

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية فرنسيس جونسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

National School of Built and Ground Works Engineering

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de base

Thème

ETUDE DU CONTOURNEMENT DE LA VILLE DE BISKRA
(ETUDE APD DE LA LIGNE FERROVIAIRE A VOIE UNIQUE EL-
GHOURZI_TOUGGOURT) SUR 15 KM DE CETTE LIGNE

Présenté par :

-AISSAOUI Ibtissem

Encadré par :

-Mr Djerir.

Promotion 2017 /2018

ENSTP – Garidi – Vieux Kouba

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à deux grandes personnes « mes parents » qui ont consenti beaucoup de sacrifices pour me permettre de réaliser mes objectifs. Qu'ils trouvent ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.

Remerciements

En premier lieu, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon maitre de stage Mr. S.Tamer qui m'a formé pendant le stage, et qui m'a offert la chance de bénéficier de ses connaissances, je remercie aussi mon encadreur Mr Djerir. Je tiens aussi à remercier les ingénieurs de la S.E.T.S Mr N.Laagoun et Mr M.Bouattia.

Enfin je remercie ma famille, mes amis, et toutes les personnes qui M'ont offert tout le soutien dont j'avais besoin.

RESUMÉ

Ce mémoire représente une étude d'Avant Projet Détaillé (APD) sur le contournement de la ville de Biskra par une ligne ferroviaire (Ligne à voie unique, El Ghourzi – Touggourt).

Cette phase englobe toutes les études de base permettant de définir les caractéristiques principales du projet dont la détermination des critères de conception de la géométrie du tracé, l'établissement du profil en long et du profil en travers, la reconnaissance du terrain, le calcul des quantités des matériaux utilisées.

Le projet a été réalisé conformément aux normes UIC (Union International de Chemin de fer) et aux normes suivies par la SNTF (Société Nationale de Transport Ferroviaire), et ce en exploitant les logiciels : Autocad, et Civil3D.

ABSTRACT

This project provides a description of the preliminary study of the project (APD) concerning the reorganization of the railway installations in the city of Biskra (Single way, ElGhourzi - Touggourt).

This phase gathers all the basic studies that aim to define the main characteristics of the project, including the determination of the geometry of the railway, the establishment of profiles and the cross-section, the recognition of the site, the determination of the quantities of the materials used the planning of the station.

The project was carried out in accordance with both the standards of UIC (International Union of Railways) and the standards followed by the SNTF (National Railway Transport Company), using the software: Autocad, et Civi3D.

ملخص

يوفر هذا المشروع وصفا كاملا لدراسة التصميم العصري المفصلة بخصوص الانعطاف وإعادة تطوير مرافق السكة الحديدية لمدينة بسكرة خط مسار واحد، (الغورزي -تقرت) تشمل هذه المرحلة جميع الدراسات الأساسية لتحديد الملامح الرئيسية للمشروع بما في ذلك تحديد الشكل الهندسي و معايير التصميم

التخطيط، وإنشاء المقطع الطولي والمقطع العرضي، الاستطلاع الميداني.

TABLE DES MATIERES

ملخص.....	1
TABLE DES MATIERES.....	2
PRESENTATION DE PROJET	1
INTRODUCTION1	
Chemin de fer en Algérie	1
Localisation du projet.....	2
Présentation du projet.....	3
Objectifs du projet.....	3
Tracé en plan.....	4
Définition4	
Conditions du choix du couloir :.....	4
Eléments du tracé en plan :.....	6
L’alignement.....	6
Le dévers	6
Courbe de Raccordement Progressif(CRP).....	8
Application au projet8	
Paramètres géométrique	9
Tableau 2 Paramètres géométrique de référence du tracé en plan.....	9
Paramètres fonctionnels.....	9
Tableau 3. Paramètres géométrique de référence du tracé en plan.....	9
Conditions du tracé.....	10
CHAPITRE III ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE.....	13
ETUDE HYDROLOGIQUE	13
Introduction	
Etude hydrologique.....	13
Caractéristiques du climat :	13
Données hydrauliques	13
Les bassins versants	13
Caractéristiques des bassins versants	14
TableauIII .3 Les caractéristiques de bassins versants délimité	16
Détermination des débits de crues.....	16
Etude hydraulique.....	18

Assainissement et drainage transversal.....	18
Application au projet.....	18
a) Dimensionnement des buses.....	18
b) Dimensionnement des dalots.....	19
Assainissement et drainage longitudinal.....	21
Dimensionnement des fossés.....	21
Introduction	
PONTS RAILS.....	24
Profil en long.....	27
Définition.....	27
Éléments géométriques du profil en long.....	27
Déclivités.....	27
Rayon de raccordement en profil.....	27
Longueur minimale des lignes droites du profil en long.....	28
Conditionnement du tracé.....	28
Calcul des éléments du profil en long.....	28
Etude géologique et géotechnique du terrain.....	31
Etude géologique.....	31
GÉOLOGIE DE LA ZONE.....	31
LITHOSTRATIGRAPHIE.....	31
RISQUES GEOLOGIQUES.....	32
RESSOURCE ENMATERIAUX.....	32
Tableau Ressources en matériaux utiles disponibles.....	33
Etude géotechnique.....	34
Etude de reconnaissance du sol.....	34
Profil en travers.....	42
Définition.....	42
LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS[22].....	42
L'INFRASTRUCTURE DE LAVOIE.....	43
Conception du profil en travers :.....	44
Calcul des cubatures.....	44
La superstructure de la voie.....	46
INTRODUCTION.....	46

Catégories de la voie de notre projet :.....	46
Caractéristique de notre voie :.....	46
Signalisation ferroviaire	48
Listing de la géométrie de l'axe en plan.....	Error! Bookmark not defined.
Profil : Abscisse Sommets et Raccordements	Error! Bookmark not defined.

INTRODUCTION GENERALE

La croissance démographique et les activités commerciales importantes que connaît le pays ont imposé l'élaboration par l'état d'un vaste programme d'investissement, visant la modernisation des infrastructures existantes et la création de nouvelles lignes ferroviaires, c'est dans ce contexte que la wilaya de Biskra a inscrit dans le cadre du plan d'aménagement et d'urbanisation de cette ville, le projet de contournement ferroviaire (Ligne à voie unique, El Ghourzi – Touggourt).

Mon présent projet de fin d'études consiste en la réalisation de 15 km du tracé de ce contournement par une voie ferrée.

Pour l'étude de ce projet, j'ai opté pour une structure comportant 09 chapitres.

CHAPITRE I :

PRESENTATION DE PROJET

PRESENTATION DE PROJET

INTRODUCTION

Chemin de fer en Algérie

Avec un réseau de plus de 6 300 km dont 3850 exploités 552 km en double voie, le réseau de transport ferroviaire Algérien reste l'un des plus grands en Afrique, mais encore loin de l'Afrique du sud qui dispose d'un réseau de 20 000 km.

Le réseau du chemin de fer en Algérie s'étendra bientôt sur 12.500 kilomètres, ce qui en fera le second du continent après l'Afrique du Sud.[1]

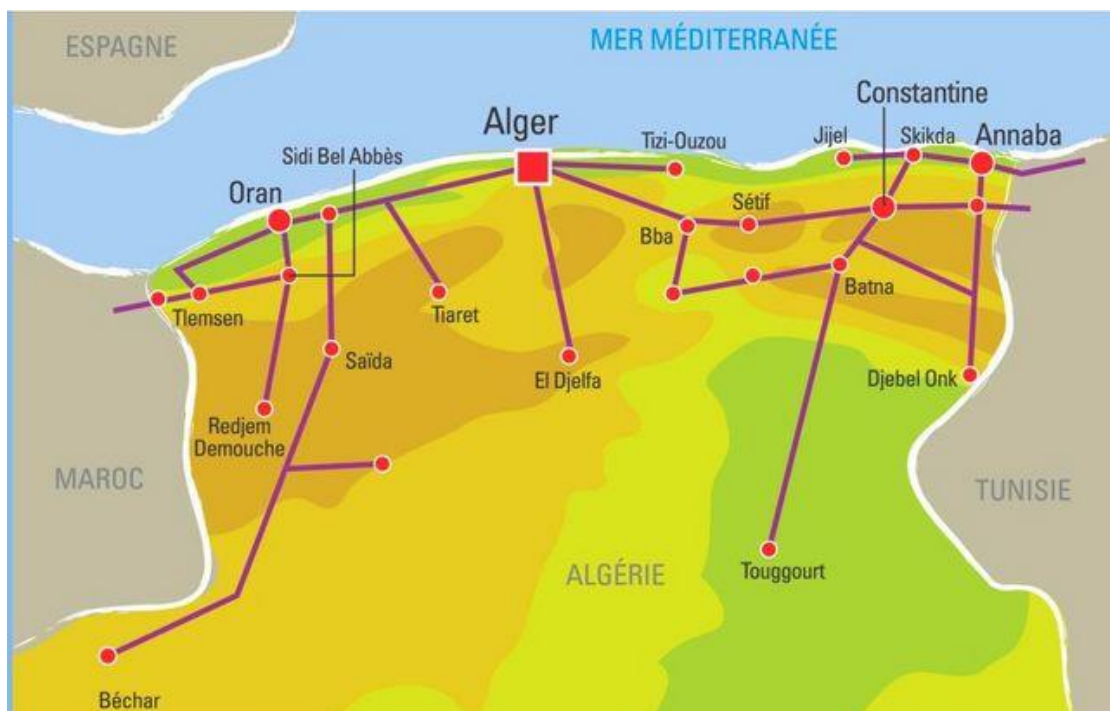


Figure I. 1. Les lignes de chemin de fer en Algérie

Les chemins de fer, enjeu économique mais aussi écologique

Malgré la négligence dont il a été victime et sa rigidité par rapport à la route, le chemin de fer à ses qualités propres qui découlent des caractéristiques fondamentales :

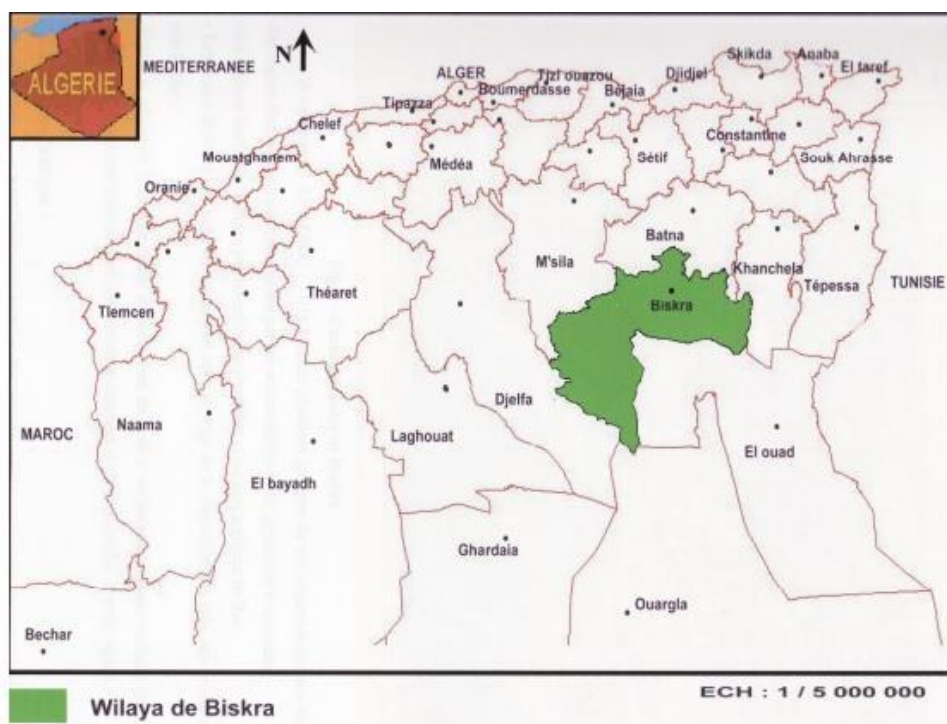
- Le guidage précis permet l'utilisation complète de la largeur de la plateforme et par conséquent du gabarit. Le débit d'une voie ferrée est très supérieur à celui d'une autoroute à quatre voies.
- Faible degré de pollution.
- sécurité vis-à-vis des accidents par rapport à la route

- A égalité d'unités –Kilomètres transportés, le chemin de fer consomme deux à trois fois moins d'équivalent – pétrole à la tonne transportée qu'un camion lourd et dix fois moins qu'un avion.[2]

Localisation du projet

La wilaya de Biskra est localisée au sud-est de l'Algérie, elle est délimitée au nord par la wilaya de Batna, au nord-est par la wilaya de khenchela, au nord-ouest par la wilaya de M'Sila, au sud-ouest par la wilaya de Djelfa, au sud-est par la wilaya d'El Oued et au sud par la wilaya de Ouargla.

La ville de Biskra représente un point de passage essentiel des biens et des personnes sur la ligne ferroviaire (El-Ghourzi - Touggourt) d'une longueur de 420 Km reliant le nord au sud du pays.[3]



Localisation de la wilaya de Biskra

Notre projet prend naissance au pk 195+000 de la ligne existante El Gourzi--Biskra,, traverse la route nationale au pk 4+555 et se raccorde au sud de la ville au pk 18+340 correspondant au pk 6+500 de la ligne actuelle Biskra touggourt, après avoir franchi l'agglomération de Sidi Ghezele .

Présentation du projet

Notre projet porte sur une étude en APD (avant projet Détaillé) du contournement de la Ligne ferroviaire (El-Ghourzi - Touggourt) sur la ville de Biskra.

Ce projet s'inscrit dans le cadre du :

- Plan directeur d'aménagement et d'urbanisation de la ville de Biskra (PDAU).
- Schéma nationale d'aménagement du territoire (SNAT).
- Schéma régionale d'aménagement du territoire (SRAT).

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

Objectifs du projet

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

- La voie de chemin de fer existante est un obstacle pour la perméabilité transversale de la ville.
- La situation de la ville sur cet important axe ferroviaire Nord – Sud du pays et sa croissance en tant que centre d'activité commerciale rendent nécessaire l'augmentation de la fréquence et de la vitesse commerciale de l'offre ferroviaire actuelle.
- L'existence d'une ligne de chemin de fer au milieu du centre urbain nécessite un investissement conséquent pour la réalisation des traversés (ouvrage d'art, trémies ...) avec un système de sécurité et de protection adéquat tout le long du tronçon, jusqu'à l'extrémité de la ville, et cela pour répondre à la fluidité de la circulation routière qui ne cesse de croître.
- Augmenter la vitesse de circulation des trains

Par conséquent, il est nécessaire de réaliser le contournement de la ville de Biskra, ce qui va offrir à celle-ci, la réhabilitation en zones vertes des terrains occupés par la ligne de chemin de fer actuel.

CHAPITRE II :

TRACE EN PLAN

CHAPITRE II : TRACE EN PLAN

Tracé en plan

Définition

Le tracé en plan représente la projection verticale sur un plan horizontal (carte d'état-major, levé topographique, il est constitué en générale d'une succession d'alignements droits et d'arcs de cercles séparés ou non par des courbes de raccordement progressif.

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

Vr : vitesse des trains rapides (voyageurs)

VL : vitesse des trains lents (marchandises)

- Vitesse max marchandises (trains lents) : 100 km/h.
- Vitesse max voyageurs (trains rapides) : 160 km/h.

Conditions du choix du couloir :

Le couloir le plus approprié pour le tracé a été défini par rapport aux conditions énoncées ci-dessous:

- L'axe ferroviaire actuel constitue une infrastructure à l'ouest de la ville, qui héberge l'actuelle gare de voyageurs. Le développement urbain de la ville de Biskra s'étend à l'est de cet axe sur les deux bords de la rivière homonyme. Ce lit, de 600 m de largeur, constitue un obstacle pour la conception des infrastructures.
- Le couloir sélectionné doit éviter les zones où le relief est accidenté, pour minimiser les mouvements de terre. Dans l'environnement de Biskra, il existe deux zones dont le relief est significativement plus compliqué que la plaine générale de la zone. Celles-ci sont :
 - La zone nord-ouest adjacente aux dernières constructions de la ville de Biskra (Endroit nommé Brazadjia).
 - La zone au nord de la route qui unit Biskra avec Chetma (à l'est d'Oued Biskra)
- Il faut éviter les zones résidentielles, en éloignant le nouveau couloir de ces dernières. Comme il a été antérieurement indiqué, le centre ville consolidé de Biskra s'étend amplement à l'est de la voie ferrée actuelle. Sur le côté ouest, se trouve une zone urbanisée de moindre étendue, qui inclut aussi les constructions disséminées sur la bande territoriale que délimite le chemin de fer et la route de contournement de la ville.
- Il faut minimiser le nombre de croisements de la nouvelle ligne avec plusieurs infrastructures, en rendant compatible le dessin du nouveau tracé avec les couloirs déjà existants, afin d'éviter la fragmentation du territoire.

CHAPITRE II : TRACE EN PLAN

Ainsi, l'option proposée est la plus avantageuse car:

- Elle n'affecte pas la zone de la décharge publique et de l'Aquapark.
- Elle permet de disposer d'une réserve suffisante de sol pour les futurs développements urbanistiques.
- Elle diminue le risque des dommages que peut produire l'eau du fait d'un tracé éloigné de l'Oued, ce qui, en conséquence, nous permet d'éviter la construction de ponts et des mesures de défense contre l'érosion.
- Elle présente des paramètres de tracé pour une vitesse spécifique du tronçon de 180 km/h.
- Elle présente un coût d'investissement inférieur face aux différentes options déjà étudiées.

Le couloir choisi permet le contournement ferroviaire de la ville de Biskra par l'ouest comme il est représenté dans la photo suivante. [4]

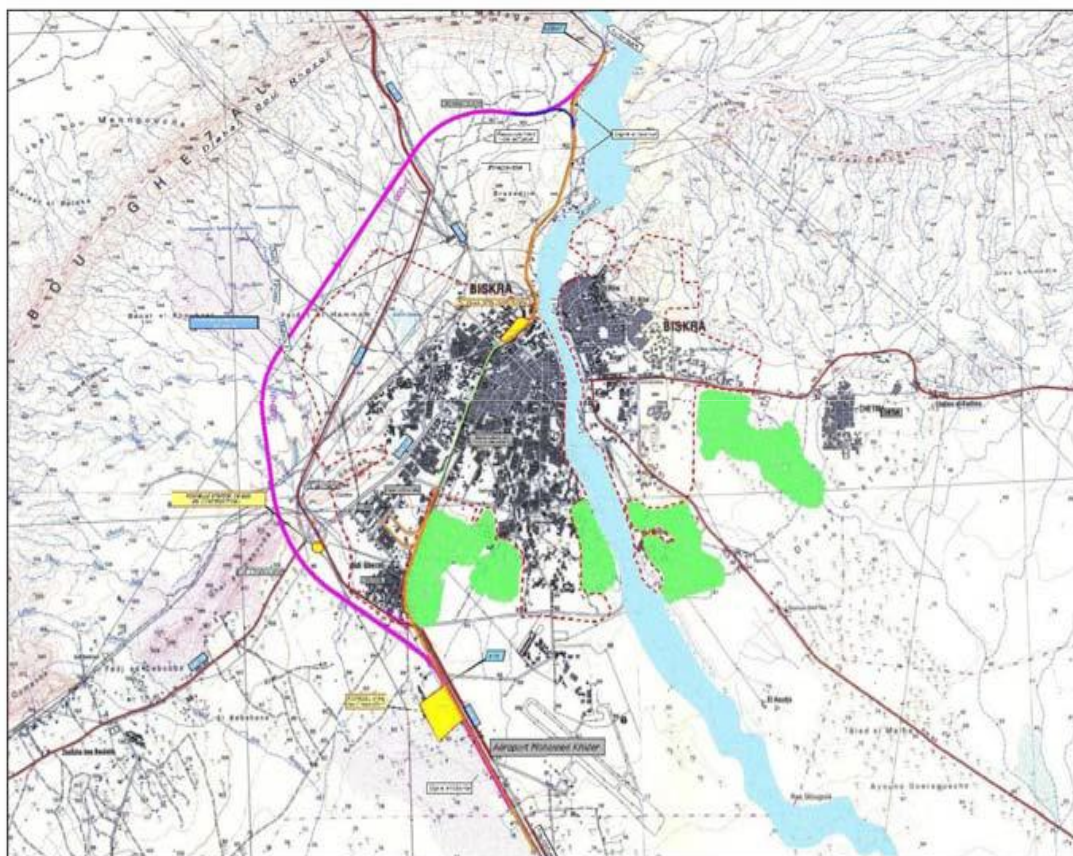


Figure I. 3. Vue d'ensemble du couloir du projet

CHAPITRE II : TRACE EN PLAN

Eléments du tracé en plan :

L'alignement

La conception d'une voie ferrée avec plus de longs alignements offre un meilleur confort aux usagers ainsi que leur sécurité, donc il est recommandé d'utiliser plus d'alignement dans le tracé en plan quand la topographie de la zone nous permet, sa longueur minimale L_{min} dépend de la vitesse des trains de voyageurs (vitesse maximale).

V/2	Valeur limite normale
V/3	Valeur limite exceptionnelle

Tableau 1. Valeurs de la longueur minimale de l'alignement.

L'arc de cercle

Dans les endroits où la topographie ne permet pas de réaliser les alignements, on a recours au raccordement circulaire tel que ces derniers soient les plus grands possibles, en évitant de descendre en dessous du rayon minimum.

$$R_{min} = 11,8 * V^2 / I_{max} + D_{max}$$

Avec V : Vitesse des trains les plus rapides. d_{max} : Dévers maximum.
 I_{max} : Insuffisance de dévers maximum.

Le dévers

D'après les lois de la mécanique classique un point matériel qui se déplace dans une courbe subit une force centrifuge qui a tendance à le renverser vers l'extérieur du virage.

Cette force peut conduire au déraillement du train et à la fatigue de la voie et des roulants, pour annuler ou modérer cette force, on surélève le rail de la file extérieure de la voie par rapport au rail intérieur, cette différence de niveau dans une courbe est appelée dévers.

- a) **Le dévers théorique (dv)** : c'est celui pour lequel la composante totale de l'accélération transversale s'exerçant sur le véhicule qui est perpendiculaire au plan de la voie.

$$dv = 11,8 * V^2 / R$$

CHAPITRE II : TRACE EN PLAN

Avec V : la vitesse maximale des trains rapides (voyageurs).

R : rayon de raccordement circulaire.

- b) **Le dévers pratique (dp)** : Le choix du dévers à mettre en voie est un compromis, car il doit permettre la circulation, dans des conditions normales de sécurité et de confort, aussi bien des trains rapides de voyageurs que des trains lents de marchandise

$$dp = 1000 * C / R$$

- c) Avec C : le coefficient de dévers tel que $C = 0,006 \times V_{Max}^2 = 0,006 \times 180^2$
 $C = 194,4$.
- d) **L'insuffisance de dévers (I)** : Lorsque la vitesse d'un véhicule empruntant une courbe est plus élevée que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers prescrit, ce véhicule est soumis à une force centrifuge non compensée. Le dévers de la voie est donc insuffisant et la résultante des forces se déplace vers l'extérieur de la courbe. On appelle insuffisance de dévers (Exprimé en mm) la différence entre le dévers théorique et le dévers pratique.

$$I = (11,8 V_{Max}^2 / R) - dp$$

- e) **L'excès de dévers E** : Lorsque la vitesse d'un véhicule 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'intérieure de la courbe. On appelle excès de dévers (exprimé en mm) la différence entre le dévers pratique et le dévers théorique.

$$E = dp - (11,8 V_{Min}^2 / R)$$

- f) **La variation de dévers en fonction de la longueur** : La variation du dévers provoque un gauchissement de la voie, car les deux files de rail ne sont plus parallèles, ce qui crée un risque majeur de déraillement des véhicules. Pour régler ce problème, on doit limiter cette rampe par unité de longueur, le rapport dd/dl exprime cette variation en (mm/m).

Dans le cas de notre projet : **$dd/dt = 1mm/m$.**

- g) **La variation de dévers en fonction du temps** : Une limite de variation de dévers, dans les courbes de transition, est nécessaire pour que la vitesse de rotation des véhicules ne nuise pas à leur stabilité.

$$dd/dt = d * V_{max} / 3,6 L_{rp}$$

- h) **La variation de l'insuffisance de dévers** : C'est une limite qui permet de

CHAPITRE II : TRACE EN PLAN

prendre en considération que les voyageurs à l'intérieur du train sont sensibles aux variations d'accélération (condition de confort).

$$dI/dt = I \cdot V_{\max} / 3,6 L_{rp}$$

Courbe de Raccordement Progressif (CRP)

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire, doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers, et la condition du confort, 0 et de sécurité.

La courbe de raccordement la plus utilisée est la clothoïde, une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine (où il est infini) jusqu'au point asymptotique (où il est nul), grâce à son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique.

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

Avec

A : Paramètre de la clothoïde.

L_{RP} : Longueur de clothoïde (m).

R : Rayon de courbe (m).

➤ Longueur des courbes de transition L

La longueur des courbes de transition doit être déterminée à partir des valeurs limites imposées par les paramètres suivants :

–Variation de l'insuffisance de dévers en fonction de temps dl/dt ;

–Variation de dévers (dd/dl , dd/dt).

Application au projet

CHAPITRE II : TRACE EN PLAN

Paramètres géométrique

PARAMÈTRES GÉOMÉTRIQUES DE RÉFÉRENCE TRACÉ EN PLAN		Vmax (Km/h)=180	
		Normal	Excep.
Rayon Minimum	R_{\min} (m)	1.600	1.250
Longueur minimale de clothoïde (m)		240	160
Dévers maximum (mm)	D_{Max} (mm)	140	160
Var. maximale du dévers avec la longueur (Rampe de dévers)	$\{dD/dl\}_{\text{Max}}$ (mm/m)	0,8	1,0
Longueur minimale d'alignements de courbure constante (m)	Courbe circulaire	$\geq V_{\text{max}} / 2$	$\geq V_{\text{max}} / 3$
	Droite entre des courbes de même sens de courbure	$\geq V_{\text{max}} / 2$	$\geq V_{\text{max}} / 3$
	Droite entre des courbes de différent sens de courbure	$\geq V_{\text{max}} / 2$	$\geq V_{\text{max}} / 3$

Tableau 2 Paramètres géométrique de référence du tracé en plan

Paramètres fonctionnels

PARAMÈTRES FONCTIONNELS DE RÉFÉRENCE TRACÉ EN PLAN		Vmax (Km/h)=180	
		Normal	Excep.
Insuffisance maximale du Dévers	I_{Max} (mm)	100	150
Accélération maximale sans compenser	$a_{q\text{Max}}$ (m/s ²)	0,65	0,98
Excès de dévers maximum (V _{Min} de trains lents = 100 Km/h)	E_{Max} (mm)	80	100
Variation Maximale du dévers avec le temps	$\{dD/dt\}_{\text{Max}}$ (mm/s)	30	50
Variation maximale de l'angle de rotation de la voie	$\{d\angle/dt\}_{\text{Max}}$ (rad/s)	0,02	0,033
Variation maximale de l'insuffisance avec le temps	$\{dI/dt\}_{\text{Max}}$ (mm/s)	30	55
Variation maximale d'accélération non compensée avec le temps	$\{da_q/dt\}_{\text{Max}}$ (m/s ³)	0,20	0,36

Tableau 3. Paramètres géométrique de référence du tracé en plan

CHAPITRE II : TRACE EN PLAN

V (km/h)	R (m)	Max= 160mm dp(mm)	Max= 1mm/m Δd (mm/m)	L _{rp} (m)	A	Max= 110mm E(mm)	Max= 120mm l(mm)	Max= 50mm/m ΔI (mm/m)	Max= 50mm/m dd/dt(mm/s)
80	550	70	0.538	130	267.395	-67.30909	67.30909	11.50582	11.96
160	1275	120	0.6	200	504.975	27.45098	116.92549	25.97	26.66
180	1700	110	0.55	200	583.095	40.58823	114.89411	28.72	27.5
180	3000	60	0.1	350	877.496	20.66666	62.44	15.64	15
180	1800	110	0.55	200	600	44.44444	102.4	25.6	27.5
180	2400	80	0.4	200	692.820	30.83	79.3	19.82	20

Tableau .4 : Tableau récapitulatif des différents paramètres du tracé.

Remarque : On considère le rayon 3000 comme un alignement droit, donc on le raccorde pas avec une collotoïde

Le calcul a été fait à partir des relations du règlement UIC

Conditions du tracé

Pour faire un tracé économique et technique, on doit analyser les facteurs les plus déterminants et respecter les règles suivantes :

- Comme c'est une étude en APD, on ne doit pas sortir du couloir choisi.
- Raccordement à la voie existante au début et fin du projet.
- Le rayon minimum recommandé par la SNTF est de 1275 m (largement respecté pour notre projet).
- Utiliser le maximum d'alignement.
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer les terrassements.
- Puisque on est au Sahara, donc il faut Passer légèrement en remblai dans la mesure du possible afin d'éviter les problèmes d'ensablement.
- Eviter le franchissement des oueds et des routes dans la mesure du possible pour éviter les travaux d'ouvrages d'art, dans le cas ou on ne peut pas éviter ca, il est préférable que le franchissement se fait perpendiculairement à la ligne d'écoulement des oueds ou bien dans les endroits les plus étroits.

CHAPITRE II : TRACE EN PLAN

Remarque

Les différents paramètres géométriques et fonctionnels du tracé de la voie ferrée, qui ont été présentés dans ce chapitre, assurent et répondent aux normes UIC et la SNTF.

CHAPITRE III
ETUDE HYDROLOGIQUE ET
HYDRAULIQUE

CHAPITRE III ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

ETUDE HYDROLOGIQUE

Introduction

Le nouveau tracé de la ligne ferroviaire de Biskra traverse le bassin versant de Chott Melghir. Ce bassin contient un certain nombre de cours d'eau naturels très importants dont les débits peuvent causer des dégâts en certains endroits de cette ligne ferroviaire et qu'il faut par conséquent bien évaluer pour s'en prémunir.

Le but de cette étude hydrologique est donc la détermination des débits des crues tout au long du nouveau tracé de cette voie ferrée, afin d'éviter tout risque inondation, et de prévoir ainsi l'aménagement hydraulique le plus approprié.

Etude hydrologique

Caractéristiques du climat :

L'étude climatologique d'une région a pour but de définir les principaux caractères climatiques de la zone du projet, afin d'établir l'incidence que celui-ci pourraient avoir sur les travaux à réaliser.

Les conditions climatiques dans la région sont du type aride (saharien sec) avec des gradients de température relativement importants. Le climat est caractérisé par un hiver très agréable et un été chaud et sec.

Données hydrauliques

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources en eau (A N R H) et de l'Office National de la Météorologie (O N M).

- Pluie moyenne journalière : $P_{jMoy} = 25,6 \text{ mm}$
- L'exposant climatique : $b = 0,19$
- Le coefficient de variation climatique : $CV = 0,6$

Les bassins versants

Le bassin versant, est l'aire limitée par le contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers le point le plus bas de l'oued. La définition topographique d'un bassin versant fait passer ses limites par la ligne des crêtes. Le bassin versant a un objectif de collecteur; il recueille les pluies et les transforme en écoulement à l'exécutoire. Cette transformation est fonction des conditions climatiques et des caractéristiques physique du bassin versant.

L'exutoire d'un bassin est le point le plus en aval du réseau hydrographique par lequel passent toutes les eaux de ruissellement drainées par le bassin. La ligne de crête d'un bassin versant est la ligne de partage des eaux. La ligne ainsi définie, limite les bassins versants topographiques adjacents.

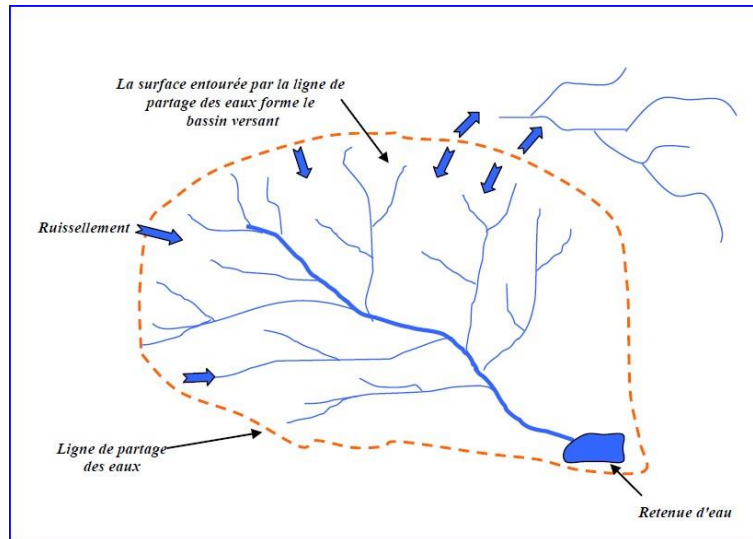


Figure III.1 schématisation du bassin versant

Caractéristiques des bassins versants

La détermination des caractéristiques des bassins versants consiste à calculer, ou évaluer, les paramètres explicatifs, indispensables à l'évaluation des débits de crues.

La superficie (S) des bassins, ainsi que les longueurs d'oueds sont délimitées sur la carte d'état major et elles sont déterminées avec précision à partir du logiciel civil3D. Les bassins versants sont au nombre de trente au droit de la ligne ferroviaire de Biskra.

Les paramètres suivants :

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

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

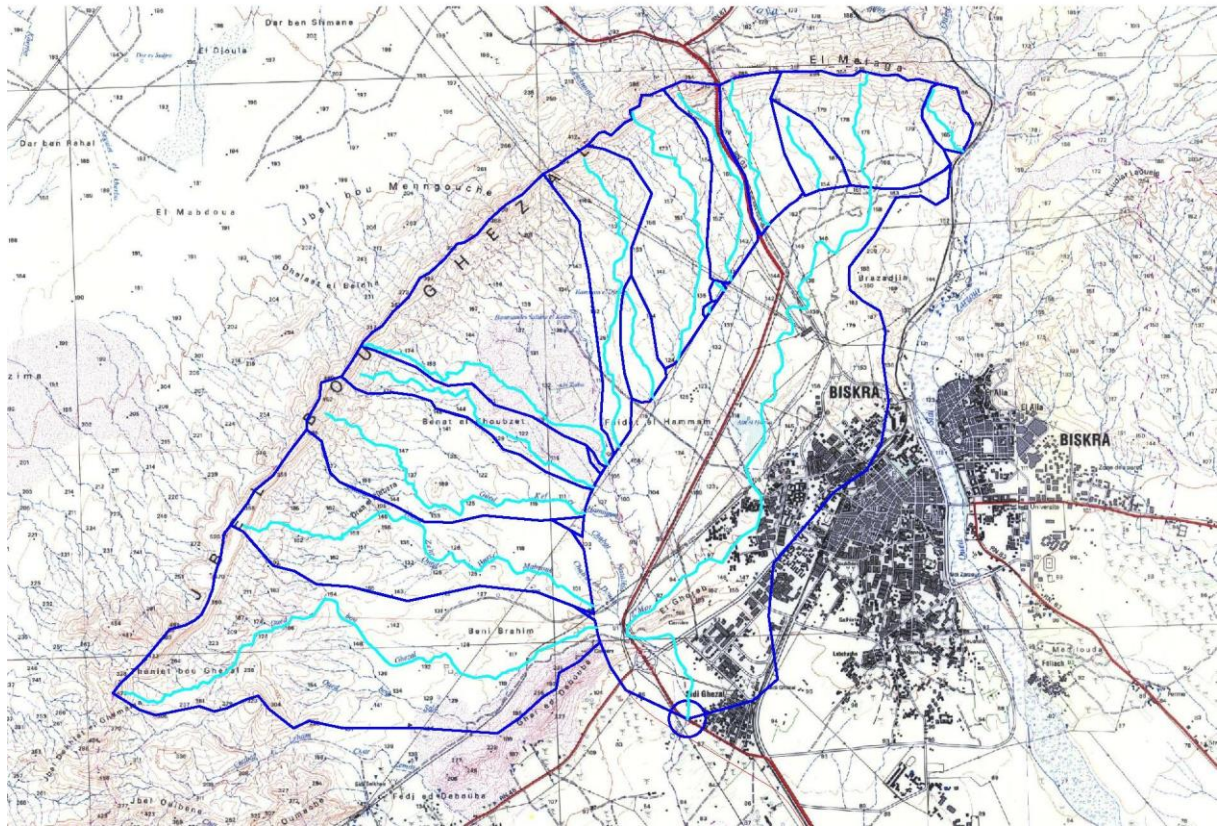


Figure III.2 les bassins versants délimités sur la carte d'état major

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

N° BV	Exutoire Au PK	A (Km ²)	P (Km)	L (Km)	K _c	t _c (h)	L _r (Km)	H _{ma} ^x (m)	H _{min} (m)	H _{moy} (m)
1	0+120	0.080	1.080	0.301	1,069	0,305	0,283	250	166	208
2	0+880	0.778	3.574	1.478	1,135	0,788	1,039	330	164	247
3	2+480	3.569	8.000	2.404	1,186	1,417	2,659	356	162	259
4	3+300	0.990	4.121	1.438	1,160	1,948	1,299	185	154	169,5
5	4+331	2.044	6.641	2.912	1,301	1,546	2,506	285	152	218,5
6	5+480	1.796	8.307	4.138	1,736	1,388	3,664	354	137	245,5
7	5+640	0.054	0.928	0.176	1,118	1,055	0,232	140	136	138
8	6+060	0.033	0.754	0.136	1,162	0,950	0,239	136	133	134,5
9	7+160	4.650	11.730	5.212	1,523	1,719	4,919	410	124	267
10	7+730	0.950	4.590	2.078	1,319	2,344	1,754	150	122	136
11	8+820	3.340	11.967	5.564	1,833	1,554	5,359	429	112	270,5
12	9+100	9.470	13.853	5.380	1,260	2,098	5,048	403	108	255,5
13	9+200	2.428	10.185	5.013	1,830	1,556	4,559	350	106	228
14	9+800	6.206	11.925	5.747	1,340	1,751	4,617	459	107	283
15	10+800	0.210	1.877	0.219	1,147	1,274	0,571	113	104	108,5
16	11+340	7.396	14.551	7.566	1,498	2,272	6,053	398	99	248,5
17	11+560	15.298	19.888	9.743	1,424	2,595	8,044	520	95	307,5
18	12+080	0.115	2.060	0.400	1,701	0,293	0,903	231	92	161,5
19	14+050	84.919	43.976	13.400	1,336	4,839	16,985	520	87	303,5
20	14+280	0.043	0.841	0.295	1,136	1,298	0,246	90	87	88,5

Tableau III.3 Les caractéristiques de bassins versants délimités

(A, P, L) déterminés à partir de « CIVIL3D »

Détermination des débits de crues

Les crues sont considérées comme des risques naturels contre lesquels il faut se protéger par la prévention et par la prévision.

Une crue est caractérisée par son débit maximum, sa durée et son volume.

Pour estimer le débit des crues des différents bassins versant obtenus par délimitation, on peut utiliser la formule rationnelle de Turraza qui tient en considération les données pluviométriques et les caractéristiques physiques des bassins versants.

Formule de Turraza :

$$Q = \frac{C * P_{tc, f\%} * A}{3,6 t_c}$$

- $Q_{max, F\%}$: Débit maximal instantané de la crue de fréquence F, (m³/s),
- C: Coefficient de ruissellement du bassin par la crue considérée (pour la même fréquence),
- t_c : Temps de concentration du bassin versant (heures),
- $P_{tc, F\%}$: Hauteur totale maximale de précipitation correspondant au temps de concentration du bassin pour une fréquence donnée.
- A: Aire du bassin versant (km²).

On a opté pour la détermination des débits de projet par la formule de Turraza, et pour une période de retour de 100 ans.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

N° BV	PK	S (km ²)	Débit Turraza (m ³ /s)
1	0+120	0.080	1,014
2	0+880	0.778	4,573
3	2+480	3.569	13,041
4	3+300	0.990	2,795
5	4+331	2.044	6,960
6	5+480	1.796	6,673
7	5+640	0.054	0,251
8	6+060	0.033	0,167

9	7+160	4.650	14,530
10	7+730	0.950	2,309
11	8+820	3.340	11,325
12	9+100	9.470	25,181
13	9+200	2.428	8,224
14	9+800	6.206	19,104
15	10+800	0.210	0,836
16	11+340	7.396	18,437
17	11+560	15.298	34,242
18	12+080	0.115	1,506
19	14+050	84.919	114,745
20	14+280	0.043	0,17

Tableau III.4 Valeurs des débits max par la formule de Turraza

Etude hydraulique

Assainissement et drainage transversal

Le calcul hydraulique des ouvrages de drainage transversal est basé sur le calcul des canaux ouverts avec un tirant d'eau libre sur la base de conditions de continuité en combinaison avec la formule de Manning-Strickler:

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

Où

- Q_s : débit maximum. Avec : $S_m = \pi R^2$ P_m
 $= \pi R$
- K_{st} : coefficient de rugosité de la canalisation.
- I : pente de canalisation (m/m).
- S : section transversale de l'écoulement.
- RH : rayon hydraulique ($RH = S_m/P_m$).
- K_{st} : 80 bétons (buses préfabriquées). K_{st} : 70 bétons (dalots).

Application au projet

a) Dimensionnement des buses

Pour dimensionner les buses on prend : $Q_{Max} = Q_s$

Calcul de débit de saturation (Q_s):

On a :

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

S_m : surface mouillée = $\frac{1}{2} \pi R^2$ (Pour une hauteur de remplissage égale à $0.5\emptyset$)

R_h : rayon hydraulique = $R/2$

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

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

Pour notre projet on prend : $I = 1 \%$

Donc on aura :

$$Q_s = 80 \times \frac{1}{2} \times \pi R^2 \times R^{2/3} \times (0.0025)^{1/2}$$

$$Q_s = 12.56 R^{8/3}$$

b) Dimensionnement des dalots

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

Dans notre projet, les dalots sont en béton.

On fixe la hauteur d'après le profil en long et on calcul la travée nécessaire.

On fixe aussi la hauteur de remplissage à $\emptyset = 0.8h$.

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

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

$$\text{Donc : } R_h = \frac{0.8h \times L}{1.6h + L}$$

Avec : $I = 1 \%$ et $K_{st} = 70$ (pour les dalots)

On utilise la table Excel pour déterminer : h et L , conformément pour chaque débit

Pour l'emplacement de nouveaux ouvrages on a utilisé cinq (5) ouvrages type:

- Buse de \emptyset 1000mm
- Buse de \emptyset 1500mm
- Dalot de 2,00 x 2,00m
- Dalot de 3,00 x 2,00m

- Dalot de 3,00 x 2,50m
- Dalot de 5,00 x 4,00m

Les débits maximaux pour chaque ouvrage, sont les suivants:

Ouvrages	
Dalot / Buse	Q (m ³ /s)
φ 1000	1,25
φ 1500	3,55
3 x φ 1500	10,65
2.00 x 2.00	9,05
3.00 x 2.00	13,50
3.00 x 2.50	18,80
2 x (3.00 x 2.00)	27,00
2 x (3.00 x 2.50)	37,60
3 x (5.00 x 4.00)	162,00

Tableau récapitulatif des ouvrages hydrauliques de franchissement

N Bv	PK	Q ₁₀₀ (m/s)	Ouvrage final
1	0+361	1.1	D1000
2	0+714	4.57	2*2
3	0+938	0.45	D1000
4	1+423	1.00	3*D1500
5	2+316	1.00	D1500
6	2+464	4.56	2*2
7	2+574	3.91	2*2
8	3+300	4.56	D1500
9	3+998	2.80	D1000
10	4+262	1.04	2*2
11	5+198	6.96	D1000
12	5+372	0.40	2*2
13	5+603	6.67	D1000
14	6+024	0.25	D1000
15	6+658	0.17	D1000
16	7+124	14.53	3*2.5
17	7+682	2.31	D1500
18	8+314	-	D1000

19	8+776	11.33	3*2
20	9+019	25.18	2(3*2)
21	9+139	0.25	D1000
22	9+339	8.22	3*D1500
23	9+774	19.10	2(3*2)
24	10+803	0.84	D1000
25	11+05	2.21	D1500
26	11+315	18.44	3*2.5
27	12+061	1.51	D1500
28	13+925	34.2	2(3*2)
29	14+055	-	D1000

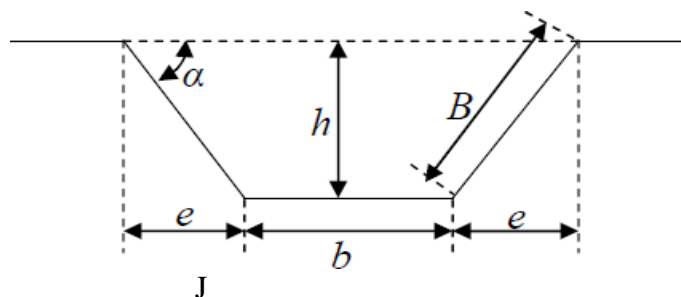
Tableau III.3 Ouvrages hydrauliques

Assainissement et drainage longitudinal

Dimensionnement des fossés

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

On choisit des fossés de forme trapézoïdale en béton, on donne le schéma d'un fossé trapézoïdale suivant :



On prend :

S_m : surface mouillée.

U : périmètre mouillé.

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

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

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

$K_{st} : 70$ (fosse en terre). Pente de fosse $I = 1 \%$

Calcul de la surface mouillée :

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

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

Calcul du périmètre mouillé :

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

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

Calcul du rayon hydraulique

On a $R_h = S_m / P_m$

$$\text{donc : } R_h = \frac{h(b+nh)}{b+2h\sqrt{1+n^2}}$$

Calcul du débit max et la hauteur h pour un talus de déblai

Sur ' tracé en plan civil 3D ' on a délimité et calculé les surfaces dans les zones de déblai, et on a calculé le débit pour la plus grande surface

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

On a :

$$h = (Qa/K \times \sqrt{i})^{3/5} \times (2h+B)^{2/5} \times b$$

Avec :

$$K_{ST} = 70$$

$$I = 1 \% \text{ (pente de l'ouvrage)}$$

$$n = 1.5$$

$$b = 0.5 \text{ m}$$

Après un calcul itératif, on trouve $h = 0.3$

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

$$h = 0.5m$$

et

$$b = 0.5 \text{ m}$$

CONCLUSION

Malgré le nombre très importants de cours d'eau naturels, on est arrivé à déterminer les débits des crues tout au long du nouveau tracé de cette voie ferrée afin d'éviter tout risque d'inondation, et de prévoir ainsi l'aménagement hydraulique le plus approprié.

OUVRAGE D'ART

Introduction

Pour concevoir un meilleur tracé qui répond aux exigences techniques et économiques tout en assurant la perméabilité transversale de la ligne ferroviaire a projeté et le franchissement des différentes infrastructures existantes et aussi les cours d'eau, Les ouvrages de franchissements identifiés en fonction du profil en long de la ligne de chemin de fer sont rétablis soit en passage supérieurs (PS) ou en passages inférieurs (PI).

Le choix de l'emplacement des points de passages le long de la ligne est en fonction des facteurs suivants:

- L'importance de la route.
- Les conditions morphologiques.
- Les conditions d'accès le plus adéquat pour permettre la continuité des activités agricoles et industrielles.
- La situation des passages pour les piétons ainsi que les animaux actuels de façon à éviter toute tendance de coupure des clôtures de l'emprise et de risques de dangers.

PONTS ROUTE

Tableau. 1. Paramètres caractéristiques des ponts route du projet.

PK	type	Longueur du pont	Largeur du pont	Hauteur de l'ouvrage
4+532	RN3	167m	8.00 m	9.15 m
7+902	route	167m	8.00 m	9.15 m
13+783	route	167m	8.00 m	9.15 m

PONTS RAILS

Il s'agit d'un pont rail, lorsque la ligne ferroviaire se trouve en dessus de la route.

Tableau. 2. Paramètres caractéristiques des ponts rails du projet.

PK	type	Longueur	largeur
11+451	Pont rail	164m	13m
11+569	Pont rail	164m	13m
11+787	Pont rail	164m	13m
12+670	Vaduci	160 m	14m

CHAPITRE V : PROFIL EN LONG

Profil en long

Définition

Le profil en long est la coupe longitudinale du terrain suivant le plan vertical passant par l'axe du tracé, la déclivité c'est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale, elle prend le nom de pente pour une descente et rampe pour une montée.

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 la ou paraîtra l'importance des terrassements (Quantité de déblai et de remblai), les ouvrages d'arts ... etc. soit sur le plan technique en voyant les déclivités, la coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

Eléments géométriques du profil en long

Un profil en long est constitué d'éléments de lignes droites raccordées par des arcs de cercle en cas de changement de déclivité.

Déclivités

La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal, elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées. La pente (ou rampe) doit être limitée pour des raisons de sécurité et de confort tel que :

Valeur maximale normale	16‰
Valeur maximale exceptionnelle	18‰

(Règlement UIC)

Rayon de raccordement en profil

Afin de limiter les accélérations verticales en caisse des véhicules ferroviaires, les raccords de déclivité, du profil en long, doivent respecter les valeurs de rayon minimal :

Valeur minimale normale	$0,35 V_{Max}^2$
Valeur minimale exceptionnelle	$0,25 V_{Max}^2$

(Règlement UIC)

➤ Dans le cas de notre projet: $R_{V_{Min}} = 11500 \text{ m}$

Longueur minimale des lignes droites du profil en long

Afin de permettre l'amortissement des oscillations des suspensions, il convient de définir une longueur minimale tel que :

Valeur minimale normale	$V_{Max}/2= 90m$
Valeur minimale exceptionnelle	$V_{Max}/2,5= 72m$

PARAMETRES GEOMETRIQUES DE REFERENCE PROFIL EN LONG

PARAMÈTRES GÉOMÉTRIQUES DE RÉFÉRENCE PROFIL EN LONG		Vmax (Km/h)=180	
		Normal	Excep.
Rayon minimum pour les courbes de raccordement verticales (m)		11.500	8.000
Pente longitudinale maximale (‰)	Sur voie générale. avec circulation mixte	15	16
	Sur poste de dépassement et de stationnement de trains-gares	0	
Pente longitudinale minimale sur tunnels et sur tranchées	I_{Min} (‰)	5	2
Longueur minimale des courbes de raccordement verticales (m)		$\geq V_{max} / 2$	$\geq V_{max} / 3$
Longueur minimale de déclivité uniforme (m)		$\geq V_{max} / 2$	$\geq V_{max} / 3$
Longueur maximale de déclivité avec la pente maximale (m)		<3000	

PARAMETRES FONCTIONNELS DE REFERENCE PROFIL EN LONG

PARAMÈTRES FONCTIONNELS DE RÉFÉRENCE PROFIL EN LONG		Vmax (Km/h)=180	
		Normal	Excep.
Accélération verticale maximale	a_{Vmax} (m/s ²)	0,22	0,31

(Règlement UIC)

Conditions du tracé

- sauf cas exceptionnel, il ne doit pas y avoir d'interférences entre les courbes de transition en plan (clothoïde), et les courbes de raccordement en profil en long (raccord circulaire).

Calcul des éléments du profil en long

Dans ce calcul, on détermine toutes les coordonnées des points singuliers du raccordement, la tangente, la flèche on déterminera aussi les PK des points singuliers.

Remarque

Le calcul d'axe est effectué par le logiciel **Civil 3D**, les résultats de calcul sont joints dans (**l'Annexe –Calcul automatique**).

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur
D1	PENTE= -0.82%	757.135
	R = 38,738.000	289.675
D2	PENTE= -0.07%	1,127.505
	R = 162,000.000	734.923
D3	PENTE= -0.52%	1,327.387
	R = 47,000.000	113.217
D4	PENTE= -0.76%	900.986
	R = 42,223.110	262.442
D5	PENTE= -0.14%	113.118
	R = 90,500.522	1,242.251
D6	PENTE= -1.52%	972.070
	R = 15,000.000	90.069
D7	PENTE= -0.92%	411.737
	R = -109,400.000	972.780
D8	PENTE= -0.03%	393.177
	R = 15,000.000	118.729
D9	PENTE= -0.82%	625.688

	R = 30,000.000	271.910
D10	PENTE= 0.09%	94.004
	R = -301,848.005	682.140
D11	PENTE= 0.31%	581.079
	R = 15,000.000	287.207
D12	PENTE= -1.60%	998.754
	R = 20,581.000	230.210
D13	PENTE= -0.48%	851.010
	R = 20,000.000	306.841

CHAPITRE VI : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

Etude géologique et géotechnique du terrain

Etude géologique

GÉOLOGIE DE LA ZONE

Dans les environs de Biskra, selon un axe Sud-est - Nord-Est, se trouvent les reliefs qui constituent le versant sud de la chaîne de l'Atlas Tellien.

Les reliefs les plus importants se trouvent au Nord-Est de Biskra. Ils sont les dépôts qui comblent les dépressions de ces reliefs et qui génèrent un changement de pente significatif jusqu'à la plaine du Sud, représentés par les ergs du désert d'âge miocène.

Les lithofaciès d'âge quaternaire sont représentés par des dépôts alluviaux associés au cours d'eau principal de la zone, d'oued Biskra. Ils sont aussi représentés par des dépôts aux pieds de la montagne. [5]

LITHOSTRATIGRAPHIE

La région étudiée appartient à la plate-forme saharienne, les dépôts rencontrés sont:

Mésozoïque :

Ces matériaux sont les suivants :

- Calcaires massifs, dolomites et cristallins, C6, (Turonien).
- Calcaires, calcaires marmoréens et marnes, C7, (Coniacien – Santonien).
- Calcaires, calcaires marmoréens, dolomites et marnes grisâtres et noires, C8, (Campanien - Maastrichtien).

Ces unités génèrent une morphologie abrupte avec des pentes élevées. En ce qui concerne leur comportement hydrogéologique, ces matières sont semi-imperméables à imperméables, mais ceci dépend fondamentalement du degré de fracture du massif rocheux.

Tertiaire

On distingue les types suivantes :

- Une du type continental constituée par des marnes et des gypses localisés dans une frange étroite à l'Ouest de Biskra et dans les profondeurs moyennes des reliefs situés à l'Est, m2, (Miocène).
- Une autre formée par de l'argile, du sable, du gravier et des gypses (mp-g), mp, (Mien- Pliocène).
- Finalement, celui caractérisé par du poudingue, du grès et de l'argile avec de différentes proportions en sable, P1, (Pliocène).

Elles présentent un relief modéré avec des pentes moyennes ou basses et des collines, où se distinguent des vallées traversées par des ruisseaux et des ravines produites par l'érosion des pluies torrentielles. En ce qui concerne la perméabilité, dans le cas des marnes, les sols tendent à être imperméables, en pouvant être plus perméables dans le cas de zones fracturées comme l'est le grès. L'écoulement superficiel est acceptable. En ce qui concerne le sable et les graviers, la perméabilité varie en fonction des fines qu'ils contiennent, tout en ayant un comportement principalement semi perméable, ce qui produit un drainage par phénomène de percolation. En ce qui concerne le sable et les graviers, la perméabilité varie en fonction des fines qu'ils contiennent, tout en ayant un comportement principalement semi perméable.

Quaternaire

Les dépôts quaternaires représentent presque la totalité de la zone sur laquelle passe le tracé de l'étude. Ces formations se divisent en:

- Dépôts alluviaux associés principalement au fleuve Oued Biskra, constitué de graviers et sables, q et q3
- Dépôts de pied de versants caractérisés par des matériaux provenant de l'érosion, des massifs calcaires, essentiellement de caractère colluvial, qE.
- Croûtes aussi bien de nature calcaire que de nature évaporatoire (gypseuse) que l'on retrouve aussi dans les dépôts de pied de versant, qc-n.
- Couronnant la série sédimentaire, on retrouve des dépôts associés à l'érosion éolienne comme c'est le cas pour les regs (surfaces formées par des matières fines produites par des phénomènes de déformation -qeb-, les dunes et les regs ou mers de sable (association complexe de dunes tant longitudinales que transversales -qec-). Ceux-ci occupent une grande étendue de terrain vers le sud de Biskra.

La plupart de ces dépôts, exceptées les croûtes calcaires et évaporatoires, présentent un comportement semi-perméable à perméable, avec drainage par percolation, où l'écoulement est habituellement déficient. Les morphologies engendrées sont planes et les dunes forment des collines.

RISQUES GEOLOGIQUES

Généralement, on distingue trois types de risques qui pourraient affecter les alentours de la zone d'étude :

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

RESSOURCE EN MATERIAUX

Le tableau ci-dessous présente les ressources en matériaux utiles disponibles,

de nature différente pour l'obtention des agrégats nécessaires pour la construction de la plateforme, la couche de forme, le ballast et le sous-ballast, suivant leur distance au tracé.

TYPE	COMPOSITION	ORIGINE	DISTANCE
BALLAST	Andésites	YB-1 (Carrière n°16 -AIN DEFLA-)	544 km
	Andésites y Microgranites	YB-2 (Gisement Cap de Fer)	385 km
	Calcaires	YB-3 (Gisement Ain Touta- Barna)	80 km
SOUS - BALLAST	Calcaires	Tracé: (11+950-12+350)	0 km
	Graviers calcaires	P-2 (Oued Biskra)	A l'axe
	Alluvions récentes	P-2 (Oued Biskra)	A l'axe
COUCHE DE FORME		P-1 (S. Malek-Branis)	2,3 km
	Sols granuleux alluviaux	P-3 (Sidi Okba)	23 km
		P-4 (Oumache)	8,4 km
REMBLAIS	Sols granuleu x alluviaux	P-1 (S. Malek-Branis)	2,3 km
		P-4 (Oumache)	8,4 km
GRAVIER ARTIFICIELS	Graviers calcaires	P-2 (Oued Biskra)	A l'axe

Tableau Ressources en matériaux utiles disponibles.

Zones d'emprunt

Les quatre zones d'emprunt sont situées sur des formations quaternaires appartenant aux dépôts alluviaux associés aux Oueds comme aux dépôts des bassins versants, ils présentent une lithologie caractérisée par des sédiments détritiques de différente granulométrie (Graviers, sables et limons).

Zone d'emprunt P1 : occupant une zone du bassin formé par les Oueds Branis, Lerrah et el Besbas, qui sont affluents de l'Oued Biskra, au Nord de Biskra.

Zone d'emprunt P2 : dans la plaine fluviale alluviale de l'Oued Biskra, au Nord de la ville, où pourront être trouvés graviers.

Zone d'emprunt P3 : correspondant à l'éventail alluvial formé par l'Oued el

Biraz, à l'Est de la ville de Biskra.

Zone d'emprunt P4 : correspondant à l'éventail alluvial formé par l'Oued Melah, au Sud de la ville de Biskra. [6]

Etude géotechnique

Etude de reconnaissance du sol

Les travaux suivants ont été réalisés :

- Reconnaissance de surface.
- Sondages mécaniques.
- Puits de reconnaissance.
- Essais de pénétration dynamique type Borro.
- Essais de laboratoire sur les échantillons originaires des puits et des sondages.

K01	01+250	2.00	1.00	Argile limoneuse graveleuse
K02	01+700	2.00	1.00	Sable limoneux renferment par des galets et cailloux
K03	02+400	2.00	1.00	Sable limoneux renferment par des galets et cailloux
K04	03+600	2.00	1.00	Argile limoneuse
K05	04+100	2.00	1.00	Argile limoneuse
K06	04+800	2.00	1.00	Argile
K07	05+825	2.00	1.00	Argile limoneuse
K08	07+400	2.00	1.00	Argile limoneuse
K09	08+800	2.00	1.00	Sable argileux
K10	10+750	2.00	1.00	Argile limoneuse graveleuse
K11	12+200	2.00	1.00	Sable limoneux
K12	13+625	2.00	1.00	Sable limoneux
K13	14+050	2.00	1.00	Argile limoneuse
K14	15+000	2.00	1.00	Argile limoneuse

Tableau Récapitulatif des puits de la Plate-Forme

Essais au laboratoire

- Analyse granulométrique par tamisage : NF P18-056 ;
- Limites d'Atterberg : NF P 94-051 ;
- Essai Proctor modifié : NF P 94-093 ;

Commentaire sur les essais

- Les échantillons testés présentent une teneur en particules fines, généralement élevée, avec des valeurs généralement entre 65 et 99%.
- Les limites d'Atterberg correspondent généralement avec des matériaux très plastiques, avec des limites liquides généralement plus de 65%, et avec des indices de plasticité supérieurs à 30%.
- Les valeurs moyennes de la densité et l'humidité ont été 1,79 t/m³, et 44%.
- Les valeurs moyennes de la cohésion et l'angle de friction sont 0,5 kg/cm², et 28°.
- Les valeurs moyennes de la densité et l'humidité Proctor sont 1,75 t/m³ et 14,8%.
- La valeur moyenne du CBR (92%) est égale à 35. La valeur moyenne du gonflement est égale à 0,5%.
- La valeur moyenne du gonflement libre est égale à 2,2%.
- Le contenu de sulfates dans le sol est très élevé. Ainsi, il devra être nécessaire de recourir à des ciments spéciaux.
- La teneur en matière organique est faible.

DESCRIPTION DES SOLS RENCONTRES

N° Groupe de sol	K01	K02	K03	K04	K05	K06	K07	K08	K09	K10
Teneur en eau Wn %	9.95	4.59	5.52	19.29	25.08	32.39	12.73	24.27	83.11	7.22
%<80μ(fines)	91.43	19.60	13.06	91.43	85.02	72.20	60.89	64.32	80.35	14.67

%<2mm(Tamisât)	99	48.0	28.0	99	96	86	88	92	97	38
WL %	40.52	46.47	55.96	45.64	50.44	122.51	55.75	87.2	87.17	50.48
IP %	17.24	21.41	23.29	20.48	23.14	69.65	26.69	39.09	17.26	20.45
IC	1.77	1.91	2.17	1.29	1.10	1.29	1.61	1.61	0.24	2.12
pd _{max} (g/cm ³)	1.79	2.07	2.10	1.75	1.73	1.38	1.78	1.48	0.97	2.04
W % OPM	15.3	9.7	8.4	15.3	16.0	27.8	15.8	25.2	58.1	9.9
CBR _{à95%} OPM	16.46	22.76	-	27.66						
Classification de la Norme NF P 11 300	A2ts	C1B6ts	C1B6ts	A2h	A2th	A4h	A3s	A3m	A2th	C1B6ts
Classe de Qualité des sols	QS2	QS2	QS2	QS0	QS0	QS0	QS1	QS1	QS0	QS2
N°Groupede sol	K11	K12	K13	K14	K15	Gite oued Sidi Zarzour		Gite oued Sidi Okba		
Teneur en eau W _n %	3.20	6.4	12.36	17.99	7.98	4.70		5.08		
%<80μ(fines)	14.29	33.44	80.18	91.72	66.45	6.54		2.16		
%<2mm(Tamisât)	99	99	98	99	99	27		20		
ES % / VBS%	26.0	8.21	-	-	-	VBS = 1.19		VBS = 0.26		
WL %	-	-	54.8	56.49	55.46	31.4		29.45		
IP %	-	-	30.18	31.49	28.59	10.91		8.76		
IC	-	-	1.41	1.22	1.66	2.45				
pd _{max} (g/cm ³)	1.79	1.99	1.78	1.63	1.87	2.20		2.15		
W%OPM	9.9	9.3	16.7	21.0	11.1	5.5		5.8		
CBR immédiat à 95%OPM			10.41		23.22	-		-		
ClassificationGTR	B5ts	B5s	A3ts	A3s	A3s	C1B3		C1B4		
Classe de l'arase	QS2	QS2	QS1	QS1	QS1	QS3		QS3		

Tableau :Caractéristiques principales des différents sols

Les essais d'identification(granulométrie et limites d'Atterberg),ont été effectués sur chaque échantillon prélevé.

Après identification, les échantillons ont été classés (classification GTR) et regroupé

en deux (02) familles ou mélange de sols. Les essais de portance (Proctor modifié et CBR à 3 énergies) ont été effectués sur ces familles ou groupe de sols types.

Famille1:

Les sols de classe A2 (des sols fins $D_{max} \leq 50\text{mm}$ et Tamisat à 80um $>35\%$ - $12 < IP \leq 25$)

- concernant : puits 01 + puits 04 + puits 05 + puits 09.

Les sols de classe A3 (des sols fins $D_{max} \leq 50\text{mm}$ et Tamisat à 80um $>35\%$ - $25 < IP \leq 40$)

- concernant : puits 07 + puits 13 + puits 14 + puits 15.

Famille2:

Les sols de classe B6 (des sols sableux au graveleux, avec fines $D_{max} \leq 50\text{mm}$ et Tamisat à 80um entre 12 et 35% - $IP > 12$)

- concernant : puits 02 + puits 02 + puits 10

Les sols de classe B5 (des sols sableux au graveleux, avec fines $D_{max} \leq 50\text{mm}$ et $12\% \leq$ Tamisat 80um entre 12 et 35% - $IP \leq 12$)

- concernant : puits 11+ puits 12

Classe de qualité des sols :

La classe de qualité du sol support « QS » pour un sol en place peut être (selon la fiche

PKdébut	PKfin	Longueur	Classe QS0 au QS1	Classe QS2	Classe QS3
00+000	2+400	2.5	-	2.5	-
2+400	8+800	6.5	6.5	-	-
8+800	13+650	5	-	5	-
13+650	15+800	2	2	-	-
Total		16	8.5	7.5	-
			53%	47 %	0.0 %

- QS0 : Sol impropre à toute utilisation,
- QS1 : Sol médiocre,
- QS2 : Sol de qualité moyenne,
- QS3 : Sol de bonne qualité.

Répartition des classes de qualité des sols :

Répartition des classes de sols support

Le sol de notre projet est de QS0 à QS1

Classe de portance de la plateforme :

La portance dépend de la qualité du sol support et de la couche de forme :

- P1 : une portance médiocre.

- P2 : une portance moyenne.

- P3 : une portance bonne.

DIMENSIONNEMENTS DES COUCHES D'ASSISES

$e = E + a + b + c + d + f + g$		
E	E = 0,70 m pour les plateformes de classe de portance P1.	0,45
	E = 0,55 m pour les plateformes de classe de portance P2.	
	E = 0,45 m pour les plateformes de classe de portance P3.	
a	a = 0 m pour les groupe UIC 1-2 (ou lignes à $V \geq 160$ km/h quel que soit le groupe UIC).	-0.1
	a = -0,05 m pour les groupe UIC 3 et 4.	
	a = -0,10 m pour les groupe UIC 5, 6, '7, 8 et 9 avec voyageurs'.	
	a = -0,15 m pour les groupe UIC '7, 8, 9 sans voyageur'.	
b	b = 0 m pour les traverses bois de longueur 2,60 m.	0,13
	b = $(2,5-L)/2$ pour les traverses béton de longueur L.	
c	c = 0 m pour un dimensionnement normal.	0
	c = -0,10 m à titre exceptionnel.	
	c = -0,05 m à titre exceptionnel pour des opérations sur LE de groupe UIC 7-9 SV	
d	d = 0 m la charge d'essieu des véhicules $\leq 20t$	0.12
	d = 0,05 m la charge d'essieu des véhicules $\leq 22,5t$	
	d = 0,12 m la charge d'essieu des véhicules $\leq 25t$.	
f	f = 0 m pour les lignes à $V \leq 160$ km/h et pour les plates-formes de portance P3 des LGV.	0
	f = 0,05 m pour les plates-formes de classe de portance P2 des LGV.	
	f = 0,10 m pour les plates-formes de classe de portance P1 des LGV.	
g	g = + géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2.	0
	g = 0 (pas de géotextile) lorsque la couche de forme est en sol QS3.	
$e = E + a + b + c + d + f + g$		0,60

- BALLAST 30 cm
- SOUS - BALLAST 30 cm
- COUCHE DE FORME 50 cm

CONCLUSION

Le tronçon du contournement et l'aménagement des installations ferroviaires de la ville de BISKRA (Ligne Elghourzi-Touggourt), environ se scinde en deux classes de relief.

Classe de qualité des sols QS0, QS1 : Il s'agit des sols fins (A2) et (A3), sol impropre à toute utilisation à sol médiocre.

Classe de qualité des sols QS2 : Il s'agit des sols sableux et graveleux avec des fins (B5) et (B6), sol de qualité moyenne.

Concernant le dimensionnement de **COUCHE D'ASSISE**, nous rappelons le corps de chaussée ci-dessus comportant les structures suivantes :

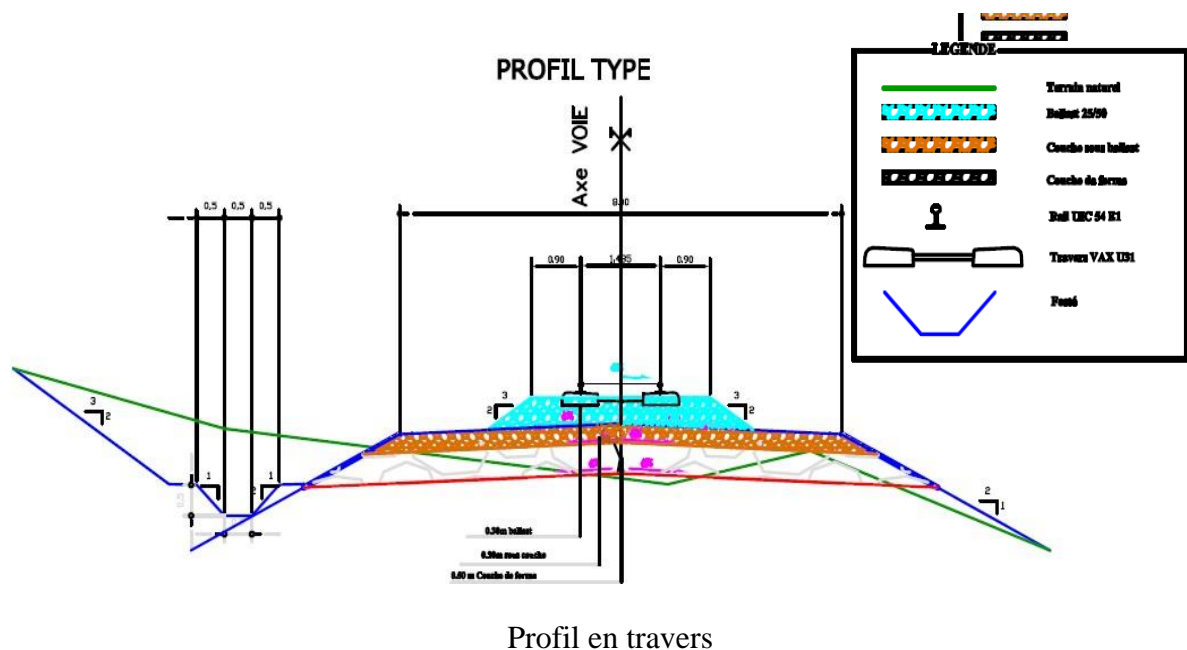
- Une couche de Ballast 30 cm (**Ballast 25/ 50**)
- Une couche de Sous-Ballast 30 cm (**grave concassée 0/31.5**)
- Une couche de forme 50 cm. (**Classe de qualité des sols QS3**), sol de bonne qualité

CHAPITRE VII : PROFIL EN TRAVERS

Profil en travers

Définition

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la voie projetée. Le tracé comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé «profil en travers type» contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs de la plate-forme, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....)

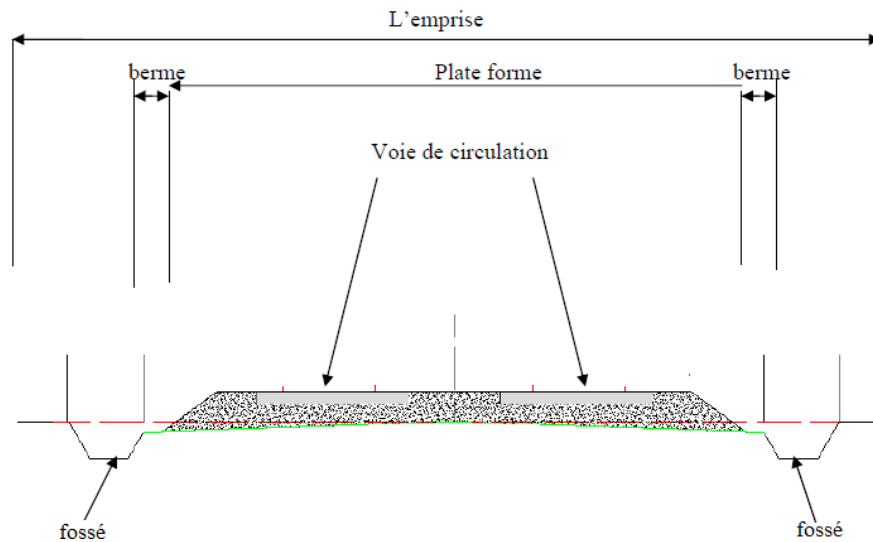


LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS [22]

- **L'emprise** : largeur en terrain naturel appartenant au domaine public, affecté à la voie et ses accessoires.
- **L'assiette** : c'est la surface du terrain réellement occupée par la voie, elle est limitée par l'intersection du terrain naturel avec les pieds de talus en remblais ou crête de talus en déblais.
- **La plate-forme** : surface du terrain qui comprend la voie et les accotements.
- **La voie** : partie affectée à la circulation des trains.
- **La berme** : c'est la partie qui permet l'installation des poteaux de signalisations ou caténares...etc.
- **Drainage longitudinal** : Les drainages longitudinaux recueillent et évacuent les eaux de ruissellement, d'infiltration ou souterraines. D'une manière générale, on peut

distinguer :

- Les dispositifs de drainage profonds (drains, collecteurs drainant, collecteurs).
- Les fossés.



Éléments du profil en travers

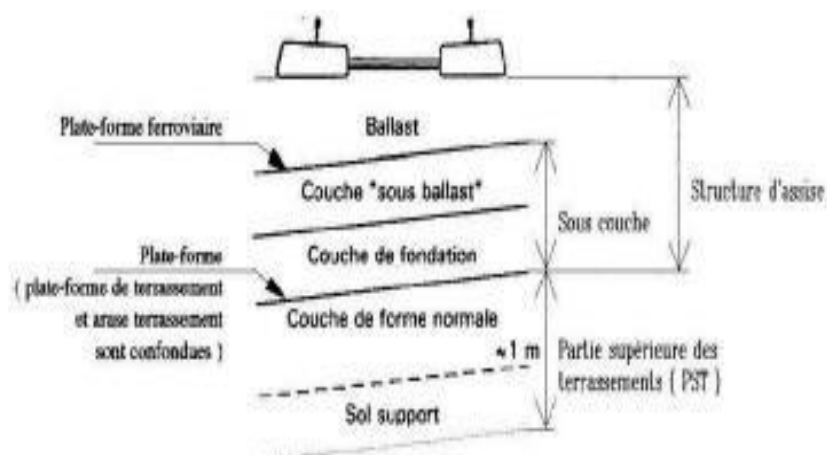
L'INFRASTRUCTURE DE LA VOIE

L'infrastructure de la voie est la partie inférieure sur laquelle la 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.

Cette sous couche, mono ou multicouche est composée de matériaux grenus (sable ou graves) et parfois de tapis de nature diverses, elle comprend une couche de ballast, une couche de fondation et éventuellement couche de forme, la plateforme pour sa part est constituée d'une couche de forme normale qui repose sur le corps de remblai ou le terrain naturel en déblai.

[Préalablement dimensionné \(dans chapitre VI\)](#)

Les éléments de l'infrastructure de la voie.



L'infrastructure est légèrement inclinée pour permettre un bon écoulement de l'eau. Elle est en outre complétée d'un système de drainage, posé tout le long des voies, qui permettent aussi d'évacuer l'eau recueillie.

Remarque :

Le type d'assainissement en profil en travers est longitudinal

Prévisions pour protéger la voie :

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

Conception du profil en travers :

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

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

Calcul des cubatures

Pour notre projet, le calcul des cubatures de terrassement a été fait avec le logiciel (Civil 3D). Les détails de calcul sont joints dans l'ANNEXE.

CHAPITRE VIII :

SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

CHAPITRE VIII : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

La superstructure de la voie

INTRODUCTION

Le rôle de la voie est de supporter et de diriger les véhicules. La solidité et la rigidité doivent être ses caractéristiques. Les éléments qui la constituent doivent former un tout qui conserve sa position, malgré les efforts qui peuvent être verticaux, transversaux ou longitudinaux, tendant à la modifier. La superstructure de la voie ferrée se compose de rails, traverses, les attaches et le ballast, y compris gravillon et sable, appareils de voie... etc.

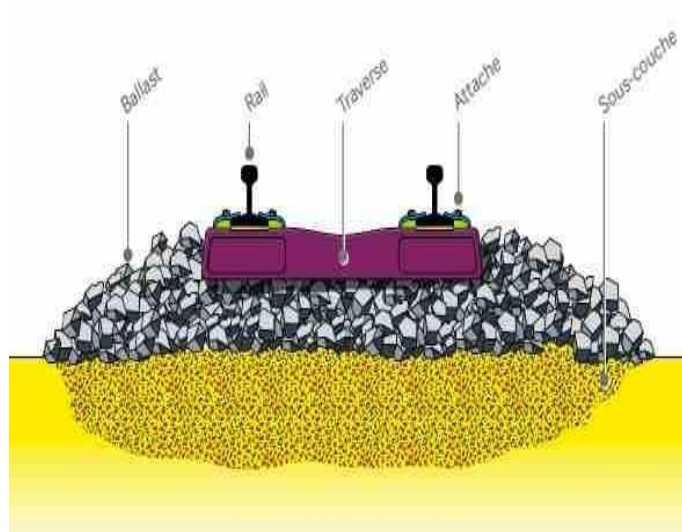


Figure II. 1. Les différentes composantes de la superstructure de la voie.

Catégorie de la voie de notre projet :

Les voies sont classées en plusieurs grandes catégories, chacune réservée pour un objectif bien précis, pour notre projet c'est une voie principale.

Caractéristique de notre voie :

- **Le type de rail utilisé** : LRS type UIC 54
- **Type de traverses** : Traverses bi-bloc VAX-U31
- **L'écartement des traverses** : La voie normale sera construite à écartement normale qui est égale à 1435mm
- **Le support** : Ballast.
- **Attache** : Attaches élastique de type NABLA.
- **Inclinaison des rails** : 1/20

- **Les appareils de voie** : (type : UIC- 60 500).

CHAPITRE IX SIGNALISATION FERROVIAIRE

CHAPITRE IX : SIGNALISATION FERROVIAIRE

Signalisation ferroviaire

INTRODUCTION

Depuis leur naissance, les chemins de fer se doivent de garantir une circulation des trains sûre et sans entrave. Des systèmes de commande et de sécurité sont donc nécessaires, et leur développement n'a cessé de croître. Au fil du temps, la signalisation a évolué des signaux manuels jusqu'aux systèmes de contrôle commande informatisés, dont les règles logiques visent à interdire toute utilisation conflictuelle de ressources d'infrastructure pouvant conduire à un accident.

ROLES DES INSTALLATIONS DE SIGNALISATION

Les installations de signalisation permettent de résoudre les cinq grands problèmes suivants:

- L'espace des circulations pour éviter les rattrapages (cantonnement ou block),
- La protection des circulations dans les établissements (convergence, cisaillement...),
- La circulation, dans les deux sens, sur une même voie (nez à nez),
- Les risques de déraillement par excès de vitesse,
- Le franchissement des voies ferrées par des routes sur un même niveau (passages à niveau).

PRINCIPAUX SIGNAUX LATERAUX

Les signaux mécaniques sont apparus les premiers et ils ont progressivement laissé la place aux signaux lumineux dont l'entretien est plus réduit.

Les signaux mécaniques sont composés d'une cible de forme particulière (carré, losange, disque, etc.) aisément identifiable qui est soit présentée perpendiculairement à la voie lorsque l'indication doit être exécutée par le mécanicien, soit parallèlement à la voie lorsqu'elle est dite effacée. De tels signaux sont dits mobiles car ils sont munis d'un dispositif mécanique

permettant la rotation du panneau pour assurer les deux positions (signal fermé ou effacé) mais il existe également des signaux fixes.

Les signaux lumineux sont conçus et disposés pour être visibles de loin (jusqu'à deux kilomètres par temps clair). Pour cela, ils sont équipés de lentilles permettant de focaliser les rayons lumineux émis par l'ampoule.

C'est la raison pour laquelle les feux ne semblent pas très intenses lorsqu'on les regarde de côté alors qu'ils éclairent fortement dans la direction d'arrivée du train.

La distance de visibilité reste de 300 mètres dans les conditions les plus défavorables (brouillard).



Vert autorise le passage le signal suivant est ouvert sans restriction ou est un signal avertisseur.

Deux jaunes autorise le passage; le signal d'arrêt suivant est fermé ou est ouvert à condition de rouler en marche à vue, ou encore ce signal-ci ne « connaît » pas l'état du signal suivant.

Rouge impose l'arrêt.

LE SYSTEME ERTMS

Le système ERTMS (European Railway Traffic Management System) est basé sur le principe fondamental de la signalisation en cabine avec utilisation du réseau téléphonique. Ce système est prévu pour assurer les besoins suivants :

- La localisation des trains;
- Le contrôle de leurs mouvements et de leurs vitesses;
- L'information du poste de commande.

Le système ERTMS/ETCS

L'ERTMS/ETCS (European Train Control System) est un système unifié de contrôle commande des trains qui, en utilisant des technologies et des modalités opérationnelles standards, assure l'espacement correct entre les trains, et effectue le contrôle automatique de leurs vitesses.

L'architecture du système ERTMS

Le système ERTMS se situe partiellement au sol et partiellement à bord des trains, ceci conduit à définir deux sous-système, le sous-système bord et le sous-système sol.

Le sous-système de sol

Les constituants de ce sous-système sont :

- **Balises** : La balise est le moyen de transmission permettant d'envoyer des messages (télégrammes) au sous -système de bord.
- **Euroloop**: Il est le moyen de transmission permettant d'envoyer des messages au sous- système de bord par le biais d'un câble rayonnant
- **LEU (Line-side Electronic Unit)** : Codeurs d'interface avec les systèmes de signalisation au sol
- **GSM-R (Global System Mobile for Railway)** : est un réseau radio pour l'échange d'informations bidirectionnel entre le sous-système bord et le RBC
- **RBC (Radio Block Center)** : est le système qui calcule les messages à transmettre au bord via GSM-R en fonction des informations reçues des systèmes au sol externes et les informations échangés avec le bord. Les messages principaux sont les MA (Autorisations de mouvements)

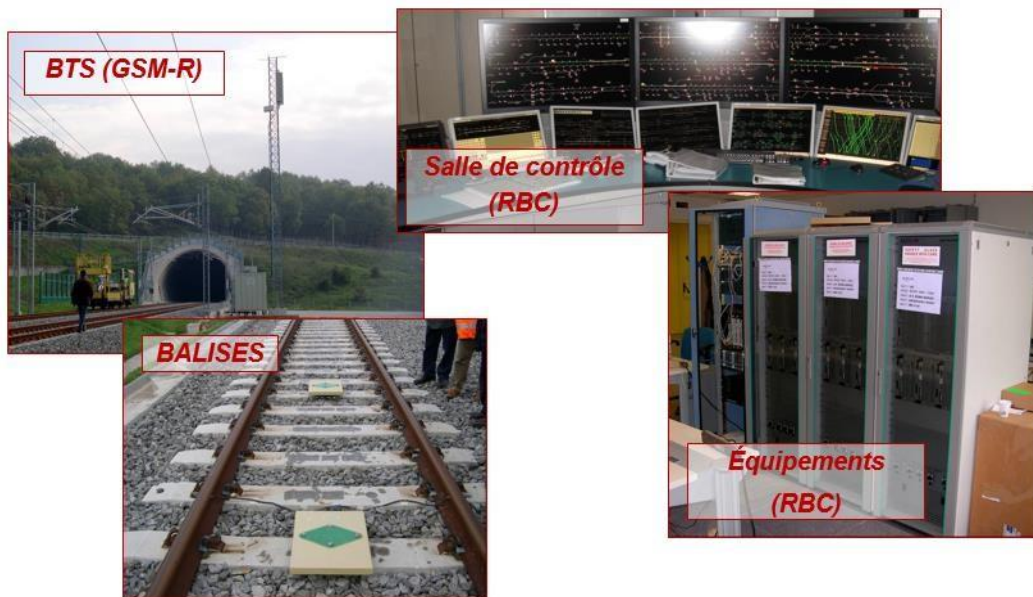


Figure des différents constituants du sous-système sol.

Le sous-système du bord

Ce sous-système comporte l'équipement bord ERTMS/ETCS et l'équipement bord GSM-R

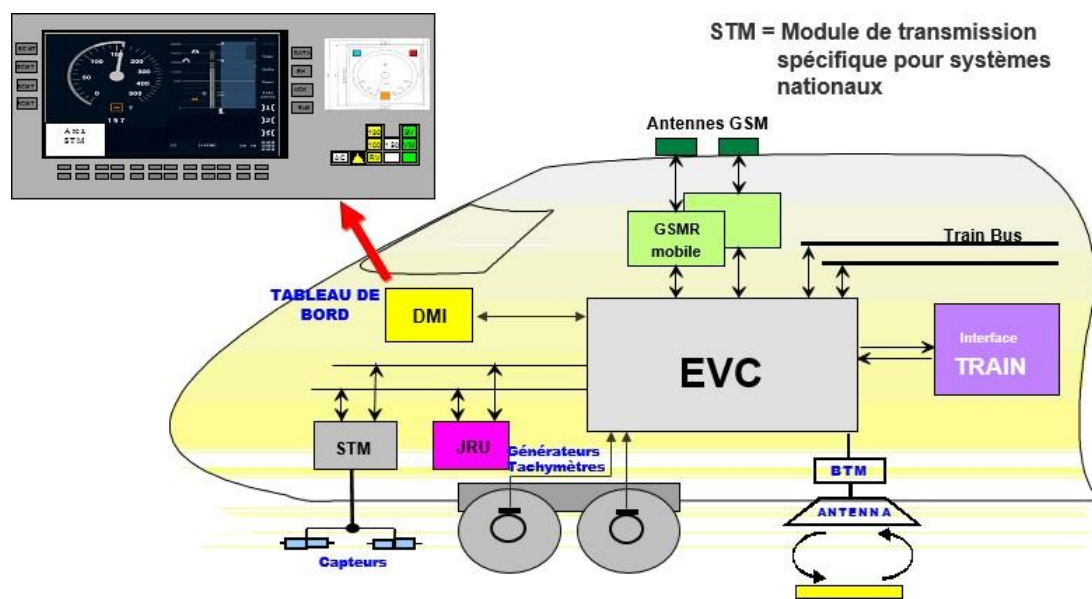


Figure des équipements du sous-système de bord.

Les niveaux fonctionnels ERTMS

Par rapport à l'équipement sol utilisé, les moyens de transmission sol/bord et aux fonctions assurées par les équipements du sol et du bord, on peut distinguer:

- **Niveau 0** : Train équipé ERTMS/ETCS circulant sur une ligne sans ERTMS/ETCS, avec ERTMS/ETCS en cours de phase d'essais ou de mise en service.
- **Niveau STM** : Systèmes ATC/ATP nationales (pas le cas de l'Algérie)
- **Niveau 1**: Le train reçoit son autorisation de mouvement via des balises au sol ; cette autorisation de mouvement est calculée par le centre de contrôle en fonction de l'occupation des autres cantons.
- **Niveau 2** : Le train se repère à l'aide des balises au sol, transmet sa position au centre de contrôle(RBC) via le GSM-R, qui lui communique son Autorisation de Mouvement en fonction de l'occupation des autres cantons.
- **Niveau 3** : Le train se repère à l'aide des balises au sol, transmet sa position et son intégrité au centre de contrôle (RBC) via le GSM-R, qui lui communique son Autorisation de Mouvement en fonction de la position des autres trains. (pas le cas de l'Algérie).

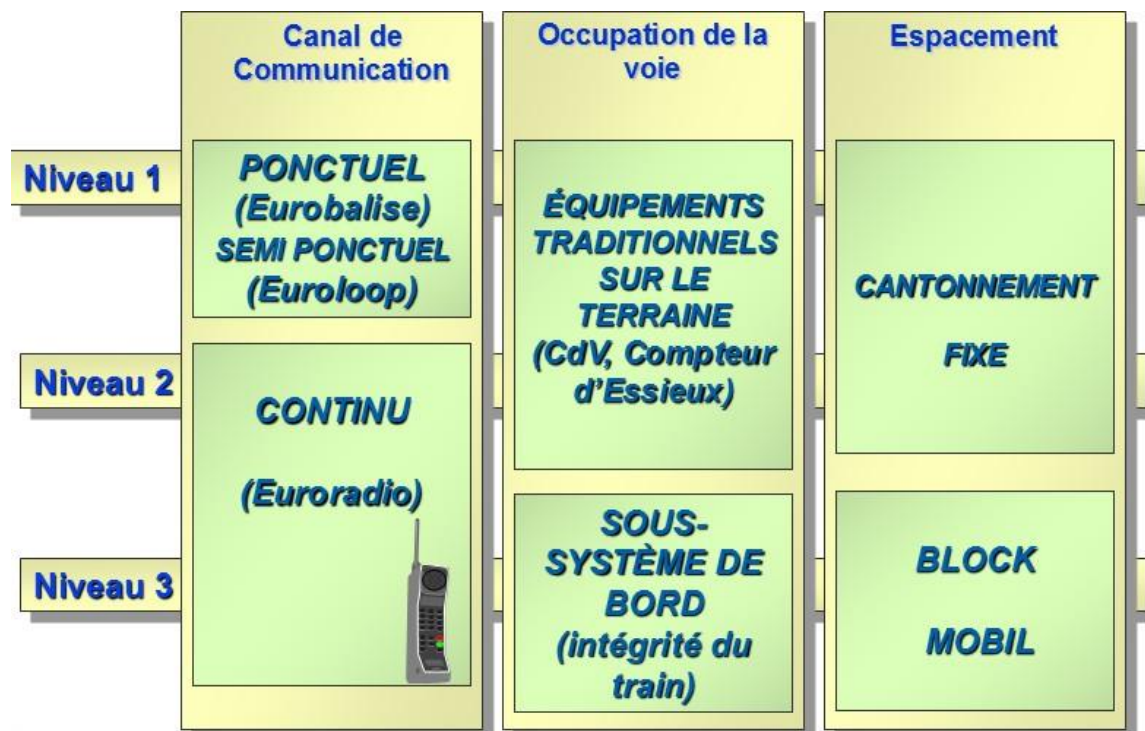


Figure des caractéristiques des niveaux fonctionnels ERTMS.

Dans le cas de notre projet, le niveau ERTMS adopté est le **niveau 1**.

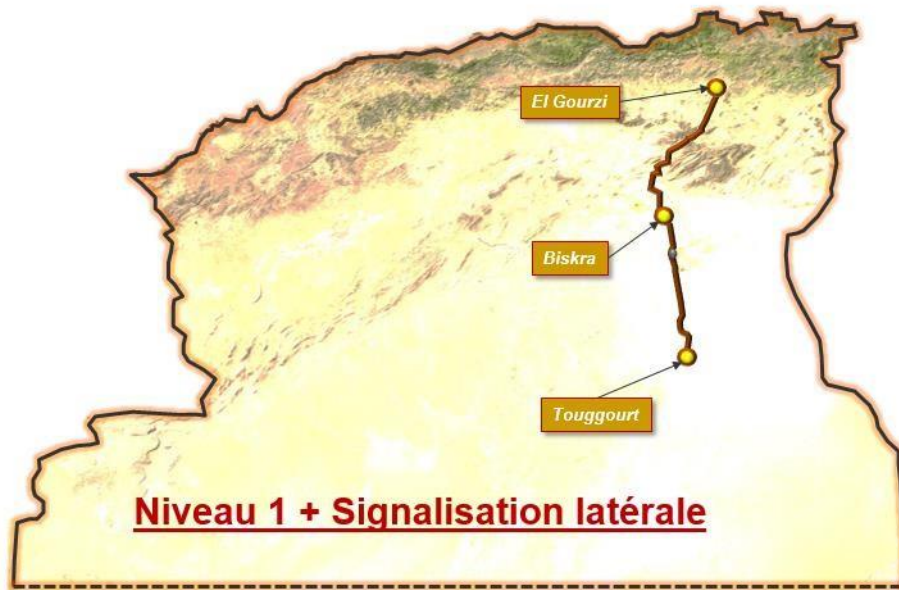
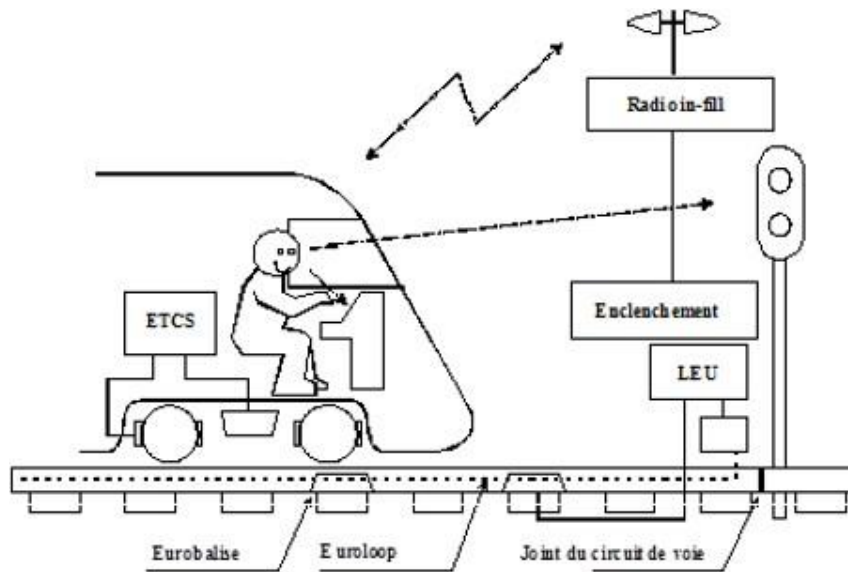


Figure Le type de signalisation de la pénétrante Est.

Le fonctionnement du niveau 1

Le **Niveau 1 d'ERTMS/ETCS** est un système de contrôle de train discontinu utilisé 'en ligne générale' pour équiper des lignes existantes, son fonctionnement est comme suit:

- L'**Autorisation de Mouvement (MA)** est transmise au train par les Euro balises.
- La **détection et les contrôles d'intégrité du train** sont effectués par l'équipement au sol (circuits de voie).
- Des appareils additionnels peuvent être utilisés pour envoyer l'information d'**In-fill** pour anticiper au sous-système de bord l'information concernant l'aspect du signal en aval.



Le fonctionnement du niveau 1 d'ERTMS/ETCS.

CONCLUSION

L'ERTMS assure une haute performance en matière de sécurité concernant le contrôle de vitesse des trains grâce à un échange d'informations entre le sol et les trains. Dans le cas de notre projet cet échange se fait ponctuellement par balises car il s'agit d'ERTMS Niveau 1

Devis estimatif et quantitatif

	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (DA)	PRIX TOTAL (DA)
I-Acquisition des terrains	M ²	426723,00	1000,00	426723 000,00
Sous -Total				426723 000,00
II- Installation et Repliection	F(%) 1,5			51295 665,00
Sous -Total				51295 665,00
III-Terrassement				
Décapage couche végétale sur 0.2m	M ³	68249,00	400,00	27299 600,00
Déblai	M ³	283176,00	1000,00	283176 000,00
Remblai d'apport en terres	M ³	408095	800,00	326476000,00
Déblai en sol inutilisable mis en dépôt	M ³	825761	250,00	206440250,00
Sous -Total				532916250,00

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (DA)	PRIX TOTAL (DA)
VI-Ouvrages d'art				
Ponts -route	M ²	596,00	60000,00	35760 000,00
Ponts -rail	M ²	13760,00	80000,00	1100800 000,00
Sous -Total				1586560 000,00
V-Ouvrages de drainage				
Buses	ML	256,00	25000,00	6400000,00
Dalots	M ²	20,50	40000,00	820000,00
Fossés	ML	5000,00	2200,00	11000 000,00
Sous -Total				18220 000,00
Total Général (HT)				3418279 802,00
Total Général (TTC)				4 067 752 965,00

Le cout de projet est : Quatre milliard soixante sept million sept cent cinquante deux mille neuf cent cinquante et cinq Dinars Algérien.

CONCLUSION GENERALE

Pour cette étude j'ai appliqué rigoureusement les normes, directives et les recommandations liés au domaine ferroviaire afin d'avoir des résultats qui servent à contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain.

Ce travail m'a permis de mieux maîtriser les outils informatiques de calcul et de conception tels que les logiciels : Civil3D (version 2015), et Autocad , grâce à l'exploitation de ces derniers, j'ai pu concevoir un meilleur tracé.

Ce projet, m'a tout aussi permis de cerner tous les problèmes théoriques qui peuvent se présenter dans un projet ferroviaire, de profiter de l'expérience des personnes du domaine d'une part et d'apprendre à suivre une méthodologie rationnelle pour réaliser un projet dans le domaine des travaux publics d'autre part.