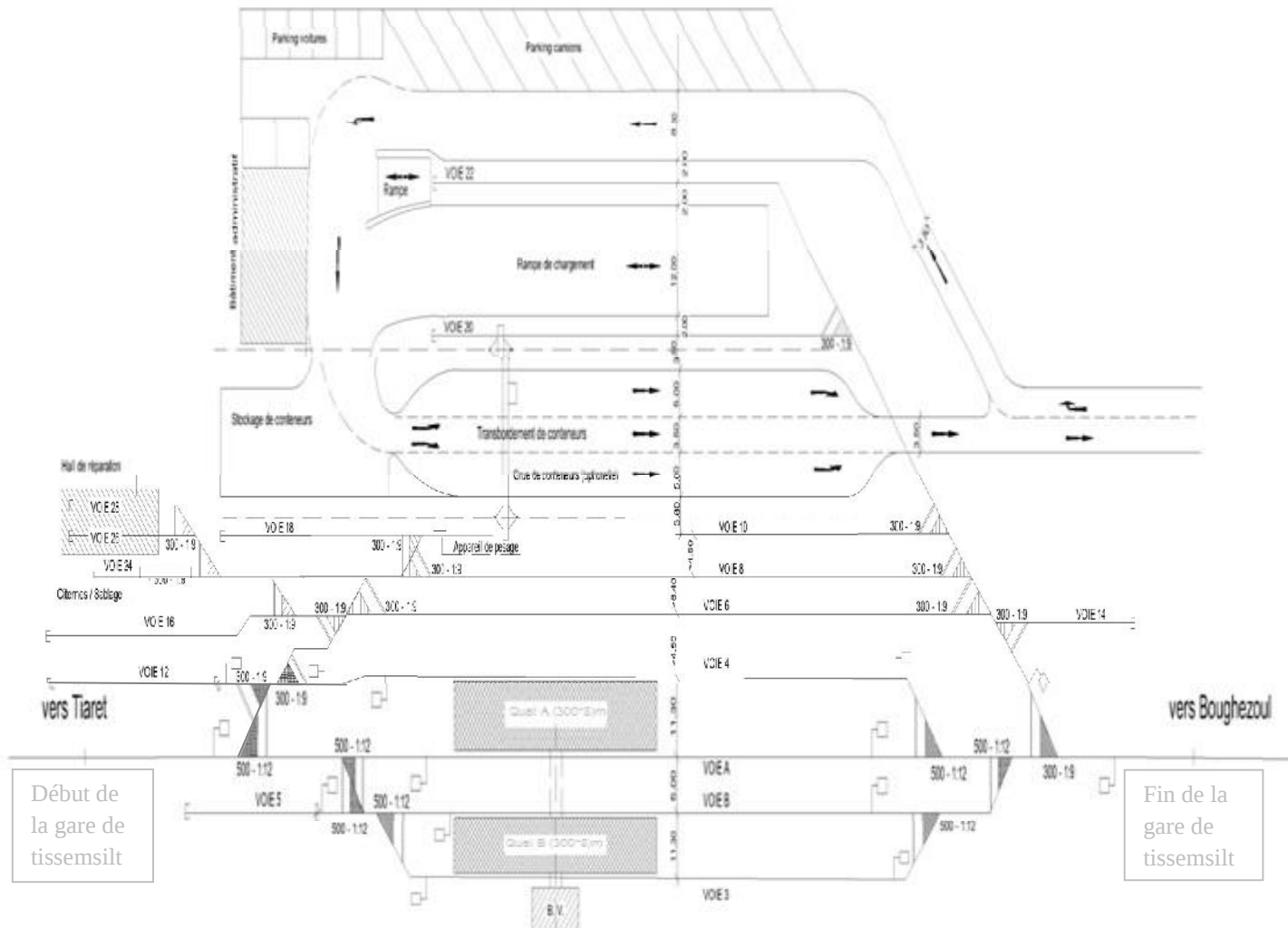


Figure 01 : schéma de la gare de tissemsilt

Voie	Lu	Longueur max de train
A	1326	750
B	982	586
3	983	586
4	1187	750
5	429	350
6	1074	750
8	956	750
10	884	750
12	369	350
14	354	350
16	400	400
18	349	350
20	528	500
22	529	500
24	150	150
26	68	30
28	69	30

Tableau01: description des voies de la gare

II. Les quais et les abris :

Les dimensions des quais sont en fonction de l'importance du trafic des voyageurs et le type de la gare ;

1. La longueur du quai :

- ✓ grandes lignes **450 m**.
- ✓ Service régional **350 m** (Normes SNTF) .
- ✓ Banlieue **225 m** .

Pour notre gare on prend **300 m** comme longueur des quais.

2. Largeur des quais :

La largeur minimum des quais se détermine d'après les critères suivants :

- ✓ L'occupation maximale des quais pendant les heures de pointes
- ✓ La longueur et la surface nécessaire pour les installations fixes qui leur sont destinés, pour calculer la largeur minimale, on utilise la formule suivante :

$$B_{n\text{ in}} = (1,5 \times N_{n\text{ ax}} + S) / L$$

L : Longueur d'un quai qui est égale à la longueur du plus grand train.

S : Surface prise par les bâtiments voyageurs sur les quais.

1,5 : Surface prise par un voyageur.

N_{max} : Nombre de voyageurs sur le quai = **80%** des places des trains au départ .

Cependant, la **SNTF** recommande pour une telle gare :

Quai intermédiaire **B > 6 m**

Quai extérieur **B ≥ 6 m**

Donc on prend **B=8m**

3. Hauteur des quais :

- Quai bas **h= 35 cm**

- Quai mi-haut **h= 55 cm** (Normes SNTF)

- Quai haut **76 ≤ h ≤ 100 cm**

On prend pour notre cas **h= 55 cm**.

4. Distance entre =axe des quais :

- e normal > **11.3m**

- e minimal > **9.3m**(Normes SNTF)

On prend: **e=16.3 m**(entre les deux quais)

5. Les abris de quais :

✓ **Largeur :**

02 abris de largeur de chaque un est de **4m**

✓ **Longueur :**

Longueur de chaque abri est de **50 m**

✓ **entre axes :**

On prend un entraxe de **90 m** entre 02 abris

✓ **Hauteur libre :** **H = 3.10m**

5. Passerelle sous terrain :

Généralement la passerelle sous-terraine sera préférable, car il est plus «avenant» au public de descendre en premier lieu

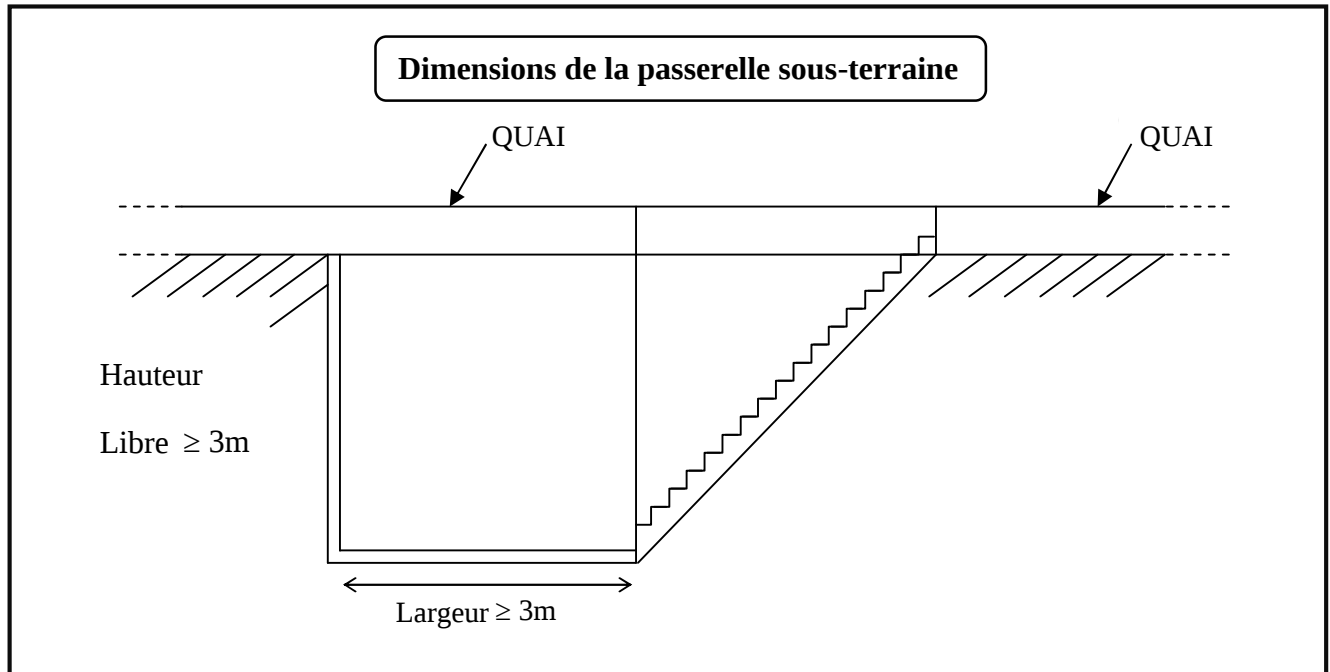


Figure 02 : schéma de la gare de tissemsilt

III. Assainissement des gares

1. Assainissement longitudinal

Il se fait grâce à des conduites disposées et pentes longitudinalement et enterrées, elles servent à assainir l'eau vers un point d'évacuation finale, généralement ces conduites sont percées sur leurs faces supérieures

2. Assainissement transversal

Pour faciliter le ruissellement des eaux pluviales dans les gares les quais doivent avoir une pente de 2% en toit ou en V selon le cas, de telle sorte à évacuer ces eaux vers les voies ensuite ces eaux sont dirigées grâce aux pentes transversales des plates formes.

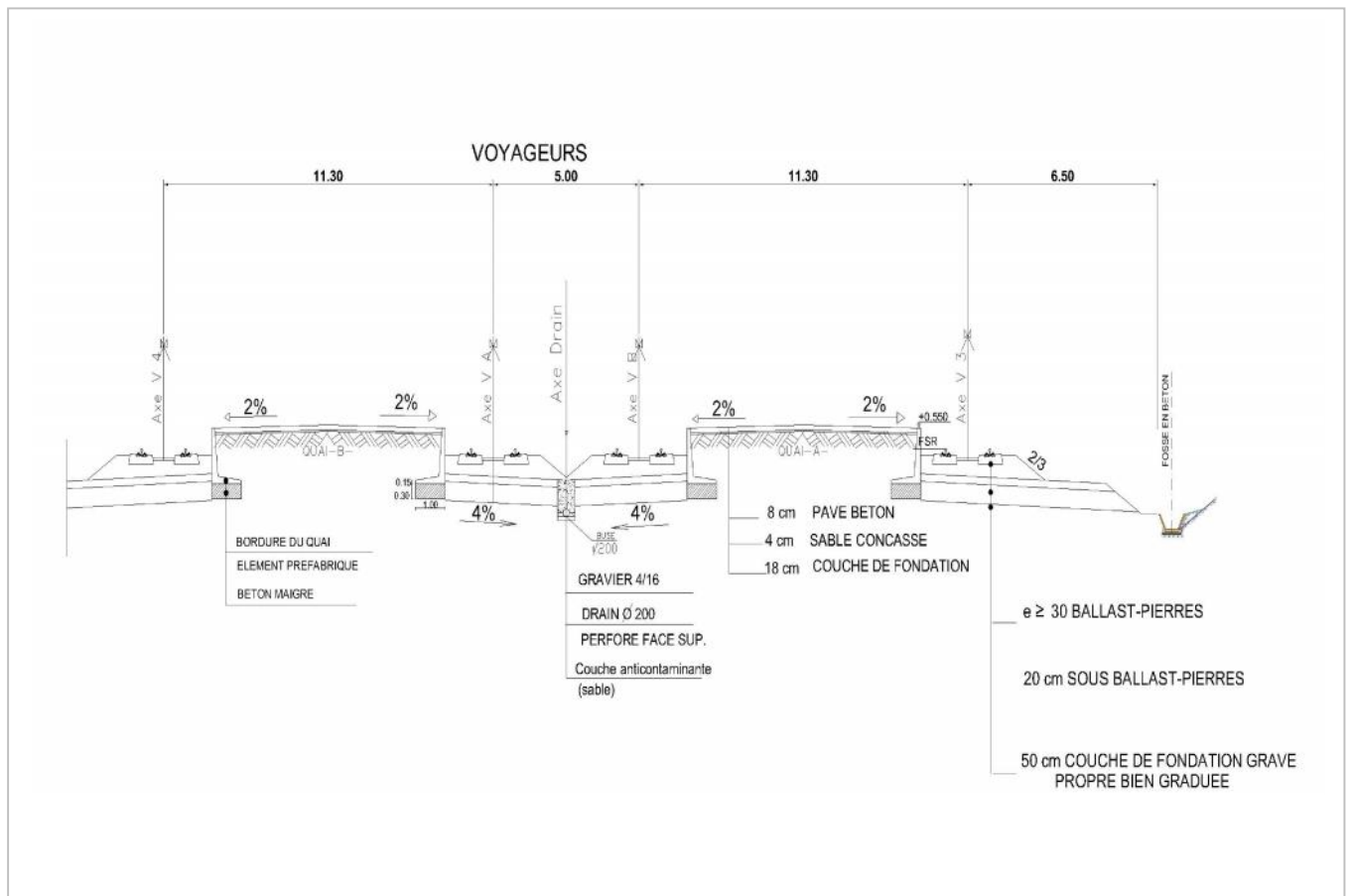


Figure.03 : profil en travers type (gare de voyageurs).

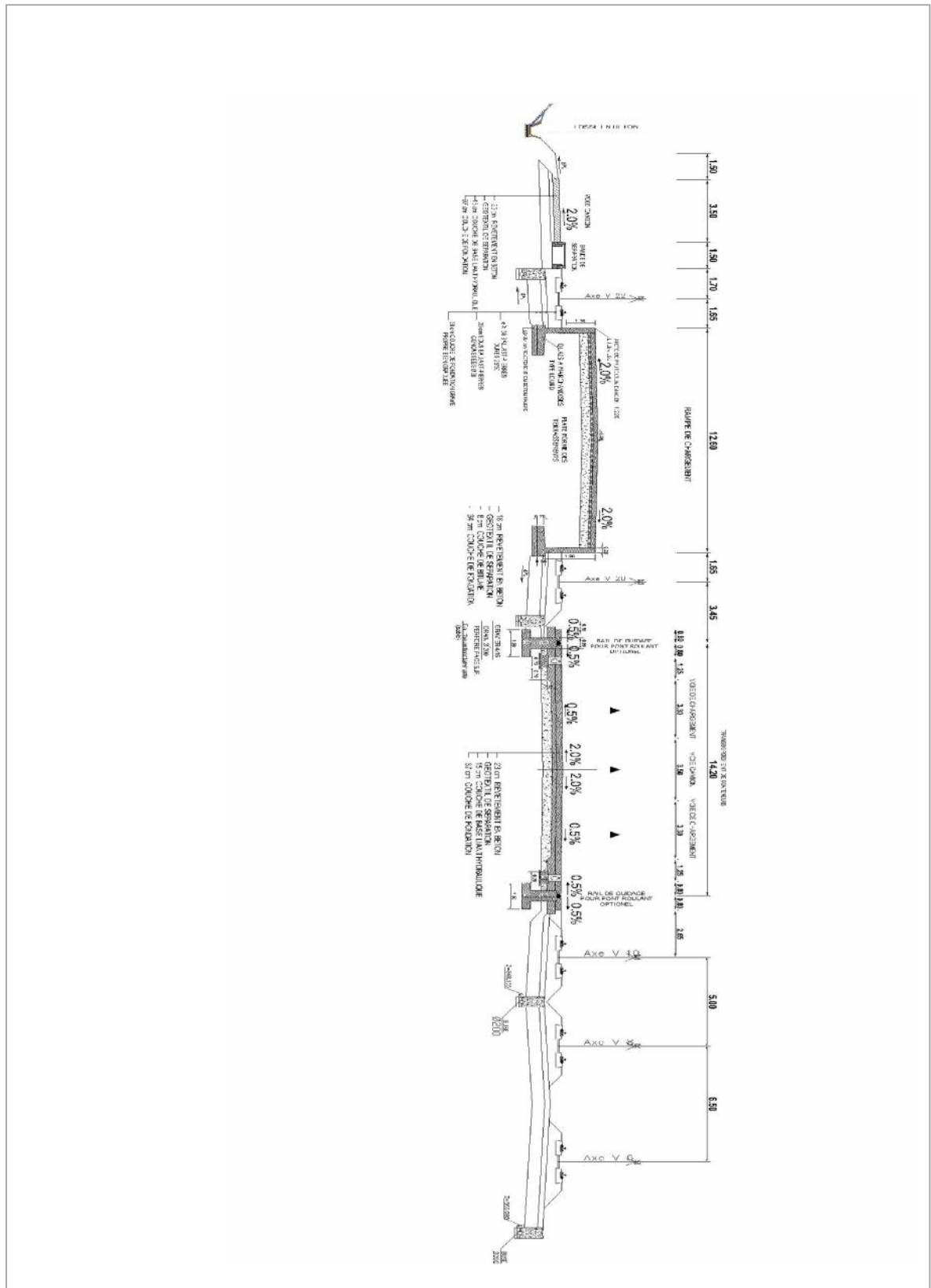


Figure.04 : profil en travers type (gare de marchandises).

chapitre

XV

les Trassement et phasage des travaux

I. Introduction :

Les terrassements c'est l'ensemble des opérations de mouvement des terres en déblais et en remblais, ayant pour but de créer la plate- forme de l'ouvrage à réaliser.

II. TERRASSEMENT

Pour la détermination des travaux à réaliser en matière de terrassement, il est nécessaire de consulter les documents indiqués ci-dessous:

- Plans de situation.
- Coupes longitudinales.
- Sections transversales type.
- La description d'ordre géologique et géotechnique du tracé de ces Spécifications Techniques.

✓ Particulières :

- Le "Rapport Géologique sur le Tracé".
- Les coupes longitudinales pour la géologie.
- Les constats des visites des lieux par les soumissionnaires.
- Les exigences techniques du terrassement des Spécifications Techniques Générales.

✓ Pour la manipulation des masses de terre, il est important de considérer les règles suivantes:

- En raison d'un sol pour la plus grande partie composé de grains fins et de la vulnérabilité à L'eau de la roche sur les lieux du projet, le terrassement doit être réalisé exclusivement en période sèche (c'est-à-dire en dehors des périodes de précipitation).
- Il faut accorder une attention particulière au drainage systématique des eaux de surface autant

✓ en phase de construction qu'à la fin des travaux :

- Les masses de terre déposées provisoirement doivent également être protégées de l'influence dommageable des eaux.
- Les études d'avant-projet partent du principe que les remblais ne dépassent pas 10 mètres. Cette hauteur peut être dépassée en cas de démonstrations géotechniques adéquates.
- En cas de déblai accompagné de mesures de soutènement (béton projeté, plaques métalliques nervurées en acier de construction et armatures), il convient d'accorder les

travaux d'excavation du sol ou de la roche avec la mise en œuvre des mesures de soutènement, afin d'éviter les influences défavorables sur le sol ou la roche (décohésion) selon un schéma directeur des travaux établi avec précision.

III. Engins de terrassement

L'importance des travaux de terrassement nécessite l'utilisation des engins mécaniques pouvant exécuter de différentes sortes des travaux nécessaires pour préparer le terrain du projet à exécuter. Il existe de différents moyens mécaniques suivant les techniques d'exécution.

- **Bulldozers** : pour décapage du terrain, déplacer les terres.
- **Décapeuse (Scraper)** : pour le décapage, le décaissement, le transport et l'épandage des terres.
- **Chargeurs** : pour chargement des terres.
- **Pelle** : Sert à creuser des tranchées, tailler les talus etc...
- **Niveleuse** : nivellement du terrain suivant la prescription.
- **Compacteurs** : compactage des couches de sol servant comme plate- forme.

IV. Terrassement de la plate- forme :

1. Remblai :

L'exécution du remblai doit respecter les conditions suivantes :

- Décaper la couche de terre végétale de (0.2 à 0.5m)
- Préparer le talus de remblai existant en escalier de largeur de 1m environ et de hauteur de 50cm.
- Entamer les remblais et le compacter en couche de 25cm
- La pente du talus est de 1/2
- Le taux de compactage doit- être 90 et 95% OPM.

2. Déblai :

Généralement les sols rencontrés peuvent- être traités comme sols moyens pouvant être excavés manuellement ou mécaniquement le sol de déblai peut- être réalisé comme remblai aux conditions suivantes :

- Eliminer la couche de terre végétale et les matériaux limoneux dont l'indice de plasticité est inférieur à 20%.

- La dimension du plus gros bloc aux pierres ne doit pas dépasser 60cm, de diamètre ou bien la moitié de la couche compactées au voisinage des ouvrages de drainages, en dimension maximale des pierres devra être de 10cm.

La pente du talus du déblai est de 2 /3.

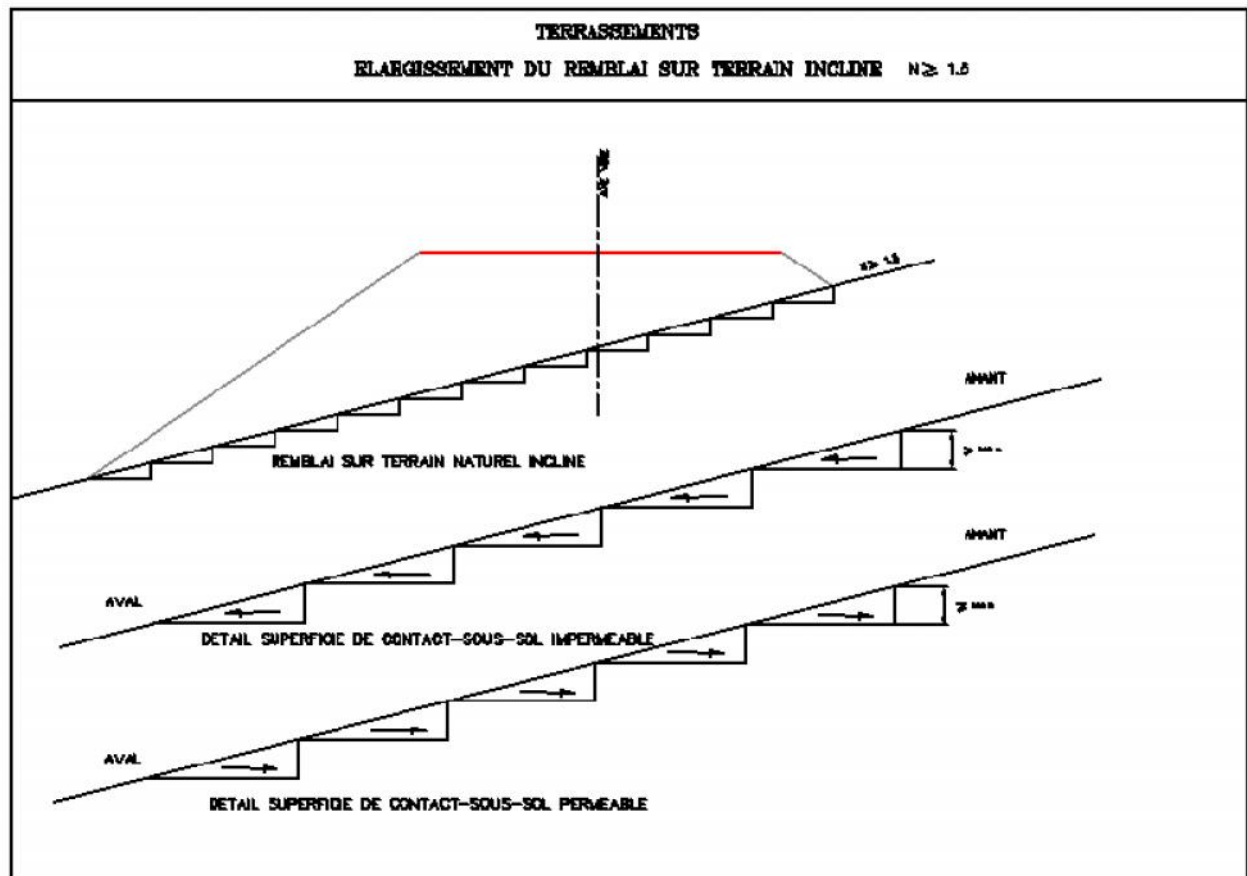


Figure.01.le pose de remblais sur un terrain incliné

Si le terrain naturel est incliné a plus 10° (1/5) il convient d'étudier si un terrassement sur bancs se révèle nécessaire pour l'assise du remblai. (au moins pour la partie aval)

- La hauteur des gradins doit être supérieure ou égale à 0.60m
- Les gradins doivent être inclinés en aval, en cas sous- sol imperméable, pour éviter la stagnation des eaux infiltrées. (évitement avec une couche drainante- gravier / sable.)
- En cas d'un sous sol perméable les gradins doit être inclinés vers l'amont.

Pour notre projet une attention particulière doit être apportée au niveau des terrassements lors de la construction. Des recommandations doivent être prises en compte lors de la réalisation des terrassements.

La pente des remblais est **50%**, et pour les déblais est **67%** avec des bermes chaque 6m d'hauteur pour les déblais et chaque **8m** pour les remblais, ces bermes auront une largeur de **3 m**.

V. PROTECTION DES TALUS

Dans le but d'éviter l'érosion des talus des remblais résultant du contact avec les eaux superficielles, nous préconisons l'exécution de protections de ces talus.

Plusieurs solutions seront proposées:

Perrés, Gabions, Plantations d'arbres, engazonnement.

Ces protections seront prévues principalement dans les zones de forte présence d'eaux: acces des ouvrages hydrauliques, proximité des zones inondables, ..

1. Perrés maçonnés :

Il s'agit d'un revêtement des talus soit:

- avec des pierres de type brut, posé sur une couche améliorée et jointé avec du mortier dosé à 350 kg.
- une couche de 14 à 20 cm de béton maigre.
- pose d'éléments préfabriqués jointifs creux, stabilisés par de la végétation.

2. Gabions :

Ce sont des ouvrages constitués de cailloux réunis en massifs à l'intérieur d'une armature métallique, grillagée, parallélogrammique. L'armature métallique grillagée est réalisée en fils d'acier galvanisé.

Les cailloux doivent provenir de roches inaltérables.

Ils seront utilisés :

- ✓ protection de berges, ils doivent assurer la protection contre l'érosion,
- ✓ comme soutènement de faible hauteur, ils doivent être stables en reprenant les poussées exercées à l'amont.

La conception des gabions est à adapter selon leur finalité :

- ✓ les gabions destinés à la protection des berges comportent une semelle de fondation, constituée par des gabions plats et déformables capables de s'adapter à une déformation du sol support,

3. Végétalisation :

La Végétalisation consiste en la mise en place d'une couverture de terre végétale sur les ouvrages en terre et puis à son ensemencement et à son éventuelle plantation.

Les objectifs de cette opération sont d'éviter le lessivage des fines, le ravinement et la détérioration des talus par leur exposition prolongée aux intempéries, Améliorer l'environnement en intégrant les ouvrages en terre dans le contexte végétal.

Cette protection doit être efficace le plus rapidement possible et être effective pendant tout le cycle de vie de l'ouvrage.

L'épaisseur de terre végétale à épandre sur les surfaces de talus de déblais et remblais est de **10 cm** avec une tolérance de + ou – 5 cm suivant la normale au talus.

4. Enrochements :

Ce sont des ouvrages de protection par blocs rocheux des pieds de talus, des rampants et des berges contre l'érosion liée aux écoulements.

Ces ouvrages doivent protéger les bases de remblai en zones inondables contre les actions agressives des crues.

VI. DESCENTE D'EAU SUR DES TALUS :

Les descentes d'eau sont des ouvrages auto-stables implantés sur les talus, soit de déblai soit de remblai, pour collecter les eaux de crête vers le dispositif de drainage longitudinal situé en pied de talus.

Suivant les débits à écouler et les hauteurs de talus, il existe différents types de familles de descente d'eau:

- les descentes d'eau préfabriquées, emboîtables,
- la descente d'eau lisse en éléments préfabriqués ou en béton armé coulé en place,

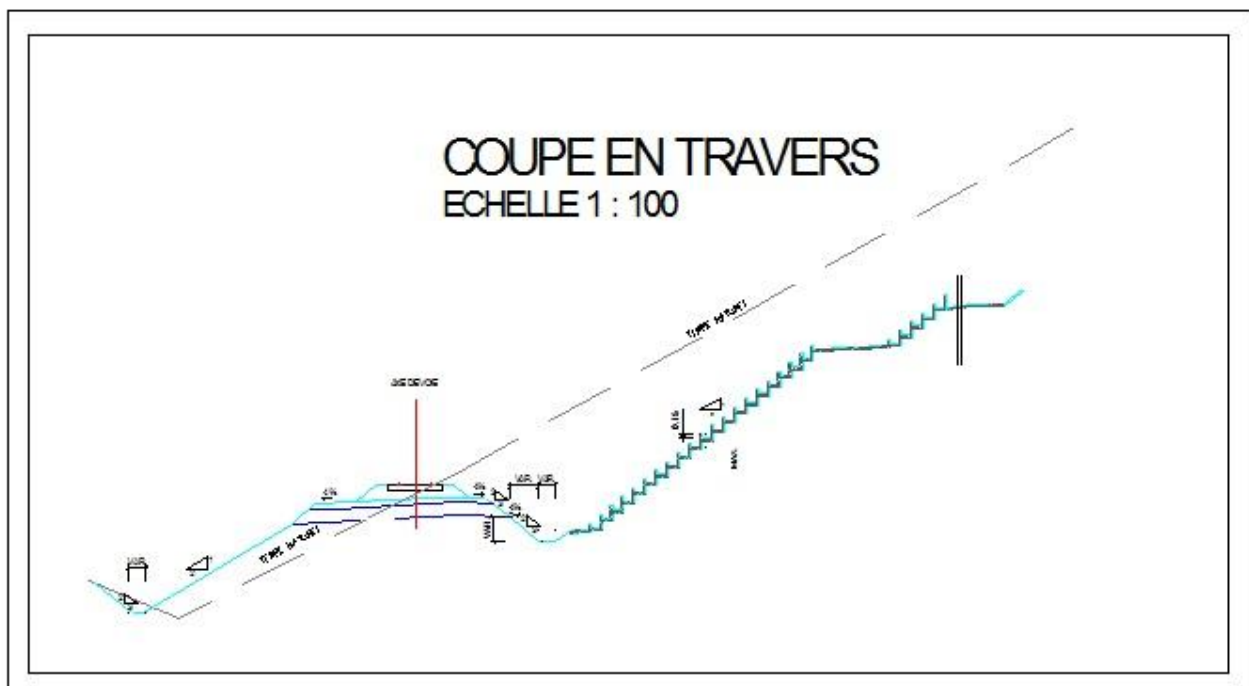
- la descente d'eau en escaliers,
- la descente d'eau verticale.

Les éléments préfabriqués en béton de section rectangulaire doivent être scellés sur toute leur longueur dans du béton maigre. Le blocage par plots est proscrit.

Ces ouvrages sont raccordés avec les dispositifs de drainage longitudinal de déblai (fossé terre revêtu où non, fossé préfabriqué en béton armé et collecteurs drainants) ou de remblai (fossé terre revêtu ou non).

On a adopté les descentes de talus en fonction des situations, comme il est défini dans les plans du projet

plan de principe descente d'eau



chapitre

XVI

Devis estimatif et quantitatif

N°	disignation	unité	prix unitaire(DA)	quantité	montant(DA)
1	INSTALATION DE CHANTIER				510528729.4
2	TERRASSEMENT				
2.1	Remblai	m ³	450	714631.52	321584184
2.2	Deblai	m ³	350	1159132.4	405696329.5
2.3	Terre végétale	m ³	300	128885.42	38665626
3	TRAVAUX DE VOIE				
3.1	Couche de forme	m ²	820	63389.45	51979349
3.3	Couche de sous ballast	m ²	3500	22466	78631000
3.4	ballast	m ³	4164.45	3450	14367352.5
3.5	Pose de voie nouvelle	ml	5898.17	1500	8847255
3.6	Traverse bibloc	U	6037.27	24990	150871377.3
3.7	fourniture des rail UIC60(60.34kg/m)	tonne	106863.83	181.02	19344490.51
3.8	les attache	U	419.54	49980	20968609.2
3.9	soudage aluminiothermique		20562.74	167	3433977.58
4	OUVRAGE D'ART				
4.1	Ponts- rail	m ²	80000	1986.2	158896000
4.2	ponts- rout	m ²	60000	278	16680000
4.3	Viaducs	m ²	80000	15212	1216960000
5	DRAINAGE				
5.1	DALOT	m ²	100000	30.75	3075000
5.2	Buse serie Φ1000	ml	15000	40	600000
5.3	Buse serie Φ1500	ml	17000	90	1530000
6	TRAVAUX DES GARES				
6.1	POSE DES APPAREILS DE VOIE				
6.1.1	UIC60- 500- 1/12	U	15431565.66	7	108020959.6
6.1.2	UIC 60 – 300- 1/9	U	12624805.23	15	189372078.5
6.2	QUAIS ABRIS DE QUAIS	m ²	7000	5200	36400000
TOTAL DA / HT					3356452318

En lettres : trois milliard et trois- cents cinquante six million et quatre-cents cinquante deux mille et trois-cents dix- huit dinars algériens.

CONCLUSION GENERALE

Le développement des infrastructures de transports est la pierre angulaire de toute politique d'aménagement du territoire. En effet, ce dernier qui est par définition, la meilleure répartition dans un cadre géographique des activités économiques en fonction des ressources naturelles et humaines, ne peut atteindre son objectif sans un développement harmonieux des infrastructures.

On désigne précisément le transport ferroviaire qui est la future solution de plusieurs problèmes que les autres modes (surtout le transport routier) n'ont pas trouvé à ces problèmes des solutions adéquates tel que les problèmes de circulation, le taux de croissance très élevé ; ce qui signifie un gaspillage des carburants qui influe sur la santé des citoyens, le problème du temps de parcours,...etc.

L'état donc a cherché d'investir dans le domaine de chemin de fer par le lancement : la ligne des hauts plateaux, et les autres projets (tracé nouvelle, modernisation et électrification)

L'étude d'avant projet détaillé de la modernisation de la ligne ferroviaire Tissemsilt – Boughezoul (du pk 00+00 au pk 15+000) concernant le tracé en plan , profil en long , profil en travers , le dimensionnement des couches d'assise , l'assainissement ...

Elle nous a permis d'utiliser toutes nos Reconnaissances qu'on a pris durant toutes les 05 années , elle nous a permis aussi de combiner entre les conditions dans les normes (UIC , SNCF , SNTF, ...) et les conditions exigées par la situation réelle , ce qui nous oblige dans certains cas (contraignantes) d'utiliser les cas exceptionnels selon les normes précédentes .

L'étude, aussi, nous a fait connaître la conception des gares (la gare de Tissemsilt). En effet, la gare de Tissemsilt se trouve sur la grande ligne ferroviaire les hauts plateaux, et située à proximité de la ville dans une position stratégique cela permet le développement de la région.

De plus, ce travail nous a permis de développer notre côté informatique, par l'utilisation des logiciels comme AUTOCAD, COVADIS 9.1.

BIBLIOGRAPHIE

- *Conception du tracé de la voie courante $V \leq 220$ km/h (version1 du 12/09/06 SNCF).*
- *Fiches U.I.C :*
 - *703R : caractéristiques de tracé des voies parcourues par des trains de voyageurs rapides.*
 - *719R : ouvrage en terre et couche d'assises ferroviaires (2^{ème} éditions, 01.01.94).*
- *Aménagement et gare trace des voies, édition 03 juin 1985(SNTF).*
- *Cours voie ferrée 5eme année.*
- *Cours de chemin de fer (école HASSANIA des travaux publics)*
- *Mémoires de voie ferrée école nationale des travaux publics.*

Sites internet :

- *Nationale des Transports Ferroviaires, [<http://www.sntf.dz>], Société Algérie.*
- *Alstom transport, [<http://www.transport.alstom.com>], France.*

ANNEXE

I. LA GARE DE TISSEMSILT :

a) Implantation des appareils de voie :

N° Appareil de voie	Coordonnées(x(m), y(m))			
	A	B	C	D
1	392106.4724 3942160.8164	392094.4094 3942149.3909	392082.3507 3942137.9702	392081.1532 3942139.3632
2	392073.5340 3942129.6192	392058.4348 3942115.3178	392043.3359 3942101.0165	392044.5757 3942099.8120
3	391996.7991 3942072.5189	392009.7700 3942082.9022	392021.5802 3942094.6993	392022.8026 3942093.3345
4	391982.8528 3942036.8420	391967.7537 3942022.5406	391953.8943 3942007.0346	391952.6545 3942008.2391
5	391979.4145 3942040.4721	391964.3153 3942026.1707	391949.2162 3942011.8692	391948.0807 3942013.1726
6	391944.1442 3942031.1211	391930.8933 3942021.0975	391918.8304 3942009.6719	391917.6425 3942011.0739
7	391897.2007 3941995.6132	391883.9510 3941985.5881	391871.8881 3941974.1624	391870.6993 3941975.5638
8	391861.0944 3941968.2942	391847.8416 3941958.2731	391835.7788 3941946.8476	391834.5907 3941948.2495
9	391709.4326 3941853.5737	391696.1817 3941843.5502	391684.1189 3914832.1247	391682.9309 3941833.5266
10	391175.8643 394127.4873	391190.9631 3941286.7884	391206.0626 3941301.0902	391207.5496 3941299.3353
11	391182.3430 3941327.9331	391170.2800 3941316.5076	391153.2171 3941305.0820	391159.5526 3941303.8198
12	391130.3199 3941269.2445	391141.0472 3941281.9324	391153.1101 3941293.3580	391151.7743 3941294.6201

Implantation des Eléments de la gare

13	391092.3173 3941224.2968	391103.0446 3941236.9846	391115.1076 3941248.4103	391113.7720 3941249.6725
14	391079.5529 3941209.1997	391058.8255 3941196.5118	391056.7607 3941185.0880	391058.0981 3941183.8239
15	391029.2485 3941152.5437	391041.3114 3941163.9693	391053.3743 3941175.3950	391052.0395 3941176.6581
16	390999.8716 3941105.7924	390984.7724 3941091.4909	390969.6733 3941077.1895	390968.5378 3941078.4928
17	390949.5060 3941092.1649	390937.4430 3941080.7394	390925.3801 3941069.3138	390924.1921 3941070.7158
18	390922.6735 3941039.5595	390937.7726 3941053.8609	390952.8717 3941068.1624	390954.0073 3941066.8591
19	390935.6152 3941060.3710	390924.3388 3941048.1686	390913.0019 3941037.4306	390914.2570 3941036.2444
20	390914.3148 3941063.2441	390901.0639 3941053.2205	390889.0010 3941041.7949	390887.8130 3941043.1969
21	390879.3915 3940998.5641	390894.4904 3941012.8654	390906.5535 3941024.2912	390905.2180 3941025.9934
22	390849.2248 3941014.0068	390835.9739 3941003.9833	390823.9110 3940992.3576	390822.7231 3940958.9597

b) Implantation des quais :

	coordonnées (x(m), y(m))			
QUAI A (300X8) m ²	A 1	A 2	A 3	A 4
	391550.9577 3941625.4916	391556.4591 3941619.6834	391338.6516 3941419.1910	391333.1503 3941419.1910
QUAI B (300X8) m ²	B 1	B 2	B 3	B 4
	391539.7487 3941637.3258	391545.2501 3941631.5175	391327.4426 3941425.2171	391321.9412 3941431.0251

c) Implantation des G/F :

N° de G/F	Les coordonnées	
	X(m)	Y(m)
01	391046.0762	3942128.0864
02	392027.8015	3942083.7864
03	392034.3250	3942104.8743
04	391937.1201	3941991.0090
05	391931.1690	3941997.2920
06	391905.7548	3941999.7968
07	391858.8125	3941964.2873
08	391822.7030	3941936.9724
09	391671.0432	3941822.2495
10	391224.4816	3941315.1898
11	391147.6475	3941292.5610
12	391163.6798	3941305.8790
13	391125.6772	3941260.9312
14	391046.0762	3941172.6756
15	391063.9439	3941187.9159
16	390951.6159	3941062.6251
17	390912.3034	3941059.4386
18	390970.8637	3941082.6874
19	390901.5993	3941024.3231
20	390975.9253	3941031.9197
21	390917.1232	3941036.8121
22	390810.8354	3940982.6825

COVADIS - LISTING DE L'AXE EN PLAN DU PROJET Description

Eléments d'axe		Longueur (m)	Abscisse	X	Y
			0.0000	391470.0623	3941558.0289
Alignement droit		984.7031			
Gisement	51.7269				
			984.7031	392184.9812	3942235.1782
Clothoïde		149.9999			
Paramètre	346.4100				
			1134.7029	392297.0106	3942334.8366
Arc de cercle		1237.7804			
X Centre	392790.3574				
Y Centre	3941705.0677				
Rayon	800.0000				
			2372.4833	393408.3238	3942213.1204
Clothoïde		149.9999			
Paramètre	-346.4100				
			2522.4832	393496.1260	3942091.5755
Alignement droit		195.6537			
Gisement	162.1629				
			2718.1368	393605.6852	3941929.4733
Clothoïde		129.9998			
Paramètre	-483.7350				
			2848.1366	393679.7674	3941822.6566
Arc de cercle		1674.6929			
X Centre	395133.7344				
Y Centre	3942883.7786				
Rayon	1800.0000				
			4522.8294	395115.8130	3941083.8678
Clothoïde		129.9998			
Paramètre	483.7350				
			4652.8292	395245.7922	3941085.7029
Alignement droit		295.1674			
Gisement	98.3350				
			4947.9966	395540.8587	3941093.4220
Clothoïde		169.9998			
Paramètre	504.9750				
			5117.9965	395710.8298	3941094.6571
Arc de cercle		628.7670			
X Centre	395665.0687				
Y Centre	3939595.3553				
Rayon	1500.0000				

Axe en plan

			5746.7635	396317.0984	3940946.2281
Clothoïde		169.9998			
Paramètre	-504.9750				

Eléments d'axe		Longueur (m)	Abscisse	X	Y
			5916.7633	396467.2755	3940866.6131
Alignement droit		901.6403			
Gisement	132.2357				
			6818.4036	397255.7755	3940429.3226
Clothoïde		100.0002			
Paramètre	447.2140				
			6918.4037	397342.8178	3940380.0974
Arc de cercle		748.8217			
X Centre	396329.4108				
Y Centre	3938655.8566				
Rayon	2000.0000				
			7667.2255	397903.2089	3939890.0201
Clothoïde		100.0002			
Paramètre	-447.2140				
			7767.2257	397963.5955	3939810.3147
Alignement droit		766.9616			
Gisement	159.2545				
			8534.1873	398421.6392	3939195.1512
Clothoïde		60.0000			
Paramètre	-424.2640				
			8594.1873	398457.6323	3939147.1464
Arc de cercle		1676.1647			
X Centre	400845.8317				
Y Centre	3940962.7740				
Rayon	3000.0000				
			10270.3520	399783.2663	3938157.2518
Clothoïde		60.0000			
Paramètre	424.2640				
			10330.3520	399839.5169	3938136.3752
Alignement droit		2251.6222			
Gisement	122.4120				
			12581.9742	401953.0452	3937359.9727
Clothoïde		100.0002			
Paramètre	447.2140				
			12681.9744	402046.6191	3937324.7106
Arc de cercle		228.7796			
X Centre	401310.2676				
Y Centre	3935465.1982				
Rayon	2000.0000				

Axe en plan

			12910.7539	402254.0524	3937228.5105
Clothoïde		100.0002			
Paramètre	-447.2140				
			13010.7541	402341.4170	3937179.8597
Alignement droit		454.1747			
Gisement	132.8773				
			13464.9288	402736.3604	3936955.5955
Clothoïde		60.0000			
Paramètre	-424.2640				
			13524.9288	402788.6337	3936926.1427
Arc de cercle		1154.7626			
X Centre	404243.8247				
Y Centre	3939549.5792				
Rayon	3000.0000				
			14679.6914	403880.1758	3936571.7008
Clothoïde		60.0000			
Paramètre	424.2640				
			14739.6914	403939.7803	3936564.8251
Alignement droit		258.1204			
Gisement	107.0993				
			14997.8118	404196.2975	3936536.1004
Longueur totale		14997.8118			

COVADIS - LISTING DU PROFIL EN LONG DU PROJET Description

Caractéristiques	Long. 2D (m)	Long. 3D (m)	S = Abscisse	Z projet (m)	(X,Y) en plan	Z TN (m)
			-0.000	869.196	391470.06, 3941558.03	873.846
Rampe = 0.000 %	1000.000	1000.000				

			1000.000	869.196	392196.09, 3942245.69	866.944
Alignement horizontal	153.160	153.160				
			1153.160	869.196	392311.67, 3942346.05	866.519
Arc de parabole	239.999	240.009				
Rayon = 15000.0000						
			1393.159	871.116	392522.47, 3942458.88	879.315
Rampe = 1.600 %	212.937	212.965				
			1606.097	874.523	392730.19, 3942502.80	884.776
Arc de parabole	319.999	320.013				
Rayon = -10000.0000						
S haut = 1766.097						
Z haut = 875.803						
			1926.096	874.523	393045.59, 3942463.26	878.025
Pente = -1.600 %	916.283	916.400				
			2842.379	859.862	393676.38, 3941827.31	854.059
Arc de parabole	383.999	384.016				
Rayon = 12000.0000						
S bas = 3034.379						
Z bas = 858.326						
			3226.378	859.862	393933.09, 3941542.71	866.585
Rampe = 1.600 %	925.110	925.228				
			4151.488	874.664	394747.50, 3941125.71	869.668
Arc de parabole	209.998	210.005				
Rayon = -10000.0000						

Profil en long

S haut = 4311.488						
Z haut = 875.944						
			4361.486	875.819	394954.76, 3941092.70	870.715
Pente = -0.500 %	306.668	306.671				
			4668.153	874.286	395261.11, 3941086.10	876.279
Arc de parabole	209.999	210.006				
Rayon = 10000.0000						
S bas = 4718.153						
Z bas = 874.161						
			4878.152	875.441	395471.04, 3941091.60	865.655
Rampe = 1.600 %	1000.137	1000.265				
			5878.289	891.443	396433.61, 3940885.24	896.775
Arc de parabole	320.001	320.014				
Rayon = -10000.0000						
S haut = 6038.289						
Z haut = 892.723						
			6198.289	891.443	396713.47, 3940730.07	904.278
Pente = -1.600 %	2993.565	2993.948				
			9191.854	843.546	398864.19, 3938710.42	837.295
Arc de parabole	79.998	80.006				
Rayon = 20000.0000						
			9271.852	842.426	398924.95, 3938658.38	842.809
Pente = -1.200 %	730.102	730.155				
			10001.954	833.665	399536.85, 3938263.41	833.912
Arc de parabole	137.220	137.223				
Rayon = 12000.0000						
			10139.174	832.803	399661.65, 3938206.38	834.295

Profil en long

Pente = -0.057 %	2421.439	2421.439				
			12560.613	831.434	401932.99, 3937367.34	830.178
Arc de parabole	47.510	47.510				
Rayon = -10000.0000						
			12608.123	831.295	401977.58, 3937350.94	829.662
Pente = -0.532 %	1727.175	1727.199				
			14335.297	822.113	403541.46, 3936632.96	822.794
Arc de parabole	159.747	159.756				
Rayon = -15000.0000						
			14495.044	820.413	403697.69, 3936599.71	822.991
Pente = -1.597 %	502.768	502.832				
			14997.812	812.386	404196.30, 3936536.10	808.836

Tabulations

COVADIS - RECAPITULATIF DES TABULATIONS – PK00.00a PK01.00

		Elément			Langueur d'application	Altitude		Point d'axe	
Profil n°	Abscisse	Origine	Axe	Projet		TN	Projet	X	Y

P1	0.000	Extremité	AD	AD	12.500	873.846	868.473	391470.061	3941558.029
P2	25.000	Interv	AD	AD	25.000	872.821	868.473	391488.212	3941575.221
P3	50.000	Interv	AD	AD	25.000	871.635	868.473	391506.363	3941592.413
P4	75.000	Interv	AD	AD	25.000	870.431	868.473	391524.513	3941609.605
P5	100.000	Interv	AD	AD	25.000	869.117	868.473	391542.664	3941626.796
P6	125.000	Interv	AD	AD	25.000	867.619	868.473	391560.815	3941643.988
P7	150.000	Interv	AD	AD	25.000	865.976	868.473	391578.965	3941661.180
P8	175.000	Interv	AD	AD	25.000	864.695	868.473	391597.116	3941678.371
P9	200.000	Interv	AD	AD	25.000	863.627	868.473	391615.266	3941695.563
P10	225.000	Interv	AD	AD	25.000	862.647	868.473	391633.417	3941712.755
P11	250.000	Interv	AD	AD	25.000	861.853	868.473	391651.568	3941729.946
P12	275.000	Interv	AD	AD	25.000	861.164	868.473	391669.718	3941747.138
P13	300.000	Interv	AD	AD	25.000	860.924	868.473	391687.869	3941764.330
P14	325.000	Interv	AD	AD	25.000	860.705	868.473	391706.020	3941781.522
P15	350.000	Interv	AD	AD	25.000	860.625	868.473	391724.170	3941798.713
P16	375.000	Interv	AD	AD	25.000	860.724	868.473	391742.321	3941815.905
P17	400.000	Interv	AD	AD	25.000	860.857	868.473	391760.471	3941833.097
P18	425.000	Interv	AD	AD	25.000	860.757	868.473	391778.622	3941850.288
P19	450.000	Interv	AD	AD	25.000	860.776	868.473	391796.773	3941867.480
P20	475.000	Interv	AD	AD	25.000	860.674	868.473	391814.923	3941884.672
P21	500.000	Interv	AD	AD	25.000	860.613	868.473	391833.074	3941901.864
P22	525.000	Interv	AD	AD	25.000	860.732	868.473	391851.224	3941919.055
P23	550.000	Interv	AD	AD	25.000	860.592	868.473	391869.375	3941936.247
P24	575.000	Interv	AD	AD	25.000	860.583	868.473	391887.526	3941953.439
P25	600.000	Interv	AD	AD	25.000	860.534	868.473	391905.676	3941970.630
P26	625.000	Interv	AD	AD	25.000	860.645	868.473	391923.827	3941987.822
P27	650.000	Interv	AD	AD	25.000	860.739	868.473	391941.978	3942005.014
P28	675.000	Interv	AD	AD	25.000	860.919	868.473	391960.128	3942022.206
P29	700.000	Interv	AD	AD	25.000	861.120	868.473	391978.279	3942039.397
P30	725.000	Interv	AD	AD	25.000	861.442	868.473	391996.429	3942056.589
P31	750.000	Interv	AD	AD	25.000	861.838	868.473	392014.580	3942073.781
P32	775.000	Interv	AD	AD	25.000	862.437	868.473	392032.731	3942090.972
P33	800.000	Interv	AD	AD	25.000	863.159	868.473	392050.881	3942108.164
P34	825.000	Interv	AD	AD	25.000	863.907	868.473	392069.032	3942125.356
P35	850.000	Interv	AD	AD	25.000	864.473	868.473	392087.183	3942142.548
P36	875.000	Interv	AD	AD	25.000	865.092	868.473	392105.333	3942159.739
P37	900.000	Interv	AD	AD	25.000	865.633	868.473	392123.484	3942176.931
P38	925.000	Interv	AD	AD	25.000	866.089	868.473	392141.634	3942194.123
P39	950.000	Interv	AD	AD	25.000	866.407	868.473	392159.785	3942211.314
P40	975.000	Interv	AD	AD	25.000	866.690	868.473	392177.936	3942228.506
P41	1000.000	Extremité	AD		12.500	866.915	868.473	392196.090	3942245.694

Tabulations

COVADIS - RECAPITULATIF DES TABULATIONS - PK1.00a PK15.00

		Elément			Langueur d'application	Altitude		Point d'axe	
Profil n°	Abscisse	Origine	Axe	Projet		TN	Projet	X	Y
P2	1000.000	Interv	Clo		12.500	866.944	869.196	392196.091	3942245.694
P3	1025.000	Interv	Clo	AD	25.000	867.106	869.196	392214.300	3942262.823
P4	1050.000	Interv	Clo	AD	25.000	867.317	869.196	392232.653	3942279.799
P5	1075.000	Interv	Clo	AD	25.000	867.430	869.196	392251.235	3942296.523
P6	1100.000	Interv	Clo	AD	25.000	867.183	869.196	392270.128	3942312.895
P7	1125.000	Interv	Clo	AD	17.351	866.845	869.196	392289.408	3942328.808
P8	1134.703	Axe	Arc	AD	12.500	866.724	869.196	392297.011	3942334.837
P9	1150.000	Interv	Arc	AD	20.149	866.564	869.196	392309.142	3942344.154
P10	1175.000	Interv	Arc	RP	25.000	866.536	869.212	392329.345	3942358.878
P11	1200.000	Interv	Arc	RP	25.000	867.488	869.269	392349.999	3942372.963
P12	1225.000	Interv	Arc	RP	25.000	868.259	869.368	392371.082	3942386.396
P13	1250.000	Interv	Arc	RP	25.000	869.263	869.509	392392.575	3942399.163
P14	1275.000	Interv	Arc	RP	25.000	870.576	869.691	392414.456	3942411.253
P15	1300.000	Interv	Arc	RP	25.000	872.351	869.915	392436.704	3942422.653
P16	1325.000	Interv	Arc	RP	25.000	874.371	870.180	392459.298	3942433.353
P17	1350.000	Interv	Arc	RP	25.000	876.270	870.488	392482.214	3942443.341
P18	1375.000	Interv	Arc	RP	25.000	878.026	870.836	392505.432	3942452.609
P19	1400.000	Interv	Arc	AD	25.000	879.796	871.225	392528.928	3942461.146
P20	1425.000	Interv	Arc	AD	25.000	881.464	871.625	392552.679	3942468.945
P21	1450.000	Interv	Arc	AD	25.000	882.532	872.025	392576.663	3942475.999
P22	1475.000	Interv	Arc	AD	25.000	883.394	872.425	392600.855	3942482.299
P23	1500.000	Interv	Arc	AD	25.000	883.999	872.825	392625.232	3942487.841
P24	1525.000	Interv	Arc	AD	25.000	884.397	873.225	392649.770	3942492.618
P25	1550.000	Interv	Arc	AD	25.000	884.639	873.625	392674.446	3942496.626
P26	1575.000	Interv	Arc	AD	25.000	884.798	874.025	392699.234	3942499.861
P27	1600.000	Interv	Arc	AD	25.000	884.808	874.425	392724.112	3942502.320
P28	1625.000	Interv	Arc	RP	25.000	884.707	874.808	392749.055	3942504.001
P29	1650.000	Interv	Arc	RP	25.000	884.439	875.129	392774.037	3942504.901
P30	1675.000	Interv	Arc	RP	25.000	883.961	875.388	392799.036	3942505.021
P31	1700.000	Interv	Arc	RP	25.000	883.327	875.585	392824.026	3942504.359
P32	1725.000	Interv	Arc	RP	25.000	882.642	875.719	392848.984	3942502.917

Tabulations

P33	1750.000	Interv	Arc	RP	25.000	882.089	875.790	392873.884	3942500.695
P34	1775.000	Interv	Arc	RP	25.000	881.601	875.799	392898.702	3942497.697
P35	1800.000	Interv	Arc	RP	25.000	881.065	875.745	392923.415	3942493.925
P36	1825.000	Interv	Arc	RP	25.000	880.490	875.629	392947.998	3942489.382
P37	1850.000	Interv	Arc	RP	25.000	879.900	875.451	392972.427	3942484.074
P38	1875.000	Interv	Arc	RP	25.000	879.308	875.210	392996.678	3942478.005
P39	1900.000	Interv	Arc	RP	25.000	878.658	874.906	393020.727	3942471.181
P40	1925.000	Interv	Arc	RP	25.000	878.052	874.540	393044.552	3942463.609
P41	1950.000	Interv	Arc	AD	25.000	877.392	874.140	393068.129	3942455.297
P42	1975.000	Interv	Arc	AD	25.000	876.714	873.740	393091.434	3942446.251
P43	2000.000	Interv	Arc	AD	25.000	876.125	873.340	393114.445	3942436.482
P44	2025.000	Interv	Arc	AD	25.000	875.707	872.941	393137.140	3942425.999
P45	2050.000	Interv	Arc	AD	25.000	875.421	872.541	393159.496	3942414.812
P46	2075.000	Interv	Arc	AD	25.000	875.254	872.141	393181.491	3942402.932
P47	2100.000	Interv	Arc	AD	25.000	875.015	871.741	393203.105	3942390.370
P48	2125.000	Interv	Arc	AD	25.000	874.749	871.341	393224.316	3942377.139
P49	2150.000	Interv	Arc	AD	25.000	874.294	870.941	393245.103	3942363.252
P50	2175.000	Interv	Arc	AD	25.000	873.657	870.541	393265.446	3942348.722
P51	2200.000	Interv	Arc	AD	25.000	872.795	870.141	393285.325	3942333.564
P52	2225.000	Interv	Arc	AD	25.000	871.838	869.741	393304.720	3942317.792
P53	2250.000	Interv	Arc	AD	25.000	870.916	869.341	393323.614	3942301.421
P54	2275.000	Interv	Arc	AD	25.000	870.021	868.941	393341.986	3942284.469
P55	2300.000	Interv	Arc	AD	25.000	869.072	868.541	393359.820	3942266.950
P56	2325.000	Interv	Arc	AD	25.000	868.070	868.141	393377.098	3942248.883
P57	2350.000	Interv	Arc	AD	23.742	867.004	867.741	393393.803	3942230.285
P58	2372.483	Axe	Clo	AD	12.500	866.039	867.381	393408.324	3942213.120
P59	2375.000	Interv	Clo	AD	13.758	865.924	867.341	393409.919	3942211.174
P60	2400.000	Interv	Clo	AD	25.000	864.589	866.941	393425.453	3942191.586
P61	2425.000	Interv	Clo	AD	25.000	863.222	866.541	393440.481	3942171.609
P62	2450.000	Interv	Clo	AD	25.000	862.214	866.141	393455.102	3942151.330
P63	2475.000	Interv	Clo	AD	25.000	861.235	865.741	393469.414	3942130.832
P64	2500.000	Interv	Clo	AD	23.742	860.376	865.341	393483.523	3942110.194
P65	2522.483	Axe	AD	AD	12.500	859.648	864.981	393496.126	3942091.575
P66	2525.000	Interv	AD	AD	13.758	859.566	864.941	393497.535	3942089.490
P67	2550.000	Interv	AD	AD	25.000	858.740	864.541	393511.534	3942068.777
P68	2575.000	Interv	AD	AD	25.000	857.939	864.141	393525.534	3942048.064
P69	2600.000	Interv	AD	AD	25.000	857.207	863.741	393539.533	3942027.352
P70	2625.000	Interv	AD	AD	25.000	856.489	863.341	393553.532	3942006.639
P71	2650.000	Interv	AD	AD	25.000	855.808	862.941	393567.531	3941985.926

Tabulations

P72	2675.000	Interv	AD	AD	25.000	855.128	862.541	393581.530	3941965.213
P73	2700.000	Interv	AD	AD	21.568	854.361	862.141	393595.529	3941944.500
P74	2718.137	Axe	Clo	AD	12.500	853.898	861.850	393605.685	3941929.473
P75	2725.000	Interv	Clo	AD	15.932	853.742	861.741	393609.529	3941923.787
P76	2750.000	Interv	Clo	AD	20.318	853.713	861.341	393623.547	3941903.087
P76.1	2765.637	Passage	Clo	AD	12.500	853.544	861.090	393632.347	3941890.162
P77	2775.000	Interv	Clo	AD	11.250	853.927	860.941	393637.635	3941882.435
P77.1	2788.137	Passage	Clo	AD	12.500	853.581	860.730	393645.085	3941871.615
P78	2800.000	Interv	Clo	AD	18.432	853.828	860.541	393651.849	3941861.869
P79	2825.000	Interv	Clo	AD	24.068	854.477	860.141	393666.241	3941841.427
P80	2848.137	Axe	Arc	RP	12.500	853.799	859.772	393679.767	3941822.657
P81	2850.000	Interv	Arc	RP	13.432	853.715	859.743	393680.867	3941821.152
P82	2875.000	Interv	Arc	RP	25.000	852.842	859.385	393695.765	3941801.076
P83	2900.000	Interv	Arc	RP	25.000	853.093	859.079	393710.941	3941781.210
P84	2925.000	Interv	Arc	RP	25.000	853.134	858.825	393726.391	3941761.556
P85	2950.000	Interv	Arc	RP	25.000	853.030	858.623	393742.113	3941742.118
P86	2975.000	Interv	Arc	RP	25.000	853.164	858.473	393758.103	3941722.901
P87	3000.000	Interv	Arc	RP	25.000	853.340	858.376	393774.358	3941703.907
P88	3025.000	Interv	Arc	RP	25.000	853.777	858.330	393790.876	3941685.141
P89	3050.000	Interv	Arc	RP	25.000	854.873	858.337	393807.653	3941666.607
P90	3075.000	Interv	Arc	RP	25.000	856.122	858.395	393824.685	3941648.307
P91	3100.000	Interv	Arc	RP	25.000	857.893	858.506	393841.970	3941630.246
P92	3125.000	Interv	Arc	RP	25.000	859.858	858.669	393859.504	3941612.426
P93	3150.000	Interv	Arc	RP	25.000	861.678	858.883	393877.284	3941594.851
P94	3175.000	Interv	Arc	RP	25.000	863.490	859.150	393895.307	3941577.526
P95	3200.000	Interv	Arc	RP	25.000	865.051	859.469	393913.568	3941560.452
P96	3225.000	Interv	Arc	RP	25.000	866.505	859.840	393932.065	3941543.633
P97	3250.000	Interv	Arc	AD	25.000	867.858	860.240	393950.793	3941527.073
P98	3275.000	Interv	Arc	AD	25.000	869.141	860.640	393969.750	3941510.775
P99	3300.000	Interv	Arc	AD	25.000	870.239	861.040	393988.931	3941494.741
P100	3325.000	Interv	Arc	AD	25.000	871.246	861.440	394008.333	3941478.976
P101	3350.000	Interv	Arc	AD	25.000	872.569	861.840	394027.952	3941463.481
P102	3375.000	Interv	Arc	AD	25.000	873.989	862.240	394047.784	3941448.260
P103	3400.000	Interv	Arc	AD	25.000	875.439	862.640	394067.826	3941433.317
P104	3425.000	Interv	Arc	AD	25.000	876.701	863.040	394088.074	3941418.653
P105	3450.000	Interv	Arc	AD	25.000	874.768	863.440	394108.523	3941404.272
P106	3475.000	Interv	Arc	AD	25.000	872.386	863.840	394129.170	3941390.176
P107	3500.000	Interv	Arc	AD	25.000	870.245	864.240	394150.010	3941376.368
P108	3525.000	Interv	Arc	AD	25.000	868.219	864.640	394171.041	3941362.851

Tabulations

P109	3550.000	Interv	Arc	AD	25.000	866.292	865.040	394192.257	3941349.627
P110	3575.000	Interv	Arc	AD	25.000	864.410	865.440	394213.655	3941336.700
P111	3600.000	Interv	Arc	AD	25.000	862.735	865.840	394235.230	3941324.070
P112	3625.000	Interv	Arc	AD	25.000	861.161	866.240	394256.979	3941311.742
P113	3650.000	Interv	Arc	AD	25.000	860.224	866.640	394278.896	3941299.717
P114	3675.000	Interv	Arc	AD	25.000	859.817	867.040	394300.979	3941287.997
P115	3700.000	Interv	Arc	AD	25.000	859.954	867.440	394323.222	3941276.585
P116	3725.000	Interv	Arc	AD	25.000	860.123	867.840	394345.622	3941265.484
P117	3750.000	Interv	Arc	AD	25.000	860.171	868.240	394368.173	3941254.694
P118	3775.000	Interv	Arc	AD	25.000	860.174	868.640	394390.873	3941244.219
P119	3800.000	Interv	Arc	AD	25.000	860.250	869.040	394413.715	3941234.060
P120	3825.000	Interv	Arc	AD	25.000	860.362	869.440	394436.697	3941224.219
P121	3850.000	Interv	Arc	AD	25.000	860.767	869.840	394459.813	3941214.698
P122	3875.000	Interv	Arc	AD	25.000	861.261	870.240	394483.059	3941205.499
P123	3900.000	Interv	Arc	AD	25.000	861.873	870.640	394506.430	3941196.624
P124	3925.000	Interv	Arc	AD	25.000	862.522	871.040	394529.923	3941188.075
P125	3950.000	Interv	Arc	AD	25.000	863.120	871.440	394553.531	3941179.852
P126	3975.000	Interv	Arc	AD	25.000	863.719	871.840	394577.252	3941171.959
P127	4000.000	Interv	Arc	AD	25.000	864.342	872.240	394601.080	3941164.395
P128	4025.000	Interv	Arc	AD	25.000	865.006	872.640	394625.011	3941157.163
P129	4050.000	Interv	Arc	AD	25.000	865.706	873.040	394649.040	3941150.264
P130	4075.000	Interv	Arc	AD	25.000	866.432	873.440	394673.163	3941143.700
P131	4100.000	Interv	Arc	AD	25.000	867.558	873.840	394697.374	3941137.471
P132	4125.000	Interv	Arc	AD	25.000	868.777	874.240	394721.670	3941131.579
P133	4150.000	Interv	Arc	AD	25.000	869.634	874.640	394746.045	3941126.025
P134	4175.000	Interv	Arc	RP	25.000	869.890	875.013	394770.495	3941120.810
P135	4200.000	Interv	Arc	RP	25.000	870.500	875.323	394795.015	3941115.936
P136	4225.000	Interv	Arc	RP	25.000	871.208	875.570	394819.600	3941111.402
P137	4250.000	Interv	Arc	RP	25.000	871.506	875.755	394844.246	3941107.210
P138	4275.000	Interv	Arc	RP	25.000	871.761	875.878	394868.948	3941103.361
P139	4300.000	Interv	Arc	RP	25.000	871.523	875.938	394893.700	3941099.855
P140	4325.000	Interv	Arc	RP	25.000	871.111	875.935	394918.499	3941096.693
P141	4350.000	Interv	Arc	RP	25.000	870.841	875.870	394943.340	3941093.876
P142	4375.000	Interv	Arc	AD	25.000	870.566	875.752	394968.217	3941091.405
P143	4400.000	Interv	Arc	AD	25.000	870.596	875.627	394993.127	3941089.279
P144	4425.000	Interv	Arc	AD	25.000	870.915	875.502	395018.063	3941087.499
P145	4450.000	Interv	Arc	AD	25.000	871.110	875.377	395043.022	3941086.066
P146	4475.000	Interv	Arc	AD	25.000	871.421	875.252	395067.998	3941084.979
P147	4500.000	Interv	Arc	AD	23.915	872.359	875.127	395092.987	3941084.240

Tabulations

P148	4522.829	Axe	Clo	AD	12.500	873.259	875.012	395115.813	3941083.868
P149	4525.000	Interv	Clo	AD	13.585	873.346	875.002	395117.983	3941083.848
P150	4550.000	Interv	Clo	AD	25.000	873.815	874.877	395142.983	3941083.788
P151	4575.000	Interv	Clo	AD	25.000	874.267	874.752	395167.982	3941084.003
P152	4600.000	Interv	Clo	AD	25.000	874.695	874.627	395192.979	3941084.426
P153	4625.000	Interv	Clo	AD	25.000	875.115	874.502	395217.972	3941084.991
P154	4650.000	Interv	Clo	AD	13.915	876.157	874.377	395242.964	3941085.629
P155	4652.829	Axe	AD	AD	12.500	876.290	874.363	395245.792	3941085.703
P156	4675.000	Interv	AD	RP	23.585	876.221	874.254	395267.955	3941086.283
P157	4700.000	Interv	AD	RP	25.000	875.438	874.177	395292.947	3941086.937
P158	4725.000	Interv	AD	RP	25.000	874.526	874.163	395317.938	3941087.590
P159	4750.000	Interv	AD	RP	25.000	872.419	874.212	395342.930	3941088.244
P160	4775.000	Interv	AD	RP	25.000	870.351	874.322	395367.921	3941088.898
P161	4800.000	Interv	AD	RP	25.000	868.416	874.496	395392.913	3941089.552
P162	4825.000	Interv	AD	RP	25.000	866.123	874.732	395417.904	3941090.205
P163	4850.000	Interv	AD	RP	25.000	864.560	875.030	395442.896	3941090.859
P164	4875.000	Interv	AD	RP	25.000	865.557	875.391	395467.887	3941091.513
P165	4900.000	Interv	AD	AD	25.000	866.647	875.790	395492.878	3941092.167
P166	4925.000	Interv	AD	AD	23.998	867.786	876.190	395517.870	3941092.821
P167	4947.997	Axe	Clo	AD	12.500	868.287	876.558	395540.859	3941093.422
P168	4950.000	Interv	Clo	AD	13.502	868.317	876.590	395542.861	3941093.474
P169	4975.000	Interv	Clo	AD	25.000	868.697	876.990	395567.853	3941094.115
P170	5000.000	Interv	Clo	AD	25.000	869.190	877.390	395592.847	3941094.690
P171	5025.000	Interv	Clo	AD	25.000	869.807	877.790	395617.843	3941095.137
P172	5050.000	Interv	Clo	AD	25.000	870.479	878.190	395642.841	3941095.396
P173	5075.000	Interv	Clo	AD	25.000	871.242	878.590	395667.841	3941095.405
P174	5100.000	Interv	Clo	AD	21.498	871.956	878.990	395692.839	3941095.102
P175	5117.996	Axe	Arc	AD	12.500	872.749	879.278	395710.830	3941094.657
P176	5125.000	Interv	Arc	AD	16.002	873.116	879.390	395717.830	3941094.427
P177	5150.000	Interv	Arc	AD	25.000	873.950	879.790	395742.806	3941093.340
P178	5175.000	Interv	Arc	AD	25.000	874.646	880.190	395767.760	3941091.836
P179	5200.000	Interv	Arc	AD	25.000	875.671	880.590	395792.686	3941089.917
P180	5225.000	Interv	Arc	AD	25.000	877.036	880.990	395817.576	3941087.582
P181	5250.000	Interv	Arc	AD	25.000	876.885	881.390	395842.425	3941084.833
P182	5275.000	Interv	Arc	AD	25.000	872.388	881.790	395867.223	3941081.671
P183	5300.000	Interv	Arc	AD	25.000	874.865	882.191	395891.966	3941078.095
P184	5325.000	Interv	Arc	AD	25.000	876.817	882.591	395916.646	3941074.108
P185	5350.000	Interv	Arc	AD	25.000	877.028	882.991	395941.256	3941069.710
P186	5375.000	Interv	Arc	AD	25.000	877.810	883.391	395965.789	3941064.902

Tabulations

P187	5400.000	Interv	Arc	AD	25.000	878.683	883.791	395990.238	3941059.686
P188	5425.000	Interv	Arc	AD	25.000	879.452	884.191	396014.597	3941054.063
P189	5450.000	Interv	Arc	AD	25.000	880.370	884.591	396038.860	3941048.036
P190	5475.000	Interv	Arc	AD	25.000	882.661	884.991	396063.018	3941041.604
P191	5500.000	Interv	Arc	AD	25.000	886.495	885.391	396087.066	3941034.771
P192	5525.000	Interv	Arc	AD	25.000	889.571	885.791	396110.996	3941027.538
P193	5550.000	Interv	Arc	AD	25.000	890.532	886.191	396134.803	3941019.908
P194	5575.000	Interv	Arc	AD	25.000	891.158	886.591	396158.479	3941011.881
P195	5600.000	Interv	Arc	AD	25.000	891.425	886.991	396182.018	3941003.462
P196	5625.000	Interv	Arc	AD	25.000	891.420	887.391	396205.414	3940994.651
P197	5650.000	Interv	Arc	AD	25.000	891.713	887.791	396228.659	3940985.451
P198	5675.000	Interv	Arc	AD	25.000	891.921	888.191	396251.748	3940975.865
P199	5700.000	Interv	Arc	AD	25.000	892.422	888.591	396274.674	3940965.896
P200	5725.000	Interv	Arc	AD	23.382	892.924	888.991	396297.431	3940955.546
P201	5746.763	Axe	Clo	AD	12.500	892.741	889.339	396317.098	3940946.228
P202	5750.000	Interv	Clo	AD	14.118	892.662	889.391	396320.012	3940944.818
P203	5775.000	Interv	Clo	AD	25.000	892.435	889.791	396342.417	3940933.729
P204	5800.000	Interv	Clo	AD	25.000	893.779	890.191	396364.667	3940922.329
P205	5825.000	Interv	Clo	AD	25.000	895.364	890.591	396386.784	3940910.675
P206	5850.000	Interv	Clo	AD	25.000	896.186	890.991	396408.796	3940898.823
P207	5875.000	Interv	Clo	AD	25.000	896.698	891.391	396430.730	3940886.826
P208	5900.000	Interv	Clo	RP	20.882	897.480	891.767	396452.614	3940874.740
P209	5916.763	Axe	AD	RP	12.500	898.022	891.985	396467.276	3940866.613
P210	5925.000	Interv	AD	RP	16.618	898.275	892.081	396474.479	3940862.618
P211	5950.000	Interv	AD	RP	25.000	899.069	892.333	396496.342	3940850.493
P212	5975.000	Interv	AD	RP	25.000	899.858	892.523	396518.205	3940838.369
P213	6000.000	Interv	AD	RP	25.000	900.381	892.650	396540.067	3940826.244
P214	6025.000	Interv	AD	RP	25.000	900.825	892.714	396561.930	3940814.119
P215	6050.000	Interv	AD	RP	25.000	901.162	892.716	396583.793	3940801.994
P216	6075.000	Interv	AD	RP	25.000	901.461	892.656	396605.656	3940789.869
P217	6100.000	Interv	AD	RP	25.000	901.291	892.533	396627.519	3940777.744
P218	6125.000	Interv	AD	RP	25.000	902.058	892.347	396649.382	3940765.619
P219	6150.000	Interv	AD	RP	25.000	902.871	892.099	396671.245	3940753.495
P220	6175.000	Interv	AD	RP	25.000	903.667	891.789	396693.108	3940741.370
P221	6200.000	Interv	AD	AD	25.000	904.321	891.416	396714.971	3940729.245
P222	6225.000	Interv	AD	AD	25.000	904.862	891.016	396736.834	3940717.120
P223	6250.000	Interv	AD	AD	25.000	905.281	890.616	396758.697	3940704.995
P224	6275.000	Interv	AD	AD	25.000	905.715	890.216	396780.560	3940692.870
P225	6300.000	Interv	AD	AD	25.000	906.104	889.816	396802.423	3940680.745

Tabulations

P226	6325.000	Interv	AD	AD	25.000	906.434	889.416	396824.286	3940668.621
P227	6350.000	Interv	AD	AD	25.000	906.414	889.016	396846.149	3940656.496
P228	6375.000	Interv	AD	AD	25.000	906.422	888.616	396868.011	3940644.371
P229	6400.000	Interv	AD	AD	25.000	906.356	888.216	396889.874	3940632.246
P230	6425.000	Interv	AD	AD	25.000	906.415	887.816	396911.737	3940620.121
P231	6450.000	Interv	AD	AD	25.000	905.437	887.416	396933.600	3940607.996
P232	6475.000	Interv	AD	AD	25.000	904.275	887.016	396955.463	3940595.871
P233	6500.000	Interv	AD	AD	25.000	903.302	886.616	396977.326	3940583.747
P234	6525.000	Interv	AD	AD	25.000	902.247	886.216	396999.189	3940571.622
P235	6550.000	Interv	AD	AD	25.000	900.112	885.816	397021.052	3940559.497
P236	6575.000	Interv	AD	AD	25.000	899.992	885.416	397042.915	3940547.372
P237	6600.000	Interv	AD	AD	25.000	899.724	885.016	397064.778	3940535.247
P238	6625.000	Interv	AD	AD	25.000	899.295	884.616	397086.641	3940523.122
P239	6650.000	Interv	AD	AD	25.000	898.748	884.216	397108.504	3940510.997
P240	6675.000	Interv	AD	AD	25.000	897.488	883.816	397130.367	3940498.873
P241	6700.000	Interv	AD	AD	25.000	896.070	883.416	397152.230	3940486.748
P242	6725.000	Interv	AD	AD	25.000	893.932	883.016	397174.092	3940474.623
P243	6750.000	Interv	AD	AD	25.000	891.243	882.616	397195.955	3940462.498
P244	6775.000	Interv	AD	AD	25.000	887.873	882.216	397217.818	3940450.373
P245	6800.000	Interv	AD	AD	21.702	886.031	881.816	397239.681	3940438.248
P246	6818.404	Axe	Clo	AD	12.500	883.842	881.521	397255.776	3940429.323
P247	6825.000	Interv	Clo	AD	15.798	884.102	881.416	397261.544	3940426.123
P248	6850.000	Interv	Clo	AD	25.000	885.200	881.016	397283.394	3940413.976
P249	6875.000	Interv	Clo	AD	25.000	886.530	880.616	397305.196	3940401.742
P250	6900.000	Interv	Clo	AD	21.702	886.938	880.216	397326.911	3940389.354
P251	6918.404	Axe	Clo	AD	12.500	887.312	879.921	397342.818	3940380.097
P252	6925.000	Interv	Arc	AD	15.798	887.381	879.816	397348.499	3940376.746
P253	6950.000	Interv	Arc	AD	25.000	887.276	879.416	397369.930	3940363.873
P254	6975.000	Interv	Arc	AD	25.000	886.720	879.016	397391.198	3940350.733
P255	7000.000	Interv	Arc	AD	25.000	886.424	878.616	397412.301	3940337.329
P256	7025.000	Interv	Arc	AD	25.000	886.648	878.216	397433.234	3940323.662
P257	7050.000	Interv	Arc	AD	25.000	886.716	877.816	397453.995	3940309.734
P258	7075.000	Interv	Arc	AD	25.000	885.814	877.416	397474.580	3940295.548
P259	7100.000	Interv	Arc	AD	25.000	883.545	877.016	397494.986	3940281.106
P260	7125.000	Interv	Arc	AD	25.000	882.260	876.616	397515.210	3940266.409
P261	7150.000	Interv	Arc	AD	25.000	880.916	876.216	397535.249	3940251.461
P262	7175.000	Interv	Arc	AD	25.000	878.183	875.816	397555.099	3940236.264
P263	7200.000	Interv	Arc	AD	25.000	873.897	875.416	397574.758	3940220.820
P264	7225.000	Interv	Arc	AD	25.000	874.560	875.016	397594.222	3940205.131

Tabulations

P265	7250.000	Interv	Arc	AD	25.000	873.172	874.616	397613.489	3940189.201
P266	7275.000	Interv	Arc	AD	25.000	871.106	874.216	397632.555	3940173.030
P267	7300.000	Interv	Arc	AD	25.000	869.746	873.816	397651.417	3940156.623
P268	7325.000	Interv	Arc	AD	25.000	867.136	873.416	397670.073	3940139.981
P269	7350.000	Interv	Arc	AD	25.000	863.833	873.016	397688.519	3940123.107
P270	7375.000	Interv	Arc	AD	25.000	865.628	872.616	397706.753	3940106.004
P271	7400.000	Interv	Arc	AD	25.000	866.434	872.216	397724.772	3940088.674
P272	7425.000	Interv	Arc	AD	25.000	867.307	871.816	397742.573	3940071.121
P273	7450.000	Interv	Arc	AD	25.000	868.116	871.416	397760.153	3940053.346
P274	7475.000	Interv	Arc	AD	25.000	869.146	871.016	397777.509	3940035.353
P275	7500.000	Interv	Arc	AD	25.000	868.038	870.616	397794.639	3940017.145
P276	7525.000	Interv	Arc	AD	25.000	867.194	870.216	397811.540	3939998.724
P277	7550.000	Interv	Arc	AD	25.000	867.847	869.816	397828.210	3939980.093
P278	7575.000	Interv	Arc	AD	25.000	867.834	869.416	397844.646	3939961.255
P279	7600.000	Interv	Arc	AD	25.000	868.496	869.016	397860.844	3939942.213
P280	7625.000	Interv	Arc	AD	25.000	866.788	868.616	397876.804	3939922.970
P281	7650.000	Interv	Arc	AD	21.113	863.538	868.216	397892.521	3939903.529
P282	7667.225	Axe	Clo	AD	12.500	862.078	867.940	397903.209	3939890.020
P283	7675.000	Interv	Clo	AD	16.387	861.461	867.816	397907.995	3939883.893
P284	7700.000	Interv	Clo	AD	25.000	859.211	867.416	397923.245	3939864.083
P285	7725.000	Interv	Clo	AD	25.000	856.854	867.016	397938.327	3939844.145
P286	7750.000	Interv	Clo	AD	21.113	853.365	866.616	397953.305	3939824.129
P287	7767.226	Axe	AD	AD	12.500	851.050	866.340	397963.596	3939810.315
P288	7775.000	Interv	AD	AD	16.387	850.006	866.216	397968.239	3939804.079
P289	7800.000	Interv	AD	AD	25.000	844.924	865.816	397983.169	3939784.027
P290	7825.000	Interv	AD	AD	25.000	841.163	865.416	397998.099	3939763.975
P291	7850.000	Interv	AD	AD	25.000	838.162	865.016	398013.030	3939743.923
P292	7875.000	Interv	AD	AD	25.000	839.781	864.616	398027.960	3939723.871
P293	7900.000	Interv	AD	AD	25.000	840.040	864.216	398042.891	3939703.819
P294	7925.000	Interv	AD	AD	25.000	842.320	863.816	398057.821	3939683.767
P295	7950.000	Interv	AD	AD	25.000	844.805	863.416	398072.752	3939663.715
P296	7975.000	Interv	AD	AD	25.000	845.285	863.016	398087.682	3939643.663
P297	8000.000	Interv	AD	AD	25.000	845.045	862.616	398102.613	3939623.611
P298	8025.000	Interv	AD	AD	25.000	844.981	862.216	398117.543	3939603.559
P299	8050.000	Interv	AD	AD	25.000	844.983	861.816	398132.474	3939583.507
P300	8075.000	Interv	AD	AD	25.000	845.669	861.416	398147.404	3939563.456
P301	8100.000	Interv	AD	AD	25.000	845.146	861.016	398162.335	3939543.404
P302	8125.000	Interv	AD	AD	25.000	843.677	860.616	398177.265	3939523.352
P303	8150.000	Interv	AD	AD	25.000	841.354	860.216	398192.195	3939503.300

Tabulations

P304	8175.000	Interv	AD	AD	25.000	842.042	859.816	398207.126	3939483.248
P305	8200.000	Interv	AD	AD	25.000	845.286	859.416	398222.056	3939463.196
P306	8225.000	Interv	AD	AD	25.000	848.799	859.016	398236.987	3939443.144
P307	8250.000	Interv	AD	AD	25.000	851.420	858.616	398251.917	3939423.092
P308	8275.000	Interv	AD	AD	25.000	853.218	858.216	398266.848	3939403.040
P309	8300.000	Interv	AD	AD	25.000	853.115	857.816	398281.778	3939382.988
P310	8325.000	Interv	AD	AD	25.000	850.568	857.416	398296.709	3939362.936
P311	8350.000	Interv	AD	AD	25.000	848.026	857.016	398311.639	3939342.884
P312	8375.000	Interv	AD	AD	25.000	845.476	856.616	398326.570	3939322.832
P313	8400.000	Interv	AD	AD	25.000	842.255	856.216	398341.500	3939302.780
P314	8425.000	Interv	AD	AD	25.000	840.188	855.816	398356.430	3939282.728
P315	8450.000	Interv	AD	AD	25.000	838.352	855.416	398371.361	3939262.676
P316	8475.000	Interv	AD	AD	25.000	836.330	855.016	398386.291	3939242.624
P317	8500.000	Interv	AD	AD	25.000	835.553	854.616	398401.222	3939222.572
P318	8525.000	Interv	AD	AD	17.094	832.981	854.216	398416.152	3939202.520
P319	8534.187	Axe	Clo	AD	12.500	831.756	854.069	398421.639	3939195.151
P320	8550.000	Interv	Clo	AD	20.406	829.582	853.816	398431.086	3939182.470
P321	8575.000	Interv	Clo	AD	22.094	828.300	853.416	398446.064	3939162.454
P322	8594.187	Axe	Arc	AD	12.500	827.957	853.109	398457.632	3939147.146
P323	8600.000	Interv	Arc	AD	15.406	827.887	853.016	398461.155	3939142.523
P324	8625.000	Interv	Arc	AD	25.000	825.837	852.616	398476.406	3939122.714
P325	8650.000	Interv	Arc	AD	25.000	829.954	852.216	398491.822	3939103.033
P326	8675.000	Interv	Arc	AD	25.000	831.796	851.816	398507.401	3939083.481
P327	8700.000	Interv	Arc	AD	25.000	835.514	851.416	398523.143	3939064.059
P328	8725.000	Interv	Arc	AD	25.000	838.710	851.016	398539.046	3939044.770
P329	8750.000	Interv	Arc	AD	25.000	839.803	850.616	398555.110	3939025.613
P330	8775.000	Interv	Arc	AD	25.000	838.862	850.216	398571.332	3939006.591
P331	8800.000	Interv	Arc	AD	25.000	837.311	849.816	398587.712	3938987.705
P332	8825.000	Interv	Arc	AD	25.000	838.058	849.416	398604.249	3938968.956
P333	8850.000	Interv	Arc	AD	25.000	838.110	849.016	398620.942	3938950.346
P334	8875.000	Interv	Arc	AD	25.000	835.667	848.616	398637.789	3938931.875
P335	8900.000	Interv	Arc	AD	25.000	839.601	848.216	398654.790	3938913.546
P336	8925.000	Interv	Arc	AD	25.000	840.737	847.816	398671.943	3938895.358
P337	8950.000	Interv	Arc	AD	25.000	841.063	847.416	398689.247	3938877.315
P338	8975.000	Interv	Arc	AD	25.000	841.642	847.016	398706.700	3938859.416
P339	9000.000	Interv	Arc	AD	25.000	841.806	846.616	398724.302	3938841.663
P340	9025.000	Interv	Arc	AD	25.000	841.774	846.216	398742.052	3938824.057
P341	9050.000	Interv	Arc	AD	25.000	838.782	845.816	398759.947	3938806.600
P342	9075.000	Interv	Arc	AD	25.000	836.250	845.416	398777.987	3938789.293

Tabulations

P343	9100.000	Interv	Arc	AD	25.000	834.594	845.016	398796.171	3938772.137
P344	9125.000	Interv	Arc	AD	25.000	837.749	844.616	398814.498	3938755.132
P345	9150.000	Interv	Arc	AD	25.000	838.595	844.216	398832.965	3938738.281
P346	9175.000	Interv	Arc	AD	25.000	837.198	843.816	398851.572	3938721.585
P347	9200.000	Interv	Arc	RP	25.000	838.415	843.417	398870.318	3938705.044
P348	9225.000	Interv	Arc	RP	25.000	841.013	843.043	398889.200	3938688.660
P349	9250.000	Interv	Arc	RP	25.000	843.361	842.700	398908.219	3938672.434
P350	9275.000	Interv	Arc	AD	25.000	842.618	842.388	398927.372	3938656.367
P351	9300.000	Interv	Arc	AD	25.000	842.776	842.088	398946.659	3938640.460
P352	9325.000	Interv	Arc	AD	25.000	841.749	841.788	398966.077	3938624.714
P353	9350.000	Interv	Arc	AD	25.000	841.547	841.488	398985.626	3938609.131
P354	9375.000	Interv	Arc	AD	25.000	844.465	841.188	399005.304	3938593.711
P355	9400.000	Interv	Arc	AD	25.000	847.118	840.888	399025.110	3938578.456
P356	9425.000	Interv	Arc	AD	25.000	847.726	840.588	399045.042	3938563.366
P357	9450.000	Interv	Arc	AD	25.000	847.112	840.288	399065.100	3938548.443
P358	9475.000	Interv	Arc	AD	25.000	845.613	839.988	399085.281	3938533.688
P359	9500.000	Interv	Arc	AD	25.000	843.130	839.688	399105.584	3938519.101
P360	9525.000	Interv	Arc	AD	25.000	839.189	839.388	399126.008	3938504.684
P361	9550.000	Interv	Arc	AD	25.000	837.432	839.088	399146.552	3938490.438
P362	9575.000	Interv	Arc	AD	25.000	838.375	838.788	399167.213	3938476.363
P363	9600.000	Interv	Arc	AD	25.000	838.926	838.488	399187.991	3938462.461
P364	9625.000	Interv	Arc	AD	25.000	837.405	838.188	399208.885	3938448.733
P365	9650.000	Interv	Arc	AD	25.000	835.608	837.888	399229.891	3938435.179
P366	9675.000	Interv	Arc	AD	25.000	833.770	837.588	399251.011	3938421.801
P367	9700.000	Interv	Arc	AD	25.000	832.864	837.288	399272.241	3938408.599
P368	9725.000	Interv	Arc	AD	25.000	832.113	836.988	399293.580	3938395.574
P369	9750.000	Interv	Arc	AD	25.000	831.797	836.688	399315.027	3938382.728
P370	9775.000	Interv	Arc	AD	25.000	830.698	836.388	399336.580	3938370.061
P371	9800.000	Interv	Arc	AD	25.000	827.860	836.088	399358.238	3938357.574
P372	9825.000	Interv	Arc	AD	25.000	828.257	835.788	399379.999	3938345.268
P373	9850.000	Interv	Arc	AD	25.000	829.448	835.488	399401.863	3938333.144
P374	9875.000	Interv	Arc	AD	25.000	830.420	835.188	399423.826	3938321.202
P375	9900.000	Interv	Arc	AD	25.000	830.700	834.888	399445.888	3938309.444
P376	9925.000	Interv	Arc	AD	25.000	830.866	834.588	399468.048	3938297.870
P377	9950.000	Interv	Arc	AD	25.000	831.619	834.288	399490.303	3938286.482
P378	9975.000	Interv	Arc	AD	25.000	832.609	833.988	399512.652	3938275.278
P379	10000.000	Interv	Arc	AD	25.000	833.899	833.688	399535.094	3938264.262
P380	10025.000	Interv	Arc	RP	25.000	834.065	833.410	399557.627	3938253.433
P381	10050.000	Interv	Arc	RP	25.000	833.955	833.185	399580.249	3938242.792

Tabulations

P382	10075.000	Interv	Arc	RP	25.000	833.792	833.011	399602.959	3938232.340
P383	10100.000	Interv	Arc	RP	25.000	834.062	832.889	399625.756	3938222.078
P384	10125.000	Interv	Arc	RP	25.000	834.401	832.819	399648.637	3938212.006
P385	10150.000	Interv	Arc	AD	25.000	834.106	832.797	399671.601	3938202.125
P386	10175.000	Interv	Arc	AD	25.000	833.164	832.783	399694.647	3938192.436
P387	10200.000	Interv	Arc	AD	25.000	831.217	832.768	399717.773	3938182.939
P388	10225.000	Interv	Arc	AD	25.000	830.047	832.754	399740.977	3938173.635
P389	10250.000	Interv	Arc	AD	22.676	829.480	832.740	399764.258	3938164.525
P390	10270.352	Axe	Clo	AD	12.500	829.087	832.729	399783.266	3938157.252
P391	10275.000	Interv	Clo	AD	14.824	828.997	832.726	399787.614	3938155.609
P392	10300.000	Interv	Clo	AD	25.000	829.163	832.712	399811.035	3938146.865
P393	10325.000	Interv	Clo	AD	15.176	829.342	832.698	399834.493	3938138.221
P394	10330.352	Axe	AD	AD	12.500	828.122	832.695	399839.517	3938136.375
P395	10350.000	Interv	AD	AD	22.324	829.545	832.684	399857.960	3938129.600
P396	10375.000	Interv	AD	AD	25.000	831.429	832.670	399881.427	3938120.980
P397	10400.000	Interv	AD	AD	25.000	832.715	832.655	399904.893	3938112.359
P398	10425.000	Interv	AD	AD	25.000	833.785	832.641	399928.360	3938103.739
P399	10450.000	Interv	AD	AD	25.000	833.571	832.627	399951.827	3938095.118
P400	10475.000	Interv	AD	AD	25.000	833.163	832.613	399975.294	3938086.498
P401	10500.000	Interv	AD	AD	25.000	833.419	832.599	399998.760	3938077.877
P402	10525.000	Interv	AD	AD	25.000	833.771	832.585	400022.227	3938069.257
P403	10550.000	Interv	AD	AD	25.000	833.172	832.571	400045.694	3938060.636
P404	10575.000	Interv	AD	AD	25.000	832.434	832.557	400069.161	3938052.016
P405	10600.000	Interv	AD	AD	25.000	830.699	832.542	400092.627	3938043.395
P406	10625.000	Interv	AD	AD	25.000	829.174	832.528	400116.094	3938034.775
P407	10650.000	Interv	AD	AD	25.000	829.346	832.514	400139.561	3938026.154
P408	10675.000	Interv	AD	AD	25.000	829.763	832.500	400163.027	3938017.534
P409	10700.000	Interv	AD	AD	25.000	829.791	832.486	400186.494	3938008.913
P410	10725.000	Interv	AD	AD	25.000	829.736	832.472	400209.961	3938000.293
P411	10750.000	Interv	AD	AD	25.000	829.950	832.458	400233.428	3937991.672
P412	10775.000	Interv	AD	AD	25.000	829.786	832.443	400256.894	3937983.052
P413	10800.000	Interv	AD	AD	25.000	829.259	832.429	400280.361	3937974.432
P414	10825.000	Interv	AD	AD	25.000	828.705	832.415	400303.828	3937965.811
P415	10850.000	Interv	AD	AD	25.000	827.912	832.401	400327.295	3937957.191
P416	10875.000	Interv	AD	AD	25.000	827.082	832.387	400350.761	3937948.570
P417	10900.000	Interv	AD	AD	25.000	826.047	832.373	400374.228	3937939.950
P418	10925.000	Interv	AD	AD	25.000	825.271	832.359	400397.695	3937931.329
P419	10950.000	Interv	AD	AD	25.000	825.104	832.345	400421.161	3937922.709
P420	10975.000	Interv	AD	AD	25.000	825.237	832.330	400444.628	3937914.088

Tabulations

P421	11000.000	Interv	AD	AD	25.000	825.592	832.316	400468.095	3937905.468
P422	11025.000	Interv	AD	AD	25.000	825.979	832.302	400491.562	3937896.847
P423	11050.000	Interv	AD	AD	25.000	826.260	832.288	400515.028	3937888.227
P424	11075.000	Interv	AD	AD	25.000	826.526	832.274	400538.495	3937879.606
P425	11100.000	Interv	AD	AD	25.000	826.497	832.260	400561.962	3937870.986
P426	11125.000	Interv	AD	AD	25.000	826.426	832.246	400585.429	3937862.365
P427	11150.000	Interv	AD	AD	25.000	826.062	832.232	400608.895	3937853.745
P428	11175.000	Interv	AD	AD	25.000	825.661	832.217	400632.362	3937845.124
P429	11200.000	Interv	AD	AD	25.000	825.387	832.203	400655.829	3937836.504
P430	11225.000	Interv	AD	AD	25.000	825.129	832.189	400679.295	3937827.883
P431	11250.000	Interv	AD	AD	25.000	824.272	832.175	400702.762	3937819.263
P432	11275.000	Interv	AD	AD	25.000	824.091	832.161	400726.229	3937810.642
P433	11300.000	Interv	AD	AD	25.000	825.875	832.147	400749.696	3937802.022
P434	11325.000	Interv	AD	AD	25.000	825.743	832.133	400773.162	3937793.401
P435	11350.000	Interv	AD	AD	25.000	823.962	832.119	400796.629	3937784.781
P436	11375.000	Interv	AD	AD	25.000	826.217	832.104	400820.096	3937776.160
P437	11400.000	Interv	AD	AD	25.000	829.354	832.090	400843.563	3937767.540
P438	11425.000	Interv	AD	AD	25.000	832.623	832.076	400867.029	3937758.920
P439	11450.000	Interv	AD	AD	25.000	835.374	832.062	400890.496	3937750.299
P440	11475.000	Interv	AD	AD	25.000	838.008	832.048	400913.963	3937741.679
P441	11500.000	Interv	AD	AD	25.000	838.565	832.034	400937.429	3937733.058
P442	11525.000	Interv	AD	AD	25.000	837.250	832.020	400960.896	3937724.438
P443	11550.000	Interv	AD	AD	25.000	835.934	832.006	400984.363	3937715.817
P444	11575.000	Interv	AD	AD	25.000	834.767	831.991	401007.830	3937707.197
P445	11600.000	Interv	AD	AD	25.000	833.452	831.977	401031.296	3937698.576
P446	11625.000	Interv	AD	AD	25.000	832.130	831.963	401054.763	3937689.956
P447	11650.000	Interv	AD	AD	25.000	831.258	831.949	401078.230	3937681.335
P448	11675.000	Interv	AD	AD	25.000	830.469	831.935	401101.697	3937672.715
P449	11700.000	Interv	AD	AD	25.000	830.259	831.921	401125.163	3937664.094
P450	11725.000	Interv	AD	AD	25.000	830.140	831.907	401148.630	3937655.474
P451	11750.000	Interv	AD	AD	25.000	830.035	831.893	401172.097	3937646.853
P452	11775.000	Interv	AD	AD	25.000	829.947	831.878	401195.563	3937638.233
P453	11800.000	Interv	AD	AD	25.000	829.564	831.864	401219.030	3937629.612
P454	11825.000	Interv	AD	AD	25.000	829.158	831.850	401242.497	3937620.992
P455	11850.000	Interv	AD	AD	25.000	829.547	831.836	401265.964	3937612.371
P456	11875.000	Interv	AD	AD	25.000	831.031	831.822	401289.430	3937603.751
P457	11900.000	Interv	AD	AD	25.000	831.902	831.808	401312.897	3937595.130
P458	11925.000	Interv	AD	AD	25.000	832.615	831.794	401336.364	3937586.510
P459	11950.000	Interv	AD	AD	25.000	832.879	831.780	401359.831	3937577.889

Tabulations

P460	11975.000	Interv	AD	AD	25.000	833.108	831.765	401383.297	3937569.269
P461	12000.000	Interv	AD	AD	25.000	832.675	831.751	401406.764	3937560.649
P462	12025.000	Interv	AD	AD	25.000	832.378	831.737	401430.231	3937552.028
P463	12050.000	Interv	AD	AD	25.000	832.264	831.723	401453.697	3937543.408
P464	12075.000	Interv	AD	AD	25.000	832.176	831.709	401477.164	3937534.787
P465	12100.000	Interv	AD	AD	25.000	832.329	831.695	401500.631	3937526.167
P466	12125.000	Interv	AD	AD	25.000	832.523	831.681	401524.098	3937517.546
P467	12150.000	Interv	AD	AD	25.000	832.972	831.666	401547.564	3937508.926
P468	12175.000	Interv	AD	AD	25.000	833.440	831.652	401571.031	3937500.305
P469	12200.000	Interv	AD	AD	25.000	833.382	831.638	401594.498	3937491.685
P470	12225.000	Interv	AD	AD	25.000	833.226	831.624	401617.965	3937483.064
P471	12250.000	Interv	AD	AD	25.000	832.594	831.610	401641.431	3937474.444
P472	12275.000	Interv	AD	AD	25.000	831.887	831.596	401664.898	3937465.823
P473	12300.000	Interv	AD	AD	25.000	831.018	831.582	401688.365	3937457.203
P474	12325.000	Interv	AD	AD	25.000	830.164	831.568	401711.832	3937448.582
P475	12350.000	Interv	AD	AD	25.000	829.545	831.553	401735.298	3937439.962
P476	12375.000	Interv	AD	AD	25.000	828.969	831.539	401758.765	3937431.341
P477	12400.000	Interv	AD	AD	25.000	828.716	831.525	401782.232	3937422.721
P478	12425.000	Interv	AD	AD	25.000	828.513	831.511	401805.698	3937414.100
P479	12450.000	Interv	AD	AD	25.000	828.428	831.497	401829.165	3937405.480
P480	12475.000	Interv	AD	AD	25.000	828.334	831.483	401852.632	3937396.859
P481	12500.000	Interv	AD	AD	25.000	828.677	831.469	401876.099	3937388.239
P482	12525.000	Interv	AD	AD	25.000	829.099	831.455	401899.565	3937379.618
P483	12550.000	Interv	AD	AD	25.000	829.838	831.440	401923.032	3937370.998
P484	12575.000	Interv	AD	RP	15.987	830.639	831.416	401946.499	3937362.377
P485	12581.974	Axe	Clo	RP	12.500	830.650	831.400	401953.045	3937359.973
P486	12600.000	Interv	Clo	RP	21.513	829.970	831.335	401969.964	3937353.752
P487	12625.000	Interv	Clo	AD	25.000	829.023	831.205	401993.409	3937345.074
P488	12650.000	Interv	Clo	AD	25.000	827.577	831.072	402016.808	3937336.270
P489	12675.000	Interv	Clo	AD	15.987	826.071	830.939	402040.130	3937327.267
P490	12681.974	Axe	Arc	AD	12.500	825.677	830.902	402046.619	3937324.711
P491	12700.000	Interv	Arc	AD	21.513	824.639	830.806	402063.348	3937317.999
P492	12725.000	Interv	Arc	AD	25.000	823.195	830.673	402086.449	3937308.441
P493	12750.000	Interv	Arc	AD	25.000	821.620	830.541	402109.428	3937298.595
P494	12775.000	Interv	Arc	AD	25.000	820.022	830.408	402132.283	3937288.462
P495	12800.000	Interv	Arc	AD	25.000	819.795	830.275	402155.009	3937278.045
P496	12825.000	Interv	Arc	AD	25.000	821.705	830.142	402177.603	3937267.344
P497	12850.000	Interv	Arc	AD	25.000	821.379	830.009	402200.061	3937256.362
P498	12875.000	Interv	Arc	AD	25.000	820.307	829.876	402222.381	3937245.100

Tabulations

P499	12900.000	Interv	Arc	AD	17.877	820.253	829.743	402244.558	3937233.560
P500	12910.754	Axe	Clo	AD	12.500	820.305	829.686	402254.052	3937228.511
P501	12925.000	Interv	Clo	AD	19.623	820.364	829.610	402266.590	3937221.745
P502	12950.000	Interv	Clo	AD	25.000	821.161	829.477	402288.494	3937209.696
P503	12975.000	Interv	Clo	AD	25.000	822.058	829.344	402310.307	3937197.481
P504	13000.000	Interv	Clo	AD	17.877	823.188	829.212	402332.065	3937185.169
P505	13010.754	Axe	AD	AD	12.500	823.685	829.154	402341.417	3937179.860
P506	13025.000	Interv	AD	AD	19.623	824.343	829.079	402353.805	3937172.825
P507	13050.000	Interv	AD	AD	25.000	825.565	828.946	402375.545	3937160.481
P508	13075.000	Interv	AD	AD	25.000	826.831	828.813	402397.284	3937148.136
P509	13100.000	Interv	AD	AD	25.000	826.771	828.680	402419.024	3937135.792
P510	13125.000	Interv	AD	AD	25.000	826.412	828.547	402440.764	3937123.447
P511	13150.000	Interv	AD	AD	25.000	825.696	828.414	402462.503	3937111.102
P512	13175.000	Interv	AD	AD	25.000	824.924	828.281	402484.243	3937098.758
P513	13200.000	Interv	AD	AD	25.000	824.401	828.148	402505.982	3937086.413
P514	13225.000	Interv	AD	AD	25.000	823.902	828.015	402527.722	3937074.069
P515	13250.000	Interv	AD	AD	25.000	823.260	827.883	402549.462	3937061.724
P516	13275.000	Interv	AD	AD	25.000	822.600	827.750	402571.201	3937049.379
P517	13300.000	Interv	AD	AD	25.000	821.645	827.617	402592.941	3937037.035
P518	13325.000	Interv	AD	AD	25.000	820.645	827.484	402614.680	3937024.690
P519	13350.000	Interv	AD	AD	25.000	819.354	827.351	402636.420	3937012.346
P520	13375.000	Interv	AD	AD	25.000	818.022	827.218	402658.160	3937000.001
P521	13400.000	Interv	AD	AD	25.000	817.390	827.085	402679.899	3936987.656
P522	13425.000	Interv	AD	AD	25.000	817.273	826.952	402701.639	3936975.312
P523	13450.000	Interv	AD	AD	19.964	818.216	826.819	402723.379	3936962.967
P524	13464.929	Axe	Clo	AD	12.500	818.866	826.740	402736.360	3936955.595
P525	13475.000	Interv	Clo	AD	17.536	819.304	826.686	402745.119	3936950.623
P526	13500.000	Interv	Clo	AD	24.964	820.036	826.553	402766.877	3936938.313
P527	13524.929	Axe	Arc	AD	12.500	821.432	826.421	402788.634	3936926.143
P528	13525.000	Interv	Arc	AD	12.536	821.440	826.421	402788.696	3936926.108
P529	13550.000	Interv	Arc	AD	25.000	824.567	826.288	402810.608	3936914.073
P530	13575.000	Interv	Arc	AD	25.000	825.925	826.155	402832.621	3936902.221
P531	13600.000	Interv	Arc	AD	25.000	826.596	826.022	402854.731	3936890.553
P532	13625.000	Interv	Arc	AD	25.000	826.170	825.889	402876.937	3936879.070
P533	13650.000	Interv	Arc	AD	25.000	825.670	825.756	402899.239	3936867.772
P534	13675.000	Interv	Arc	AD	25.000	824.623	825.623	402921.633	3936856.661
P535	13700.000	Interv	Arc	AD	25.000	823.387	825.490	402944.120	3936845.736
P536	13725.000	Interv	Arc	AD	25.000	822.125	825.357	402966.697	3936834.999
P537	13750.000	Interv	Arc	AD	25.000	820.945	825.224	402989.362	3936824.451

Tabulations

P538	13775.000	Interv	Arc	AD	25.000	819.784	825.092	403012.115	3936814.092
P539	13800.000	Interv	Arc	AD	25.000	818.832	824.959	403034.953	3936803.923
P540	13825.000	Interv	Arc	AD	25.000	818.510	824.826	403057.876	3936793.944
P541	13850.000	Interv	Arc	AD	25.000	818.880	824.693	403080.880	3936784.157
P542	13875.000	Interv	Arc	AD	25.000	819.233	824.560	403103.965	3936774.562
P543	13900.000	Interv	Arc	AD	25.000	819.986	824.427	403127.130	3936765.160
P544	13925.000	Interv	Arc	AD	25.000	820.603	824.294	403150.372	3936755.951
P545	13950.000	Interv	Arc	AD	25.000	821.096	824.161	403173.690	3936746.936
P546	13975.000	Interv	Arc	AD	25.000	822.022	824.028	403197.082	3936738.115
P547	14000.000	Interv	Arc	AD	25.000	822.959	823.895	403220.547	3936729.490
P548	14025.000	Interv	Arc	AD	25.000	823.170	823.763	403244.083	3936721.061
P549	14050.000	Interv	Arc	AD	25.000	822.866	823.630	403267.688	3936712.828
P550	14075.000	Interv	Arc	AD	25.000	822.492	823.497	403291.362	3936704.792
P551	14100.000	Interv	Arc	AD	25.000	822.048	823.364	403315.101	3936696.954
P552	14125.000	Interv	Arc	AD	25.000	821.594	823.231	403338.905	3936689.313
P553	14150.000	Interv	Arc	AD	25.000	821.194	823.098	403362.772	3936681.872
P554	14175.000	Interv	Arc	AD	25.000	820.805	822.965	403386.699	3936674.629
P555	14200.000	Interv	Arc	AD	25.000	819.901	822.832	403410.687	3936667.587
P556	14225.000	Interv	Arc	AD	25.000	818.915	822.699	403434.732	3936660.744
P557	14250.000	Interv	Arc	AD	25.000	819.957	822.566	403458.834	3936654.102
P558	14275.000	Interv	Arc	AD	25.000	821.334	822.434	403482.989	3936647.661
P559	14300.000	Interv	Arc	AD	25.000	822.068	822.301	403507.198	3936641.421
P560	14325.000	Interv	Arc	AD	25.000	822.703	822.168	403531.458	3936635.384
P561	14350.000	Interv	Arc	RP	25.000	822.810	822.028	403555.768	3936629.549
P562	14375.000	Interv	Arc	RP	25.000	822.856	821.849	403580.125	3936623.916
P563	14400.000	Interv	Arc	RP	25.000	822.796	821.630	403604.528	3936618.487
P564	14425.000	Interv	Arc	RP	25.000	822.744	821.368	403628.976	3936613.262
P565	14450.000	Interv	Arc	RP	25.000	822.816	821.065	403653.466	3936608.240
P566	14475.000	Interv	Arc	RP	25.000	822.911	820.720	403677.998	3936603.422
P567	14500.000	Interv	Arc	AD	25.000	823.012	820.334	403702.568	3936598.810
P568	14525.000	Interv	Arc	AD	25.000	823.118	819.935	403727.176	3936594.402
P569	14550.000	Interv	Arc	AD	25.000	822.225	819.536	403751.821	3936590.199
P570	14575.000	Interv	Arc	AD	25.000	818.624	819.137	403776.499	3936586.202
P571	14600.000	Interv	Arc	AD	25.000	816.309	818.737	403801.210	3936582.410
P572	14625.000	Interv	Arc	AD	25.000	816.046	818.338	403825.951	3936578.825
P573	14650.000	Interv	Arc	AD	25.000	815.694	817.939	403850.722	3936575.446
P574	14675.000	Interv	Arc	AD	14.846	815.328	817.540	403875.519	3936572.273
P575	14679.691	Axe	Clo	AD	12.500	815.273	817.465	403880.176	3936571.701
P576	14700.000	Interv	Clo	AD	22.654	815.139	817.141	403900.342	3936569.300

Tabulations

P577	14725.000	Interv	Clo	AD	19.846	813.844	816.742	403925.180	3936566.463
P578	14739.691	Axe	AD	AD	12.500	812.177	816.507	403939.780	3936564.825
P579	14750.000	Interv	AD	AD	17.654	810.971	816.343	403950.025	3936563.678
P580	14775.000	Interv	AD	AD	25.000	810.281	815.943	403974.870	3936560.896
P581	14800.000	Interv	AD	AD	25.000	808.401	815.544	403999.714	3936558.114
P582	14825.000	Interv	AD	AD	25.000	808.450	815.145	404024.559	3936555.332
P583	14850.000	Interv	AD	AD	25.000	809.345	814.746	404049.404	3936552.549
P584	14875.000	Interv	AD	AD	25.000	808.991	814.347	404074.248	3936549.767
P585	14900.000	Interv	AD	AD	25.000	807.819	813.948	404099.093	3936546.985
P586	14925.000	Interv	AD	AD	25.000	808.041	813.549	404123.938	3936544.203
P587	14950.000	Interv	AD	AD	25.000	808.019	813.149	404148.783	3936541.421
P588	14975.000	Interv	AD	AD	23.906	807.330	812.750	404173.627	3936538.639
P589	14997.812	Extrémité	AD	AD	11.406	808.836	812.386	404196.297	3936536.100