



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
People's Democratic republic of Algeria  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
جامعة عبد الحميد بن باديس – مستغانم  
University Abdel Hamid Ibn Badis – Mostaganem  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
Faculty of Sciences and Technology  
قسم الهندسة المدنية والمعمارية  
Civil engineering & architecture département



N° d'ordre : M ...../GC/2020

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

**Filière : travaux public**

**Spécialité : V.O.A**

### Thème

**ÉTUDE EN APD DE LA NOUVELLE LIGNE  
FERROVIAIRE À VOIE UNIQUE TIARET-SAIDA SUR UN  
ITINERAIRE DE 17 KM 600**

**Présenté par :**

- M. BENYAHIA Mustapha

***Soutenu le 07 / 07 / 2022 devant le jury composé de :***

**Président :** M. KERAOUTI Rabah ..... Université de Mostaganem

**Examineur:** M. ROUAM SERIK Mohamed ..... Université de Mostaganem

**Encadrant :** M. TALIA Ahmed ..... Université de Mostaganem

**Invité d'honneur :** M. BOUARFA Zohir ..... Université de Mostaganem

**Année Universitaire : 2021 / 2022**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# REMERCIEMENTS

*Je remercie, en premier lieu, notre dieu le plus Puissant qui a bien voulu nous donner la force et le courage Pour effectuer le présent travail.*

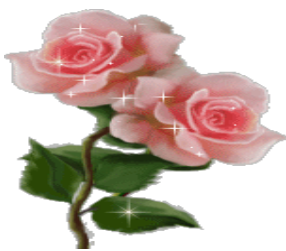
*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Monsieur TALIA Ahmed pour son sérieux, son compétence et ses orientations.*

*J'adresse également notre profonde gratitude au personnel pédagogique de département du Génie Civil en particulier Chef de département Monsieur BOUHALOUFA Ahmed.*

*Ainsi qu'à tous nos professeurs, durant nos cycles.*

*Enfin nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.*

*Je remercie les membres de jury Monsieur KERAOUTI Rabah Monsieur. ROUAM SERIK Mohamed et Monsieur BOUARFA Zohir qui nous ont fait l'honneur de présider et d'examiner ce modeste Travail.*



*Mr BENYAHIA Mustapha*

# Dédicaces

*Je dédie ce mémoire A mes chers parents ma mère et mon père*

*Pour leur patience, leur amour,  
leur soutien et leurs encouragements,  
Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté.*

*A mes chères sœurs et frères*

*Et la plus grande dédicace à ma précieuse épouse, qui a été le  
plus grand encouragement pour moi*

*A tout mes enfants Ichraç, Mosaab, Tasnim et la petite Illef*

*A mai ami Khaled Abdelhak, Mohamed et Mahdi et laidi*

*Mohamed pour son appui et son encouragement,*

*A ma grande famille et tout qui a une relation avec elle  
soit du proche ou du lointain.*

*Tous mes collègues sans exception.*

*Et a tous mes collègues de la promotion voie et ouvrage d'art*

*Anssi qu'a toute la promotion du génie civil.*

*BENYAHIA Mustapha*

## Résumé

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de transport, et en particulier chemins de fer.

Le chemin de fer est considéré comme un élément efficace reliant les différentes régions du pays et contribue à son développement à travers différentes activités économiques et les échanges commerciaux.

Ce projet présente une étude de la ligne ferroviaire à voie unique entre Saida Tiaret

Cette étude se compose de deux parties :

- **La première partie** : définition de la ligne ferroviaire Saida Tiaret
- **La deuxième partie** : l'étude géométrique et géotechnique de la ligne ferroviaire Saida Tiaret

**MOTS CLES** : la ligne ferroviaire Saida Tiaret

vitesse de référence, cinématique, dévers, trace en plan, Clothoïde, déblai et le remblai.

## Summary

Our end-of-study project falls within the field of transport infrastructure, and in particular railways.

The railway is considered as an effective element linking the different regions of the country and contributes to its development through different economic activities and trade exchanges.

This project presents a study of the single-track railway line between Saida Tiaret

This study consists of two parts :

- **The first part** : definition of the Saida Tiaret railway line
- **The second part**: the geometric and geotechnical study of the Saida Tiaret railway line

**KEYWORDS** : the Saida Tiaret railway line

reference speed, kinematics, cant, trace in plan, Clothoid, cut and fill.

## ملخص

يقع مشروع نهاية الدراسة لدينا في مجال البنية التحتية للنقل، وخاصة السكك الحديدية. يعتبر خط السكة الحديد عنصرا فعالا يربط بين مختلف مناطق الدولة ويساهم في تطويرها من خلال الأنشطة الاقتصادية والتبادلات التجارية المختلفة.

يقدم هذا المشروع دراسة لخط السكة الحديد أحادي المسار بين مدينة سعيدة و مدينة تيارت تتكون هذه الدراسة من جزئين:

-الجزء الأول : تعريف خط سكة حديد صيدا تيارت

- القسم الثاني: الدراسة الهندسية والجيوتقنية لخط سكة حديد صيدا تيارت

الكلمات المفتاحية: خط سكة حديد صيدا تيارت

السرعة المرجعية، الحركية، غير قادر ، التتبع في الخطة ، كلوثويد ، القص والتعبئة.

# Sommaire

Introduction	01
<b>Chapitre I : Transport ferroviaire</b>	
1. Introduction.....	03
2. Aspect économique	03
3. Aspect technique .....	03
4. Aspect écologique .....	04
<b>Chapitre II : Présentation du projet</b>	
1. description générale	12
2. les wilayas concernées par le projet	12
3. les acteurs de projet	14
4. les caractéristiques techniques	15
<b>Chapitre III : Tracé en plan</b>	
1. Introduction	17
2. Conditions et règles de trace	17
3. Eléments de trace en plan	17
4. Courbe et conditions de raccordement	18
5. APPLICATION AU PROJET	25
<b>Chapitre IV Profil en long</b>	
I. Introduction	49
II. Déclivité maximale	50
III. Longueur minimale des éléments du profil en long	51
IV. Le raccordement en profil en long	52
V. Coordination profil en long-tracé en plan	53
VI. Conclusion	53
VII Application au projet	54
<b>Chapitre V Profil en travers</b>	
I. Introduction	56
II. Constituants du profil en travers type	56
III. Les éléments du profil en travers	57
IV. Profil type de notre projet	58
<b>Chapitre VI Cubatures</b>	
1. Introduction	61
<b>Chapitre VII Geologie et geotechnique</b>	
1. Introduction	69
II. Catégories de voie	69
III. Catégorie de notre voie	70
IV. Les rais	70

V. Les longs rails soudés (LRS)		74
VI. Les Traverse		77
VII. Les attaches	81	
VIII. les appareils de voie	83	
IX. Conclusion		86
<b>Chapitre VIII : La structure d'assises</b>		
I. Introduction		88
II. Les différentes couches d'assises		88
III. Dimensionnement des couches d'assises		91
IV. Application au projet		95
V. Conclusion		96
<b>Chapitre VIII Signalisation</b>		
I. Introduction		98
II. Notions		98
III Importance des signaux		99
IV. Les composantes de la signalisation		100
V. Signaux d'arrêt et Signaux à distance		103
VI. Signalisation classique ou latéral		104
VII. Signalisation en cabine		106
VIII Genre et étalon de signalisation		108
IX. Les différentes marches des trains	111	
X. Implantation des signaux	112	
XI. Visibilité des signaux	112	
XII. Conclusion		113
<b>Conclusion générale</b>		114
<b>Bibliographie</b>		116

# Liste des figures

<b>Figure n°01.01</b> : Répartition des émissions mondiales des GES par mode de transport (source: EUROSTAT)	04
<b>Figure n°01.02</b> : Réseau ferroviaire national en période coloniale	06
<b>Figure n°03.01</b> : Eléments du tracé en plan	18
<b>Figure n°03.02</b> : le dévers théorique	20
<b>Figure n°03.03</b> : Raccordement de dévers	23
<b>Figure n°04.01</b> : Eléments géométriques du profil en long	50
<b>Figure n°04.02</b> : Déclivités maximales admissibles (Source référentiel SNTF)	51
<b>Figure n°04.03</b> : Schéma du raccordement circulaire	52
<b>Figure n°05.01</b> : Exemple profil en travers type	57
<b>Figure n°05.02</b> : : la voie	58
<b>Figure n°05.03</b> : profil en travers types d'une voie unique	58
<b>Figure n°07.01</b> : Rail a patin (Vignole)	71
<b>Figure n°07.02</b> : Rail à gorge	72
<b>Figure n°07.03</b> : Rail DC (double)	72
<b>Figure n°07.04</b> : La géométrie du rail UIC 60 E1	72
<b>Figure n°07.05</b> : Inclinaison du rail	72
<b>Figure n°07.06</b> : L'écartement entre les rails	73
<b>Figure n°07.07</b> : photo d'une barre soudée	75
<b>Figure n°07.08</b> : Travers en bois	78
<b>Figure n°07.09</b> : Travers en Bi bloc	78
<b>Figure n°07.10</b> : Eléments du Travers en béton bi-blocs	79
<b>Figure n°07.11</b> : Caractéristiques dutraverse en béton bi-bloc	79
<b>Figure n°07.12</b> : Travers en Monobloc	80
<b>Figure n°07.13</b> : Travers métalliques	80
<b>Figure n°07.14</b> : attache de type Nabla	82
<b>Figure n°07.15</b> : attache de type vossloh	82
<b>Figure n°07.16</b> : Les éléments d'une attache de type Nabla.	83
<b>Figure n°07.17</b> : les différents appareils de voie	84
<b>Figure n°07.18</b> : UN <b>branchement</b> et ces éléments constitutifs.	85
<b>Figure n°08.01</b> : les différentes couches d'assises.	88
<b>Figure n°08.02</b> : Schéma montre l'épaisseur (e)	93
<b>Figure n°08.03</b> : Les couches de corps d'assise	96
<b>Figure n°09.01</b> : signaux ferroviaire	98
<b>Figure n°09.02</b> : signaux à main de manœuvre	105
<b>Figure n°09.03</b> : signal d'arrêt à main	105
<b>Figure n°09.04</b> : Signal à main de départ	106



<b>Figure n°09.05</b> : <i>jalon à damier bleu et blanc</i>	106
<b>Figure n°09.06</b> : <i>Le block manuel(BM)</i>	110
<b>Figure n°09.07</b> : <i>Le block automatique lumineux(BAL)</i>	110
<b>Figure n°09.08</b> : <i>Le block automatique à permissivité restreinte (BAPR)</i>	111

# Liste des tableaux

<b>Tableau n°03.01</b> : longueur minimal à respecter (source fiche SNTF Géométrie)	22
<b>Tableau n°03.02</b> : Paramètres de tracé pour notre projet (source fiche UIC 703R)	24
<b>Tableau n°03.03</b> : Calcul récapitulatif des éléments géométriques	45
<b>Tableau n°04.01</b> : Valeurs de la longueur minimale des déclivités (Source SNTF)	51
<b>Tableau n°04.02</b> : valeurs des rayons de raccordement minimaux à respecter	52
<b>Tableau n°06.01</b> : les résultats de calcul automatique	61
<b>Tableau n°07.01</b> : profil UIC 60	72
<b>Tableau n°07.02</b> : les types de branchement	86
<b>Tableau n°08.01</b> : les valeurs du coefficient E selon la plate-forme.	94
<b>Tableau n°08.02</b> : Les épaisseurs des différentes couches	96
<b>Tableau n°09.01</b> : Les Signaux de protection	101
<b>Tableau n°09.02</b> : Les Signaux de cantonnement	102
<b>Tableau n°09.03</b> : Les signaux de limitation de vitesses	104
<b>Tableau n°09.04</b> : Les Signaux de cabine	107
<b>Tableau n°15</b> : Devers en fonction de l'environnement	37

## INTRODUCTION

---

Le transport ferroviaire de marchandises et de voyageurs à travers toutes les régions d'un pays constitue une condition primordiale pour leur développement.

Il permet le transport d'importantes quantités de marchandises, les échanges entre les agents économiques et le maintien des populations dans les zones desservies en leur facilitant le déplacement de et vers les villes de l'intérieur ainsi que vers la capitale ou les grandes villes pour diverses raisons (d'approvisionnement, de santé, d'enseignement, etc.).

Pour ces avantages le transport ferroviaire se trouve privilégié par rapport aux autres modes de transport. Mais il nécessite une infrastructure particulière appelée « voie ferrée » dont les coûts de réalisation et d'entretien sont élevés en raison de la rigidité et de la complexité technique.

Restée longtemps en retard pour ce qui est du transport ferroviaire, l'Algérie a commencé à mettre le changement et réalise actuellement des projets structurants qui vont changer la carte du réseau national des voies ferrées. Dès l'achèvement de tout le programme ferroviaire national à l'horizon 2020, le linéaire total des voies atteindra les 12 500 km.

Notre projet s'inscrit dans le cadre de développement de l'axe de la rocade ferroviaire des hauts plateaux, il consiste à la réalisation de la nouvelle ligne ferroviaire Tiaret-Saida à voie unique (sur un linéaire de 17 Km 600).

En effet, le présent mémoire comporte l'étude d'Avant-Projet Détaillé (A.P.D) d'un tronçon de ce projet, sur un linéaire d'environ 17 km 600. Ce thème a été proposé par l'Agence Nationale d'Études et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaire (ANESRIF) comme étant le maître d'ouvrage de ce projet.



**Chapitre I**

**TRANSPORT  
FERROVIAIRE**

## **1. INTRODUCTION**

Le transport ferroviaire est le moyen le plus sûr et l'un des plus performants pour se déplacer d'un point à un autre et pour transporter d'importantes quantités de marchandises et fluidifier la circulation automobile, il existe depuis des siècles, avec comme première locomotive à vapeur celle construite par l'ingénieur Richard Trevithick qui roula le 21 février 1804 au Pays de Galles.

## **2. ASPECT ECONOMIQUE**

### **2.1. COÛTS D'INVESTISSEMENTS ELEVES :**

Les coûts de réalisation et d'entretien de l'infrastructure, y compris les équipements nécessaires à l'exploitation du réseau, et les coûts d'acquisition et de maintenance du matériel roulant constituent des coûts importants. La rigidité et la complexité techniques du système ferroviaire ajoutent un facteur de coût supplémentaire.

### **2.2. TRANSPORT COLLECTIF :**

Le transport ferroviaire est par définition un transport collectif, dont l'exploitation et les horaires ont été dès l'origine très réglementés par l'État, pour lequel s'est imposée très vite la notion de service public. D'autre part l'influence sur l'urbanisme est importante car c'est un facteur essentiel de l'aménagement du territoire.

### **2.3. TRANSPORT PEU COUTEUX :**

Le transport ferroviaire permet d'assurer une mobilité, accessible à tout le monde, dans le but de garantir l'unicité de la nation. Il est relativement peu onéreux et donc le plus souvent garanti par le service public.

### **2.4. TRANSPORT INTEGRE :**

les liens très étroits imposés par la technique entre la voie et le matériel roulant ont conduit dans la très grande majorité des cas à des entreprises ferroviaires intégrées, c'est-à-dire maîtrisant simultanément la gestion du réseau et l'exploitation des trains. La politique de libéralisation en cours dans l'Union européenne vise à ouvrir la concurrence entre les exploitants en confiant le réseau à des gestionnaires indépendants de ceux-ci. Il faut aussi assurer l'interopérabilité des réseaux.

## **3. ASPECT TECHNIQUE**

### **3.1. TRANSPORT GUIDE (PAR LES RAILS) :**

qui n'offre aux véhicules qu'un seul degré de liberté, en avant ou en arrière. Les changements de voie ne peuvent se faire qu'aux aiguillages, le dépassement est possible seulement en certains endroits d'une ligne (gares, voies d'évitements).

### **3.2. RAPIDITE ET REGULARITE :**

Horaires bien planifiés et respect des délais. Adapté pour tout type de marchandises. Le transport par voies ferrées est souvent plus rapide que par la route (système de guidage et absence d'obstacles).

Le transport par voies ferrées est souvent plus rapide que par la route (système de guidage et absence d'obstacles).

Le transport par voies ferrées est souvent plus rapide que par la route (système de guidage et absence d'obstacles).

### 3.3. CAPACITE DE TRANSPORT :

Transporter un grand nombre de voyageurs sur de longues distances

Une grande charge de wagons permet de transporter plus de marchandises par une unité de matériel roulant (train). Un wagon couvert peut remplacer 3 camions.

### 3.4. SECURITE ASSUREE :

Les trains ne circulent pas isolément comme sur la route, mais groupés en convoi (transport guidé), et le système d'exploitation repose un système de signalisation strict. Cela procurent au chemin de fer un haut niveau de sécurité.

## 4. ASPECT ECOLOGIQUE

### 4.1. TRANSPORT ECOLOGIQUE :

En raison de ces faibles émissions de GES (Gaz à effet de serre) dans l'atmosphère, le transport ferroviaire est considéré comme le moyen de transport le moins polluant.

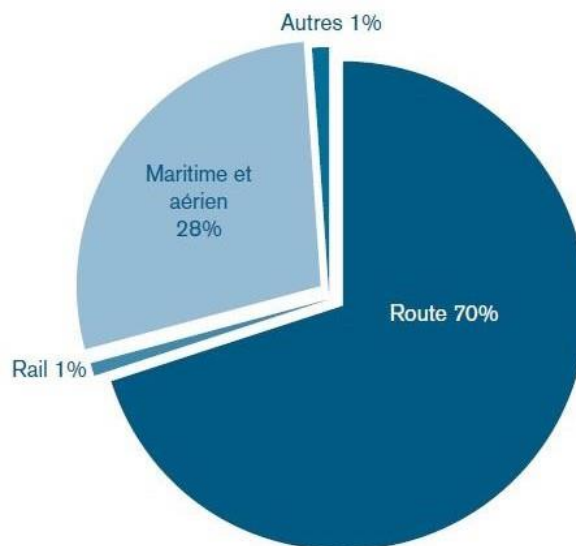


Figure 01.01 : Répartition des émissions mondiales des GES par mode de transport (source: EUROSTAT)

### 4.2. RENDEMENT ENERGETIQUE :

Par rapport au trafic acheminé, il possède un rendement énergétique élevé. Ses roues d'acier sur des rails d'acier présentent une faible résistance au roulement et dissipent moins d'énergie dans les frottements que les autres modes de transport. Le transport ferroviaire (trafic de voyageurs et de marchandises confondus) utilise l'énergie trois fois plus efficacement que la route.

### 4.3. RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT :

Grâce à sa plus grande capacité de transport et sa moindre consommation d'espace à volume transporté égal, le transport ferroviaire est plus respectueux des paysages. (Par voyageur-kilomètre parcouru, les chemins de fer exigent un tiers de moins d'espace que la voiture particulière).

#### **4.4. Réseau ferroviaire en Algérie**

Un réseau ferroviaire est l'ensemble de lignes de chemin de fer, de gares et d'installations techniques diverses qui permettent la circulation de convois ferroviaires ou trains dans un pays.

Restée longtemps en retard pour ce qui est du transport ferroviaire, l'Algérie veut mettre le changement et réalise actuellement des projets structurants qui vont changer la carte de réseau ferroviaire national.

#### **4.5. HISTOIRE DU RESEAU FERROVIAIRE NATIONAL**

Le réseau ferroviaire algérien a été parmi les premiers réseaux installés en Afrique, son développement a pris un siècle.

L'histoire des chemins de fer en Algérie commence avec le Décret Impérial (Napoléon III) du 8 Avril 1857 qui autorise la construction de 1357 km de chemins de fer dans la colonie d'Algérie. Le programme prévoyait, au départ, de Constantine à Alger et ensuite vers Oran selon un tracé donnant les bases du parcours par Aumale, Sétif, El Blidah, Orléansville Sainte Barbe du Tlélat.

Le premier chantier, démarré le 12 décembre 1859, porte sur la construction de la ligne Alger-Blida dans la Mitidja.

Les travaux de construction sont également entrepris pour relier Oran à Saint-Denis du Sig ainsi qu'une liaison avec le port de Philippeville et avec Constantine, mais les problèmes financiers poussent la compagnie à en interrompre les travaux et à développer la ligne d'Alger, qui sera ouverte le 8 septembre 1862.

L'objectif des 1 357 km est atteint et même dépassé, avec des tronçons construits représentant 1365 km de voie et touchant presque toutes les villes importantes d'Algérie.

Le 18 juillet 1879 une nouvelle campagne d'investissement est lancée à niveau national pour renforcer les lignes "d'intérêt général" avec comme objectif d'ajouter 1747 km au réseau existant. La construction de ces lignes dites "d'intérêt local" est laissée à la charge des investisseurs privés et des collectivités locales.

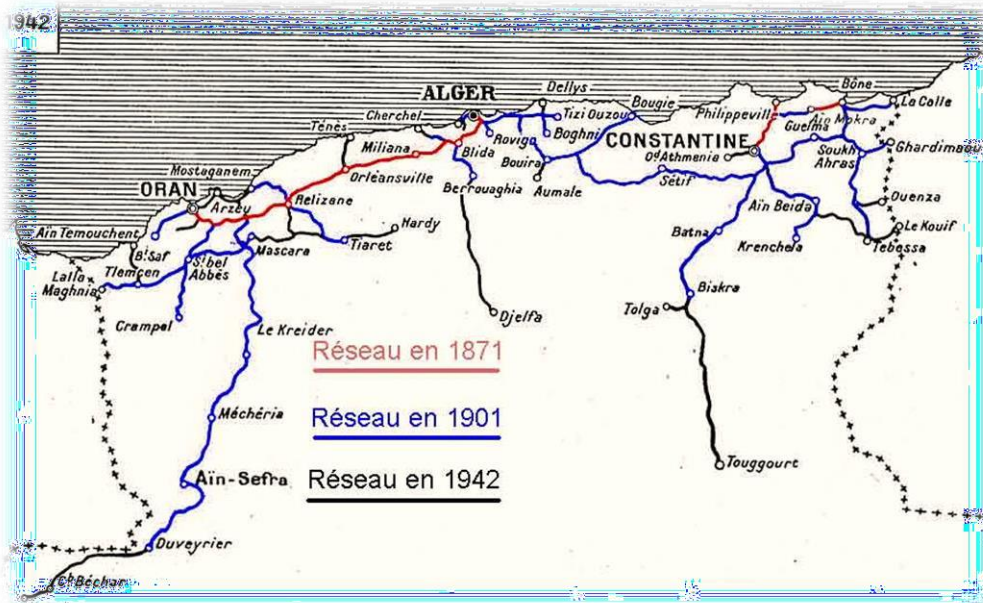
Dans les 30 ans qui suivirent, 2 035 km de ligne chemin de fer vont s'ajouter au réseau, constituant l'armature du futur réseau ferroviaire algérien.

Entre 1907 et 1946 une 3ème campagne d'investissement ajoute 1 614 km au réseau.

Au début de l'année 1925 on comptait 4724 km de chemins de fer auxquels il faut ajouter 127 km de tramways.

A la fin de la Seconde Guerre Mondiale le réseau ferroviaire algérien s'étend sur plus de 5 000 km.

Le 30 juin 1959 l'État français signe une convention créant la Société nationale des chemins de fer français en Algérie (SNCF A) et rassemble toutes les lignes exploitées sous la gestion de cette compagnie.



***Figure 01.02 : Réseau ferroviaire national en période coloniale***

Le même sigle –SNCF – fut longtemps gardé par l’Algérie indépendante (depuis 1963) mais pour désigner la Société nationale des chemins de fer algériens.

Après l’indépendance, de nombreuses lignes ont été abandonnées pour des raisons diverses liées à l’économie désastreuse dans laquelle la France a laissé l’Algérie et à la non-conformité de certaines lignes avec les nouvelles normes mondiales. Tel que en 1999, l’Algérie disposait seulement de 1700 km de voies ferrées disponibles et exploitées.

#### **4.6. LA SNTF COTE TRAIN**

La Société nationale des Transports Ferroviaires (SNTF) est responsable de la gestion du trafic et des lignes ferroviaires nationales. Elle est issue de la restructuration en 1976 de la SNCF. Elle change de statut et devient un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) par décret exécutif N°90-391 du 1 Décembre 1990, sous tutelle du Ministère des Transports.

La SNTF, étant l’unique opérateur ferroviaire, elle détient le monopole en ce qui concerne

L’exploitation du chemin de fer sur tout le territoire national. Elle est spécialisée dans le transport de voyageurs et de marchandises.

Dès 1999, une attention particulière a été accordée au secteur ferroviaire par les pouvoirs publics. De nombreux programmes d’investissements ont été inscrits et lancés depuis. L’ensemble de ces programmes vise le développement et la modernisation du réseau existant et la création des lignes nouvelles.

La gestion des projets et l’exploitation étaient toutes deux détenues par la SNTF, il est apparu clair que ce cumul de missions nuisait fortement au rendement de cette entreprise et leur séparation était donc devenue Inévitable.



C'est ainsi que le ministère des Transports a créé l'Agence nationale d'études et de suivi des investissements ferroviaires (ANESRIF) et les premiers éléments du personnel ont été transférés de

la SNTF vers l'ANESRIF. Cette réorganisation permettra à la SNTF de se concentrer sur ses métiers de base qui sont le transport de voyageurs et de marchandises.

Le parc roulant de la SNTF se composait de :

- 14 locomotives électriques.
- 154 locomotives diesels.
- 59 locomotives de manœuvre.
- 674 voitures.
- 13 000 wagons tous types.
- 17 Autorail diesel hydraulique.
- 64 Rames Automotrices électrique.

Afin de doper l'activité passagers longues distances la SNTF a commandé en 2015, 17 trains Coradia de dernière génération au constructeur français Alstom<sup>2</sup> pour un montant de 200 Millions d'Euros, ces derniers sont réputés par leur confort et leur endurance,

#### **4.7.L'ANESRIF COTE RAIL**

L'Agence Nationale d'Études et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires, est un Établissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC), mis en place en 2007 par décret présidentiel N°05-256 du 20 Juillet 2005.

l'ANESRIF comme étant le Maître d'Ouvrage délégué au profit du ministère des transports, elle doit accomplir missions suivantes :

- Lancer les études et faire mener à terme tous les projets ferroviaires.
- Sélectionner les partenaires qui auront à réaliser le programme de modernisation des voies ferrées, et étudier les projets.
- Confectionner et rédiger les avis d'appel d'offres
- Sélectionner les candidats
- Suivre et exécuter les projets conformément au code des marchés publics.

Dans le but de l'accomplissement de ses missions, l'Agence rassemble les infrastructures, les moyens techniques et les compétences scientifiques et managériales nécessaires.

L'ANESRIF, qui a le statut d'EPIC, assure le suivi d'un portefeuille de projets d'un montant très important. Elle est la plus grande agence en matière de suivi de la réalisation des projets en Algérie et en Afrique.

## 4.8. PROGRAMME FERROVIAIRE NATIONAL

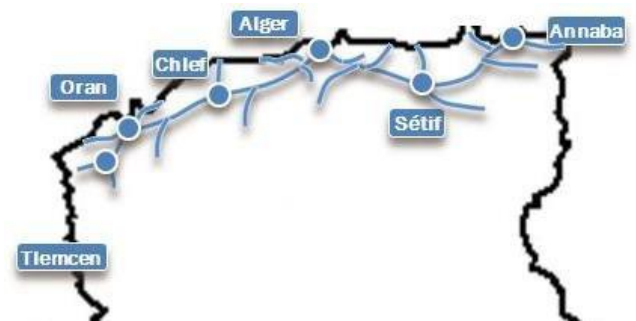
L'ANESRIF prend en charge l'exécution de l'ambitieux programme de développement du réseau ferroviaire. En 1999, le linéaire en voies ferrées disponible était de 1700 km. À la réception des projets de réalisations en cours, il sera de l'ordre de 6.000 km. Dès l'achèvement de tout le programme ferroviaire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

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

### Axe 01 : la rocade ferroviaire nord et ses dessertes

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

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



### Axe 02 : la rocade ferroviaire des hauts plateaux

Pour désenclaver les villes des hauts plateaux et l'exploitation économique de cette région, cette rocade sera parallèle à celle du Nord et sera reliée par des dessertes. Longue de 1160 km, elle s'étend elle aussi de l'Est du pays (Tébessa) vers

l'Ouest (Moulay Slissen). Sur un linéaire de 412 km les travaux ont déjà été terminés. Les chantiers concernant 748 km de cette rocade ont été lancés.



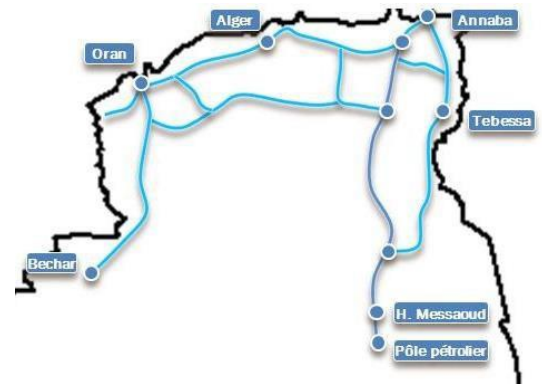
### Axe 03 : ligne minière

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



#### Axe 04 : pénétrante ouest

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



#### Axe 05 : pénétrante El gourzi (au nord) – Hassi Messaoud (au sud)

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



#### Axe 06 : Boucle sud-est

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

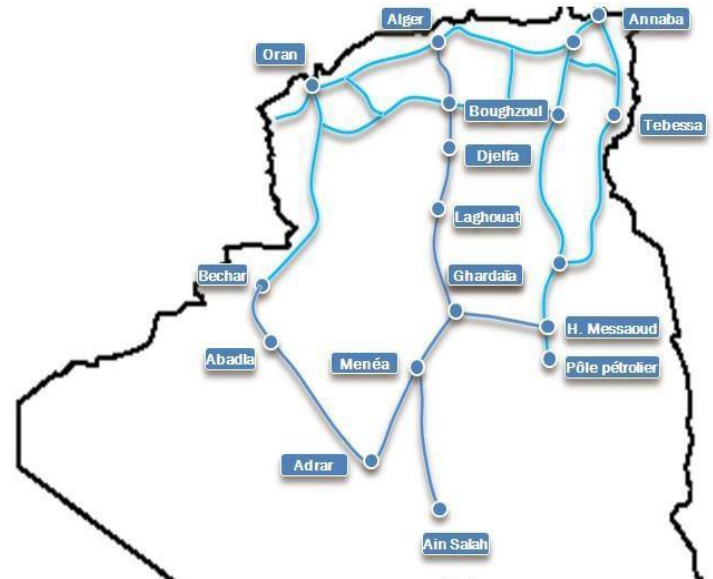
Le deuxième tronçon reliera les villes de K'ser El Boukhari, Djelfa (aux portes du Sahara), Laghouat (plein Sud) sur 290 km est en cours de réalisation.

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



### Axe 07 : boucle sud-ouest

Il s'agit d'une boucle de 1500 km de voies ferrées à réaliser. Elle reliera toutes les villes-oasis du Sud-Ouest en allant de Ghardaïa jusqu'à la jonction avec la ville de Béchar, au Sud-Ouest. Elle traversera les villes de Ménée, Timimoune, Adrar, Béni Abbès, et une jonction avec In Salah et Tamanrasset (1090 km plus au Sud).



Les études de cette boucle dont la vitesse de circulation prévue est de 220



**Chapitre II**  
**PRESENTATION DU**  
**PROJET**

## **1. DESCRIPTION GENERALE**

Notre projet consiste à la réalisation de la nouvelle ligne ferroviaire Tiaret-Saida dans le cadre de développement de l'axe de la rocade ferroviaire des hauts plateaux.

La ligne Tiaret-Saida est d'un linéaire de 153 kilomètres en voie unique pour un trafic mixte à une vitesse maximale de 160 km/h pour les trains de voyageurs et de 100 km/h pour les trains de marchandises.

Ce projet a pour objectifs :

- Désenclaver les zones semi-arides des Hauts-Plateaux et assurer une croissance économique et sociale équilibrée dans le pays, surtout qu'il fait partie de l'axe de la rocade ferroviaire des hauts plateaux qui viendra d'assurer leur jonction avec le nord du pays.
- Diminuer le temps de parcours entre la rocade ouest et le centre du pays.
- Raccourcir les distances entre les différents points de la région.
- Ce projet, une fois achevé, contribuera au développement économique et ouvrira une voie de modernité aux wilayas concernées (Tiaret et Saida), même les endroits les plus reculés et les plus démunies.

## **2. LES WILAYAS CONCERNEES PAR LE PROJET**

### **2.1. WILAYA DE SAIDA**

#### **2.1.1. Situation géographique (Relief- Climat)**

La wilaya de Saida est située dans la partie ouest du pays occupant une position centrale, à 800 m d'altitude.

Elle est limitée :

- Au nord, par la wilaya de Mascara
- Au sud, par la wilaya d'El Bayadh
- À l'ouest, par la wilaya de Sidi Bel Abbès
- À l'est, par la wilaya de Tiaret

Le climat est semi-aride, chaud et sec en été et froid en hiver avec gelées fréquentes.

#### **2.1.2. Situation démographique et superficie**

La wilaya compte une population de 318 717 habitants. (Estimation 2007) avec une superficie totale de 6 764 km<sup>2</sup>.

#### **2.1.3. Organisation administrative**

- Nombre de Daïras : 6
- Nombre de communes : 16
- Potentialités économiques
- La wilaya possède 2 zones industrielles.
- La production agricole de la wilaya est essentiellement céréalière.

- La production animale englobe les viandes rouges, blanches, les œufs, le miel et le lait.

L'industrie quant à elle, produit dans le secteur du papier, le ciment, les chaux, les briques, l'eau minérale, la semoule, la farine et le gaz butane et propane.

#### **2.1.4. Infrastructures économiques, administratives et sociales**

La wilaya dispose d'importantes infrastructures de base dont notamment :

- Un réseau routier de 372 Km de routes nationales, 646 km de chemins de wilaya et 201 Km de chemins communaux.
- Le secteur de l'éducation nationale est doté d'un ensemble d'établissements scolaires pour le cycle fondamental 185 écoles, 40 Lycées.
- Le secteur de l'enseignement supérieur est doté de 7 instituts avec un effectif de 4388 étudiants.
- Le secteur de la santé, quant à lui compte 1 hôpital, 6 polycliniques, 7 centres de santé et 53 salles de soins.

#### **2.1.5. WILAYA DE TIARET**

##### **2.1.5.1. Situation géographique (Relief- Climat)**

La wilaya de Saida est située dans la partie ouest du pays occupant une position centrale, à 800 m d'altitude.

Elle est limitée :

- Au nord, par la wilaya de Mascara
- Au sud, par la wilaya d'El Bayadh
- À l'ouest, par la wilaya de Sidi Bel Abbès
- À l'est, par la wilaya de Tiaret

**Le climat est semi-aride, chaud et sec en été et froid en hiver avec gelées fréquentes.**

##### **2.1.5.2. Situation géographique (Relief- Climat)**

La ville de Tiaret est située à l'ouest du pays à 1 143 m altitude.

Elle est délimitée :

- Au nord, par les wilayas de Tissemsilt et de Relizane
- Au sud, par les wilayas de Laghouat et de El Bayadh
- À l'ouest, par les wilayas de Mascara et de Saïda
- À l'est, par la wilaya de Djelfa

Le climat est continental dont l'hiver est rigoureux et l'été est chaud et sec

### **2.1.5.3. Situation démographique et superficie**

La wilaya compte une population de 839 011 habitants. (Estimation 2007) avec une superficie totale de 20673 km<sup>2</sup>.

### **2.1.5.4. Organisation administrative**

- Nombre de Daïras : 14
- Nombre de communes : 42

### **2.1.5.5. Potentialités économiques**

- La production végétale est dominée par la production céréalière.
- la wilaya dispose d'un cheptel estimé à
- 1.190.000 têtes ovines et 37.652 têtes ovines et enfin de 115.957 têtes caprines.
- Secteur de l'industrie compte un ensemble d'unités de production :
- Industrie mécanique SNVI
- Unité de batteries automobiles
- - 1 zone industrielle et 9 zones d'activités

### **2.1.5.6. Infrastructures économiques, administratives et sociales**

La wilaya dispose d'une infrastructure de base importante dont :

- Une zone industrielle et de neuf zones d'activités.
- Carrefour des hauts plateaux, la wilaya de Tiaret est traversée par trois importantes voies de communication (RN 23, RN 14 et RN 40) qui assurent les liaisons Nord-Sud et Est-Ouest et dispose d'un aéroport de dimension internationale.
- Le secteur de l'enseignement supérieur est doté d'un pôle universitaire de 20.000 places.
- Le secteur de la santé compte 6 hôpitaux et 1 EHS en psychiatrie, avec un nombre total de lits estimé à 1534 lits.

## **3. LES ACTEURS DE PROJET**

Les différents intervenants qui participent à l'élaboration et à la réalisation de ce projet sont :

### **3.1.MAITRE DE L'OUVRAGE :**

Ministère de transport

### **3.2.MAITRE DE L'OUVRAGE DELEGUE :**

Agence Nationale d'Études et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (ANESRIF)

### **3.3.MAITRISE D'ŒUVRE :**

Groupement de bureaux : POYRY-SETIRAIL-GETINSA

### **3.4.ENTREPRENEUR :**

Groupement d'entreprises : ASTALDI SPA ITALIE-COSIDER TP ALGERIE



## **4. LES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES**

### **4.1. CARACTERISTIQUES DE VOIE :**

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

### **4.2. CHARGES A L'ESSIEU :**

- Infrastructure : 22,5 T.
- Ouvrages d'art : 25 T.

### **4.3. VITESSE MAXIMALE :**

- Vitesse des trains de voyageurs : 160 km/h.
- Vitesse des trains de marchandises : 100 km/h.
- Vitesses de branchement dans les appareils de voie : 60 km/h.

La continuité du réseau routier est assurée par des pont-rail (passage inférieur de la route) et des pont-route (passage supérieur de la route).

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

# **Chapitre III**

## **TRACE EN PLAN**

## 1. 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 général d'une succession d'alignements droits et d'arcs de cercles relié entre eux par des courbes de raccordement progressif.

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

$V_R$  : vitesse des trains rapides (voyageurs).

$V_L$  : vitesse des trains lents (marchandises).

La géométrie du tracé en plan d'une voie ferrée est bordée par certaines contraintes physiques et technologiques :

- Le confort des voyageurs et la stabilité des véhicules.
- La capacité de réaliser certain nombre de formes géométrique en génie civil et à la maintenir dans le temps.
- La complexité de l'entretien.

## 2. CONDITIONS ET REGLES DE TRACE

- Le tracé en plan doit assurer un confort technique et un coût économique, et pour atteindre cet objectif, on doit respecter les conditions et les considérations suivantes :
- Comme on est en phase APD, on ne doit pas sortir du couloir choisi.
- Eviter les terrains très plastiques.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Essayer d'utiliser le maximum d'alignements.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds et des routes afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques.
- Suivre les courbes de niveau afin de minimiser les terrassements.

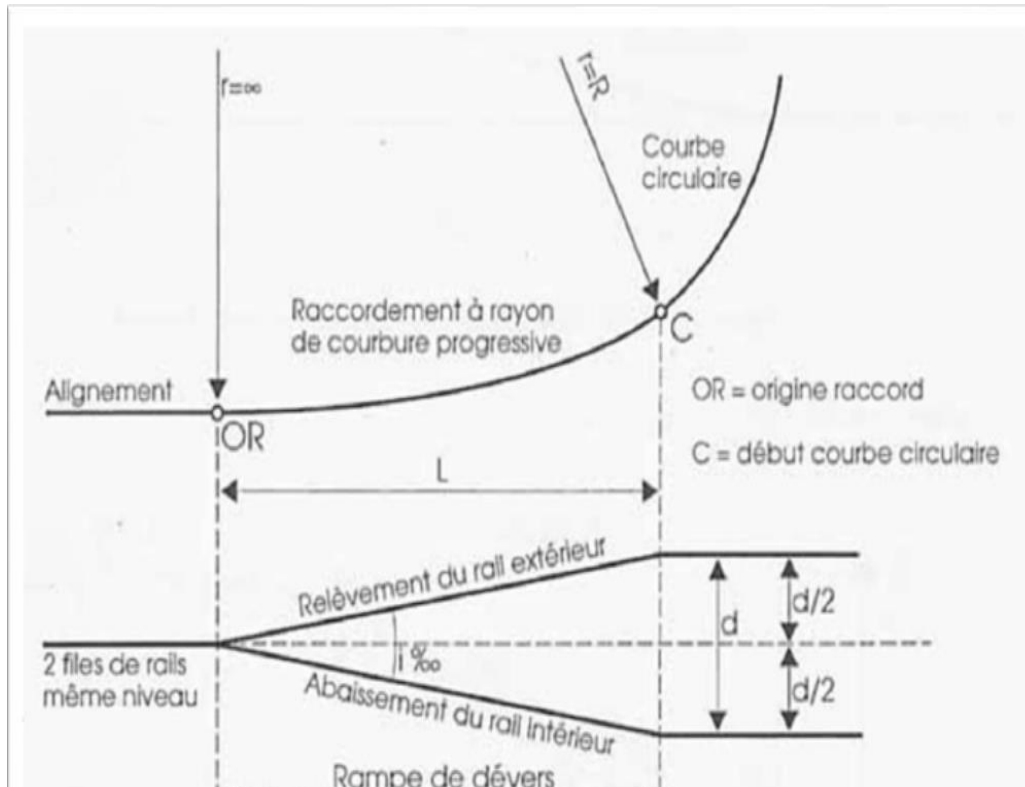
## 3. ELEMENTS DE TRACE EN PLAN

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

- • Alignement ( $R=\infty$ ) : 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.
- Arcs de cercles ( $R=\text{constante}$ ) : Le raccordement entre les alignements se fait avec les raccordements circulaires La valeur du rayon de raccordement est fonction de la vitesse

des trains dans la courbe. Le rayon des arcs de cercle et leurs dévers doivent permettre au minimum à un véhicule roulant à la vitesse de référence  $V_r$  de ne pas déraper.

- courbe de raccordement progressif (CRP) : 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.



**Figure 03.01 : Eléments du tracé en plan**

## 4. COURBE ET CONDITIONS DE RACCORDEMENT

### 4.1. LA CLOTHOÏDE

Il existe plusieurs types de courbes de raccordement progressif mais La clothoïde est la plus CRP qui sera appliquée dans le tracé de notre projet pour plusieurs raisons :

C'est la CRP idéale en point de vue dynamique.

- Elle maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.
- Elle satisfait aux exigences d'esthétique et de confort optique.

L'expression mathématique de la clothoïde est, en choisissant pour des raisons d'homogénéité.

$$A^2 = L_{RP} \cdot R$$

A : Paramètre de la clothoïde.

$L_{RP}$ : Longueur de clothoïde (m).

R : Rayon de courbe (m).

#### 4.2. CONDITIONS DE RACCORDEMENT

- Condition de gauchissement : On doit limiter dans les zones de variation de dévers la pente relative au profil en long du rail déversé par rapport à l'axe de la voie.
- Condition de confort optique : C'est pour assurer une vue satisfaisante au conducteur de la voie en limitant le changement de direction.
- Condition de confort dynamique : elle assure la stabilité et le confort dynamique par la progression du dévers et de la courbure.

#### 4.3. LE DEVERS

Le dévers sera obtenu en surélevant le rail extérieur par rapport au rail intérieur. la variation du dévers à l'entrée et à la sortie d'une courbe sera continue tout au long de la courbe de transition.

Le dévers a pour but de s'opposer aux déraillements des trains dus à la force centrifuge exercée sur les trains qui se déplacent sur une courbe.

##### 4.3.1. LE DEVERS 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. Mécaniquement la résultante doit être perpendiculaire à la surface de roulement.

Tel que, ces forces sont: la force centrifuge (GA) et le poids du véhicule (GB).

Pour faire équilibrer La composante  $GC = \frac{mv^2 \cos \alpha}{R}$  de la force centrifuge quitend à rejeter le véhicule vers l'extérieur, nous avons la composante  $GH = P \sin \alpha$

$$\rightarrow \frac{mv^2 \cos \alpha}{R} = P \sin \alpha$$

Comme:  $P = m g$  et L'angle  $\alpha$  étant très petit, on peut prendre :

$$\sin \alpha = \tan \alpha = \frac{d_{th}}{e} \quad \text{et} \quad \cos \alpha = 1$$

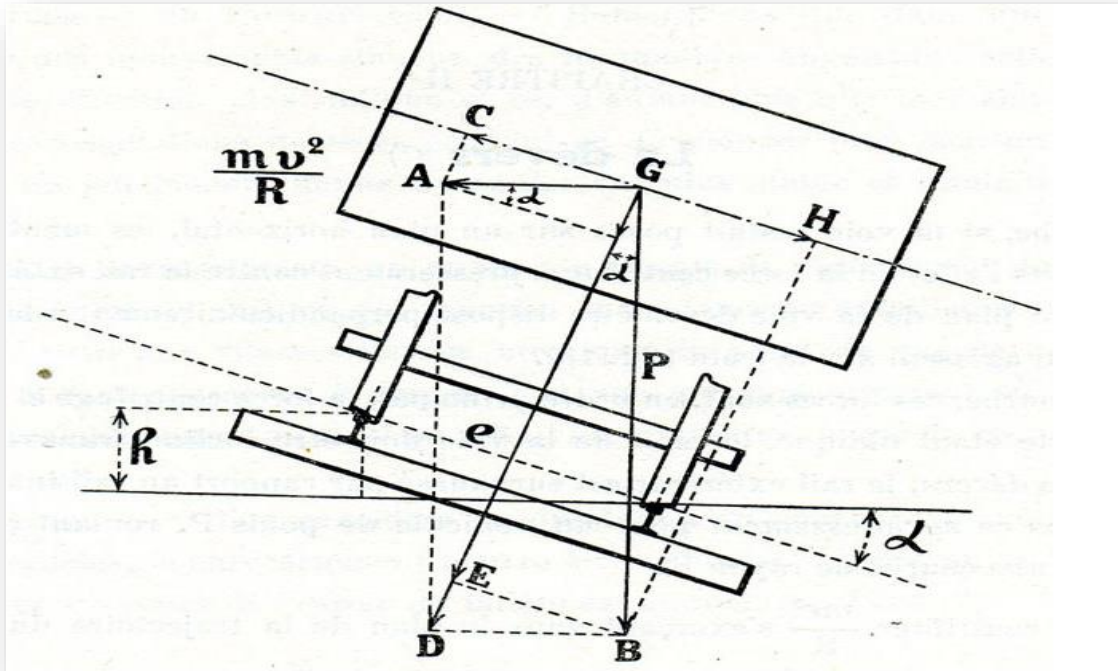
$$\text{Donc} : \frac{mv^2}{R} = \frac{m g d_{th}}{e} \rightarrow d_{th} = \frac{e v^2}{g R}$$

$$\rightarrow d_{th} = 11.8 \frac{v^2}{R} \text{ [mm]}$$

(SNCF : Conception du tracé de lavoie courante  $V \leq 220$  km/h. (IN0272))

R : Rayon de courbe (m)

V : Vitesse (km/h)



*Figure 03.02: le dévers théorique*

#### 4.3.2. LE DEVERS PRATIQUE (NORMAL)

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

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

La formule du dévers pratique est :  $d_p = \frac{1000.C}{R}$  [mm] et C : coefficient du dévers.

#### 4.3.3. L'INSUFFISANCE DE DEVERS

On limite l'accélération non compensée, afin d'assurer la sécurité des circulations, le confort des voyageurs et un coût raisonnable de l'entretien de la voie. On appelle

insuffisance de dévers, la différence entre le dévers théorique des trains rapide et le dévers normal (pratique). Elle est donnée par :

$$I = \frac{11.8v_{max}^2}{R} - d_p$$

Avec : V max : Vitesse des trains de voyageurs (maximale) (km/h)

R : rayon courbe de (m)

#### 4.3.4. L'EXCES DE DEVERS

Lorsque la vitesse d'un train en courbe est plus faible que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers pratique, ce véhicule est soumis à une force centripète non compensée. Le dévers de la voie est donc excessif et la résultante des forces se déplace vers l'intérieur de la courbe. On appelle excès de dévers la différence entre le dévers théorique des trains lents et le dévers normal.

$$E = d_p - \frac{11.8 v_{min}^2}{R} \text{ [mm]}$$

L'excès de dévers est limité pour éviter l'usure prématurée du rail intérieur dans les courbes.

$v_{min}$  : Vitesse des trains de marchandises (minimale) (km/h)

R : rayon courbe de (m)

#### 4.3.5. Coefficient de dévers

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

$$c = \frac{R_{min} \cdot D_{Rmin}}{1000}$$

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

Le coefficient de dévers est donné par la formule suivante :

$$c = 0.006v^2$$

(SNCF : Conception du tracé de la voie courante  $V \leq 220$  km/h. (IN0272))

#### 4.3.6. Longueur minimum des éléments de trace

Afin de faciliter le roulement et adoucir le roulis des wagons de train, des longueurs minimales ont été fixées pour les éléments du tracé.

Longueur : exprimée en (m)

vitesse : exprimée en (Km/h)

***Tableau 03-01: longueur minimal à respecter (source fiche SNTF Géométrie)***

Valeur limite normale	$\frac{v}{2}$
Valeur limite exceptionnelle	$\frac{v}{3}$

Pour notre projet la longueur minimale est

$$L_{\min} = \frac{v}{2} = 110 \text{ m}$$

#### 4.3.7. Rayon minimum

La valeur du rayon minimum admissible est limitée pour assurer, en fonction des vitesses de circulation, le confort des voyageurs et éviter que les efforts transversaux sur la voie ne soient trop importants.

Le rayon minimum (normal et exceptionnel), sera défini à partir de l'insuffisance de dévers admissible pour les vitesses maximales et à partir de l'excès de dévers pour les vitesses minimales sans que le dévers maximum ne soit dépassé.

#### ❖ Remarque:

Le rayon minimum de la courbe devra être déterminé comme suit:

- Pour la vitesse minimale de circulation des trains (trains lents), l'excès de dévers (E) devra être inférieur à la valeur maximum admissible.
- Pour la vitesse maximale de circulation des trains (trains rapides), l'insuffisance de dévers (I) devra être inférieure à la valeur maximale admissible.

Donc le rayon minimum doit se traduire par l'équation suivante :

$$\frac{11.8v_{\min}^2}{D_{\max} - E} \geq R_{\min}(m) \geq \frac{11.8v_{\max}^2}{D_{\max} + I}$$



$D_{max}$ : Rayon de courbe (m).

$v_{max}$ : vitesse maximum des trains voyageurs ( $km/h$ )

$v_{min}$ : vitesse des trains de marchandises (minimale) ( $km/h$ )

$I$ : Valeur admissible d'insuffisance de dévers

$E$ : Excès de dévers (mm)

#### 4.3.8. RACCORDEMENT DE DÉVERS:

Le passage d'un dévers nul en alignement à un dévers prévu en pleine courbe doit se faire d'une façon progressive. Cette progression se fait sur une longueur appelée « rampe de dévers ». La variation de dévers par unité de longueur est constante pour faciliter la pose, le contrôle et l'entretien de la voie, cette variation est accompagnée aussi de la variation de l'insuffisance et de l'excès de dévers. Son exécution se fait par la surélévation progressive du rail extérieur par rapport au rail intérieur.

La longueur de la rampe de dévers est donnée par :

$$dd/dt = [dp \times V_{max} / (3.6 \times L)]$$

**N.B :** pour notre projet,  $dd/dt = 38 \text{ mm/s}$

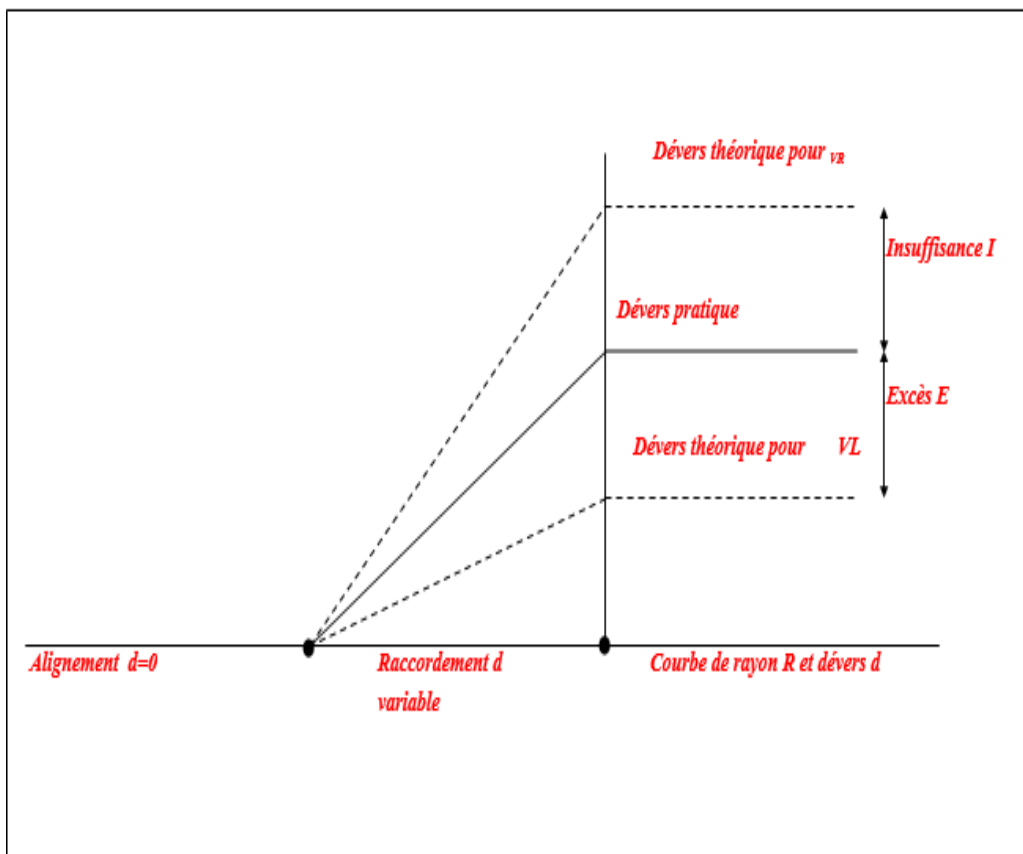


Figure 03.03: Raccordement de dévers

### 4.3.9. Gauchissement et variation du dévers

Lors du passage des trains dans les courbes et en présence des dévers, les points de contact des roues des wagons avec le rail ne se trouvent pas sur le même niveau et sous des charges dynamiques à grandes vitesses qui sont répartis inégalement sur les roues, le problème deviendra très dangereux. Pour régler ce problème, on doit limiter cette rampe par unité de longueur. Le rapport ( $\Delta D/\Delta L$ ) exprime cette variation en (mm/m).

### 4.3.10. Application pour notre projet

On se réfère aux normes UIC (union internationale des chemins de fer) pour notre projet.

On a les données SNTF du projet :

Vitesse des trains de voyageurs (maximale) : 220 km/h

Vitesse des trains de marchandises (minimale) : 110 km/h

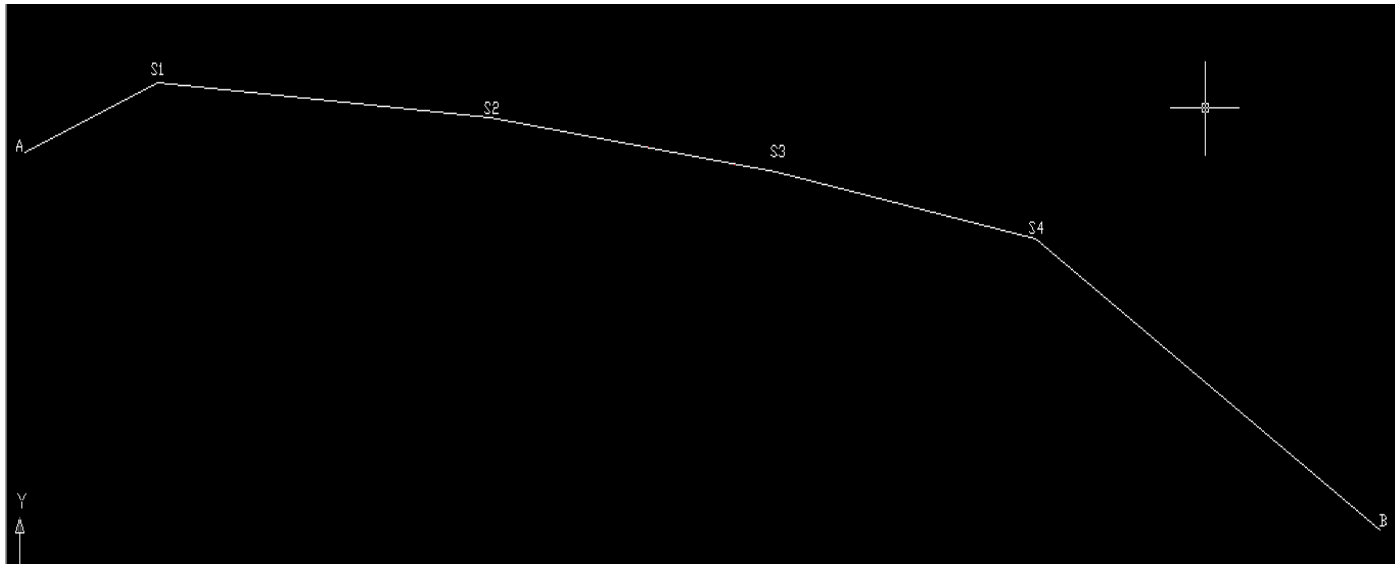
Voici la fiche (UIC 703 R) pour la vitesse maximale de 220 Km/h :

**Tableau 03-02 : Paramètres de tracé pour notre projet (source fiche UIC 703R)**

Valeurs	Normales	Maximales
I (Insuffisance de dévers) (mm)	121	-
E (Excès de dévers) (mm)	100	-
D (dévers) (mm)	125	-
dl/dt (mm/s)	36	-
dd/dt (mm/s)	38	-

## 5- APPLICATION AU PROJET

### 5.1 Axe :



### 5.2 LES COORDONNEES DE L'AXE (COVADIS 10.1)

**COVADIS - LISTING D'UN AXE EN PLAN (AxeDefiniBin03)**

Nom du dessin

G:\Prj\BENYAHIA\_\_Cheminde fer\Nouveau dossier\axeDefiniBin03.dwg

Date du listing

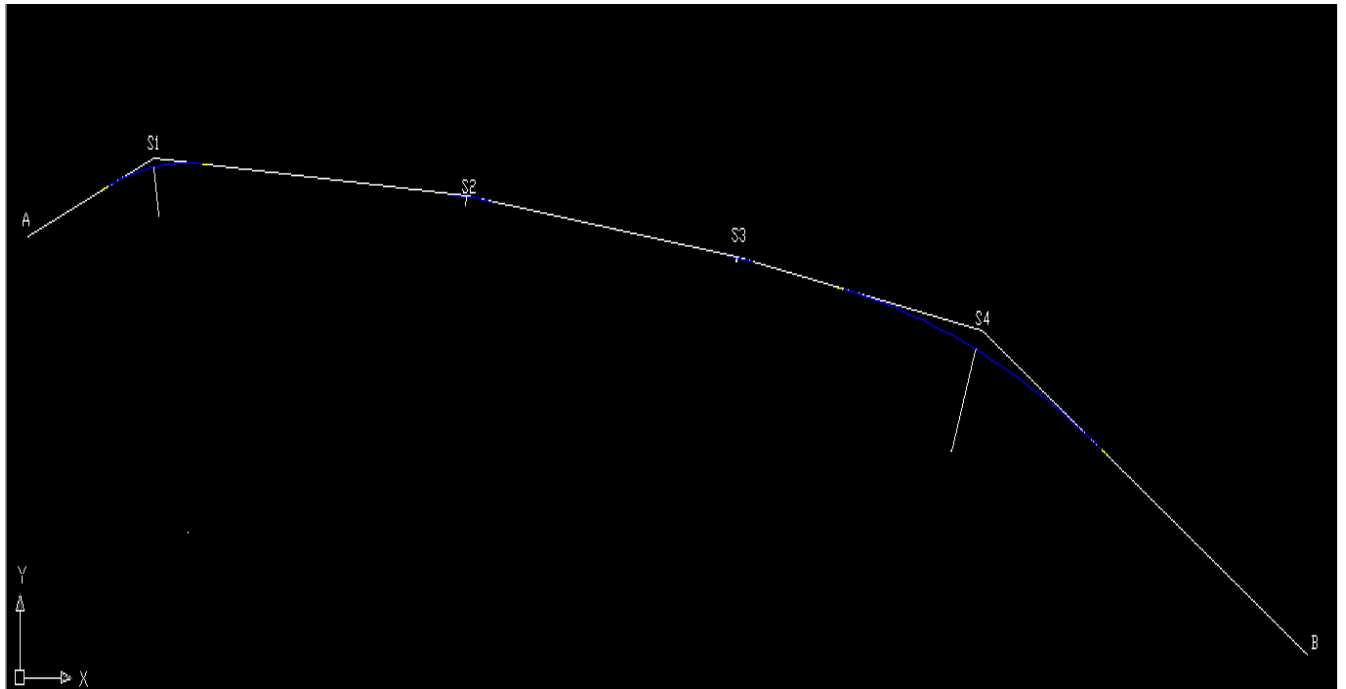
04/07/2022 à 19:19:37

Elément	Gisement	Longueur	Abscisse	X	Y
Alignement droit	76.5961	1754.6515	1754.6515	3672000.0127	729815.0136
Alignement droit	104.7736	4090.2905	5844.9421	3673637.4230	730445.6399
Alignement droit	108.9744	3557.4690	9402.4111	3677716.2201	730139.2238
Alignement droit	111.7279	3240.7362	12643.1472	3681238.3995	729639.3858
Alignement droit	135.3306	4985.1793	17628.3266	3684424.2994	729045.7422
				3688661.2790	726418.9539

### 5.3 Calculs des gisements et les angles au centre

Direction	$\Delta X$	$\Delta Y$	Gisements	Angle au centre		Distances
A-S1	1637,4103 m	630,6263 m	76,5961 gr			1754,6520 m
S1-S2	4078,7971 m	-306,4161 m	104,7736 gr	$\beta_1$	28,1775 gr	4090,2910 m
S2-S3	3522,1794 m	-499,8380 m	108,9744 gr	$\beta_2$	4,2008 gr	3557,4690 m
S3-S4	3185,8999 m	-593,6436 m	111,7279 gr	$\beta_3$	2,7535 gr	3240,7360 m
S4-B	4236,9796 m	-2626,7883 m	135,3306 gr	$\beta_4$	23,6027 gr	4985,1790 m
						17628,3270 m

## 5.4 Raccordement circulaire



### COVADIS - LISTING D'UN AXE EN PLAN (RaccCircBin03)

Nom du dessin  
Date du listing

G:\Prj\BENYAHIA\_\_Cheminde fer\Nouveau  
dossier\Racc\_Circ\_Defini\_Bin03.dwg  
04/07/2022 à 19:30:26

Elément	Gisement	Rayon	X Centre	Y Centre	Longueur	Abscisse	X	Y
Alignement droit	76.5961				1079.6799	1079.6799	3672000.0127	729815.0136
Arc de cercle		3000	3674085.7589	727403.5055	1327.8327	2407.5126	3673007.5512	730203.0533
Alignement droit	104.7736				3085.2642	5492.7768	3674310.4981	730395.0757
Arc de cercle		10000	3676637.9624	720192.0485	659.8698	6152.6466	3677387.0928	730163.9492
Alignement droit	108.9744				3021.9368	9174.5834	3678043.0007	730092.8499
Arc de cercle		9500	3679700.1739	720262.4949	410.8911	9585.4744	3681034.9603	729668.2562
Alignement droit	111.7279				1159.9783	10745.4527	3681440.4002	729601.7461
Arc de cercle		10000	3680748.9334	719558.4686	3707.5006	14452.9533	3682580.7505	729389.2593
Alignement droit	135.3306				3109.8990	17562.8523	3686018.1286	728057.6204
							3688661.2790	726418.9539

## 5.5 CALCUL DES ELEMENTS DES RACCORDEMENT CIRCULAIE

Rayon	Tangente	Développée	Bissectrice	flèche
3000	674,97 m	1327,83 m	74,99 m	73,16 m
10000	330,05 m	659,86 m	5,45 m	5,44 m
9500	205,48 m	410,89 m	2,22 m	2,22 m
400	8,65 m	17,30 m	0,09 m	0,09 m
Σ	1219,15 m	2415,88 m		
	Lt =	17605,907		

La longueur totale de notre tronçon est ; 17605.91 m

## 5.6 Dénivelée cumulée

N°	Distance		Altitude	Dni
	Cumulée	Partielle		
1	0,00	0,00	1102,41	
2	30,00	30,00	1102,84	0,44
3	60,00	30,00	1103,14	0,30
4	90,00	30,00	1103,47	0,33
5	120,00	30,00	1103,98	0,51
6	150,00	30,00	1104,63	0,65
7	180,00	30,00	1105,84	1,21
8	210,00	30,00	1106,95	1,11
9	240,00	30,00	1107,80	0,84
10	270,00	30,00	1108,82	1,02
11	300,00	30,00	1109,42	0,60
12	330,00	30,00	1110,28	0,86
13	360,00	30,00	1111,54	1,27
14	390,00	30,00	1112,38	0,84
15	420,00	30,00	1113,07	0,69
16	450,00	30,00	1113,76	0,69
17	480,00	30,00	1113,90	0,15
18	510,00	30,00	1113,73	-0,17
19	540,00	30,00	1114,49	0,76
20	570,00	30,00	1115,06	0,57
21	600,00	30,00	1115,35	0,30
22	630,00	30,00	1115,06	-0,29
23	660,00	30,00	1115,43	0,37

24	690,00	30,00	1115,92	0,49
25	720,00	30,00	1116,50	0,58
26	750,00	30,00	1117,02	0,52
27	780,00	30,00	1117,80	0,78
28	810,00	30,00	1118,44	0,63
29	840,00	30,00	1119,20	0,76
30	870,00	30,00	1119,07	-0,13
31	900,00	30,00	1119,43	0,36
32	930,00	30,00	1120,52	1,10
33	960,00	30,00	1121,40	0,87
34	990,00	30,00	1121,48	0,08
35	1020,00	30,00	1121,36	-0,12
36	1050,00	30,00	1120,30	-1,06
37	1079,68	29,68	1120,37	0,07
38	1080,00	0,32	1120,37	0,00
39	1110,00	30,00	1120,35	-0,03
40	1140,00	30,00	1119,82	-0,53
41	1170,00	30,00	1119,33	-0,49
42	1200,00	30,00	1119,21	-0,12
43	1230,00	30,00	1119,04	-0,17
44	1260,00	30,00	1118,74	-0,31
45	1290,00	30,00	1118,77	0,03
46	1320,00	30,00	1118,80	0,03
47	1350,00	30,00	1119,08	0,28
48	1380,00	30,00	1119,38	0,31
49	1410,00	30,00	1119,86	0,47
50	1440,00	30,00	1119,93	0,07
51	1470,00	30,00	1119,91	-0,02
52	1500,00	30,00	1119,95	0,04
53	1530,00	30,00	1120,49	0,53
54	1560,00	30,00	1120,63	0,15
55	1590,00	30,00	1121,14	0,50
56	1620,00	30,00	1122,18	1,04
57	1650,00	30,00	1123,25	1,07
58	1680,00	30,00	1124,24	0,99

59	1710,00	30,00	1125,45	1,21
60	1740,00	30,00	1126,45	1,00
61	1770,00	30,00	1127,27	0,82
62	1800,00	30,00	1128,54	1,27
63	1830,00	30,00	1129,42	0,88
64	1860,00	30,00	1130,42	1,00
65	1890,00	30,00	1130,91	0,49
66	1920,00	30,00	1131,70	0,79
67	1950,00	30,00	1130,62	-1,08
68	1980,00	30,00	1129,60	-1,02
69	2010,00	30,00	1128,48	-1,11
70	2040,00	30,00	1127,40	-1,09
71	2070,00	30,00	1126,04	-1,36
72	2100,00	30,00	1124,94	-1,09
73	2130,00	30,00	1124,07	-0,87
74	2160,00	30,00	1123,12	-0,95
75	2190,00	30,00	1122,59	-0,54
76	2220,00	30,00	1122,14	-0,45
77	2250,00	30,00	1122,00	-0,14
78	2280,00	30,00	1122,73	0,73
79	2310,00	30,00	1122,89	0,16
80	2340,00	30,00	1123,05	0,16
81	2370,00	30,00	1123,17	0,12
82	2400,00	30,00	1123,16	0,00
83	2407,51	7,51	1123,18	0,02
84	2430,00	22,49	1123,43	0,25
85	2460,00	30,00	1123,72	0,29
86	2490,00	30,00	1123,84	0,11
87	2520,00	30,00	1124,26	0,42
88	2550,00	30,00	1124,68	0,43
89	2580,00	30,00	1125,11	0,43
90	2610,00	30,00	1125,75	0,64
91	2640,00	30,00	1126,36	0,61
92	2670,00	30,00	1126,96	0,60
93	2700,00	30,00	1127,91	0,96

94	2730,00	30,00	1129,27	1,36
95	2760,00	30,00	1131,24	1,97
96	2790,00	30,00	1133,09	1,84
97	2820,00	30,00	1134,83	1,74
98	2850,00	30,00	1136,57	1,74
99	2880,00	30,00	1137,75	1,18
100	2910,00	30,00	1138,08	0,33
101	2940,00	30,00	1138,55	0,47
102	2970,00	30,00	1139,03	0,48
103	3000,00	30,00	1139,32	0,30
104	3030,00	30,00	1139,41	0,09
105	3060,00	30,00	1139,41	0,00
106	3090,00	30,00	1139,29	-0,12
107	3120,00	30,00	1138,97	-0,32
108	3150,00	30,00	1138,31	-0,66
109	3180,00	30,00	1137,57	-0,74
110	3210,00	30,00	1137,46	-0,11
111	3240,00	30,00	1136,77	-0,69
112	3270,00	30,00	1136,02	-0,75
113	3300,00	30,00	1135,53	-0,49
114	3330,00	30,00	1135,51	-0,02
115	3360,00	30,00	1135,84	0,33
116	3390,00	30,00	1136,40	0,56
117	3420,00	30,00	1137,62	1,22
118	3450,00	30,00	1139,16	1,54
119	3480,00	30,00	1140,82	1,66
120	3510,00	30,00	1142,00	1,18
121	3540,00	30,00	1142,83	0,83
122	3570,00	30,00	1143,14	0,31
123	3600,00	30,00	1142,95	-0,19
124	3630,00	30,00	1142,51	-0,44
125	3660,00	30,00	1141,08	-1,44
126	3690,00	30,00	1140,04	-1,04
127	3720,00	30,00	1139,95	-0,09
128	3750,00	30,00	1140,00	0,05



129	3780,00	30,00	1140,07	0,08
130	3810,00	30,00	1139,89	-0,18
131	3840,00	30,00	1139,07	-0,82
132	3870,00	30,00	1137,83	-1,23
133	3900,00	30,00	1136,45	-1,38
134	3930,00	30,00	1134,69	-1,76
135	3960,00	30,00	1133,62	-1,07
136	3990,00	30,00	1133,00	-0,63
137	4020,00	30,00	1132,58	-0,41
138	4050,00	30,00	1132,83	0,25
139	4080,00	30,00	1133,43	0,60
140	4110,00	30,00	1133,08	-0,35
141	4140,00	30,00	1132,82	-0,26
142	4170,00	30,00	1133,16	0,34
143	4200,00	30,00	1133,58	0,42
144	4230,00	30,00	1134,13	0,56
145	4260,00	30,00	1134,84	0,70
146	4290,00	30,00	1135,55	0,71
147	4320,00	30,00	1136,16	0,61
148	4350,00	30,00	1136,59	0,43
149	4380,00	30,00	1136,72	0,13
150	4410,00	30,00	1137,27	0,55
151	4440,00	30,00	1137,59	0,32
152	4470,00	30,00	1137,36	-0,23
153	4500,00	30,00	1136,93	-0,43
154	4530,00	30,00	1136,38	-0,55
155	4560,00	30,00	1135,11	-1,27
156	4590,00	30,00	1133,94	-1,17
157	4620,00	30,00	1132,92	-1,02
158	4650,00	30,00	1132,15	-0,77
159	4680,00	30,00	1131,68	-0,47
160	4710,00	30,00	1132,52	0,83
161	4740,00	30,00	1134,03	1,51
162	4770,00	30,00	1135,81	1,78
163	4800,00	30,00	1137,54	1,73

164	4830,00	30,00	1139,20	1,66
165	4860,00	30,00	1140,47	1,27
166	4890,00	30,00	1141,74	1,27
167	4920,00	30,00	1142,43	0,69
168	4950,00	30,00	1142,79	0,37
169	4980,00	30,00	1142,67	-0,12
170	5010,00	30,00	1142,37	-0,31
171	5040,00	30,00	1142,41	0,04
172	5070,00	30,00	1142,75	0,34
173	5100,00	30,00	1143,47	0,72
174	5130,00	30,00	1144,66	1,19
175	5160,00	30,00	1145,87	1,21
176	5190,00	30,00	1147,05	1,18
177	5220,00	30,00	1148,08	1,03
178	5250,00	30,00	1149,08	1,00
179	5280,00	30,00	1150,26	1,17
180	5310,00	30,00	1150,99	0,73
181	5340,00	30,00	1151,91	0,92
182	5370,00	30,00	1151,86	-0,04
183	5400,00	30,00	1151,90	0,04
184	5430,00	30,00	1151,73	-0,18
185	5460,00	30,00	1151,57	-0,15
186	5490,00	30,00	1151,37	-0,21
187	5492,78	2,78	1151,35	-0,01
188	5520,00	27,22	1151,22	-0,13
189	5550,00	30,00	1150,98	-0,24
190	5580,00	30,00	1150,82	-0,16
191	5610,00	30,00	1150,40	-0,43
192	5640,00	30,00	1149,65	-0,74
193	5670,00	30,00	1149,35	-0,30
194	5700,00	30,00	1149,03	-0,32
195	5730,00	30,00	1148,55	-0,48
196	5760,00	30,00	1148,48	-0,07
197	5790,00	30,00	1148,43	-0,05
198	5820,00	30,00	1148,56	0,13

199	5850,00	30,00	1148,59	0,02
200	5880,00	30,00	1148,53	-0,06
201	5910,00	30,00	1148,39	-0,14
202	5940,00	30,00	1148,27	-0,12
203	5970,00	30,00	1148,14	-0,13
204	6000,00	30,00	1148,08	-0,06
205	6030,00	30,00	1149,00	0,92
206	6060,00	30,00	1150,03	1,03
207	6090,00	30,00	1151,13	1,10
208	6120,00	30,00	1152,33	1,19
209	6150,00	30,00	1153,59	1,26
210	6152,65	2,65	1153,69	0,10
211	6180,00	27,35	1154,78	1,09
212	6210,00	30,00	1155,49	0,71
213	6240,00	30,00	1155,89	0,40
214	6270,00	30,00	1155,79	-0,10
215	6300,00	30,00	1155,72	-0,07
216	6330,00	30,00	1156,19	0,47
217	6360,00	30,00	1156,67	0,48
218	6390,00	30,00	1157,21	0,54
219	6420,00	30,00	1157,44	0,23
220	6450,00	30,00	1157,70	0,25
221	6480,00	30,00	1158,03	0,34
222	6510,00	30,00	1158,32	0,29
223	6540,00	30,00	1158,46	0,14
224	6570,00	30,00	1158,54	0,08
225	6600,00	30,00	1158,45	-0,09
226	6630,00	30,00	1158,76	0,31
227	6660,00	30,00	1159,08	0,32
228	6690,00	30,00	1159,43	0,35
229	6720,00	30,00	1159,86	0,43
230	6750,00	30,00	1160,33	0,47
231	6780,00	30,00	1160,79	0,46
232	6810,00	30,00	1161,45	0,66
233	6840,00	30,00	1162,11	0,66

234	6870,00	30,00	1162,63	0,52
235	6900,00	30,00	1163,08	0,45
236	6930,00	30,00	1163,78	0,70
237	6960,00	30,00	1164,73	0,95
238	6990,00	30,00	1165,42	0,69
239	7020,00	30,00	1166,20	0,78
240	7050,00	30,00	1167,18	0,98
241	7080,00	30,00	1168,11	0,93
242	7110,00	30,00	1169,16	1,05
243	7140,00	30,00	1170,24	1,09
244	7170,00	30,00	1171,15	0,91
245	7200,00	30,00	1172,28	1,13
246	7230,00	30,00	1173,32	1,05
247	7260,00	30,00	1174,33	1,01
248	7290,00	30,00	1175,38	1,06
249	7320,00	30,00	1176,50	1,12
250	7350,00	30,00	1177,71	1,21
251	7380,00	30,00	1179,24	1,53
252	7410,00	30,00	1181,31	2,07
253	7440,00	30,00	1182,96	1,65
254	7470,00	30,00	1184,88	1,92
255	7500,00	30,00	1186,42	1,53
256	7530,00	30,00	1187,75	1,33
257	7560,00	30,00	1188,87	1,12
258	7590,00	30,00	1190,00	1,13
259	7620,00	30,00	1191,15	1,15
260	7650,00	30,00	1191,98	0,83
261	7680,00	30,00	1192,45	0,47
262	7710,00	30,00	1192,88	0,43
263	7740,00	30,00	1192,94	0,05
264	7770,00	30,00	1192,50	-0,43
265	7800,00	30,00	1191,73	-0,77
266	7830,00	30,00	1191,25	-0,48
267	7860,00	30,00	1190,65	-0,60
268	7890,00	30,00	1189,70	-0,95

269	7920,00	30,00	1188,67	-1,02
270	7950,00	30,00	1187,49	-1,18
271	7980,00	30,00	1187,07	-0,42
272	8010,00	30,00	1186,91	-0,17
273	8040,00	30,00	1186,99	0,08
274	8070,00	30,00	1187,40	0,42
275	8100,00	30,00	1188,13	0,73
276	8130,00	30,00	1188,75	0,62
277	8160,00	30,00	1189,29	0,54
278	8190,00	30,00	1189,44	0,15
279	8220,00	30,00	1189,41	-0,04
280	8250,00	30,00	1188,46	-0,94
281	8280,00	30,00	1187,47	-0,99
282	8310,00	30,00	1186,28	-1,20
283	8340,00	30,00	1185,40	-0,88
284	8370,00	30,00	1184,77	-0,63
285	8400,00	30,00	1184,55	-0,22
286	8430,00	30,00	1184,46	-0,09
287	8460,00	30,00	1184,06	-0,40
288	8490,00	30,00	1183,76	-0,31
289	8520,00	30,00	1183,50	-0,26
290	8550,00	30,00	1183,09	-0,41
291	8580,00	30,00	1182,69	-0,40
292	8610,00	30,00	1182,52	-0,17
293	8640,00	30,00	1182,27	-0,25
294	8670,00	30,00	1182,06	-0,22
295	8700,00	30,00	1181,92	-0,14
296	8730,00	30,00	1181,98	0,06
297	8760,00	30,00	1182,26	0,28
298	8790,00	30,00	1182,34	0,09
299	8820,00	30,00	1182,18	-0,17
300	8850,00	30,00	1181,82	-0,36
301	8880,00	30,00	1181,31	-0,50
302	8910,00	30,00	1180,69	-0,63
303	8940,00	30,00	1178,99	-1,70

304	8970,00	30,00	1178,27	-0,72
305	9000,00	30,00	1177,74	-0,53
306	9030,00	30,00	1177,20	-0,54
307	9060,00	30,00	1176,28	-0,92
308	9090,00	30,00	1175,58	-0,70
309	9120,00	30,00	1175,62	0,04
310	9150,00	30,00	1175,13	-0,49
311	9174,58	24,58	1174,20	-0,93
312	9180,00	5,42	1174,00	-0,20
313	9210,00	30,00	1173,42	-0,58
314	9240,00	30,00	1172,81	-0,60
315	9270,00	30,00	1172,28	-0,53
316	9300,00	30,00	1171,41	-0,87
317	9330,00	30,00	1170,96	-0,45
318	9360,00	30,00	1170,13	-0,83
319	9390,00	30,00	1169,50	-0,63
320	9420,00	30,00	1168,11	-1,39
321	9450,00	30,00	1166,97	-1,13
322	9480,00	30,00	1166,16	-0,82
323	9510,00	30,00	1165,53	-0,63
324	9540,00	30,00	1164,40	-1,12
325	9570,00	30,00	1164,07	-0,34
326	9585,47	15,47	1163,67	-0,40
327	9600,00	14,53	1163,37	-0,30
328	9630,00	30,00	1162,95	-0,42
329	9660,00	30,00	1164,61	1,66
330	9690,00	30,00	1167,72	3,11
331	9720,00	30,00	1167,40	-0,32
332	9750,00	30,00	1167,36	-0,04
333	9780,00	30,00	1165,73	-1,63
334	9810,00	30,00	1164,18	-1,55
335	9840,00	30,00	1162,76	-1,43
336	9870,00	30,00	1161,61	-1,14
337	9900,00	30,00	1160,21	-1,40
338	9930,00	30,00	1158,96	-1,26

339	9960,00	30,00	1158,25	-0,71
340	9990,00	30,00	1157,78	-0,47
341	10020,00	30,00	1158,15	0,37
342	10050,00	30,00	1157,59	-0,56
343	10080,00	30,00	1157,95	0,36
344	10110,00	30,00	1158,63	0,68
345	10140,00	30,00	1158,99	0,36
346	10170,00	30,00	1159,10	0,11
347	10200,00	30,00	1158,93	-0,17
348	10230,00	30,00	1157,78	-1,15
349	10260,00	30,00	1156,10	-1,68
350	10290,00	30,00	1155,17	-0,93
351	10320,00	30,00	1154,28	-0,89
352	10350,00	30,00	1153,70	-0,58
353	10380,00	30,00	1153,56	-0,14
354	10410,00	30,00	1153,44	-0,12
355	10440,00	30,00	1153,65	0,22
356	10470,00	30,00	1153,91	0,26
357	10500,00	30,00	1152,32	-1,59
358	10530,00	30,00	1150,93	-1,39
359	10560,00	30,00	1149,54	-1,40
360	10590,00	30,00	1148,49	-1,05
361	10620,00	30,00	1147,59	-0,90
362	10650,00	30,00	1146,97	-0,62
363	10680,00	30,00	1146,48	-0,49
364	10710,00	30,00	1146,07	-0,41
365	10740,00	30,00	1145,59	-0,49
366	10745,45	5,45	1145,57	-0,01
367	10770,00	24,55	1145,57	0,00
368	10800,00	30,00	1145,13	-0,44
369	10830,00	30,00	1144,70	-0,43
370	10860,00	30,00	1144,22	-0,48
371	10890,00	30,00	1143,69	-0,53
372	10920,00	30,00	1143,14	-0,55
373	10950,00	30,00	1142,49	-0,64

374	10980,00	30,00	1141,94	-0,56
375	11010,00	30,00	1141,48	-0,46
376	11040,00	30,00	1141,15	-0,32
377	11070,00	30,00	1140,79	-0,37
378	11100,00	30,00	1140,65	-0,14
379	11130,00	30,00	1140,26	-0,39
380	11160,00	30,00	1139,93	-0,32
381	11190,00	30,00	1139,57	-0,36
382	11220,00	30,00	1139,17	-0,40
383	11250,00	30,00	1138,66	-0,51
384	11280,00	30,00	1138,05	-0,60
385	11310,00	30,00	1137,47	-0,59
386	11340,00	30,00	1136,96	-0,50
387	11370,00	30,00	1136,89	-0,07
388	11400,00	30,00	1137,66	0,77
389	11430,00	30,00	1138,32	0,66
390	11460,00	30,00	1139,17	0,85
391	11490,00	30,00	1140,00	0,83
392	11520,00	30,00	1141,07	1,07
393	11550,00	30,00	1141,92	0,85
394	11580,00	30,00	1142,63	0,71
395	11610,00	30,00	1143,64	1,01
396	11640,00	30,00	1144,61	0,97
397	11670,00	30,00	1146,79	2,17
398	11700,00	30,00	1148,43	1,64
399	11730,00	30,00	1149,52	1,09
400	11760,00	30,00	1150,55	1,02
401	11790,00	30,00	1151,38	0,83
402	11820,00	30,00	1152,35	0,98
403	11850,00	30,00	1153,34	0,98
404	11880,00	30,00	1154,15	0,81
405	11910,00	30,00	1154,46	0,32
406	11940,00	30,00	1154,41	-0,05
407	11970,00	30,00	1154,37	-0,04
408	12000,00	30,00	1155,03	0,67



409	12030,00	30,00	1156,10	1,06
410	12060,00	30,00	1156,27	0,18
411	12090,00	30,00	1155,44	-0,83
412	12120,00	30,00	1154,16	-1,29
413	12150,00	30,00	1153,53	-0,62
414	12180,00	30,00	1152,62	-0,92
415	12210,00	30,00	1151,13	-1,48
416	12240,00	30,00	1149,06	-2,07
417	12270,00	30,00	1146,70	-2,36
418	12300,00	30,00	1144,99	-1,71
419	12330,00	30,00	1143,50	-1,49
420	12360,00	30,00	1142,35	-1,15
421	12390,00	30,00	1141,03	-1,33
422	12420,00	30,00	1139,23	-1,80
423	12450,00	30,00	1138,77	-0,46
424	12480,00	30,00	1139,27	0,51
425	12510,00	30,00	1139,55	0,28
426	12540,00	30,00	1139,82	0,27
427	12570,00	30,00	1140,07	0,25
428	12600,00	30,00	1140,32	0,25
429	12630,00	30,00	1140,67	0,36
430	12660,00	30,00	1141,04	0,36
431	12690,00	30,00	1141,36	0,32
432	12720,00	30,00	1141,53	0,17
433	12750,00	30,00	1141,30	-0,23
434	12780,00	30,00	1140,98	-0,31
435	12810,00	30,00	1140,88	-0,10
436	12840,00	30,00	1141,15	0,27
437	12870,00	30,00	1141,53	0,38
438	12900,00	30,00	1141,17	-0,36
439	12930,00	30,00	1140,73	-0,44
440	12960,00	30,00	1140,27	-0,46
441	12990,00	30,00	1140,02	-0,25
442	13020,00	30,00	1139,85	-0,17
443	13050,00	30,00	1139,54	-0,31

444	13080,00	30,00	1138,88	-0,66
445	13110,00	30,00	1138,62	-0,26
446	13140,00	30,00	1138,54	-0,08
447	13170,00	30,00	1138,84	0,29
448	13200,00	30,00	1139,34	0,50
449	13230,00	30,00	1139,43	0,09
450	13260,00	30,00	1139,42	-0,01
451	13290,00	30,00	1138,89	-0,54
452	13320,00	30,00	1138,57	-0,32
453	13350,00	30,00	1138,81	0,24
454	13380,00	30,00	1139,41	0,60
455	13410,00	30,00	1138,90	-0,51
456	13440,00	30,00	1138,07	-0,83
457	13470,00	30,00	1137,62	-0,45
458	13500,00	30,00	1137,33	-0,29
459	13530,00	30,00	1136,83	-0,50
460	13560,00	30,00	1136,71	-0,12
461	13590,00	30,00	1136,77	0,06
462	13620,00	30,00	1137,03	0,26
463	13650,00	30,00	1136,91	-0,11
464	13680,00	30,00	1135,87	-1,04
465	13710,00	30,00	1134,80	-1,07
466	13740,00	30,00	1134,14	-0,66
467	13770,00	30,00	1133,51	-0,63
468	13800,00	30,00	1133,52	0,01
469	13830,00	30,00	1133,28	-0,24
470	13860,00	30,00	1132,96	-0,33
471	13890,00	30,00	1132,63	-0,33
472	13920,00	30,00	1132,47	-0,16
473	13950,00	30,00	1132,83	0,37
474	13980,00	30,00	1133,85	1,02
475	14010,00	30,00	1134,78	0,92
476	14040,00	30,00	1135,13	0,35
477	14070,00	30,00	1135,43	0,29
478	14100,00	30,00	1135,54	0,12

479	14130,00	30,00	1135,88	0,33
480	14160,00	30,00	1136,44	0,56
481	14190,00	30,00	1136,88	0,45
482	14220,00	30,00	1137,24	0,36
483	14250,00	30,00	1137,48	0,24
484	14280,00	30,00	1137,64	0,16
485	14310,00	30,00	1138,13	0,49
486	14340,00	30,00	1138,80	0,67
487	14370,00	30,00	1139,29	0,49
488	14400,00	30,00	1139,36	0,07
489	14430,00	30,00	1139,20	-0,16
490	14452,95	22,95	1139,47	0,27
491	14460,00	7,05	1139,59	0,11
492	14490,00	30,00	1140,04	0,45
493	14520,00	30,00	1140,49	0,45
494	14550,00	30,00	1141,23	0,74
495	14580,00	30,00	1142,16	0,93
496	14610,00	30,00	1143,29	1,13
497	14640,00	30,00	1144,43	1,13
498	14670,00	30,00	1145,58	1,15
499	14700,00	30,00	1146,96	1,38
500	14730,00	30,00	1148,04	1,08
501	14760,00	30,00	1148,79	0,75
502	14790,00	30,00	1149,76	0,97
503	14820,00	30,00	1150,78	1,02
504	14850,00	30,00	1151,31	0,53
505	14880,00	30,00	1152,67	1,36
506	14910,00	30,00	1154,18	1,51
507	14940,00	30,00	1153,12	-1,06
508	14970,00	30,00	1153,20	0,08
509	15000,00	30,00	1153,36	0,16
510	15030,00	30,00	1153,69	0,33
511	15060,00	30,00	1154,00	0,31
512	15090,00	30,00	1155,57	1,57
513	15120,00	30,00	1154,96	-0,61

514	15150,00	30,00	1155,79	0,83
515	15180,00	30,00	1156,47	0,68
516	15210,00	30,00	1156,73	0,26
517	15240,00	30,00	1157,13	0,40
518	15270,00	30,00	1158,30	1,17
519	15300,00	30,00	1158,54	0,24
520	15330,00	30,00	1159,10	0,56
521	15360,00	30,00	1159,76	0,65
522	15390,00	30,00	1160,71	0,95
523	15420,00	30,00	1161,50	0,79
524	15450,00	30,00	1162,36	0,86
525	15480,00	30,00	1162,91	0,55
526	15510,00	30,00	1163,76	0,85
527	15540,00	30,00	1164,70	0,95
528	15570,00	30,00	1165,60	0,89
529	15600,00	30,00	1166,09	0,49
530	15630,00	30,00	1166,70	0,62
531	15660,00	30,00	1167,43	0,72
532	15690,00	30,00	1168,45	1,02
533	15720,00	30,00	1169,30	0,85
534	15750,00	30,00	1170,07	0,76
535	15780,00	30,00	1170,45	0,38
536	15810,00	30,00	1171,52	1,07
537	15840,00	30,00	1172,26	0,74
538	15870,00	30,00	1172,36	0,10
539	15900,00	30,00	1172,27	-0,08
540	15930,00	30,00	1172,06	-0,21
541	15960,00	30,00	1170,59	-1,47
542	15990,00	30,00	1169,55	-1,04
543	16020,00	30,00	1168,76	-0,79
544	16050,00	30,00	1168,63	-0,12
545	16080,00	30,00	1168,35	-0,28
546	16110,00	30,00	1168,98	0,63
547	16140,00	30,00	1169,61	0,63
548	16170,00	30,00	1169,65	0,04

549	16200,00	30,00	1169,67	0,02
550	16230,00	30,00	1169,47	-0,20
551	16260,00	30,00	1169,45	-0,02
552	16290,00	30,00	1169,88	0,43
553	16320,00	30,00	1170,39	0,52
554	16350,00	30,00	1170,93	0,54
555	16380,00	30,00	1171,39	0,46
556	16410,00	30,00	1171,38	-0,02
557	16440,00	30,00	1170,90	-0,47
558	16470,00	30,00	1170,72	-0,18
559	16500,00	30,00	1170,54	-0,18
560	16530,00	30,00	1170,41	-0,13
561	16560,00	30,00	1170,02	-0,39
562	16590,00	30,00	1170,34	0,32
563	16620,00	30,00	1170,57	0,23
564	16650,00	30,00	1170,49	-0,08
565	16680,00	30,00	1170,64	0,15
566	16710,00	30,00	1170,41	-0,23
567	16740,00	30,00	1170,54	0,12
568	16770,00	30,00	1169,92	-0,62
569	16800,00	30,00	1169,17	-0,75
570	16830,00	30,00	1168,08	-1,09
571	16860,00	30,00	1167,28	-0,80
572	16890,00	30,00	1166,04	-1,24
573	16920,00	30,00	1164,83	-1,21
574	16950,00	30,00	1163,69	-1,13
575	16980,00	30,00	1162,74	-0,95
576	17010,00	30,00	1161,67	-1,07
577	17040,00	30,00	1160,65	-1,02
578	17070,00	30,00	1160,11	-0,54
579	17100,00	30,00	1160,31	0,20
580	17130,00	30,00	1161,70	1,39
581	17160,00	30,00	1163,58	1,88
582	17190,00	30,00	1165,36	1,78
583	17220,00	30,00	1166,47	1,11

584	17250,00	30,00	1166,58	0,10
585	17280,00	30,00	1166,09	-0,48
586	17310,00	30,00	1165,65	-0,45
587	17340,00	30,00	1165,00	-0,65
588	17370,00	30,00	1163,33	-1,66
589	17400,00	30,00	1161,47	-1,86
590	17430,00	30,00	1160,33	-1,14
591	17460,00	30,00	1158,18	-2,16
592	17490,00	30,00	1155,82	-2,36
593	17520,00	30,00	1153,62	-2,20
594	17550,00	30,00	1152,77	-0,85
595	17562,85	12,85	1152,49	-0,28
			Σ	383,60
			Dcumulée	2,18%

Remarque : Terrain Vallonnée

❖ **détermination du Rayon minimale normale ( $R_{min}$ ):**

$$R_{Min} = \frac{11.8v_{max}^2}{D_{RMIN}+I} = \frac{11.8 \times 220^2}{125+121} = 2321.62 \text{ m}$$

On prend :  $R_{min}=2000 \text{ m}$

❖ **calcul du coefficient de dévers (C):**

$$C = 0.006v^2$$

A.N :  $c=0.006 \times 220^2 = 290.4$

❖ **calcul du dévers pratique  $dp$  :**

$$dp = 1000.C/R$$

A.N:  $dp = 1000 \times 290.4 / 3000 = 96.8 \text{ mm}$

On prend:  $dp = 96.8 \text{ mm}$

❖ **Calcul de la longueur de la clothoïde (L):**

On a:

$$dd/dt \leq (dd/dt)_{rec} \text{ et } dd/dt = [dp \times V_{max} / (3.6 \times L)]$$

$$[dp \times V_{max} / (3.6 \times L)] \leq (dd/dt)_{rec}$$

$$L \geq \frac{dp \times V_{max}}{3.6 \times (dd/dt)_{rec}}$$

$$L \geq \frac{96.8 \times 220}{3.6 \times 38} = 156 \text{ m}$$

On prend:  $L = 156 \text{ m}$

❖ **Calcul du paramètre de clothoïde (A) :**

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

$$A = \sqrt{3000 \times 156}$$

Le résultat est :

$$A = 538.89 \text{ m}$$

❖ **Calcul récapitulatif des éléments géométriques :**

**Tableau 03-03 : Calcul récapitulatif des éléments géométriques**

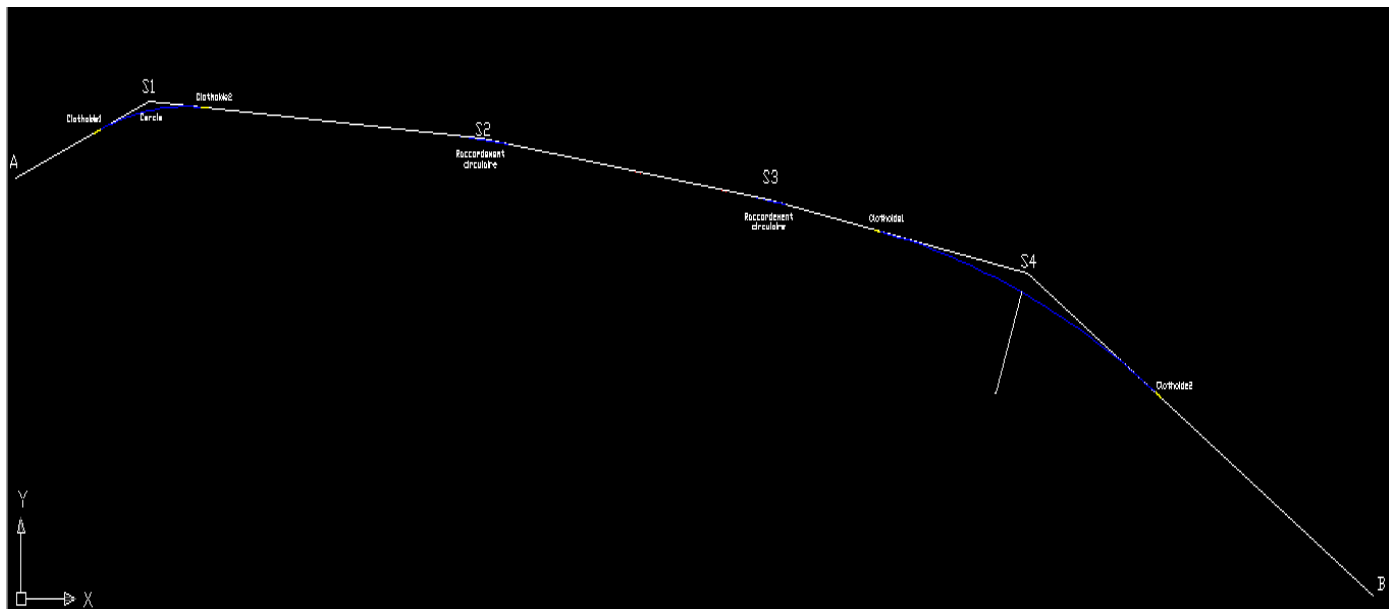
R (m)	dp	L (m)	A (m)
3000	96,8	155,673	538,887
1000	290,4	467,018	933,38
9500	30,568	49,1597	302,8287687
1000	290,4	467,018	933,3809512

**5.7 PARAMETRES DE LA CLOTHOIDE**

Paramètres de la clothoïde		Virage 1	Virage 2	Virage 3	Virage 4
R	Rayon	3000 m	10000 m	9500 m	10000 m
L	Longueur de la clothoïde	155,67	467	492	467
A	Paramètre de la clothoïde	170,76	168,52	176,78	168,52
$\alpha$	angle au sommet	171,823	195,799	197,247	176,397

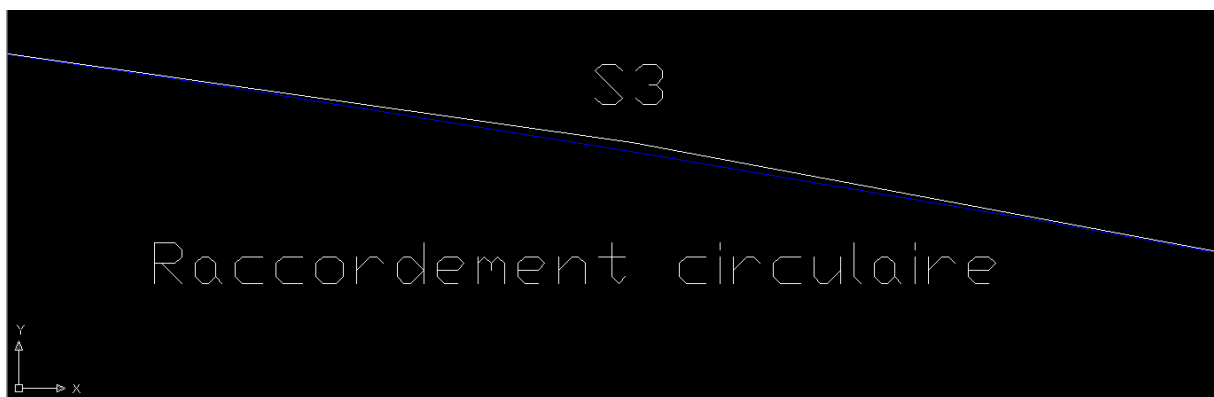
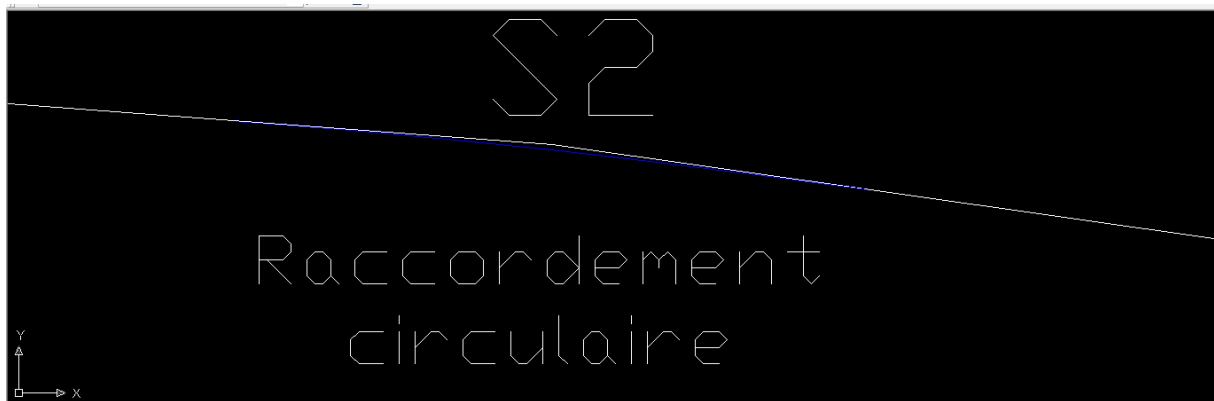
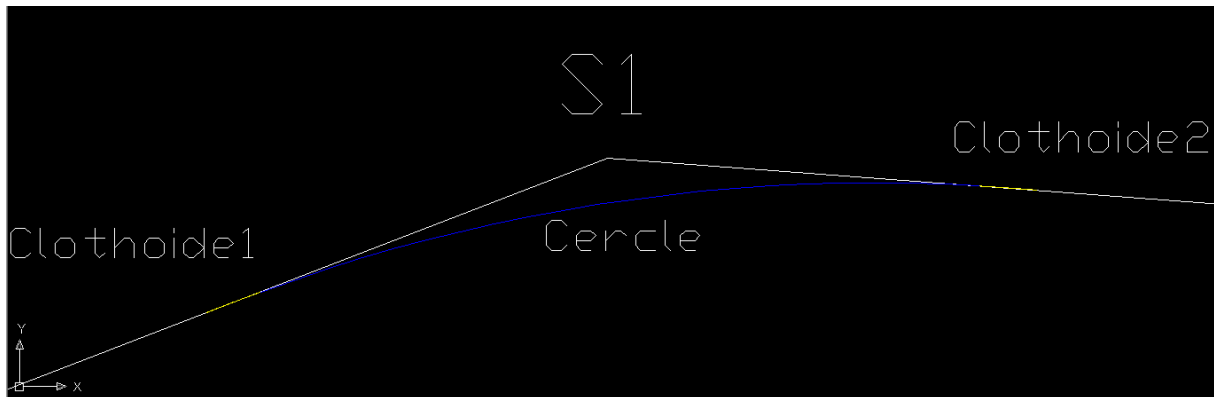
$\beta$	angle au centre	28,178	4,201	2,754	23,603
$\tau$	angle des tangentes	1,652	5,650	15,915	5,650
$\gamma$	angle au centre Partie circulaire	13,854	-7,099	-29,077	12,303
XKE	abscisse de l'extrémité de la cloth.	81,00	2,00	125,00	71,00
YKE	ordonnée de l'extrémité de la cloth.	3,04	2,10	10,42	2,10
$\sigma$	angle Polaire	2,3862	51,5587	5,2929	1,8828
Lcercle	Long, de la partie circulaire	78,34	-44,61	-114,18	77,30
SL	longueur de la corde KA-KE	81,06	2,90	125,43	71,03
Xo	abscisse du centre	40,59	-33,45	63,15	35,55
Yo	ordonnées du centre	360,76	400,53	252,65	400,53
KA-O	distance Ka-centre	363,04	401,92	260,42	402,10
$\Delta R$	Ripage	1,00	1,00	3,00	1,00
DT	Developée totale	240,34	97,39	135,82	219,30
T = SKA	distance S-KA	121,81	-20,22	68,62	110,75
TK	tangente courte	27,06	23,70	42,11	23,70
TL	tangente Longue	77,94	-0,11	114,25	68,89
biss	bissectrice	10,02	1,22	3,06	7,99

❖ **Remarque :** les deux virages 2 et 3 la condition de non chevauchement n'est pas vérifiée donc il est impossible d'introduire une clothoïde en l'alignement droit et le cercle. Mais tant que la valeur des deux rayons sont très grande alors il n'y a pas de risque de dérapage.



## 5.8 LES DIFFERENTS RACCORDEMENTS :



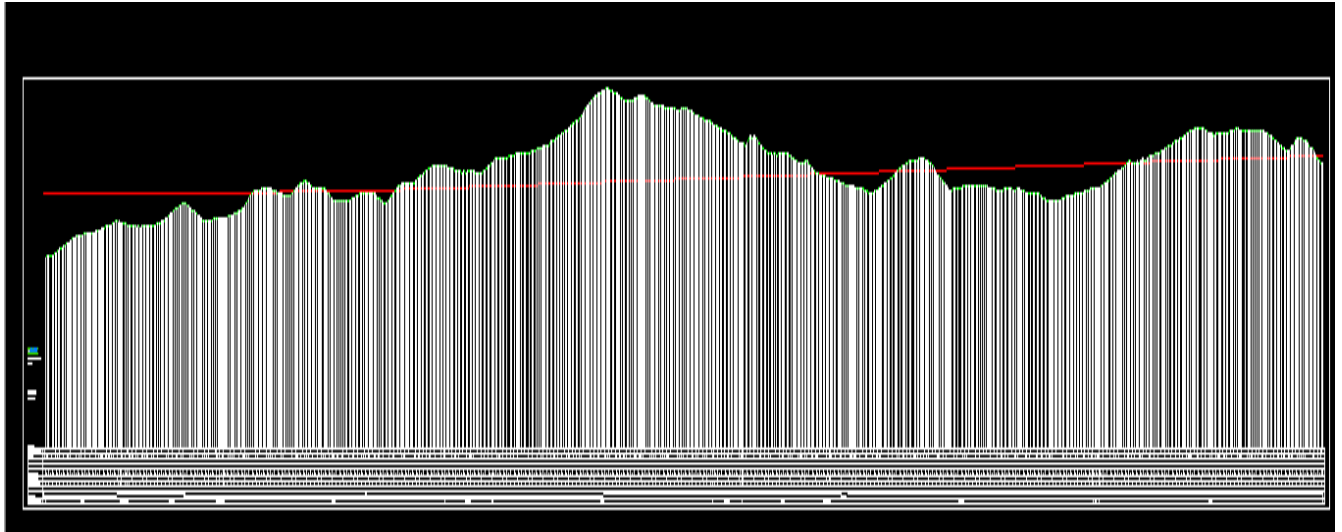


A decorative graphic of a scroll with a light purple gradient and rounded corners. The scroll is partially unrolled at the top and bottom, with the unrolled parts extending outwards. The text is centered on the scroll.

# **Chapitre IV**

# **PROFIL EN**

# **LONG**



## 1- INTRODUCTION

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.

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

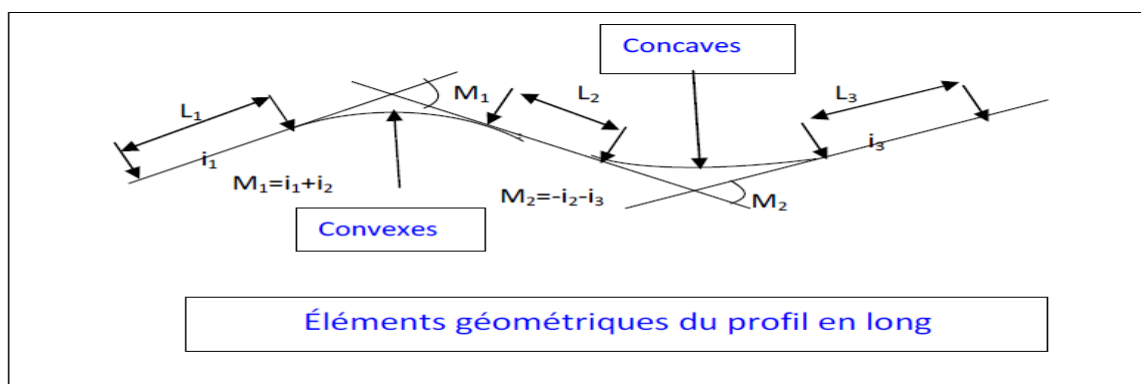
- Se raccorder au réseau existant et aux points à passage obligé.
- Respecter la déclivité maximale qui est de 16‰, et de 0‰ au sein des gares et haltes.
- Le rayon minimum en profil en long est de  $R_{vmin} = 0.35v_R^2$
- Minimiser les quantités de déblai et remblai et les équilibrés.
- Eviter les angles rentrants en déblais pour assurer l'évacuation des eaux.
- Respecter la longueur minimal des éléments de profil en long ( $L_{min} = V/2$ )
- Assurer la coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

Éléments géométriques du profil en long

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

- Pallier : c'est la partie de la ligne rouge qui se trouve en horizontale.
- Courbe de raccordement verticale : c'est des arcs de cercle qui assurent la liaison entre deux éléments de la ligne rouge.



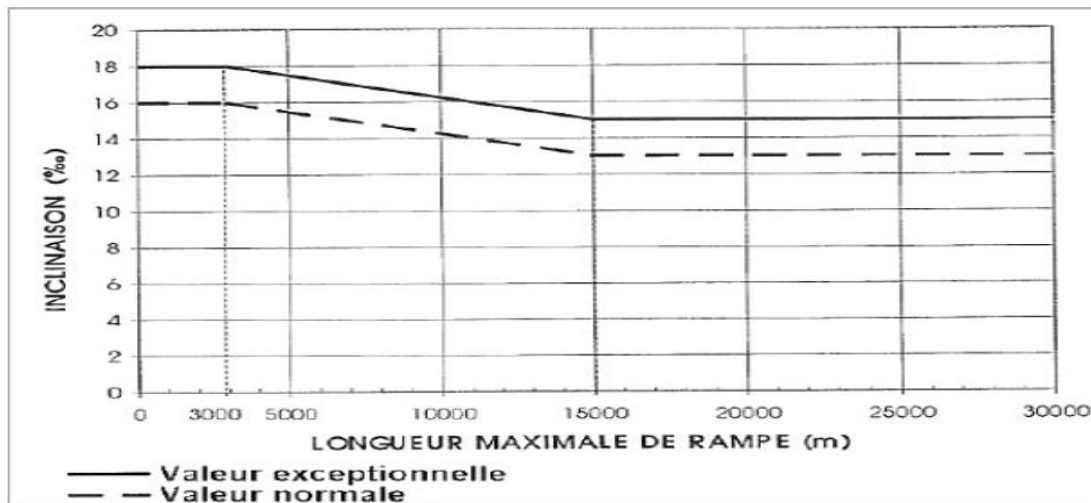
**Figure 04-01 : Eléments géométriques du profil en long**

## 2- Déclivité maximal

La déclivité admise varie en fonction de sa longueur.

En principe, les valeurs admissibles à ne pas dépasser sont indiquées ci-après ; cependant dans le cadre d'une étude de variante, ces valeurs pourront être dépassées tout en respectant les dispositions reprises dans la dernière version de l'instruction SNCF/RFF IN 0272.

- En déclivité de longueur inférieure à 3000 m, elle ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.
- En déclivité de longueur comprise entre 3 000 m et 15 000 m, elle diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰.
- En déclivité de longueur supérieure à 15 000 m, la déclivité ne doit pas dépasser 13‰ et exceptionnellement 15‰.



**Figure 04-02 : Déclivités maximales admissibles (Source référentiel SNTF)**

### 3- Longueur minimal des éléments du profil en long

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

**Tableau 04-01: Valeurs de la longueur minimale des déclivités (Source SNTF)**

Valeur minimale normale	$v/2$
Valeur minimale exceptionnelle	$v/2.5$

V : Vitesse des trains de voyageurs (maximale)

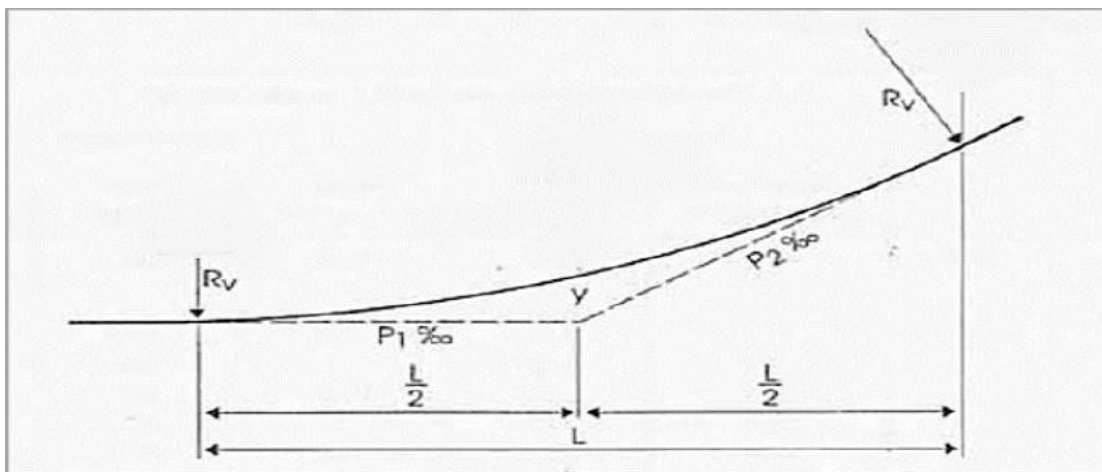
N.B : Pour notre projet, longueur minimale des déclivités est  $V/2 = 220/2 = 110m$

#### 4- Le raccordement en profil en long

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

$$a_v = \frac{v_{\max}^2}{12.96R_v} \leq a_{vrec}$$

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



**Figure 04-03 :Schéma du raccordement circulaire**

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

**Tableau 04-02: valeurs des rayons de raccordement minimaux à respecter**

Valeur normale	0,35V <sup>2</sup>
Valeur exceptionnelle	0,25V <sup>2</sup>
Points particuliers	0,15V <sup>2</sup>

V: Vitesse des trains de voyageurs (maximale)

N.B: pour notre projet,  $R_{v \min} = 0,35V^2 = 16940$  m

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

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

Mais pour un grand rayon ( $R \geq 16940$  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.

## **5- Coordination profil en long-trace en plan**

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

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

Le respect de ces conditions a pour but de :

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

## **6- Conclusion:**

On peut conclure que La constitution du profil en long est la tâche la plus importante par laquelle on peut évaluer un projet ferroviaire, soit sur le plan économique ,soit sur le plan technique en voyant les déclivités, la coordination entre le tracé en plan et le profil en long et l'emplacement des gares.

Dans Après la fin de ce chapitre, nous parlons dans le prochain chapitre à propos de

Profil en travers et calcul des cubatures.

## 7- APPLICATION AU PROJET:

Caractéristiques	Long. 2D (m)	Long. 3D (m)	S = Abscisse	Z projet (m)	(X,Y) en plan	Z TN (m)
			0.000	1132.101	3672000.013, 729815.014	1102.40 8
Rampe = 0.105 %	12266.792	12266.798				
			12266.792	1144.959	3684049.427, 728998.105	1146.95 4
Arc de parabole	66.417	66.417				
Rayon = 100000.0000						
			12333.208	1145.051	3684112.049, 728975.977	1143.36 7
Rampe = 0.171 %	5229.644	5229.652				
			17562.852	1154.006	3688661.279, 726418.954	1152.48 9
Longueur totale	17562.852					





**Chapitre V**  
**PROFIL EN**  
**TRAVERS**

## 1- Introduction

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

L'échelle la plus fréquemment utilisée est celle de 1/100.

On distingue deux types de profil :

- Profil en travers type :

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

- Profil en travers courant :

Contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, les éléments de la superstructure, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches, système d'évacuation des eaux...etc.).

## 2- Constituents du profil en travers type

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

- ✓ **Elements de superstructure :**

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

- ✓ **Eléments de l'infrastructure:**

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

✓ **Eléments du talus (remblai ou déblai):**

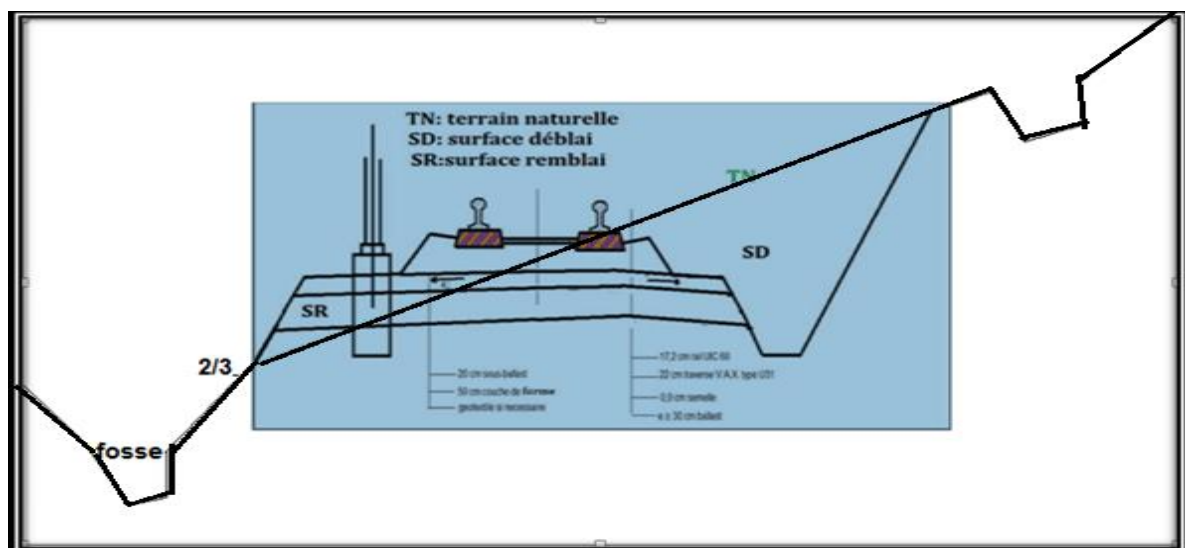
- La pente de chaque talus.
- Les ouvrages de consolidation éventuelle telle que les murs de soutènement.

✓ **Eléments d'assainissement:**

- Type et dimensions des fossés (assainissement longitudinale).

✓ **Eléments de protection de la voie:**

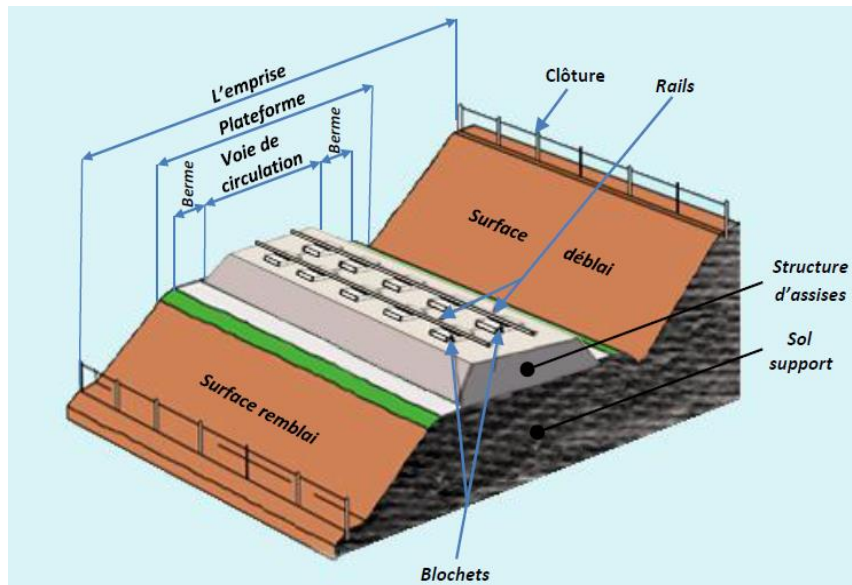
- Butée en terre en cas d'ensablement.
- Ecrans de protections contre les chutes de pierres.



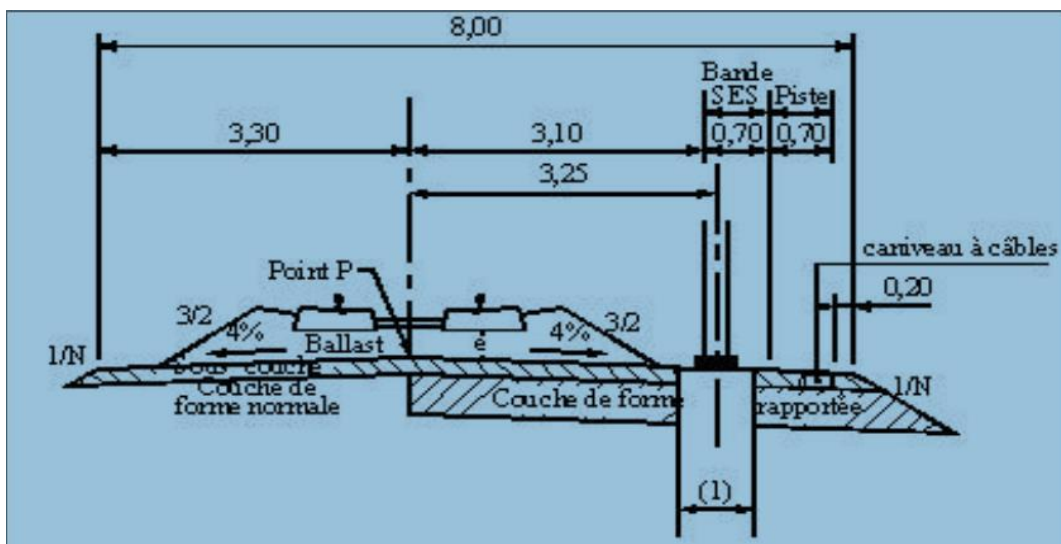
*Figure 05-01 : Exemple profil en travers type*

### 3- Les éléments du profil en Travers:

- Emprise : C'est la surface du terrain naturel affecté à la voie, limitée par le domaine public.
- Assiette : C'est la surface de la voie délimitée par les terrassements.
- Plate-forme : Elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la voie et les accotements.
- La voie : C'est la partie de la voie ferrée affectée à la circulation des trains.
- La berme : Supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations...). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.
- Le fossé : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la voie et talus et les eaux de pluie.



**Figure 05-02 : la voie**



**Figure 05-03 :profil en travers types d'une voie unique**

#### 4- Profil type de Notre projet:

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

- Type de ligne : voie unique mixte électrifiée.
- Ecartement de la voie : 1.435 m (universel).
- Largeurs de la plate-forme : 8m.
- Pente latérale de la plate-forme : 4%.
- Pente latérale de la couche de ballast : 2/3.
- Epaisseur du ballast : 30cm.

- Epaisseur du sous-ballast : 25cm.
- Epaisseur de la couche de fondation : 30 cm.

Dans les sections d'ouvrage art (passages inférieurs et supérieurs, Ponts Rail.....) les caractéristiques suivantes seront modifiées :

- Pente latérale de la plate-forme : 4%.
- Epaisseur du ballast : 35 cm.

En ce qui concerne les gares, il faut tenir en compte les distances entre l'axe et les obstacles ci-après :

- Entraxe des voies en gares de voyageurs : 4.6 m
- Largeurs de quai : 8 m.

Nota : les profils en travers type et courants sont représentés dans l'annexe.



**Chapitre VI**  
**CUBATURES**

## 1- DEFINITION

Les cubatures de terrassement c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne de projet.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- Les profils en long.
- Les profils en travers.
- Les distances entre les profils.

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

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

Aucune de 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.

Pour notre projet, le calcul des cubatures de terrassement a été fait à l'aide du logiciel AUTOPISTE, les détails de calcul sont joints dans l'annexe.

Tableau suivant représente les résultats de calcul automatique :

***Tableau 06-01 les résultats de calcul automatique***

Profil n°	Abs-cisse	Long. d'appl.	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m <sup>2</sup> )	Surf. D (m <sup>2</sup> )	Surf. Tot (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Cumul Vol. (m <sup>3</sup> )	Surf. G (m <sup>2</sup> )	Surf. D (m <sup>2</sup> )	Surf. Tot (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Cumul Vol. (m <sup>3</sup> )
P1	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	962,88	1141,41	2104,29	52607,32	52607,32
P2	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	944,43	1087,74	2032,17	101608,53	154215,85
P3	100,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	910,91	1030,31	1941,22	97060,86	251276,71
P4	150,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	855,09	973,49	1828,59	91429,35	342706,06
P5	200,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	759,77	876,11	1635,88	81794,16	424500,22
P6	250,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	681,28	808,43	1489,71	74485,51	498985,73
P7	300,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	627,00	747,44	1374,44	68722,03	567707,77
P8	350,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	541,49	683,71	1225,20	61260,08	628967,84
P9	400,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	471,95	655,14	1127,09	56354,46	685322,30
P10	450,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	430,95	593,72	1024,66	51233,11	736555,42
P11	500,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	413,72	587,55	1001,28	50063,83	786619,24
P12	550,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	393,13	555,82	948,95	47447,48	834066,73
P13	600,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	386,28	503,63	889,92	44495,84	878562,57
P14	650,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	392,98	489,62	882,60	44130,13	922692,70
P15	700,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	371,71	456,03	827,75	41387,28	964079,98
P16	750,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	340,75	416,68	757,42	37871,24	1001951,22
P17	800,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	307,67	376,96	684,63	34231,34	1036182,56
P18	850,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	281,77	342,64	624,41	31220,73	1067403,29
P19	900,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	272,73	318,26	590,99	29549,51	1096952,81
P20	950,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	219,48	284,63	504,10	25205,00	1122157,81
P21	1000,00	40,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	221,14	280,64	501,78	20384,80	1142542,61
P22	1031,25	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	238,22	283,73	521,96	13048,91	1155591,52
P23	1050,00	34,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	251,01	299,17	550,18	18912,12	1174503,64
P24	1100,00	39,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	252,77	299,09	551,86	21536,70	1196040,33

P25	1128,05	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	266,19	303,40	569,59	14239,76	1210280,10
P26	1150,00	35,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	280,37	306,88	587,24	21125,72	1231405,81
P27	1200,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	290,32	335,76	626,08	31303,97	1262709,78
P28	1250,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	311,96	340,89	652,85	32642,41	1295352,19
P29	1300,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	314,80	343,63	658,43	32921,64	1328273,83
P30	1350,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	306,39	333,25	639,64	31981,92	1360255,75
P31	1400,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	291,77	317,03	608,80	30440,18	1390695,93
P32	1450,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	280,92	308,22	589,14	29457,22	1420153,15
P33	1500,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	278,35	303,30	581,64	29082,07	1449235,22
P34	1550,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	270,39	269,27	539,66	26983,04	1476218,26
P35	1600,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	255,28	240,81	496,09	24804,39	1501022,64
P36	1650,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	214,35	188,33	402,68	20134,03	1521156,68
P37	1700,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	168,84	148,99	317,83	15891,64	1537048,31
P38	1750,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	130,24	117,91	248,15	12407,41	1549455,73
P39	1800,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	96,21	86,28	182,49	9124,71	1558580,43
P40	1850,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,51	60,83	132,34	6617,23	1565197,66
P41	1900,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,71	49,59	104,30	5214,81	1570412,47
P42	1950,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,75	57,74	116,49	5824,30	1576236,77
P43	2000,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86,09	86,00	172,09	8604,37	1584841,14
P44	2050,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	119,23	121,16	240,40	12019,81	1596860,95
P45	2100,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	159,64	167,50	327,14	16357,15	1613218,10
P46	2150,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	200,67	197,01	397,68	19884,24	1633102,33
P47	2200,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	224,83	224,36	449,19	22459,58	1655561,92
P48	2250,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	232,55	232,74	465,29	23264,36	1678826,28
P49	2300,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	219,90	212,19	432,09	21604,27	1700430,55
P50	2350,00	29,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	210,74	209,10	419,84	12402,87	1712833,42
P51	2359,08	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	209,41	209,09	418,49	10462,34	1723295,76
P52	2400,00	45,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	205,87	208,37	414,24	18830,46	1742126,22
P53	2450,00	27,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	190,83	201,11	391,94	10951,68	1753077,89
P54	2455,88	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	189,54	199,92	389,46	9736,51	1762814,41
P55	2500,00	47,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	187,88	188,56	376,43	17714,16	1780528,56
P56	2550,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	172,14	171,81	343,95	17197,38	1797725,94
P57	2600,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	158,36	152,32	310,68	15534,25	1813260,19
P58	2650,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	136,00	131,49	267,49	13374,72	1826634,91
P59	2700,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	108,92	105,45	214,37	10718,45	1837353,36
P60	2750,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	65,67	60,61	126,28	6313,80	1843667,16
P61	2800,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,82	24,36	51,18	2559,01	1846226,17
P62	2850,00	50,00	0,13	0,72	0,85	42,43	42,43	3,71	2,76	6,48	323,76	1846549,94
P63	2900,00	50,00	5,71	9,42	15,13	756,73	799,16	0,04	0,05	0,09	4,53	1846554,47
P64	2950,00	50,00	11,87	16,37	28,24	1411,86	2211,03	0,04	0,05	0,09	4,51	1846558,98
P65	3000,00	50,00	17,58	21,91	39,49	1974,38	4185,40	0,04	0,05	0,09	4,51	1846563,49
P66	3050,00	50,00	17,50	22,73	40,23	2011,56	6196,96	0,04	0,05	0,09	4,43	1846567,92
P67	3100,00	50,00	15,08	18,71	33,79	1689,28	7886,25	0,04	0,05	0,09	4,40	1846572,32
P68	3150,00	50,00	8,77	9,86	18,64	931,81	8818,06	0,04	0,05	0,09	4,49	1846576,81
P69	3200,00	50,00	2,72	2,83	5,55	277,73	9095,79	0,48	0,46	0,94	47,23	1846624,04
P70	3250,00	50,00	0,16	0,00	0,16	8,18	9103,97	4,72	5,47	10,20	509,86	1847133,90
P71	3300,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9103,97	11,15	13,37	24,51	1225,70	1848359,60
P72	3350,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9103,97	9,72	12,09	21,81	1090,27	1849449,87
P73	3400,00	50,00	0,62	0,00	0,62	30,84	9134,81	3,37	5,12	8,48	424,24	1849874,11
P74	3450,00	50,00	17,09	12,39	29,48	1474,17	10608,98	0,05	0,04	0,09	4,51	1849878,63
P75	3500,00	50,00	43,67	35,94	79,61	3980,49	14589,47	0,05	0,04	0,09	4,51	1849883,14
P76	3550,00	50,00	59,67	50,77	110,44	5521,84	20111,31	0,05	0,04	0,09	4,47	1849887,61
P77	3600,00	50,00	59,06	49,62	108,68	5433,96	25545,26	0,05	0,04	0,09	4,47	1849892,07
P78	3650,00	50,00	40,85	34,62	75,47	3773,41	29318,67	0,05	0,04	0,09	4,56	1849896,63
P79	3700,00	50,00	23,40	17,60	41,00	2050,02	31368,70	0,05	0,04	0,09	4,53	1849901,16
P80	3750,00	50,00	22,75	16,98	39,73	1986,59	33355,29	0,05	0,04	0,09	4,52	1849905,68
P81	3800,00	50,00	21,73	17,17	38,90	1944,97	35300,26	0,05	0,04	0,09	4,47	1849910,15
P82	3850,00	50,00	7,13	4,46	11,60	579,79	35880,04	0,05	0,04	0,09	4,51	1849914,65



P83	3900,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	9,40	10,34	19,74	987,09	1850901,74
P84	3950,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	32,36	34,14	66,50	3325,04	1854226,78
P85	4000,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	44,80	50,12	94,92	4746,18	1858972,96
P86	4050,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	45,78	51,35	97,13	4856,75	1863829,71
P87	4100,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	41,27	46,69	87,96	4398,09	1868227,80
P88	4150,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	46,01	50,76	96,77	4838,29	1873066,09
P89	4200,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	38,96	44,09	83,04	4152,18	1877218,27
P90	4250,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	28,37	33,48	61,85	3092,51	1880310,78
P91	4300,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	18,03	22,26	40,29	2014,37	1882325,15
P92	4350,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	11,65	14,96	26,62	1330,95	1883656,10
P93	4400,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	8,77	11,37	20,14	1006,97	1884663,07
P94	4450,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	6,46	8,40	14,86	742,96	1885406,03
P95	4500,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	10,99	13,44	24,43	1221,69	1886627,72
P96	4550,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	23,96	26,85	50,82	2540,82	1889168,54
P97	4600,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	45,79	51,23	97,02	4851,03	1894019,57
P98	4650,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	66,51	68,68	135,19	6759,70	1900779,27
P99	4700,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	68,93	69,89	138,83	6941,42	1907720,69
P100	4750,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	40,87	35,66	76,53	3826,49	1911547,18
P101	4800,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35880,04	11,77	9,70	21,47	1073,41	1912620,59
P102	4850,00	50,00	6,08	8,75	14,83	741,50	36621,54	0,04	0,05	0,09	4,51	1912625,10
P103	4900,00	50,00	21,64	26,57	48,20	2410,21	39031,75	0,04	0,05	0,09	4,51	1912629,61
P104	4950,00	50,00	28,96	35,88	64,84	3242,03	42273,79	0,04	0,05	0,09	4,52	1912634,12
P105	5000,00	50,00	25,10	31,57	56,67	2833,35	45107,14	0,04	0,05	0,09	4,52	1912638,64
P106	5050,00	50,00	28,04	29,97	58,00	2900,03	48007,17	0,04	0,05	0,09	4,47	1912643,11
P107	5100,00	50,00	37,60	37,17	74,77	3738,57	51745,74	0,04	0,04	0,09	4,47	1912647,58
P108	5150,00	50,00	61,50	60,79	122,29	6114,38	57860,11	0,05	0,04	0,09	4,50	1912652,08
P109	5200,00	50,00	88,09	86,95	175,04	8752,11	66612,22	0,05	0,04	0,09	4,47	1912656,55
P110	5250,00	50,00	116,24	112,10	228,35	11417,30	78029,52	0,05	0,04	0,09	4,52	1912661,08
P111	5300,00	50,00	147,52	137,42	284,95	14247,26	92276,78	0,05	0,04	0,09	4,54	1912665,61
P112	5350,00	50,00	170,04	154,22	324,26	16212,78	108489,56	0,05	0,04	0,09	4,46	1912670,07
P113	5400,00	50,00	167,24	154,92	322,16	16108,08	124597,65	0,05	0,04	0,09	4,51	1912674,58
P114	5450,00	46,36	160,41	148,15	308,56	14304,84	138902,49	0,05	0,04	0,09	4,17	1912678,75
P115	5492,72	25,00	154,35	141,81	296,16	7404,03	146306,52	0,05	0,04	0,09	2,26	1912681,01
P116	5500,00	28,64	153,49	141,00	294,49	8434,41	154740,93	0,05	0,04	0,09	2,58	1912683,58
P117	5550,00	50,00	144,37	134,58	278,95	13947,60	168688,53	0,05	0,04	0,09	4,47	1912688,05
P118	5600,00	50,00	137,93	125,09	263,02	13151,07	181839,60	0,05	0,04	0,09	4,45	1912692,51
P119	5650,00	50,00	118,16	105,64	223,80	11190,21	193029,81	0,05	0,04	0,09	4,51	1912697,02
P120	5700,00	50,00	106,66	97,30	203,97	10198,38	203228,19	0,05	0,04	0,09	4,47	1912701,49
P121	5750,00	50,00	95,52	88,59	184,11	9205,61	212433,80	0,05	0,04	0,09	4,48	1912705,97
P122	5800,00	50,00	94,15	88,96	183,11	9155,63	221589,43	0,05	0,04	0,09	4,48	1912710,45
P123	5850,00	50,00	93,82	90,08	183,90	9195,02	230784,46	0,05	0,04	0,09	4,50	1912714,95
P124	5900,00	50,00	90,92	86,33	177,25	8862,46	239646,92	0,05	0,04	0,09	4,50	1912719,45
P125	5950,00	50,00	86,77	82,09	168,86	8443,18	248090,10	0,05	0,05	0,09	4,58	1912724,03
P126	6000,00	50,00	82,75	82,05	164,80	8239,81	256329,91	0,05	0,05	0,09	4,60	1912728,63
P127	6050,00	50,00	103,85	105,96	209,81	10490,61	266820,51	0,04	0,05	0,09	4,50	1912733,13
P128	6100,00	50,00	134,00	136,63	270,63	13531,63	280352,15	0,04	0,05	0,09	4,52	1912737,65
P129	6150,00	26,29	172,69	173,74	346,43	9109,09	289461,24	0,04	0,05	0,09	2,36	1912740,01
P130	6152,59	25,00	174,67	175,73	350,40	8759,94	298221,18	0,04	0,05	0,09	2,24	1912742,25
P131	6200,00	48,71	207,68	211,56	419,24	20419,52	318640,69	0,04	0,05	0,09	4,39	1912746,64
P132	6250,00	50,00	216,13	223,13	439,26	21963,11	340603,80	0,04	0,05	0,09	4,47	1912751,11
P133	6300,00	50,00	211,78	213,42	425,20	21260,15	361863,95	0,04	0,04	0,09	4,47	1912755,58
P134	6350,00	50,00	230,16	225,49	455,65	22782,50	384646,46	0,05	0,04	0,09	4,48	1912760,06
P135	6400,00	50,00	254,80	242,65	497,45	24872,45	409518,90	0,05	0,04	0,09	4,52	1912764,58
P136	6450,00	50,00	262,30	246,19	508,49	25424,52	434943,42	0,05	0,04	0,09	4,55	1912769,13
P137	6500,00	50,00	273,65	257,54	531,19	26559,57	461502,99	0,05	0,04	0,09	4,50	1912773,63
P138	6550,00	50,00	278,97	261,13	540,10	27005,00	488507,99	0,05	0,04	0,09	4,54	1912778,17
P139	6600,00	50,00	270,89	263,30	534,19	26709,62	515217,61	0,05	0,04	0,09	4,50	1912782,67
P140	6650,00	50,00	281,47	273,51	554,98	27749,18	542966,79	0,05	0,04	0,09	4,50	1912787,17

P141	6700,00	50,00	294,92	287,71	582,63	29131,44	572098,22	0,05	0,04	0,09	4,52	1912791,69
P142	6750,00	50,00	312,67	305,46	618,13	30906,49	603004,71	0,05	0,04	0,09	4,53	1912796,22
P143	6800,00	50,00	336,40	323,10	659,50	32975,01	635979,72	0,05	0,04	0,09	4,56	1912800,77
P144	6850,00	50,00	368,44	347,52	715,96	35798,12	671777,84	0,05	0,05	0,09	4,58	1912805,35
P145	6900,00	50,00	391,30	370,89	762,19	38109,70	709887,55	0,05	0,05	0,09	4,58	1912809,93
P146	6950,00	50,00	418,70	411,83	830,53	41526,51	751414,05	0,05	0,04	0,09	4,49	1912814,41
P147	7000,00	50,00	451,16	456,55	907,71	45385,63	796799,68	0,05	0,05	0,09	4,56	1912818,97
P148	7050,00	50,00	497,86	498,47	996,33	49816,69	846616,37	0,05	0,05	0,09	4,58	1912823,55
P149	7100,00	50,00	544,66	551,46	1096,13	54806,36	901422,73	0,05	0,05	0,09	4,64	1912828,19
P150	7150,00	50,00	608,75	604,21	1212,95	60647,70	962070,43	0,05	0,05	0,09	4,65	1912832,84
P151	7200,00	50,00	673,96	674,94	1348,90	67445,08	1029515,51	0,05	0,05	0,09	4,61	1912837,45
P152	7250,00	50,00	737,86	764,04	1501,89	75094,73	1104610,24	0,05	0,05	0,09	4,61	1912842,06
P153	7300,00	50,00	801,84	837,24	1639,08	81954,07	1186564,31	0,05	0,05	0,09	4,69	1912846,74
P154	7350,00	50,00	871,98	912,51	1784,49	89224,25	1275788,56	0,05	0,05	0,09	4,70	1912851,44
P155	7400,00	50,00	993,84	1022,79	2016,62	100831,23	1376619,79	0,05	0,05	0,09	4,61	1912856,06
P156	7450,00	50,00	1136,67	1149,62	2286,29	114314,57	1490934,36	0,05	0,05	0,09	4,57	1912860,62
P157	7500,00	50,00	1278,12	1277,26	2555,38	127768,93	1618703,29	0,05	0,05	0,09	4,54	1912865,17
P158	7550,00	50,00	1391,65	1388,46	2780,10	139005,17	1757708,46	0,05	0,05	0,09	4,56	1912869,73
P159	7600,00	50,00	1486,14	1498,96	2985,10	149255,06	1906963,51	0,05	0,05	0,09	4,60	1912874,32
P160	7650,00	50,00	1552,74	1596,20	3148,95	157447,47	2064410,98	0,05	0,05	0,09	4,60	1912878,92
P161	7700,00	50,00	1587,03	1629,54	3216,57	160828,51	2225239,50	0,05	0,05	0,09	4,59	1912883,51
P162	7750,00	50,00	1584,32	1608,84	3193,16	159658,12	2384897,62	0,05	0,05	0,09	4,55	1912888,06
P163	7800,00	50,00	1547,91	1539,43	3087,35	154367,43	2539265,06	0,05	0,05	0,09	4,53	1912892,60
P164	7850,00	50,00	1494,41	1472,54	2966,94	148347,18	2687612,23	0,05	0,04	0,09	4,51	1912897,11
P165	7900,00	50,00	1402,40	1399,72	2802,12	140105,97	2827718,21	0,05	0,05	0,09	4,51	1912901,62
P166	7950,00	50,00	1292,59	1312,22	2604,81	130240,51	2957958,72	0,04	0,05	0,09	4,51	1912906,13
P167	8000,00	50,00	1268,08	1263,90	2531,97	126598,59	3084557,31	0,05	0,04	0,09	4,53	1912910,66
P168	8050,00	50,00	1286,85	1248,16	2535,01	126750,59	3211307,90	0,05	0,05	0,09	4,53	1912915,19
P169	8100,00	50,00	1329,51	1291,32	2620,83	131041,40	3342349,30	0,05	0,04	0,09	4,51	1912919,70
P170	8150,00	50,00	1378,64	1341,26	2719,90	135995,01	3478344,31	0,05	0,04	0,09	4,51	1912924,21
P171	8200,00	50,00	1391,57	1365,70	2757,26	137863,17	3616207,48	0,05	0,04	0,09	4,42	1912928,63
P172	8250,00	50,00	1335,36	1313,30	2648,65	132432,71	3748640,18	0,05	0,04	0,09	4,49	1912933,12
P173	8300,00	50,00	1239,31	1214,29	2453,60	122680,07	3871320,25	0,05	0,04	0,09	4,49	1912937,61
P174	8350,00	50,00	1162,51	1140,27	2302,77	115138,65	3986458,90	0,05	0,04	0,09	4,52	1912942,13
P175	8400,00	50,00	1138,96	1103,28	2242,24	112112,17	4098571,06	0,05	0,04	0,09	4,53	1912946,66
P176	8450,00	50,00	1122,38	1081,32	2203,70	110185,16	4208756,22	0,05	0,04	0,09	4,52	1912951,18
P177	8500,00	50,00	1099,62	1046,53	2146,15	107307,55	4316063,78	0,05	0,04	0,09	4,54	1912955,73
P178	8550,00	50,00	1066,49	1013,40	2079,89	103994,50	4420058,27	0,05	0,05	0,09	4,58	1912960,31
P179	8600,00	50,00	1039,64	985,09	2024,73	101236,58	4521294,86	0,05	0,04	0,09	4,56	1912964,88
P180	8650,00	50,00	1018,17	961,96	1980,13	99006,50	4620301,36	0,05	0,05	0,09	4,58	1912969,45
P181	8700,00	50,00	998,51	952,99	1951,49	97574,75	4717876,11	0,05	0,04	0,09	4,50	1912973,95
P182	8750,00	50,00	1004,98	968,12	1973,10	98655,18	4816531,29	0,05	0,04	0,09	4,50	1912978,45
P183	8800,00	50,00	1003,44	982,71	1986,15	99307,61	4915838,90	0,05	0,05	0,09	4,56	1912983,01
P184	8850,00	50,00	973,61	972,57	1946,18	97308,77	5013147,67	0,05	0,04	0,09	4,43	1912987,44
P185	8900,00	50,00	926,88	913,17	1840,05	92002,45	5105150,12	0,05	0,04	0,09	4,52	1912991,96
P186	8950,00	50,00	871,55	791,86	1663,42	83170,86	5188320,98	0,05	0,04	0,09	4,55	1912996,52
P187	9000,00	50,00	846,08	729,09	1575,17	78758,70	5267079,68	0,05	0,04	0,09	4,49	1913001,00
P188	9050,00	50,00	799,66	684,23	1483,89	74194,61	5341274,28	0,05	0,04	0,09	4,48	1913005,49
P189	9100,00	50,00	754,26	630,96	1385,22	69260,83	5410535,11	0,05	0,04	0,09	4,45	1913009,94
P190	9150,00	37,26	699,91	616,57	1316,48	49055,77	5459590,89	0,05	0,04	0,09	3,25	1913013,19
P191	9174,53	25,00	665,63	597,02	1262,65	31566,37	5491157,26	0,05	0,04	0,09	2,18	1913015,37
P192	9200,00	37,74	638,20	575,60	1213,80	45805,58	5536962,84	0,05	0,04	0,09	3,32	1913018,70
P193	9250,00	50,00	605,70	545,71	1151,40	57570,22	5594533,06	0,05	0,04	0,09	4,49	1913023,18
P194	9300,00	50,00	560,74	508,66	1069,41	53470,29	5648003,36	0,04	0,04	0,09	4,39	1913027,58
P195	9350,00	50,00	502,78	478,34	981,11	49055,51	5697058,86	0,05	0,04	0,09	4,44	1913032,02
P196	9400,00	50,00	452,03	430,36	882,39	44119,42	5741178,28	0,05	0,04	0,09	4,40	1913036,42
P197	9450,00	50,00	399,94	372,11	772,05	38602,61	5779780,89	0,05	0,04	0,09	4,49	1913040,90
P198	9500,00	50,00	356,62	339,81	696,43	34821,25	5814602,15	0,05	0,04	0,09	4,54	1913045,44

P199	9550,00	42,71	310,70	306,46	617,16	26357,97	5840960,12	0,04	0,05	0,09	3,86	1913049,30
P200	9585,42	25,00	285,16	296,34	581,50	14537,49	5855497,61	0,04	0,05	0,09	2,24	1913051,54
P201	9600,00	32,29	278,18	289,34	567,52	18326,04	5873823,65	0,04	0,05	0,09	2,90	1913054,45
P202	9650,00	50,00	289,03	294,79	583,82	29190,85	5903014,50	0,05	0,05	0,09	4,56	1913059,01
P203	9700,00	50,00	375,84	424,40	800,24	40011,83	5943026,32	0,04	0,05	0,09	4,41	1913063,42
P204	9750,00	50,00	348,05	432,23	780,29	39014,40	5982040,73	0,04	0,05	0,09	4,50	1913067,92
P205	9800,00	50,00	281,32	347,02	628,34	31416,87	6013457,60	0,04	0,05	0,09	4,65	1913072,58
P206	9850,00	50,00	236,31	275,94	512,25	25612,62	6039070,22	0,04	0,05	0,09	4,63	1913077,21
P207	9900,00	50,00	190,09	220,69	410,78	20539,14	6059609,36	0,04	0,05	0,09	4,59	1913081,80
P208	9950,00	50,00	153,58	169,00	322,57	16128,67	6075738,03	0,05	0,05	0,09	4,71	1913086,50
P209	10000,00	50,00	141,68	136,75	278,44	13921,80	6089659,83	0,05	0,05	0,09	4,56	1913091,06
P210	10050,00	50,00	159,49	132,36	291,85	14592,50	6104252,33	0,05	0,04	0,09	4,55	1913095,61
P211	10100,00	50,00	187,10	144,84	331,94	16597,15	6120849,48	0,05	0,04	0,09	4,73	1913100,34
P212	10150,00	50,00	197,04	155,12	352,16	17608,17	6138457,65	0,05	0,04	0,09	4,59	1913104,93
P213	10200,00	50,00	185,48	148,89	334,37	16718,63	6155176,27	0,05	0,04	0,09	4,42	1913109,35
P214	10250,00	50,00	128,39	113,92	242,30	12115,13	6167291,40	0,05	0,04	0,09	4,51	1913113,86
P215	10300,00	50,00	98,90	85,71	184,61	9230,74	6176522,14	0,05	0,04	0,09	4,51	1913118,37
P216	10350,00	50,00	78,91	69,46	148,36	7418,15	6183940,29	0,05	0,04	0,09	4,56	1913122,93
P217	10400,00	50,00	76,67	67,61	144,28	7213,78	6191154,07	0,05	0,04	0,09	4,55	1913127,48
P218	10450,00	50,00	89,84	60,91	150,76	7537,87	6198691,94	0,05	0,04	0,09	4,40	1913131,89
P219	10500,00	50,00	54,68	49,99	104,67	5233,48	6203925,41	0,05	0,04	0,09	4,50	1913136,39
P220	10550,00	50,00	26,02	25,83	51,85	2592,40	6206517,81	0,04	0,04	0,09	4,40	1913140,79
P221	10600,00	50,00	7,11	7,13	14,23	711,57	6207229,38	0,05	0,04	0,09	4,49	1913145,28
P222	10650,00	50,00	0,42	0,45	0,88	43,81	6207273,19	3,03	2,94	5,97	298,45	1913443,73
P223	10700,00	25,91	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	8,20	8,12	16,32	422,89	1913866,62
P224	10701,83	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	8,39	8,31	16,70	417,51	1914284,13
P225	10750,00	43,56	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	13,81	12,85	26,67	1161,60	1915445,73
P226	10788,95	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	16,93	15,56	32,48	812,07	1916257,81
P227	10800,00	30,53	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	18,43	17,06	35,48	1083,20	1917341,00
P228	10850,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	26,31	24,27	50,57	2528,70	1919869,70
P229	10900,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	36,39	34,84	71,23	3561,54	1923431,24
P230	10950,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	49,30	48,40	97,70	4884,99	1928316,23
P231	11000,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	61,59	61,96	123,55	6177,30	1934493,53
P232	11050,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	70,39	72,30	142,68	7134,21	1941627,74
P233	11100,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	74,19	81,09	155,28	7764,19	1949391,93
P234	11150,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	84,44	96,70	181,14	9057,07	1958449,00
P235	11200,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	95,74	109,23	204,97	10248,63	1968697,63
P236	11250,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	111,15	123,12	234,27	11713,54	1980411,17
P237	11300,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	139,56	137,16	276,72	13835,99	1994247,16
P238	11350,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	162,84	156,17	319,00	15950,24	2010197,40
P239	11400,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	152,51	133,87	286,39	14319,27	2024516,67
P240	11450,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	123,85	111,62	235,47	11773,62	2036290,29
P241	11500,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	99,08	86,65	185,73	9286,33	2045576,62
P242	11550,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	73,81	63,56	137,37	6868,52	2052445,14
P243	11600,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	50,95	49,15	100,10	5005,04	2057450,19
P244	11650,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6207273,19	26,44	28,82	55,27	2763,29	2060213,48
P245	11700,00	50,00	0,94	0,13	1,07	53,58	6207326,77	2,68	3,74	6,42	321,23	2060534,71
P246	11750,00	50,00	13,02	9,90	22,91	1145,70	6208472,47	0,05	0,04	0,09	4,50	2060539,21
P247	11800,00	50,00	26,48	21,96	48,45	2422,26	6210894,74	0,05	0,04	0,09	4,53	2060543,74
P248	11850,00	50,00	45,08	38,25	83,34	4166,93	6215061,67	0,05	0,04	0,09	4,49	2060548,23
P249	11900,00	50,00	59,10	49,05	108,16	5407,78	6220469,45	0,05	0,04	0,09	4,52	2060552,75
P250	11950,00	50,00	57,92	48,75	106,68	5333,77	6225803,23	0,05	0,05	0,09	4,66	2060557,41
P251	12000,00	50,00	60,18	60,64	120,82	6040,79	6231844,02	0,05	0,05	0,09	4,60	2060562,01
P252	12050,00	50,00	79,14	76,83	155,98	7798,90	6239642,92	0,05	0,04	0,09	4,50	2060566,51
P253	12100,00	50,00	59,45	57,05	116,50	5825,09	6245468,00	0,05	0,04	0,09	4,50	2060571,01
P254	12150,00	50,00	39,17	38,45	77,62	3880,94	6249348,94	0,04	0,04	0,09	4,41	2060575,43
P255	12200,00	50,00	17,78	18,35	36,14	1806,83	6251155,77	0,04	0,05	0,09	4,49	2060579,91
P256	12250,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	9,73	8,36	18,09	904,47	2061484,39

P257	12300,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	42,84	39,96	82,79	4139,61	2065624,00
P258	12350,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	76,69	71,92	148,61	7430,70	2073054,70
P259	12400,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	119,23	111,82	231,04	11552,17	2084606,87
P260	12450,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	158,82	144,89	303,72	15185,85	2099792,72
P261	12500,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	146,91	127,53	274,45	13722,29	2113515,01
P262	12550,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	139,95	121,44	261,39	13069,26	2126584,27
P263	12600,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	130,88	115,26	246,14	12306,94	2138891,21
P264	12650,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	120,03	105,92	225,95	11297,30	2150188,51
P265	12700,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	109,68	98,83	208,51	10425,41	2160613,92
P266	12750,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	113,31	103,22	216,53	10826,72	2171440,65
P267	12800,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	122,27	110,81	233,08	11653,92	2183094,56
P268	12850,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	117,26	105,63	222,89	11144,46	2194239,02
P269	12900,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	122,75	106,85	229,59	11479,65	2205718,67
P270	12950,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	139,01	122,95	261,96	13098,00	2218816,67
P271	13000,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	152,26	132,92	285,18	14259,18	2233075,86
P272	13050,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	164,10	144,69	308,79	15439,31	2248515,16
P273	13100,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	181,69	168,35	350,03	17501,57	2266016,74
P274	13150,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	182,28	171,60	353,88	17693,90	2283710,64
P275	13200,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	168,16	156,10	324,26	16213,19	2299923,83
P276	13250,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	170,53	153,14	323,67	16183,44	2316107,26
P277	13300,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	189,17	171,21	360,38	18019,04	2334126,31
P278	13350,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	192,60	166,25	358,85	17942,31	2352068,61
P279	13400,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	188,50	162,31	350,82	17540,88	2369609,49
P280	13450,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	216,50	194,74	411,24	20561,82	2390171,32
P281	13500,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	231,17	213,12	444,29	22214,55	2412385,87
P282	13550,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	247,97	238,68	486,65	24332,48	2436718,34
P283	13600,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	256,38	224,21	480,59	24029,44	2460747,79
P284	13650,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	255,01	222,97	477,98	23898,82	2484646,61
P285	13700,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	310,83	270,05	580,88	29043,88	2513690,50
P286	13750,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	364,24	306,13	670,37	33518,26	2547208,76
P287	13800,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	373,80	324,75	698,55	34927,36	2582136,12
P288	13850,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	381,54	347,62	729,15	36457,66	2618593,78
P289	13900,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	400,57	358,19	758,77	37938,28	2656532,06
P290	13950,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	394,50	353,47	747,97	37398,62	2693930,68
P291	14000,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	345,09	303,96	649,05	32452,57	2726383,25
P292	14050,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	319,17	285,82	604,99	30249,66	2756632,91
P293	14100,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	311,74	273,74	585,48	29274,03	2785906,94
P294	14150,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	287,62	263,22	550,83	27541,70	2813448,64
P295	14200,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	269,04	244,99	514,03	25701,53	2839150,17
P296	14250,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	257,89	232,30	490,20	24509,94	2863660,12
P297	14300,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	247,47	217,57	465,04	23252,17	2886912,28
P298	14350,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	226,20	194,81	421,00	21050,18	2907962,46
P299	14400,00	29,66	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	220,66	173,96	394,61	11706,13	2919668,59
P300	14409,33	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	219,05	185,38	404,43	10110,67	2929779,26
P301	14450,00	43,56	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	204,03	189,84	393,87	17156,74	2946936,00
P302	14496,45	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	188,51	181,52	370,03	9250,73	2956186,73
P303	14500,00	26,78	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	187,35	180,49	367,84	9849,03	2966035,76
P304	14550,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	161,66	160,72	322,38	16118,98	2982154,74
P305	14600,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	130,56	122,15	252,71	12635,71	2994790,45
P306	14650,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	95,63	90,05	185,68	9284,03	3004074,48
P307	14700,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	63,24	57,03	120,27	6013,45	3010087,94
P308	14750,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	43,20	37,43	80,63	4031,49	3014119,42
P309	14800,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	25,96	21,84	47,80	2390,09	3016509,51
P310	14850,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6251155,77	15,91	10,73	26,64	1332,07	3017841,58
P311	14900,00	50,00	1,28	6,95	8,23	411,68	6251567,45	0,48	0,05	0,53	26,48	3017868,07
P312	14950,00	50,00	0,00	0,98	0,98	49,14	6251616,59	4,20	2,83	7,03	351,61	3018219,68
P313	15000,00	50,00	0,38	2,16	2,55	127,32	6251743,91	2,26	1,56	3,82	191,07	3018410,75
P314	15050,00	50,00	1,87	4,19	6,06	302,94	6252046,85	0,60	0,15	0,75	37,73	3018448,48

P315	15100,00	50,00	15,03	14,46	29,49	1474,59	6253521,44	0,05	0,04	0,09	4,50	3018452,98
P316	15150,00	50,00	17,25	19,03	36,28	1813,99	6255335,43	0,04	0,05	0,09	4,50	3018457,48
P317	15200,00	50,00	24,97	27,10	52,07	2603,68	6257939,11	0,04	0,05	0,09	4,53	3018462,01
P318	15250,00	50,00	32,89	34,50	67,38	3369,01	6261308,12	0,04	0,05	0,09	4,55	3018466,55
P319	15300,00	50,00	45,71	46,76	92,47	4623,48	6265931,60	0,05	0,05	0,09	4,64	3018471,19
P320	15350,00	50,00	55,52	59,12	114,64	5732,07	6271663,67	0,04	0,05	0,09	4,54	3018475,73
P321	15400,00	50,00	74,71	76,68	151,39	7569,37	6279233,04	0,05	0,05	0,09	4,57	3018480,30
P322	15450,00	50,00	92,69	98,55	191,25	9562,29	6288795,34	0,04	0,05	0,09	4,50	3018484,79
P323	15500,00	50,00	108,57	117,11	225,68	11283,78	6300079,11	0,04	0,05	0,09	4,55	3018489,34
P324	15550,00	50,00	136,87	144,32	281,18	14059,22	6314138,33	0,04	0,05	0,09	4,54	3018493,89
P325	15600,00	50,00	152,66	164,48	317,14	15857,05	6329995,38	0,05	0,05	0,09	4,63	3018498,51
P326	15650,00	50,00	174,90	183,43	358,34	17916,76	6347912,15	0,04	0,05	0,09	4,60	3018503,11
P327	15700,00	50,00	200,59	224,20	424,79	21239,68	6369151,83	0,04	0,05	0,09	4,57	3018507,68
P328	15750,00	50,00	232,13	245,43	477,56	23878,18	6393030,00	0,04	0,05	0,09	4,56	3018512,25
P329	15800,00	50,00	246,12	276,98	523,10	26155,08	6419185,08	0,04	0,05	0,09	4,58	3018516,83
P330	15850,00	50,00	286,45	304,50	590,95	29547,37	6448732,44	0,04	0,05	0,09	4,50	3018521,33
P331	15900,00	50,00	273,65	300,10	573,75	28687,66	6477420,11	0,04	0,05	0,09	4,54	3018525,87
P332	15950,00	50,00	247,21	263,73	510,94	25547,07	6502967,18	0,05	0,05	0,09	4,60	3018530,47
P333	16000,00	50,00	215,39	215,05	430,45	21522,25	6524489,43	0,05	0,05	0,09	4,60	3018535,07
P334	16050,00	50,00	205,42	187,02	392,44	19622,04	6544111,47	0,05	0,05	0,09	4,63	3018539,71
P335	16100,00	50,00	212,86	182,69	395,55	19777,56	6563889,03	0,05	0,04	0,09	4,49	3018544,20
P336	16150,00	50,00	227,74	200,38	428,12	21406,07	6585295,10	0,05	0,04	0,09	4,48	3018548,68
P337	16200,00	50,00	227,84	200,93	428,78	21438,87	6606733,97	0,05	0,04	0,09	4,50	3018553,18
P338	16250,00	50,00	219,65	189,66	409,31	20465,71	6627199,69	0,05	0,04	0,09	4,53	3018557,71
P339	16300,00	50,00	232,64	205,27	437,91	21895,48	6649095,17	0,05	0,04	0,09	4,54	3018562,25
P340	16350,00	50,00	244,51	230,19	474,70	23734,84	6672830,01	0,05	0,04	0,09	4,55	3018566,80
P341	16400,00	50,00	250,96	240,57	491,52	24576,16	6697406,17	0,05	0,04	0,09	4,55	3018571,35
P342	16450,00	50,00	246,07	220,77	466,84	23341,81	6720747,98	0,05	0,04	0,09	4,60	3018575,95
P343	16500,00	50,00	241,62	207,93	449,55	22477,54	6743225,53	0,05	0,04	0,09	4,53	3018580,47
P344	16550,00	50,00	233,30	196,02	429,33	21466,35	6764691,87	0,05	0,04	0,09	4,57	3018585,04
P345	16600,00	50,00	242,77	196,54	439,32	21965,80	6786657,68	0,05	0,04	0,09	4,53	3018589,57
P346	16650,00	50,00	239,74	198,91	438,65	21932,44	6808590,11	0,05	0,04	0,09	4,52	3018594,08
P347	16700,00	50,00	232,59	201,68	434,28	21713,81	6830303,92	0,05	0,04	0,09	4,54	3018598,62
P348	16750,00	50,00	221,47	202,01	423,48	21173,85	6851477,77	0,05	0,04	0,09	4,46	3018603,08
P349	16800,00	50,00	191,94	177,03	368,96	18448,16	6869925,93	0,05	0,04	0,09	4,50	3018607,58
P350	16850,00	50,00	157,02	146,99	304,02	15200,91	6885126,84	0,05	0,04	0,09	4,47	3018612,05
P351	16900,00	50,00	117,48	113,83	231,31	11565,45	6896692,29	0,05	0,04	0,09	4,47	3018616,52
P352	16950,00	50,00	85,35	82,94	168,28	8414,23	6905106,52	0,05	0,04	0,09	4,52	3018621,04
P353	17000,00	50,00	58,88	59,45	118,33	5916,46	6911022,99	0,04	0,05	0,09	4,50	3018625,54
P354	17050,00	50,00	37,02	40,68	77,70	3884,87	6914907,86	0,04	0,05	0,09	4,58	3018630,12
P355	17100,00	50,00	34,25	39,18	73,43	3671,46	6918579,32	0,04	0,05	0,09	4,52	3018634,64
P356	17150,00	50,00	65,01	71,32	136,34	6816,78	6925396,10	0,04	0,05	0,09	4,47	3018639,12
P357	17200,00	50,00	106,43	116,11	222,54	11126,89	6936522,99	0,04	0,05	0,09	4,51	3018643,62
P358	17250,00	50,00	123,79	122,50	246,29	12314,58	6948837,56	0,04	0,04	0,09	4,32	3018647,94
P359	17300,00	50,00	101,79	109,24	211,04	10551,79	6959389,36	0,04	0,04	0,09	4,39	3018652,33
P360	17350,00	50,00	88,66	84,83	173,49	8674,58	6968063,93	0,05	0,04	0,09	4,50	3018656,83
P361	17400,00	50,00	46,54	44,17	90,71	4535,26	6972599,19	0,05	0,05	0,09	4,63	3018661,46
P362	17450,00	50,00	16,58	18,16	34,74	1737,04	6974336,24	0,04	0,05	0,09	4,54	3018666,00
P363	17500,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6974336,24	14,48	14,34	28,82	1440,93	3020106,93
P364	17550,00	31,39	0,00	0,00	0,00	0,00	6974336,24	33,90	40,22	74,12	2326,68	3022433,61
P365	17562,78	6,39	0,00	0,00	0,00	0,00	6974336,24	0,00	0,00	0,00	0,00	3022433,61

A decorative graphic of a scroll with a light purple-to-white gradient. The scroll is partially unrolled at the top corners, with the unrolled portion being a darker shade of purple. The text is centered on the white part of the scroll.

**Chapitre VII**  
**GEOLOGIE ET**  
**GEOTECHNIQUE**

## 1- INTRODUCTION:

La voie de chemin de fer est un ensemble d'éléments de nature différente dont les caractéristiques physique et mécanique ne sont pas les même, ces éléments sont essentiellement constitué de : ballast, les travers, les rails et leurs accessoires.

L'exploitation des voies ferrée réclame que certaines voies se coupent et que d'autres puissent communiquer entre elle. Pour cela on met en place des dispositifs connus sous le nom d'appareils de voie, ce sont les branchements et les traversées.

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 LRS).
- 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).

## 2- CATÉGORIES DE LA VOIE:

Les voies sont classées en plusieurs grandes catégories, chacune réservé pour un objectif bien précis, on distingue ainsi:

- Les voies de service: affectées aux manœuvres, elles sont constituées en général par des anciennes voies principales déclassées.
- les voies d'évitement : qui permettent à deux trains qui circulant à contre sens sur une voie
- Unique de se croiser.
- Les voies de garage: affectées au stationnement du matériel roulant.



- Les voies principaux:

Affectées à la circulation des trains.

### **3- CATÉGORIES DE NOTRE VOIE:**

- Le type de rail utilisé:
  - LRS type UIC 60 E1 en plein voie, en gare.
- Type de traverses:
  - Traverses monobloc en béton armé.
  - bi bloc en béton armé
- L'écartement des traverses :
  - Universal: 1,435 m.
- Le support:
  - Ballast.
- Tonnage des essieux à supporter:
  - Pleine voie 22.5 t
  - Ouvrage d'art 25 t
- Vitesse des trains :
  - Vitesse maximal voyageur est de 220 Km/h
  - Vitesse maximal marchandise est de 110 Km/h.
- Les attaches: élastiques de type NABLA et Vossloh.
- Les appareils de voie :( type: UIC- 60 500).

### **4- LES RAIS:**

#### **4-1 DESCRIPTION:**

Les rails sont des barres d'acier profilées, qui mises bout à bout servent à former un chemin de fer. Les rails constituent à la fois une surface de roulement et un support de guidage pour les trains, ils jouent également le rôle de conducteur électrique, soit pour le courant de traction des véhicules, soit pour les courants de signalisation.

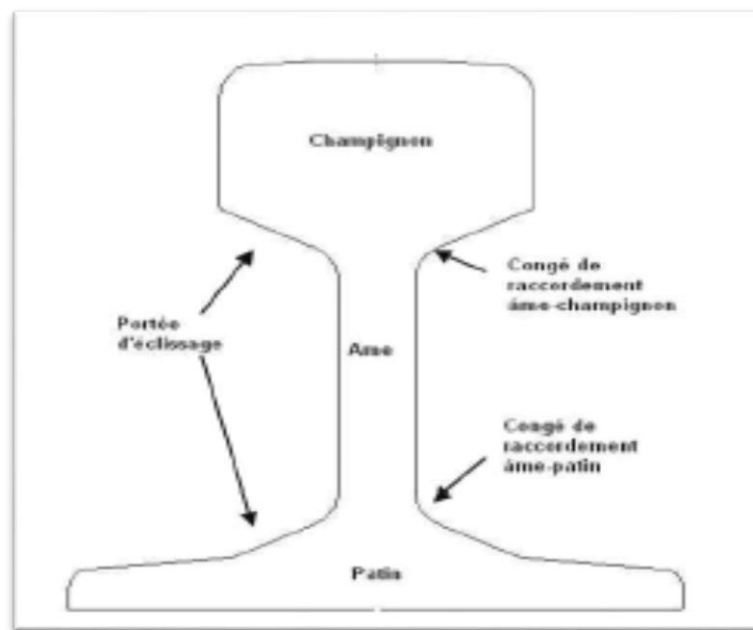
Les rails doivent supporter les différents efforts qu'ils reçoivent, et les transmettre aux autres éléments qui composent l'infrastructure de la voie. Ces efforts peuvent être :

- Des efforts verticaux dus au poids du véhicule avec une répartition hétérogène (charges statiques), le surpoids provoqué par la force centrifuge non-compensée (charges quasi statique) et les surcharges dues à l'action de la masse (charge dynamique).



- Des efforts transversaux dus aux mouvements de lacet, et à l'action la force centrifuge et qui agissent sur le rail, soit vers l'intérieur, soit vers l'extérieur de la voie.
- Des efforts longitudinaux sont prioritairement d'ordre thermique, mais ils résultent aussi de l'adhérence des roues, soit au moment du démarrage d'un train, soit au moment de freinage brusque.

#### 4-2 TYPE DE RAIL:

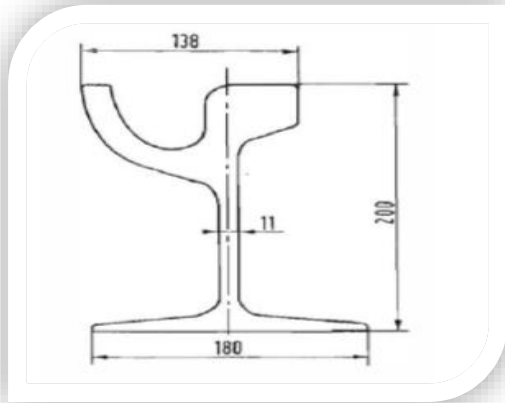


***Figure 07-01 : Rail a patin (Vignole)***

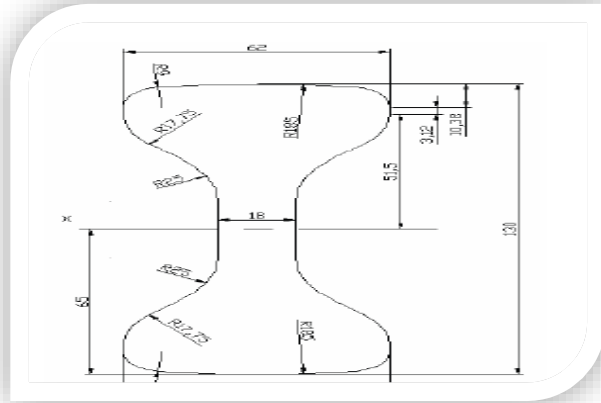
Le rail moderne est généralement de type « Vignole », dans une section transversale, on distingue le patin qui s'appuie sur la traverse, le champignon qui constitue le chemin de roulement, et l'âme, filet vertical qui relie le champignon au patin.

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

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



**Figure 07-02 : Rail à gorge**



**Figure 07-03 : Rail DC (double)**

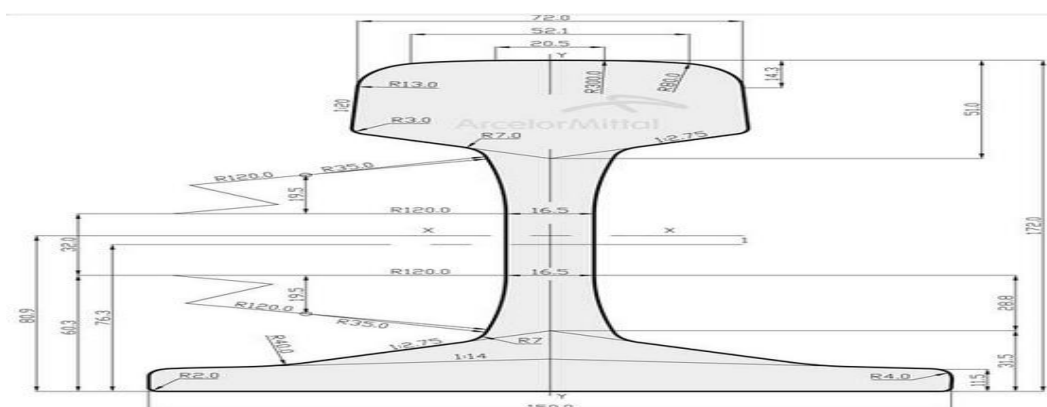
Dans notre projet, nous utilisons Le rail de « Vignole » type UIC 60.

Les caractéristiques géométriques dans le tableau suivant :

**Tableau 07-01: profil UIC 60**

masse linéique théorique	moment d'inertie Ix	Module d'inertie Ix/v	Section	résistance à la traction
60.21 kg/m	3038.3 cm <sup>4</sup>	335.6 cm <sup>3</sup>	76.7 cm <sup>2</sup>	880 N/mm

60.21 kg/m    3038.3 cm<sup>4</sup>    335.6 cm<sup>3</sup>    76.7 cm<sup>2</sup>    880 N/mm



**Figure 07-04: La géométrie du rail UIC 60 E1**

### 4-3 Fabrication du rail:

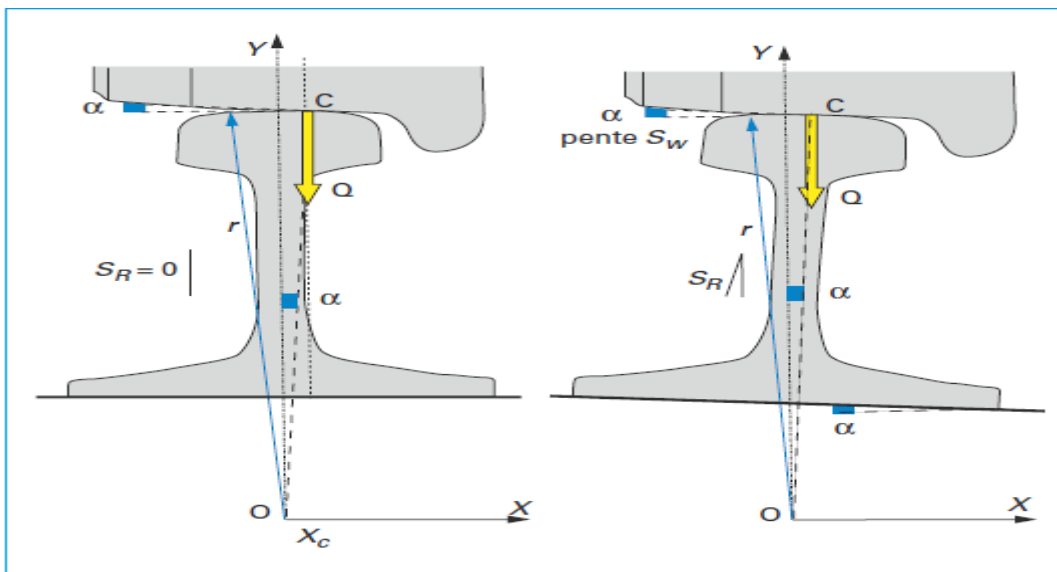
Les rails utilisés en chemins de fer passent par beaucoup d'étapes avant leur mise en service. La première consiste à fabriquer la fonte par réduction du minerai de fer dans les hauts fourneaux puis la conversion de fonte en acier par combustion du carbone excédentaire.

Après l'acier est coulé dans des lingotières de forme allongé mais de profile nettement supérieur à celui de rail, le laminage a lieu à chaud, il doit être terminé aussi basse que possible, ensuite un traitement thermique est programmé avant que le rail soit dressés, fraisés a longueur, percé et alésés.

### 4-4 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 en voie normale et métrique.

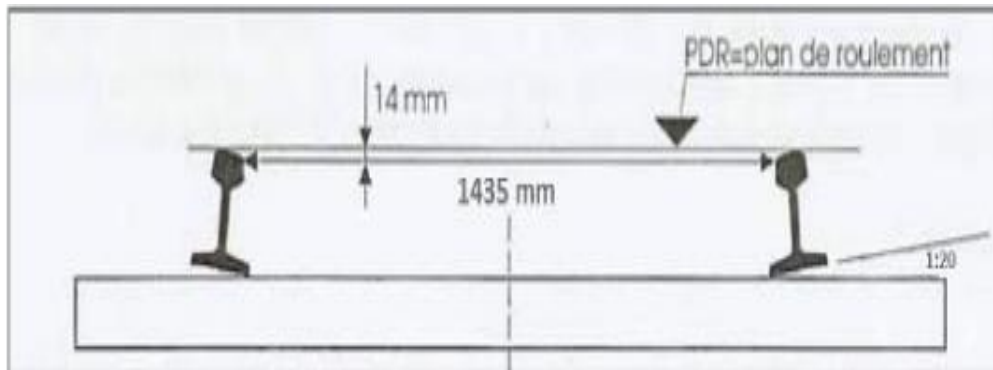
Cette pente est obtenue par entaille inclinée des traverses bois.



*Figure 07-05 : Inclinaison du rail*

### 4-5 Ecartement des rails:

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



***Figure 07-06 :L'écartement entre les rails***

#### **4-6 Défaut des rails:**

On distingue trois catégories de défaut de rails:

- ❖ Rail avarié: rail ni fissuré ni rompu qui présente d'autres défauts généralement situés en surface.
- ❖ Rail fissuré: rail présentant, en un point quelconque de sa longueur et quelles que soient les parties intéressées du profil.

Une ou plusieurs solutions de continuité, d'orientation quelconque, visibles ou non, dont le développement risque d'entraîner une rupture à échéance plus ou moins rapprochée.

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

#### **5- les longs rails soudés (LRS):**

La pose historique était en barres normales de longueurs limitées, elle nécessitait l'assemblage des barres par éclissage boulonné qui doit permettre la dilatation des rails. Le coût de maintenance est élevé suite à l'usure du montage imparfait entre les barres.

La pose moderne est en LRS, tel que l'assemblage des barres se fait par soudage par forgeage électrique et soudage aluminothermique.



*Figure 07-07 : photo d'une barre soudée*

### **5-1 Soudage par forgeage électrique:**

IL est réalisé à poste fixe ou à l'aide de machines mobiles. Le matériau à rail est chauffé et soudé par courant électrique, aussi le cordon de soudure est réalisé par le matériau que les rails. Ce type de soudage est pratiqué en atelier pour construire des barres longues.

Temps requis: 3min/soudure.

#### **❖ Procédure:**

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

#### **❖ Avantages:**

- Absence de matériau étranger.
- Expulsion des impuretés (oxydes) lors du forgeage.
- Répartition uniforme de la dureté grâce à une zone de réchauffement courte(30-40 mm).

- Procédé des soudage entièrement mécanisé, ce qui résulte un soudage constant et régulier, de bonne qualité et absence de défauts dus à la fatigue ou le manque de concentration du soudeur.

## **5-2 Soudage aluminothermique:**

C'est un processus d'oxydation exothermique de l'aluminium avec du fer ou de l'oxyde ferrique. Des additifs supplémentaires et des matériaux d'alliage spécifiques transforment le fer. Ce type de soudage est pratiqué sur site pour le raccord en voie des barres longues ou des appareils de voie, et il ne nécessite que des moyens légers.

Les rails à souder sont alignés en laissant un espace précis entre leurs extrémités. Des moules sont ajustés autour du joint entre deux rails le processus récent fait appel à un creuset jetable.

Temps requis: 20min/soudure.

### **❖ Procédure :**

- Préchauffage: avec un brûleur spécialement conçu. Les moules et les abouts des rails sont préchauffés à 200 0°C environ pendant un temps précis pour atteindre la température correcte pour le soudage.
- Mise en feu : lorsque la température de préchauffage correcte est atteinte, la réaction est amorcée dans le creuset à l'aide d'un tison spécial. L'acier fondu est obtenu par réaction aluminothermique.
- Soudage: au moment adéquat, le bouchon fusible au bas du creuset libère l'acier en fusion dans le moule par le passage prévu.
- Tranchage du rail: il est réalisé lorsque la soudure a pris et avant qu'elle ne soit refroidie. Le tranchage se fait sur la surface de roulement.
- Meulage du rail: Immédiatement après le tranchage, un meulage rapide est effectué sur le rail.

La finition des soudures est obligatoire afin d'obtenir une continuité parfaite du profilé de rail et elle consiste à éliminer toute les bavures issues de la soudure aluminothermique et cela demande l'emploi de différent appareils comme l'ébavureuse hydraulique et la meuleuse de profil.

Les travaux de pose et de soudage sont suspendus lorsque des conditions atmosphériques anormales surviennent, notamment lorsque la température mesurée au rail dépasse + 45°C.

### 5.3 Avantages et inconvénients des LRS

- ❖ Les principaux avantages des LRS sont :
  - Réduction des couts de maintenance.
  - Réduction des défauts et d'usure de rail.
  - Diminution du bruit et des émissions sonores.
  - Mécanisation plus facile de la pose et de la maintenance de la voie.
  
- ❖ Les principaux inconvénients des LRS sont :
  - Un risque de déformation par flambement de la voie sous les contraintes de compression excessives lors de périodes de très fortes chaleurs.
  - Un risque plus grand par rapport aux barres normales de rupture de rail lors des périodes de grand froid.
  - Une utilisation de quantités de ballast plus importantes afin de mieux ancrer les traverses.

### 6- Traverse:

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

❖ Travers en bois : elles sont fabriquées à partir du bois de chaine ou hêtre qui sont apprécié pour leur résistance, leur flexibilité et la facilité de leur mise en œuvre, mais leur durée de vie est très courte, alors pour régler le problème, on procède à un traitement chimique avec de la créosote et sous pression.

Dans nos jours les traverses en bois ne sont pas utilisées fréquemment vue leur effets négatif sur l'environnement et leur cout élevée.





*Figure 07-08 : Travers en bois*

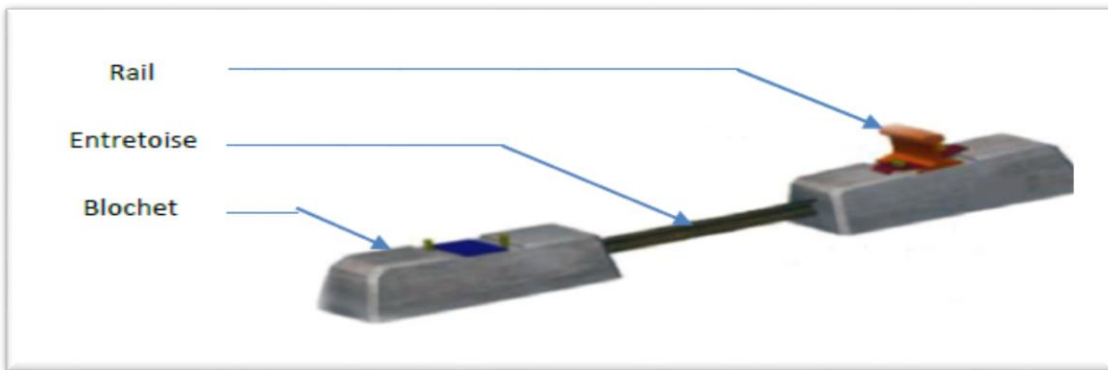
❖ Travers en béton armé : les travers en béton ont une durée de vie plus importante ainsi qu'il coûte moins cher ce qui a élevé leur utilisation à travers le monde, ainsi que leur poids important assure un bon ancrage de la voie dans le ballast. La fixation des rails se fait par des attaches élastiques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

- Travers en Bi bloc : formées de deux blocs de béton reliés par une entretoise métallique, qui absorbe les efforts en milieu de traverse.

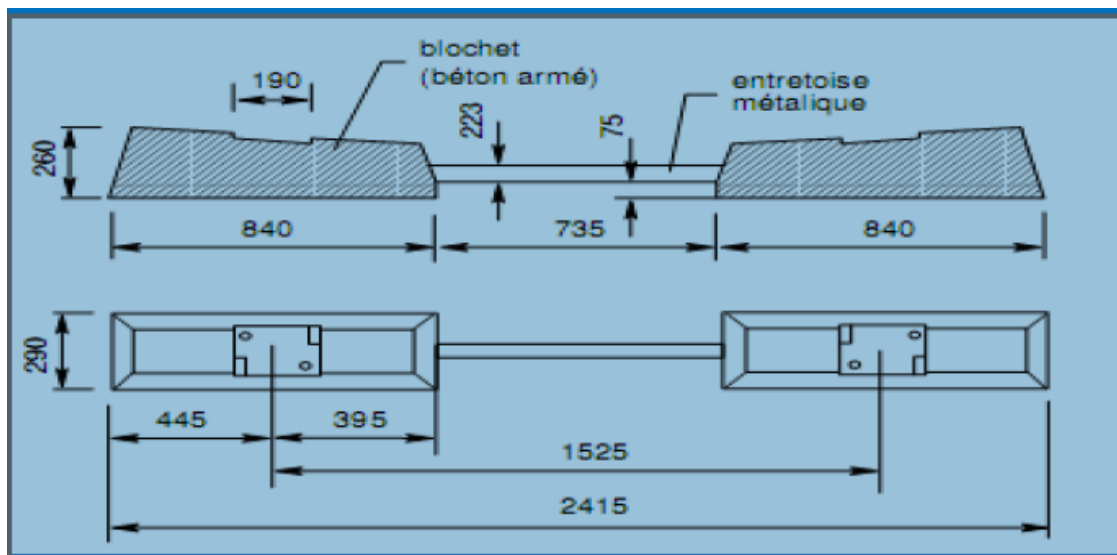


*Figure 07-09 : Travers en Bi bloc*



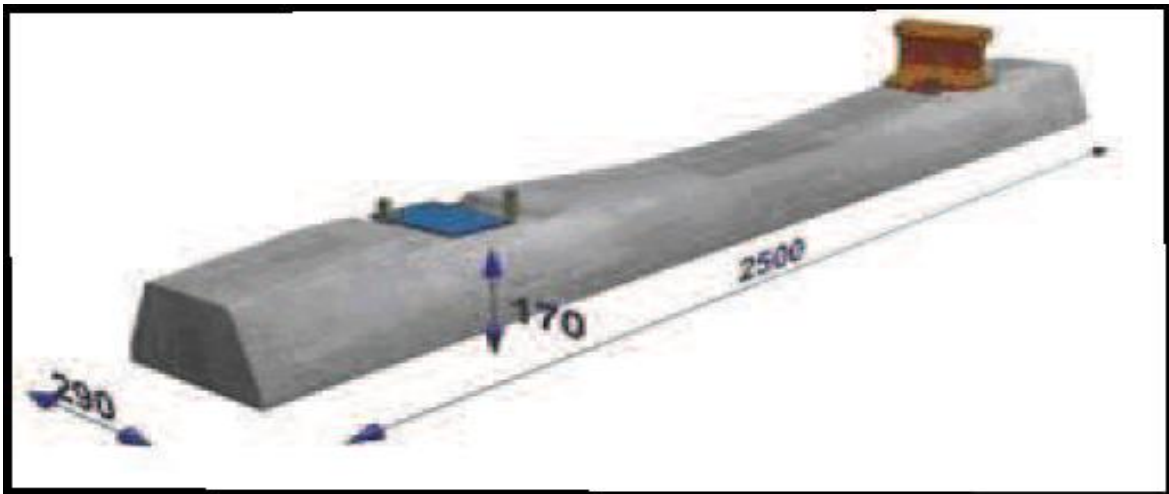


***Figure 07-10 :Eléments du Travers en béton bi-blocs***



***Figure 07-11 : Caractéristiques dutraverse en béton bi-bloc***

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



***Figure 07-12 : Travers en Monobloc***

❖ Travers métalliques : les travers métallique, en acier, ne sont plus guère utilisés. Elles sont bruyantes, surtout à vitesse élevé, s’ancrent moins biens dans le ballast à cause de leur légèreté.

Elles rendent également très difficile l’entretien de la géométrie de la voie par bourrage. En effet, leur forme ne permet pas aux bourreuses d’insérer du ballast sous la traverse.



***Figure 07-13 : Travers métalliques***

### **6-1 Rôle des traverses:**

Les traverses se situent perpendiculairement à l’axe des voies, sur lesquels sont posés les rails, elles doivent assurer les fonctions suivantes:

- Réalisation et maintien de l’écartement normal (1435 mm) des rails.
- Répartition et transmission des efforts sur la couche de ballast, à savoir :

- Charges verticales des essieux.
- Forces centrifuges horizontales.
- Efforts longitudinaux.
- Permettent l'inclinaison de 1/20 aux rails.
- Amortissement des vibrations des rails.

## **7- Les attaches:**

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

### **7.1 Type d'attaches:**

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

Le développement technologique a permis de concevoir et mettre en œuvre des attaches élastiques qui peuvent résister d'une manière élastique aux mouvements verticaux, surtout vers le haut, ces déplacements se font sans jeu, sans chocs. L'attache nabra ainsi appelée en raison de sa forme triangulaire, comme l'opérateur mathématique, elle est constitué par un crapaud (lame-ressort) maintenue par un écrou « tirefond » vissé sur une tige filetée dans des encoches accrochées dans le blochet. Le rail repose généralement sur une semelle cannelée en caoutchouc qui joue le rôle d'un amortisseur. Ce type d'attache est le plus répandu au monde, il convient aux longs rails soudés sur traverses en béton.

### **7-2 RÔLE D'ATTACHE**

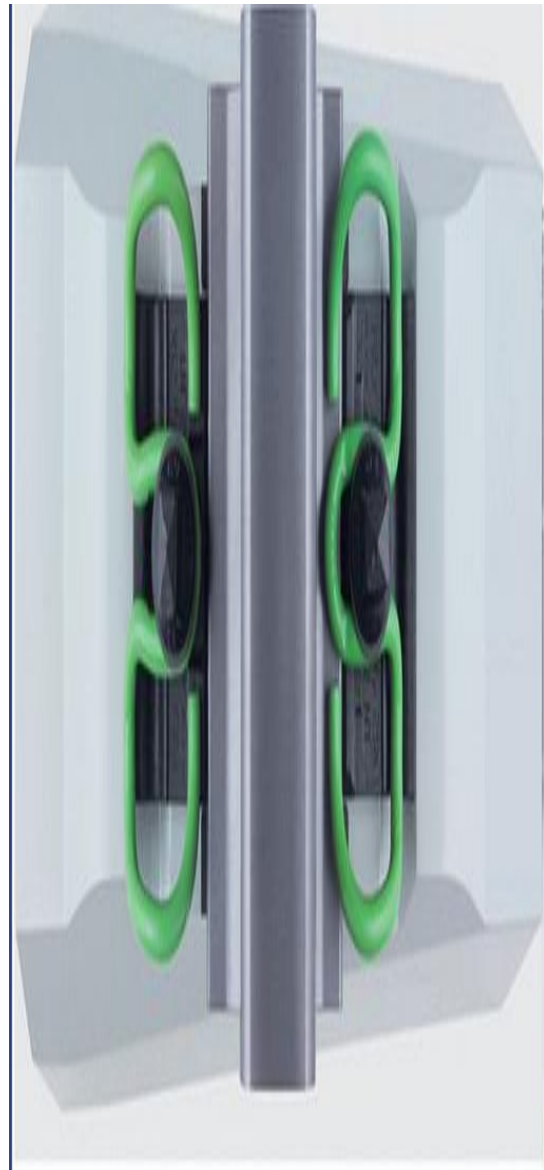
L'attache doit remplir les rôles suivants:

- Assurer le serrage du rail sur la traverse avec un effort tel que la résistance au glissement du rail sur la traverse soit largement supérieure à la résistance au déplacement longitudinal de la traverse dans le ballast.
- Cet effort de serrage ne doit pas trop s'affaiblir en présence des effets vibratoires engendrés à l'approche des charges roulantes.
- La course du serrage doit avoir une amplitude suffisamment importante pour pallier à un éventuel relâchement du dispositif de fixation.

- Les caractéristiques élastiques de l'attache doivent rester stables même après plusieurs montages et démontages.
- Le rendement de l'attache (rapport entre l'effort exercé par l'attache sur le rail et l'effort exercé par le dispositif de serrage de l'attache ancré dans la traverse) doit être aussi élevé que possible.
- Encaisser les efforts longitudinaux et dynamiques au passage des trains.



**Figure07- 14: attache de type Nabla**



**Figure 07-15: attache de type vossloh**



*Figure 07-16 : Les éléments d'une attache de type Nabla.*

## 8- Les appareils de voie:

### 8-1 Description:

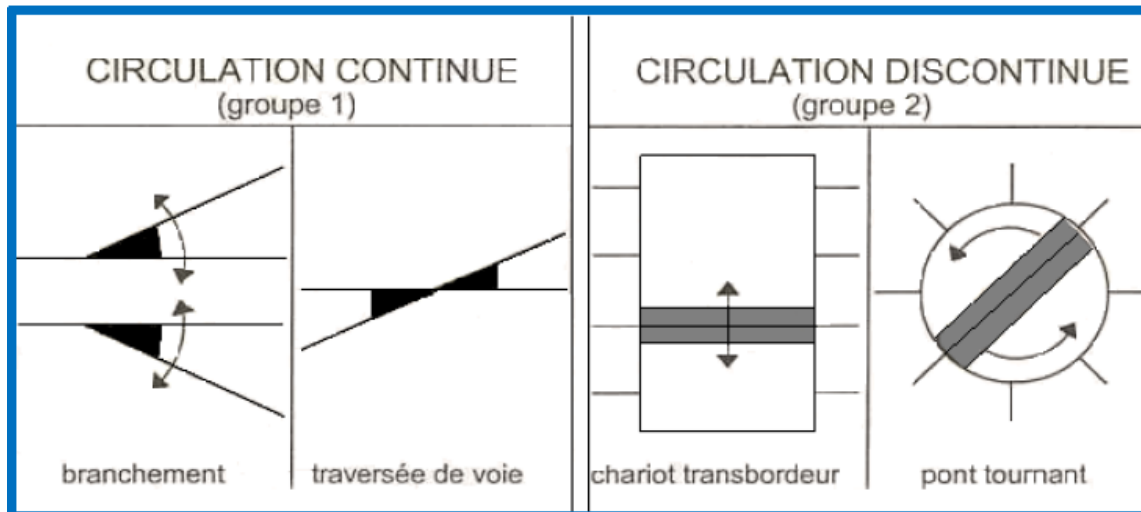
Les appareils de voie sont un moyen de franchissement ou de passage d'un train (de voyageur ou de marchandise) d'une voie principale à une voie service ou de franchissement d'une voie de croisement.

Les appareils de voie sont des éléments dont les frés d'investissement et de Maintenance sont élevés et qui peuvent perturber sensiblement la circulation des véhicules. Ils doivent être disposés et conçus de façon à obtenir un tracé favorable du point de vue de la dynamique, Actuellement, la durée de vie des appareils de voie est d'environ 30 ans (avec traverses en béton).

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

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





***Figure 07-17 : les différents appareils de voie***

Dans notre projet, seul les branchements du groupe 1 qui seront utilisés. Les véhicules ferroviaires doivent franchir les branchements sans effets dynamique et sans chocs.

## 8-2 LES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS D'UN APPAREIL DE VOIE

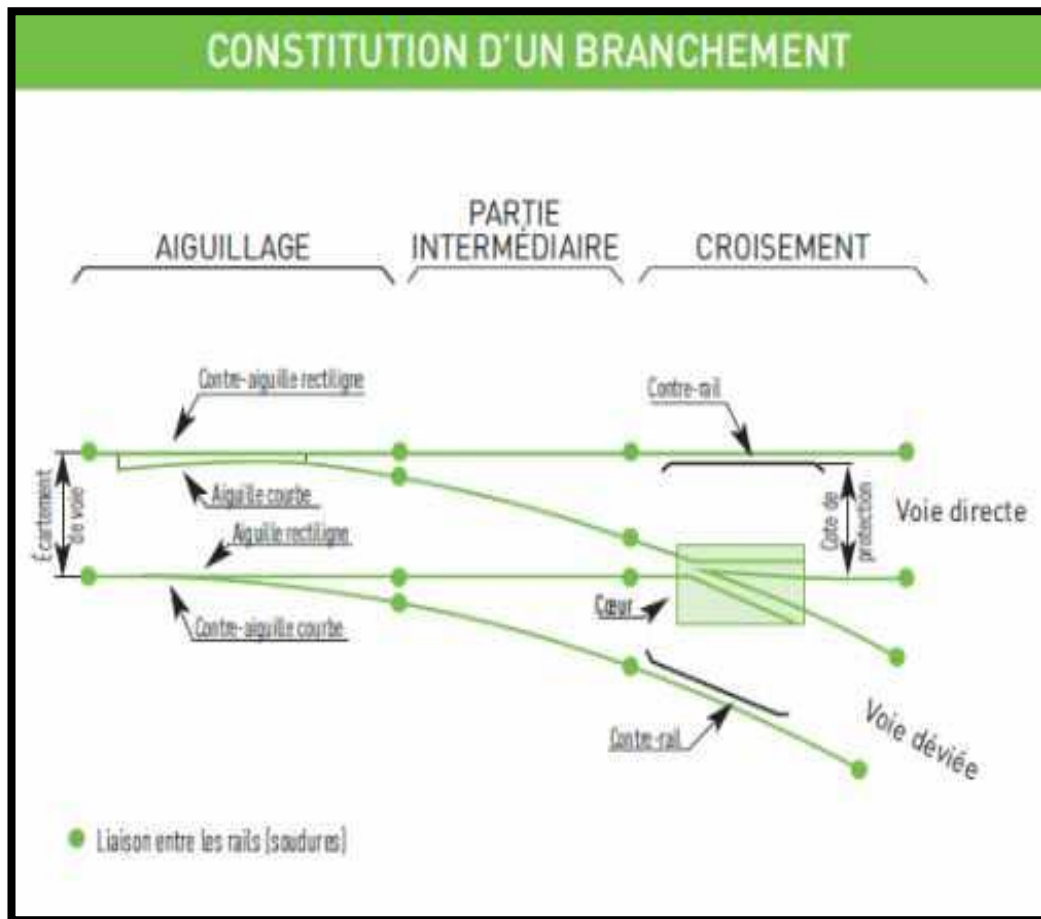
Les éléments constitutifs d'un appareil de voie sont :

- ❖ L'aiguillage : Partie constituée de rails et de lames usinées et articulées qui assurent la continuité d'un des 2 ou 3 itinéraires divergents à l'origine de la divergence.
- ❖ la partie intermédiaire : qui est assimilable à de la voie courante
- ❖ Le croisement : Partie de l'appareil assurant la continuité de deux itinéraires sécants au droit de l'intersection entre files opposées et comprenant un cœur de croisement en acier monobloc ou assemblés, 2 rails extérieurs équipés de 2 contre-rails avec entretoises de liaison.

Les éléments de sécurité des appareils de voie sont :

- Motorisation : Un moteur électrique, équipé de tringles rigides, permet le déplacement des 2 lames d'aiguille en fonction de l'itinéraire choisi.
- Système de verrouillage : Pour des raisons de sécurité, les appareils de voie parcourus par des trains rapides sont équipés d'un contrôle électrique de position afin d'immobiliser les lames d'aiguille dans la position choisie sur le rail contre aiguille.

Pour éviter le calage de l'aiguille par la neige ou le gel, l'aiguillage est équipé de résistances chauffantes, ou de rampes au gaz propane.



***Figure 07-18: UN branchement et ces éléments constitutifs.***

- ❖ Type d'appareils de voie et leur domaine d'application:  
Deux facteurs déterminants pour le choix des appareils idéal à utiliser:
- La vitesse.
  - Le tracé.

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:


***Tableau 07-02: les types de branchement***

Domaine d'emploi du branchement	Vitesse(Km/h)	Type de branchement
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dans le réseau des zones industrielles.</li> <li>• Dans le réseau d'embranchement Particulier.</li> </ul>	30	R140- 1/6 tg (0,167)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dans les faisceaux de classement, remisage, voie de nettoyage et toutes les voies de manœuvre.</li> </ul>	40	R190- 1/7 tg (0,143) R190- 1/9 tg (0,111)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comme branchement d'entrée et desortie de voies de quais les trains devoyageurs.</li> <li>• Dans le faisceau de transfert de la a gare de marchandises.</li> <li>• Dans la voie de circulation des trainsmarchandises</li> </ul>	50	R300- 1/9 tg (0,111)
	60	R500- 1 /12 (0,083)

**CONCLUSION:**

On peut conclure que La superstructure qui permettant la transmission à la plate-forme (infrastructure) les charges statiques et dynamiques des roues, Dans Après la fin de ce chapitre, nous parlons dans le prochain chapitre à propos de Couches d'assises.



A decorative graphic of a scroll with a light purple gradient and rounded corners. The scroll is partially unrolled at the top and bottom, with the unrolled sections extending outwards. The text is centered on the main body of the scroll.

# **Chapitre VIII**

## **La structure d'assises**

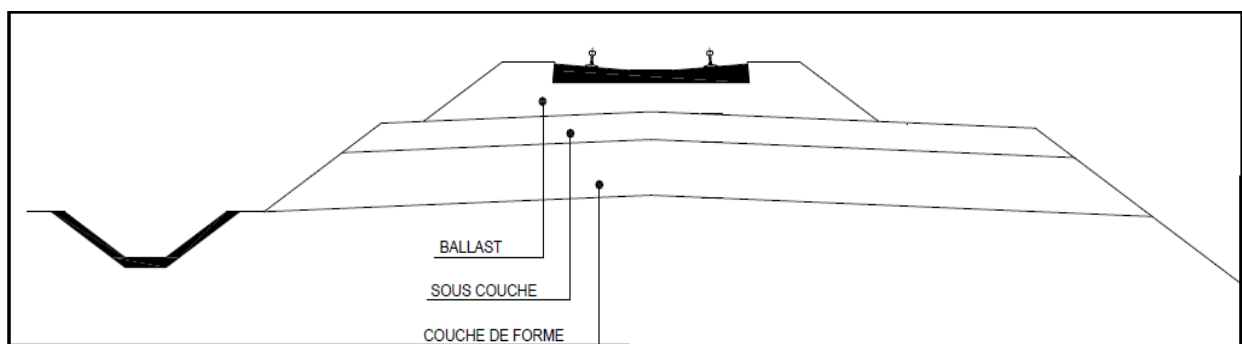
## 1- Introduction :

La structure d'assises ou l'infrastructure de la voie est le soubassement d'une voie, en d'autre terme, c'est la partie inférieure sur laquelle cette voie repose. Elle sert à répartir sur la plate-forme, les charges exercées par les traverses et amortir les vibrations de la superstructure, de plus elle contribue aux stabilisations longitudinales et latérales de la voie.

Elle permet donc pour une large part d'assurer par sa nature et son épaisseur le bon comportement de la voie ferrée du point de vue rigidité, tenue et drainage.

## 2- Les différentes couches d'assises :

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



*Figure 08-01 : les différentes couches d'assises.*

### 2-1 La couche de ballast :

On appelle « ballast » le lit de pierre interposés entre la voie proprement dite et la plate-forme, il est issu du concassage de roches dures (granite, quartzite, grés,.....etc.) et sa granulométrie varie entre 25 et 63 mm.

On utilise du gravillon fin (de 15 à 35 mm) pour son nivellement et une épaisseur minimal de

30 cm, cette couche a pour rôle de :

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

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

### **2.1.1 CARACTÉRISTIQUE DU BALLAST:**

#### ❖ Caractéristique physiques :

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

### **2.1.2 CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES:**

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

DS > 14 (pierres dures) et DH > 6 selon document (SNTF).

DS > 12 (pierres carbonatées).

- Résistance aux chocs : Sous l'effet de contraintes transmises au ballast, il se produit un frottement des granulats entre eux, et des chocs engendrés par les traverses et les bourroirs, donc pour mesurer la résistance combinée à la fragmentation par chocs et l'usure par

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

- La dureté : Afin de résister aux efforts reçus ainsi qu'à l'usure par abrasion du fait de vibrations engendrées par les charges roulantes. Elle est mesurée par une évaluation statique du double aspect de la résistance à l'attrition et aux chocs, elle est exprimée par le coefficient de la dureté relative globale 'DRG', (il varie selon la nature des traverses et du trafic).
- Résistance a la compression : 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 mesuré à partir d'un essai en laboratoire, en Algérie (RC > 14 KN/cm<sup>2</sup>, Document SNTF).

## 2.2 La sous-couche:

Elle comprend, du haut vers le bas, une couche sous-ballast (en grave graduée 0/31,5 mm), une couche de fondation (en grave compactée à 100% OPN mais cela n'est pas nécessaire pour le meilleur sol) et, s'il y a lieu une couche anticontaminante (en sable propre et éventuellement complétée par une feuille géotextile).

### 2.2.1 Les rôles de la sous-couche sont multiples:

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

La sous-couche est pentée transversalement (en toit ou en pente unique) vers des dispositifs longitudinaux d'assainissement (déblais) ou vers l'extérieur de plateforme (remblais). La pente transversale minimale est de l'ordre de 3 %.

Dans les zones de voies a fort dévers, on peut être amené à prévoir une pente transversale unique de la sous-couche pouvant aller jusqu'à 8 %.

## 2.2.2 Constitution de la sous couche:

### ❖ Sous-ballast:

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

### ❖ Couche de fondation :

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

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

## 2.3 La couche de forme:

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

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

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

## 3- dimensionnement des couches d'assises :

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

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

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

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

### **3.1 Classification de la plate-forme:**

On fait la classification de la plate-forme selon l'UIC (Fiche 719 R), Pour classer les plates-formes il faut tout d'abord connaitre la classe de qualité de chaque sol composant la plate-forme, puis estimer la classe de portance de la plate-forme.

Une bonne connaissance de la qualité de la plate-forme est nécessaire, car elle représente l'emprise au sol, et constitue la base de la voie ferrée. Pour bien remplir son rôle elle doit être stable et saine.

#### **3.1.1 Classe de qualité du sol selon L'UIC (fiche UIC 719R):**

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

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

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

On distingue, selon les conditions ci-dessus sont bonnes ou mauvaises, les quatre classes de qualité  $Q_{Si}$  de sol ci-après : de la qualité du sol

( $Q_{S0}$  = sols impropres,  $Q_{S1}$  = sols médiocres,  $Q_{S2}$  = sols moyens,  $Q_{S3}$  = bons sols) constituant le corps de remblai ou du sol en place en fond de déblai de la qualité et de l'épaisseur de la couche de forme (lorsque cette dernière existe).

#### **3.1.2 Classes de portance de plate-forme:**

**La portance d'une plate-forme dépend :**

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

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

P3 : bonne plate – forme.

P2 : plate-forme moyenne.

P1 : plate –forme mauvaise.

### 3.2 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise:

L'épaisseur de la couche d'assise ( $e$  = épaisseur du ballast + épaisseur du sous couche) est donnée par la formule suivante:  $e = E + a + b + c + d + f + g$

« E » - des classes de portance (P1, P2 ou P3).

« a » - de l'UIC groupes (groupes 1 à 6, UIC 714).

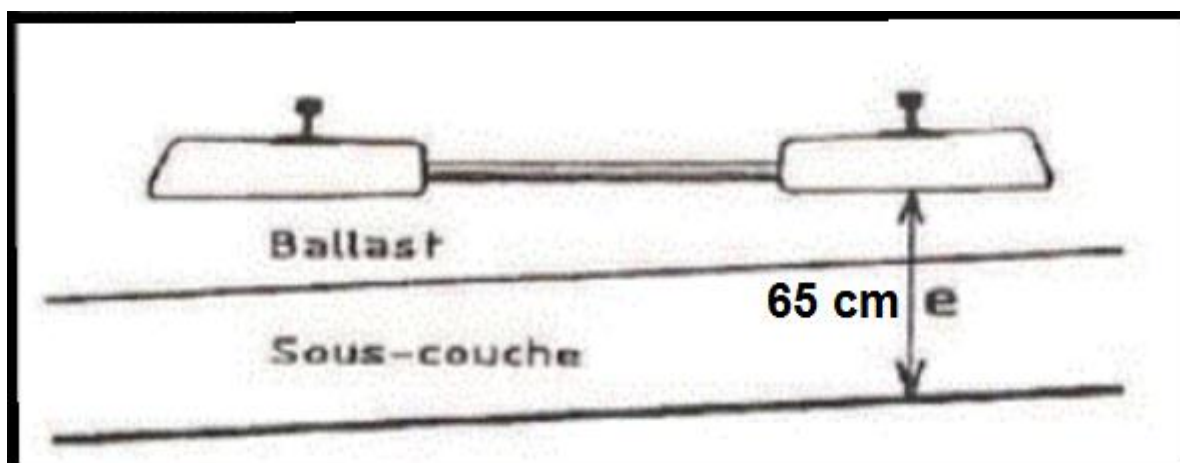
« b » - de la type de traverses.

« c » - des conditions de travail.

« d » - de la charge maximale d'essieu des véhicules.

« f » - de la vitesse.

« g » - de installation de géotextiles.



*Figure 08-02 :Schéma montre l'épaisseur (e)*

### 3.2.1 LES PARAMÈTRES DE DIMENSIONNEMENT:

E, A, B, C, D, F, G• Valeur de E et l'utilisation des géotextiles:

Classe de qualité du sol support	Couche de forme mise en œuvre		Classe de portance de la plate-forme	E (m)
	qualité	Epaisseur min (m)		
QS1	QS1	-	P1	0.70 + géotextile
	Sol traité aux liants	0.30	P2	0.55+géotextile
	QS2	0.55	P2	0.55+géotextile
	QS3	0.40	P2	0.55
	QS3	0.50	P3	0.45
QS2	QS2	-	P2	0.55
	QS3	0.40	P3	0.45
QS3	QS3	-	P3	0.45

***Tableau 08-01: les valeurs du coefficient E selon la plate-forme.***

#### ❖ Les Valeurs de a:

- 0 m pour les lignes des groupes UIC 1et 2 (ou lignes à  $V > 160$  km/h quel que soit le groupe (UIC).
- -0.05 m pour les lignes de groupes UIC (3,4).
- -0.10 m pour les lignes de groupe UIC (5, 6,7, 8,9) avec voyageurs.
- -0.15 m pour les lignes de groupe UIC (7, 8,9) sans voyageurs.

#### ❖ Les Valeurs de b:

- 0 m pour les travers en bois de longueurs  $L = 2.6$ m
- $(2.50-L)/2$  m :pour les travers en béton de longueur L. (L et b en metre si  $L > 2.5$ , b peut être négatif).

#### ❖ Les Valeurs de c:

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

#### ❖ Valeurs de d:

- 0 m lorsque la charge nominale maximale d'essieu des véhicules remorques est inférieur ou égale a 20 tonne/essieu.



- 0.05 m lorsque cette charge est de 22 ,5 tonne/essieu.
- 0.12 m lorsque cette charge est de 25 tonne/essieu.

❖ **Valeurs de f :**

- 0 m pour toutes les lignes parcourues à  $V \leq 160$  Km/h et pour les plates-formes de portance P3, des lignes parcourues à grande vitesse.
- 0.05 m pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues a grande vitesse.
- 0,10 m pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues a grande vitesse.

❖ **Valeurs de g :**

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

**4- Application au projet :**

- épaisseur de la couche de forme :

Le sol de notre projet est classée en QS3 « Bon sol » et la classe de portance de la plate-forme est de type P3. Alors, d'après la fiche UIC 719R on trouve que la couche de forme n'est pas utile et donc on ne va pas l'utiliser.

Les paramètres de dimensionnement de notre projet :

- $a = 0$  m : lignes à  $V > 160$  km/h.
- $b = (2.5 - 2.24)/2 = 0.13$  m: traverses en béton de longueur  $L = 2.24$  m.
- $c = 0$  m : nouvelle ligne.
- $d = 0,05$  m : la charge de l'essieu remorqué est de 22 ,5 tonne
- $f = 0$  : la classe de portance de la plate-forme est de type P3.
- $g$  : Pas de géotextile car notre sol est de type QS3.

Donc :

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

$$= 0.45 + 0 + 0.13 + 0 + 0.05 + 0 + 0$$

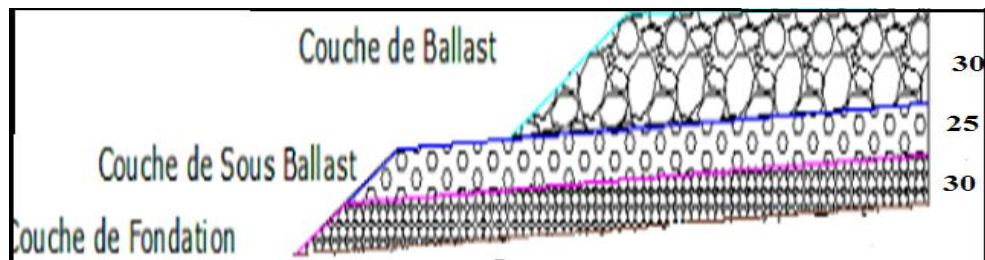
$$= \boxed{0.63 \text{ m}}$$

On prend :

$$e = 0.75 \text{ m}$$

***Tableau 08-02: Les épaisseurs des différentes couches***

couches	Epaisseur en (cm)
ballast	<b>30</b>
Sous-ballast	<b>20</b>
Couche de fondation	<b>25</b>



***Figure 08-33 : Les couches de corps d'assise***

## **5- Conclusion :**

Le dimensionnement nous a permis de mettre en évidence les épaisseurs des différents couches devant être présentes pour supporter et diffuser la charge transmise par le matériel roulant. Nous avons respecté les normes de l'UIC en vigueur en Algérie, Dans Après la fin de ce chapitre, nous parlons dans le prochain chapitre à propos de les ouvrages d' Art.



**Chapitre IX**  
**SIGNALISATION**

## 1- Introduction

La signalisation ferroviaire est un système d'informations destiné à renseigner le conducteur d'une circulation ferroviaire lui donnant, sous forme de codes réalisés par des signaux de forme, de combinaisons, de couleur diverses, dont la signification est prédéfinie, disposés le long des voies ou en cabine, toutes les informations qui lui sont nécessaires afin de régler la marche de son convoi et rouler en toute sécurité. Les informations données par ce moyen peuvent concerner une limitation de vitesse à respecter, un arrêt non prévu à la marche à exécuter, l'information d'une direction géographique vers laquelle le convoi va s'engager, des prescriptions concernant la traction électrique, etc. La signalisation est un des éléments de base de la sécurité ferroviaire.

La signalisation ferroviaire regroupe l'ensemble des équipements techniques conçus pour assurer la bonne marche de vos trains, en toute sécurité. Elle est gérée depuis les différents postes d'aiguillage répartis sur l'ensemble du réseau ferré. Découvrez les différents types de signalisations, leurs éventuels dysfonctionnements et les solutions apportées pour un voyage serein.



*Figure 09-01 : signaux ferroviaire*

## 2- Notions

Quelques notions à connaître :

- L'agent de conduite est appelé mécanicien. Cette appellation reste inchangée depuis l'époque de la vapeur.

- le régime de marche est la distinction entre la marche normale des trains et la marche en manœuvre.
- l'aiguillage est appelé aiguille. Le mot aiguillage désigne l'action de l'aiguilleur : donner une direction au train, c'est l'aiguiller.
- le signal est un élément transmettant des ordres ou des informations relatives à la protection des circulations.
- la cible où sont affichés les feux de couleur s'appelle un panneau lumineux (ou plus simplement un panneau).
- les mots cocarde et aile désignent les cibles colorées des signaux mécaniques.
- la cible pour indication auxiliaire, écrite ou en pictogramme, est appelée pancarte ou tableau, respectivement si elle est sous forme de plaque métallique simple ou de boîtier rétroéclairé.

A savoir aussi :

- un élément en amont du train est un élément dont le train s'éloigne, et qui est donc derrière le train.
- un élément en aval du train est un élément dont le train s'approche, et qui est donc devant le train.

Souvenez-vous : le cours d'eau descend de la montagne vers la vallée.

### **3- Importance des signaux**

La signalisation ferroviaire est un moyen de donner des ordres au conducteur d'un véhicule et a pour objectif d'éviter :

- Les risques inhérents à la circulation ferroviaire :
  - Le nez à nez, quand deux trains se retrouvent face à face sur la même voie.
  - le rattrapage, quand le train suivant rattrape celui qui le précède.
  - la prise en écharpe, quand un train arrive sur un aiguillage déjà occupé par un train venant d'une autre direction.
- les risques de déraillement, limitation de vitesse dans les courbes, les zones d'aiguillage et de travaux.
- les risques inhérents aux passages à niveau, intersections avec le réseau routier.

Le risque de nez à nez est pris en charge par les enclenchements de sens.

Le risque de rattrapage est pris en charge par le cantonnement.

Le risque de prise en écharpe est pris en charge par les enclenchements internes au poste d'aiguillage, enclenchement d'itinéraires, enclenchement de transit...

Les risques de déraillement sont pris en charge par les limitations de vitesse, des systèmes de surveillance des chargements et de la température des boites d'essieux.

Les risques aux passages à niveau sont pris en charge des dispositifs d'annonce des trains.

Afin de réaliser l'espacement des circulations, on découpe la voie en sections appelées cantons. Chaque canton est alors précédé d'un signal indiquant si ce canton est libre ou occupé par un autre train.

#### **4- Les composantes de la signalisation :**

##### **❖ Les signaux et les plaques :**

Les signaux mécaniques étant en cours de disparition la distinction technique traditionnelle entre signaux mécaniques et électriques n'a plus réellement d'usage, il existe au plan fonctionnel deux types de signaux :

- Les signaux de protection et de cantonnement.
- Les signaux de limitation de vitesses.

Qui peuvent présenter deux états :

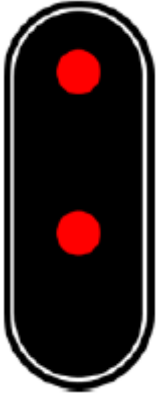

- ouvert ou effacé.
- fermé ou présenté.

Et qui quand ils sont fermés ou présentés, présentent :

- soit une indication d'annonce.
- soit une indication d'exécution.

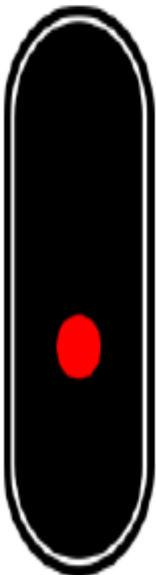

il existe aussi des signaux indicateurs de direction dont les fonctions sont très différentes selon les pays.

**Tableau 09-01 : Les Signaux de protection**

Signal	Description
	<p style="text-align: center;">Carré</p> <p>Le carré commande l'arrêt et ne doit en aucun cas être franchi. C'est un signal de protection utilisé pour protéger des appareils de voie ou des parties de voie (aiguilles, traversées, zones de stationnement, ou pour l'arrêt des trains en ligne (STEM) et donc à éviter le nez à nez ou la prise en écharpe.</p>
	<p style="text-align: center;">Carré violet</p> <p>Équivalent au carré, il est installé sur les voies de service, son ouverture seule, n'autorise pas le départ en ligne.</p>
	<p style="text-align: center;">Guidon d'arrêt</p> <p>Le guidon d'arrêt est utilisé pour protéger des appareils de voie isolés ou des passages à niveau, à la place d'un signal d'arrêt à main. Ce signal commande l'arrêt.</p>
	<p style="text-align: center;">Disque</p> <p>Le disque commande l'arrêt différé, c'est-à-dire marche à vue le plus tôt possible, suivi d'un arrêt obligatoire (même si les signaux rencontrés ensuite indiquent la voie libre) avant le premier quai ou appareil de voie rencontrés. La marche peut ensuite continuer après une autorisation verbale.</p>

Les signaux de protection sont destinés à interdire l'accès à un itinéraire, à une aiguille, etc....

**Tableau 09-02 : Les Signaux de cantonnement**

Signal	Description
	<p style="text-align: center;"><b>Sémaphore</b></p> <p>Le sémaphore commande l'arrêt, et peut être franchi en marche à vue après l'arrêt complet dans certains cas. C'est un signal de cantonnement, il sert à espacer les trains et donc à éviter le rattrapage.</p> <p>Si le feu rouge du sémaphore est affiché sur un panneau pouvant présenter l'indication "carré" avec plaque "Nf", un petit feu blanc (nommé « œillette ») doit aussi être allumé pour confirmer que ce qui est affiché est bien un sémaphore, et non un carré dont l'un des feux rouges serait grillé.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Feu rouge clignotant</b></p> <p>Le feu rouge clignotant est une variante du sémaphore qui autorise la marche à vue sans arrêt préalable, à condition de ne pas dépasser les 15 km/h au franchissement du signal.</p>



Les signaux de cantonnement sont destinés à assurer l'espace des circulations de même sens.

## **5- Signaux d'arrêt et Signaux à distance :**

Les signaux transmettent des informations ou des ordres, et ceux-ci doivent toujours être pris en

compte. Sachant qu'un train en marche peut mettre beaucoup de temps à s'arrêter,

Un signal d'arrêt est normalement annoncé par un signal à distance.

### **❖ Signaux d'arrêt :**

La catégorie des signaux d'arrêt peut être différenciée en trois parties :




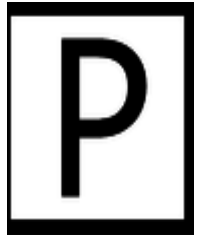
- signal de protection : protégé l'accès à une aiguille, une zone de manœuvres, un passage à niveau ....
- signal de block : protégé l'accès à une ligne séparant deux établissements.
- signal de cantonnement : signal d'espace, protégé l'accès à une section de ligne.

### **❖ Signaux à distance:**

- signal annonceur : précédé un signal d'arrêt.
- signal d'arrêt différé : l'équivalent du signal annonceur, utilisé en block manuel.

## 6- Signalisation classique ou latéral :

*Tableau 09-03 : Les signaux de limitation de vitesses*

Signal	Description
	<p>Ces tableaux (de type Tableau Indicateur de Vitesse ou TIV) annoncent une limitation de vitesse. Ils peuvent être fixes ou mobiles, lumineux ou anciennement mécaniques.</p> <p>Lorsqu'ils sont fixes, ils annoncent une pancarte Z.</p> <p>Lorsqu'ils sont mobiles, ils annoncent un TIV de rappel lumineux ou anciennement mécanique à chiffres blancs sur fond noir.</p>
	<p>Cette pancarte indique l'entrée dans une zone à vitesse limitée (Zone d'action)</p>
	<p>Cette pancarte indique la sortie d'une zone à vitesse limitée (Reprise de vitesse).</p>
	<p>Ce tableau annonce un TIV pour les lignes équipées de préannonce KVB. Il concerne les trains dont la vitesse autorisée est supérieure à 160 km/h et impose un ralentissement de l'allure à 160 km/h. Il peut être fixé ou mobile, dans ce dernier cas lorsqu'il est ouvert il présente trois tirets verticales blanc alignés de manière verticale.</p>

Signalisation classique est constituée de signaux implantés ou présentés le long de la voie elle est ainsi également appelée signalisation latérale. Elle peut être implantée sur des poteaux, des potences, des portiques.

Une signalisation mobile ou temporaire chantier par exemple, peut venir compléter la signalisation fixe permanente.

La signalisation comporte différents type de signaux :

- signaux lumineux.
- signaux mécaniques : en voie disparition.
- signaux à main ou mobiles : lampes, drapeaux.
- signaux acoustiques : pétards, coups de klaxon.

Le respect des signaux est impératif, condition sine qua non de la sécurité.



**Figure 09-02 : signaux à main de manœuvre**



**Figure 09-03 : signal d'arrêt à main**



Figure 09-04 : Signal à main de départ



Figure 09-05 : jalon à damier bleu et blanc

## 7- Signalisation en cabine :

Avec l'avènement des trains à grande vitesse, la signalisation latérale ne permettait plus la circulation en toute sécurité, car au-delà d'une certaine vitesse, l'informations qu'elle donne ne peuvent plus être perçues par le conducteur.

On a donc dû inventer des systèmes où ces mêmes informations sont affichées directement dans le poste de conduite. On peut même combiner les deux, c'est-à-dire un système de signalisation en cabine et une signalisation latérale au cas où le premier défaille, ainsi que pour les convois dont le poste de conduite n'est pas équipé du module d'affichage ad hoc.

La signalisation en cabine ou de cabine consiste à afficher les informations habituellement données par la signalisation latérale directement en cabine. Ceci est devenu nécessaire avec L'avènement des trains à grande, ouvrant des vitesses commerciales très élevées : le temps de présence d'un signal dans le champ de vision du conducteur est considéré comme insuffisant, aux vitesses supérieures à 160 km/h, pour avoir l'assurance qu'il soit vu et correctement interprété.


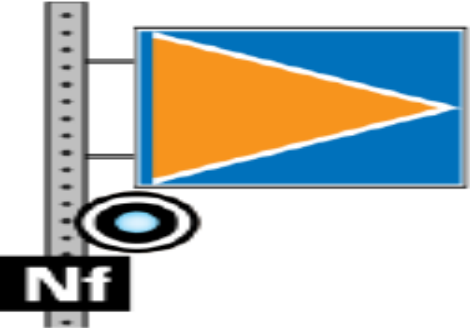
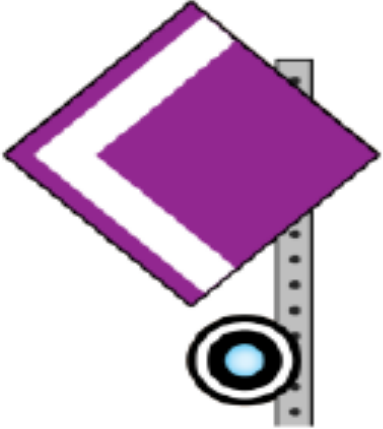
### ❖ principe:

La signalisation en cabine indique au conducteur la vitesse limite qu'il ne doit pas dépasser et annonce les réductions de vitesse à effectuer, jusque 0 km/h si l'arrêt est nécessaire ; suivant le système le conducteur sera également averti d'une zone où le pantographe doit vent être abaissé, où toute demande de courant doit être suspendue, etc.

Tous les systèmes de en cabine effectuent en même temps un contrôle de la vitesse.

Une signalisation latérale peut être installée en plus de la signalisation en cabine, soit pour pallier les éventuelles défaillances de la signalisation en cabine, soit pour permettre à des convois non équipés de circuler sur le tronçon. Plusieurs systèmes de signalisation en cabine peuvent également être installés sur un même tronçon.

***Tableau 09-04: Les Signaux de cabine***

Signal	Description
	<p>Repère d'arrêt ETC</p> <p>European train control system (système européen de contrôle commande des trains)</p>
	<p>Repère Nf</p> <p>(Non franchissable)</p>
	<p>Jalon de manœuvre de la TVM</p> <p>(Transmission voie machine)</p>

## **8- Genre et étalon de signalisation :**

Les signaux implantés soit à gauche de la voie concernée sur des mats ou parfois au sol, soit au-dessus de la voie sur des potences. Cependant il peut arriver qu'exceptionnellement, les signaux soient implantés à droite de la voie, dans le cas par exemple d'I.P.C.S, installations permanentes de contre-sens, ou quand l'installation à gauche n'est pas possible faute place.

### **❖ Les signaux peuvent être :**

- Mécaniques: sous forme de cocardes ou d'ailes mobiles.
- lumineux : sous forme de panneaux lumineux.
- simples: deux aspects possibles.
- multiples : au moins trois aspects possibles.

### **❖ Les signaux peuvent afficher :**

- l'aspect fermé : l'aspect le plus restrictif du signal.
- un aspect ouvert : le ou un des aspects permissifs du signal

### **❖ Les différentes formes de signaux :**

Un signal mécanique simple se présente sous la forme d'une cocarde ou d'une aile de couleur mobile.

- fermé, il présente l'aile étendue horizontalement, ou bien la cocarde dans un plan perpendiculaire à la voie, c.-à-d. visible.
- ouvert, il présente l'aile rabattue en oblique ou verticalement, ou bien la cocarde dans un plan parallèle à la voie, c.-à-d. effacée.

Un signal mécanique multiple peut afficher plusieurs cocardes en même temps ; plus restrictive qui doit être observée.

Un signal lumineux est constitué d'un panneau noir avec une bordure blanche, sur lequel peuvent être affichés des feux de couleur.

Si des aspects combinables sont affichés en même temps, ils doivent être pris en compte en tant qu'aspects combiné.

### **❖ Les pancartes et tableaux :**

Les tableaux indicateurs donnent des informations ou des ordres ne concernant pas la protection des circulations. Ils concernent les limitations de vitesse, les indications de direction,

les indications propres aux marches de manœuvre, et beaucoup d'autres indications spécifiques.  
Les tableaux peuvent être:

- fixes : toujours visible.
- effaçables : pouvant être masqués, et dans ce cas :
- mécaniques.
- lumineux.

❖ **Les blocks:**

Le block est un système permettant de superviser l'entrée des trains sur une voie séparant deux établissements.

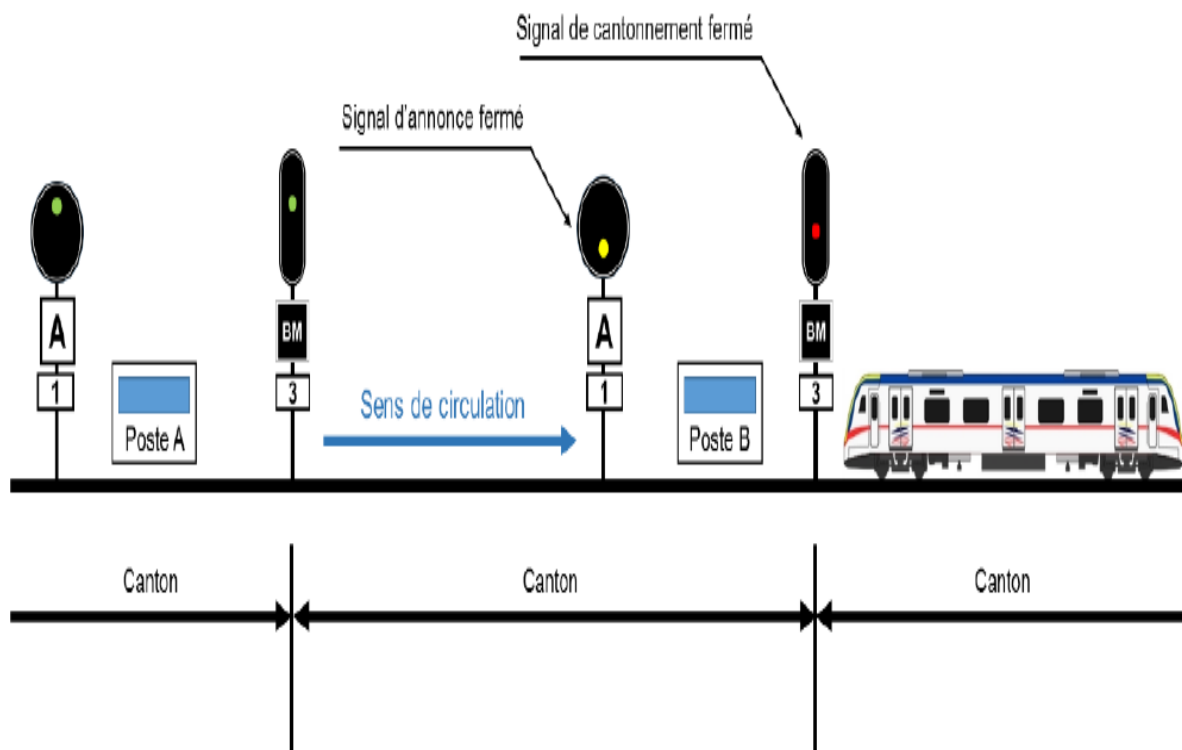
L'envoi d'un train sur block et sa réception par un établissement se font par l'intermédiaire de postes à relais, où se trouvent les commandes relatives aux blocks.

Sur les lignes peu fréquentées, on utilise le block manuel BM, l'entrée sur une voie en BM est règlementée par un signal de block ouvert manuellement par un agent-circulation.

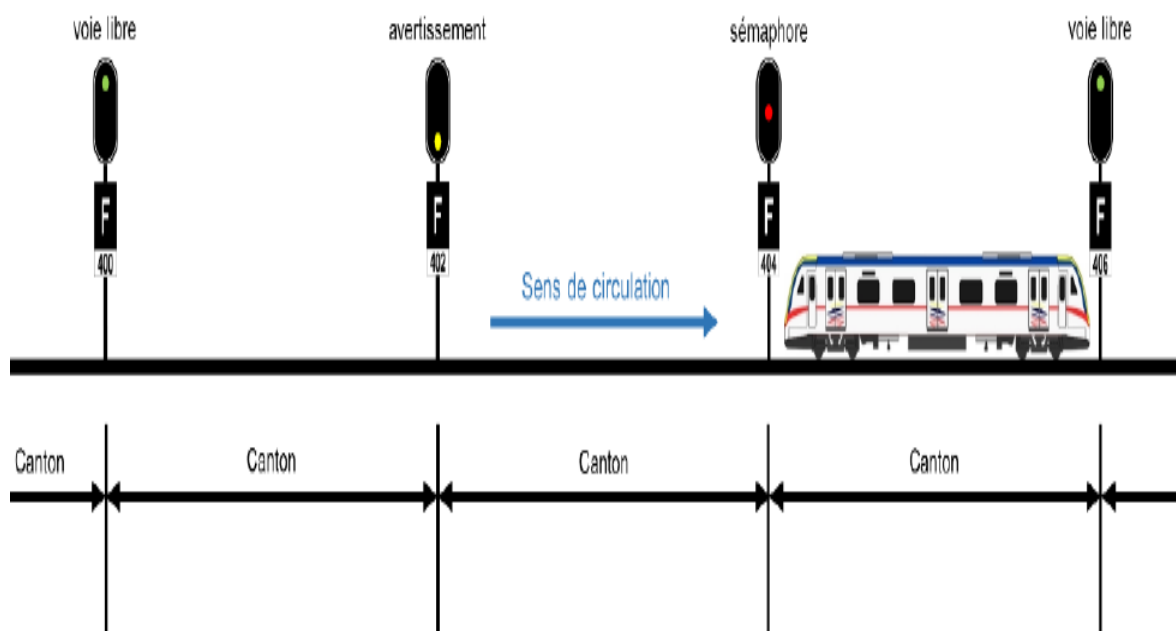
Sur les lignes à moyenne fréquentation, on utilise le block automatique à permissivité restreinte BAPR, qui est un système d'espacement par signaux en partie ou totalement automatiques.

Sur les grandes lignes, on utilise le block automatique BAL, qui a remplacé le block automatique mécanique BAM, qui est un système d'espacement par signaux automatiques permissifs, c.-à-d. pouvant être passés à l'état fermé, sous certaines conditions.

Les lignes à voie multiple sont habituellement divisées en cantons, ce qui permet d'envoyer plusieurs trains sur le même block. Chaque canton est précédé d'un signal de cantonnement, entièrement automatique, commandant l'entrée sur le canton suivant.

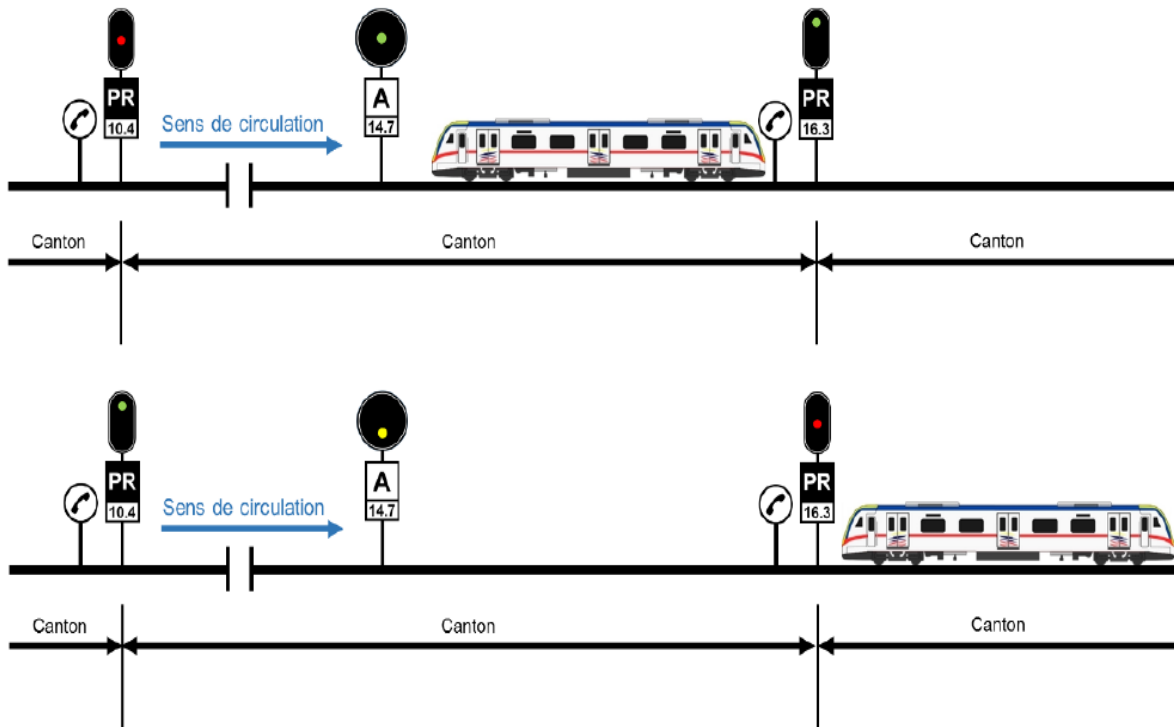


**Figure 09-06 : Le block manuel(BM)**



**Figure 09-07 :Le block automatique lumineux(BAL)**





***Figure 09-08 : Le block automatique à permissivité restreinte (BAPR)***

## **9- Les différentes marches des trains :**

en circulation ferroviaire, il existe 4 types de marche :

La marche à vue impose à un conducteur de s'avancer avec prudence, compte tenu de la partie de voie qu'il aperçoit devant lui, de manière à pouvoir s'arrêter avant une queue de train, un signal d'arrêt ou un obstacle. En outre, il ne doit pas dépasser la vitesse de 30 km/h.

L'obligation de marcher en manœuvre impose au conducteur de s'avancer avec prudence, sans dépasser la vitesse de 30 km/h et en se tenant prêt à obéir aux signaux qu'il pourrait rencontrer et d'obéir à toute injonction d'un agent de manœuvre.

Lorsque le conducteur est en tête du mouvement ou refoule un véhicule, la vitesse doit être réglée en tenant compte du nombre de véhicules de la circulation, du freinage réalisé éventuellement réduit au seul freinage de l'engin moteur et du profil de la voie pour être en mesure de s'arrêter au point indiqué ou si nécessaire dans la partie de voie libre visible.

La marche en manœuvre est un en général commandée le panneau G.

La marche avec prudence impose à un conducteur de limiter sa vitesse compte tenu du motif qui lui a été indiqué.

Exemple : passage à niveau en raté d'ouverture.

Lorsque un train n'est ni en marche à vue, ni en marche en manœuvre et ni en marche prudente, il est en marche normale ; la vitesse limite du train dépend de la section de ligne concernée, de la vitesse limite des différents éléments du convoi ainsi que de leur capacité de freinage combinée.

### **10- Implantation des signaux :**

Afin de permettre au mécanicien de s'arrêter devant un signal d'arrêt au point à protéger ou de respecter une limitation de vitesse dans zone délimitée il est nécessaire de le prévenir à une distance suffisante pour que le freinage puisse être mis en œuvre dans les conditions normales, c'est le rôle des signaux d'annonce à distance.

Ces distances sont appelées respectivement :

- distance d'arrêt.
- distance de ralentissement.

La distance d'implantation d'un signal à distance est en fonction :

- du profil moyen de la partie de la voie intéressée, déclivité moyenne.
- de la vitesse maximale à laquelle est abordé le signal à distance.
- des caractéristiques de freinage des circulations.

### **11- visibilité des signaux :**

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

#### **❖ Visibilité des signaux hauts :**

Les signaux hauts, supposés implantés à droite ou à gauche à 2.42 m de l'axe de la voie, et dont la hauteur est comprise entre 2.8 m et 6.3 m au-dessus du plan de roulement doivent être

visibles à une distance supérieure ou à 10 m du plan de front des tampons. □ **Visibilité des signaux bas :**

Les signaux bas, supposés implantés à droite ou à gauche à 1.75 m de l'axe de la voie et à 0.240 m au-dessus du plan de roulement, doivent rester continus-éléments visibles.

Avec l'apparition des outils informatiques de plus en plus performante, le domaine de la signalisation ferroviaire s'est beaucoup développé ces dernières années, contribuant ainsi avec une grande part dans la diminution des accidents et la facilité de circulation du matériel roulant.

## **12- Conclusion**

Avec l'apparition des outils informatique de plus en plus performante, le domaine de la signalisation ferroviaire s'est beaucoup développé ces dernières années, contribuant ainsi avec une grande part dans la diminution des accidents et la facilité de circulation du matériel roulant.

Dans Après la fin de ce chapitre, nous parlons dans le prochain chapitre à propos de Aménagement de la gare.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

---

Ce projet de fin d'étude a été une grande opportunité pour nous afin de mettre en application des connaissances acquises durant tout notre cursus pour résoudre des problèmes concrets.

En Algérie, au lancement des grands projets d'infrastructures de transport, entrant dans le cadre de la relance économique et du développement des différents réseaux. L'autoroute Est-Ouest, les voies ferrées, métro d'Alger...etc.

Des grands projets qui auront, sans doute, des répercussions positives sur le développement.

Notre étude de Ce tracé et des installations ferroviaires, du fait de son positionnement stratégique.

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

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

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

# Bibliographie

- Les cours de CHEMIN DE FER « 3<sup>ème</sup> année licence et 1<sup>ère</sup> année master » de l'université d'Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.
- Etude avant-projet détaillé (A.P.D) de l'évitement de la ville de Relizane et la conception de la gare
- Les impacts d'une Ligne ferroviaire à Grande Vitesse (LGV)
- [www.setra.fr](http://www.setra.fr)
- <https://iste-editions.fr/products/les-essais-in-situ-en-geotechnique> ; L'auteur Ingénieur et directeur du bureau d'étude géotechnique Gaia Tech, Jacques Monnet a enseigné les essais in situ à Poly Tech' Grenoble.
- Définition d'essai équivalent de sable, Wikipédia.
- Définition d'essai de carbonate, Wikipédia.
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Mostaganem>