



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université d'Ain-Temouchent - Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil & Travaux Publics

Mémoire pour l'Obtention du diplôme de Master
Filière : TRAVAUX PUBLICS
Spécialité : VOIES ET OUVRAGE D'ART

Thème :

Etude d'un tronçon autoroutier de la pénétrante de Ghazaouet avec la conception d'un échangeur

PRESENTE PAR :

TAHAR YACINE FAROUK
ZOUMA SAID

SOUTENU LE 25/06/2023

DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

PRESIDENT : Prof. AISSA MAMOUNE SIDI MOHAMMED (UBBAT)
EXAMINATEUR : Dr. KADDOUR HAKIM (UBBAT)
ENCADREUR : Dr. DJELIL MOHAMMED (UBBAT)
CO-ENCADREUR : Dr. GUELLIL MOUSTAFA KHADIR (UBBAT)

ANNEE UNIVERSITAIRE 2022/2023

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier « ALLAH » le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

En second lieu, nos sincères gratitude vont à notre encadreur

Mr : DJELIL MOHAMMED, pour tous les efforts qu'il a fournis pour nous faciliter et aider à accomplir notre travail, nous le remercions pour ses conseils avisés qui ont rendu ce travail possible.

Ainsi nous nous tenons à remercier

Mr : GUELLIL MISTAPHA KHADIR, pour tous les efforts qu'il a fournis pour nous faciliter et aider à accomplir notre travail, nous le remercions pour ses conseils avisés qui ont rendu ce travail possible.

Ainsi nous nous tenons à remercier

BOUDADI MUSTAPHA, Ingénieur d'état en société d'études techniques d'Oran, pour ses conseils avisés qui ont rendu ce travail possible.

Nous remercions chaleureusement tous les enseignants du département de Génie Civil ainsi que tout le personnel de **L'université Belhadj Bouchaib d'Ain Témouchent**.

Un grand merci qui s'adresse également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront le plaisir d'apprécier.

Nos remerciements vont également à tous ceux et celles qui de près ou de loin nous ont apporté aide et encouragement. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude

DEDICACES

Je tiens en tout premier lieu à remercier Dieu qui m'a donné la Force et volonté pour arriver à cette dernière étape de fin d'étude.

Je dédie ce mémoire :

*A Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

*A Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

* A mes frères et mes sœurs.

*A Mes professeurs de l'Universitaire d'Ain Témouchent

*A Mon binôme **SAID** qui a donné beaucoup de soutien pendant cette période.

*A toute mes amies pour leur soutien tout au long de mon parcours Universitaire

TAHAR YACINE FAROUK

DEDICACES

Je tiens en tout premier lieu à remercier Dieu qui m'a donné la Force et volonté pour arriver à cette dernière étape de fin d'étude.

Je dédie ce mémoire :

*A Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

*A Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

*A ma sœur AYA et Mes chers frères SALAH EL DDINE , YACINE pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

*A Mes professeurs de l'Universitaire d'Ain Témouchent

*A Mon binôme **YACINE** qui a donné beaucoup de soutien pendant cette période.

*A toute mes amies pour leur soutien tout au long de mon parcours Universitaire

Zouma said

Résumé

L'objectif de ce mémoire de fin d'étude est de faire une étude d'un tracé autoroutier avec échangeur. Le projet étudié rentre dans le cadre du projet de la pénétrante de Ghazaouet (wilaya de Tlemcen) reliant le port à l'Autoroute-Est-Ouest sur un linéaire total de 50 Km. La section étudiée concerne la tranche reliant la RN99 à la RN98 sur un linéaire de 9,650km. La conception du tracé autoroutier a été basé sur les recommandations de l'ICTAAL et le B40. Les différentes caractéristiques du tronçon autoroutier étudié ont été déterminées en fonction du trafic journalier moyen annuel (TJMA). Le tracé en plan du projet a été choisi en fonction des contraintes existantes sur le couloir prédéfini dans l'étude APD. Le profil en long et les profils en travers ont été générés en utilisant les logiciels Auto CAD, civil 3D et Google Earth. Un échangeur de type trompette au niveau du PK14+900, permettant de relier la nouvelle pénétrante à la RN99, a été également proposé dans le cadre de ce mémoire.

Les mots clés : Autoroute, Environnement, ICTAAL, B40, civil 3D.

Abstract

The objective of this dissertation is to study a motorway layout with an interchange. The project that is being studied is a part of the penetration project of Ghazaouet (wilaya of Tlemcen) connecting the port to the East West Highway over a total length of 50 km. The section studied concerns the section connecting the RN99 to the RN98 over a length of 9,250 km. The design of the motorway layout was based on the recommendations of the ICTAAL and the B40. The different characteristics of the motorway section that is being studied were determined according to the annual average daily traffic (AADT). The plan layout of the project was chosen according to the already existing constraints on the corridor, predefined in the detailed design study. The longitudinal and cross sections were generated using civil 3D, Auto CAD and Google Earth. A trumpet type interchange at the PK14+900 connecting the new penetration to the RN99, was also proposed within the framework of this dissertation.

The key words: Environment, Motorway, ICTAAL, B40, civil 3D.

ملخص

الهدف من هذه المذكرة لنهاية المسار التعليمي هي القيام بدراسة لطريق سريع مع مبدل طريق. المشروع المدروس هو جزء من مشروع منفذ مدينة غزوات -ولاية تلمسان- لربط الميناء بالطريق السريع شرق غرب على مسافة اجمالية تقدر ب 50 كم. يتعلق الجزء الذي تم دراسته بالجزء الرابط بين الطريق الوطني رقم 99 وطريق الوطني رقم 98 بمسافة تقدر ب 9.250 كم ولتصميم الطريق سريع قمنا باتباع واحترام جميع توصيات , B40, ICTTAL. تم تحديد الخصائص المختلفة لقسم الطريق السريع المدروس وفقاً لمتوسط حركة المرور اليومية TJMA تم اختيار مخطط المشروع وفقاً للعقبات والعراقيل الموجودة في الممر المحدد مسبقاً في دراسة التصميم التفصيلي. قمنا بإنشاء المقاطع الطولية والمقاطع العرضية باستخدام برامج Auto CAD و Google Earth و Civil 3D وقمنا باقتراح مبدل الطريق من نوع trompette على مستوى النقطة الكيلوميتريّة 14+900 مما يجعل بالإمكان توصيل المنفذ الجديد بالطريق الوطني 99.

الكلمات المفتاحية.: الطريق سريع، CIVIL 3D, B40, ICTAAL

Abréviations

ADA : Algérienne des autoroutes.

SAETI : Société Algérienne d'étude d'infrastructures.

FHCC: First Highway Consultants Company (Société chinoises).

RN : Route nationale.

DR : c'est alignement

ARC : la courbe

CLO : clothoïde

XET Y : c'est la position de pk

Table des Matières

Table des Matières	i
Liste des Tableaux.....	v
Liste des Figures.....	vii
INTRODUCTION GENERALE	viii
Chapitre 1 : PRÉSENTATION DU PROJET	1
1.1 Introduction	1
1.2 Présentation de la wilaya de Tlemcen.....	1
1.2.1 Situation géographique.....	1
1.2.2 Aspect administratif.....	2
1.2.3 Démographie :	2
1.2.4 Infrastructures et transport de base Réseaux routiers :	3
1.3 Présentation du projet :	3
1.3.1 Contexte du projet :	3
1.3.2 Localisation géographique du projet.....	4
1.3.3 Zone d'influence du projet	4
1.4 Collecte des données	6
1.4.1 Relief	6
1.4.2 Étude géologique et hydrogéologique	7
1.4.3 Géologie et tectonique :	7
1.4.4 Contraintes géotechniques :	7
1.4.5 Les données climatiques :	8
1.5 Conclusion.....	8
Chapitre 2 : ETUDE DU TRAFIC ET DE CAPACITE.....	9
2.1 Introduction :	9
2.2 L'analyse des trafics existants :	9
2.3 La mesure des trafics :	9
2.3.1 Les comptages :	10
2.3.2 Les enquêtes origine destination :	10
2.4 Différents types de trafics :	12
2.4.1 Trafic normal :	12
2.4.2 Trafic dévié :	12
2.4.3 Trafic induit :	12
2.4.4 Trafic total :	12
2.5 Modèles de présentation du trafic :	13
2.5.1 Prolongation de l'évolution passée :	13
2.5.2 Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :	13
2.5.3 Modèle gravitaire :	14
2.5.4 Modèle de facteurs croissance :	14
2.6 Calcul de la capacité :	14
2.6.1 Définition de la capacité :	14
2.6.2 Calcul du trafic journalier moyen annuel (TJMA) horizon :	14
2.6.3 Calcul des trafics effectifs :	15
2.6.4 Débit de pointe horaire normal :	15
2.6.5 Débit horaire admissible :	16
2.6.6 Calcul du nombre des voies :	17

Table des Matières

2.7	Application au projet :.....	17
2.7.1	Données de trafic :.....	17
2.7.2	Projection future du projet :.....	18
2.7.3	Calcul du trafic effectif :.....	18
2.7.4	Débit admissible :.....	18
2.8	CONCLUSION :.....	19
Chapitre 3 : ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE DE TRACE		20
3.1	Introduction	20
3.2	Choix de la catégorie norme ICTAAL :.....	20
3.3	Tracé en Plan.....	21
3.3.1	Définition le tracé en Plan :.....	21
3.3.2	Règles à respecter dans le tracé en plan :.....	21
3.3.3	Les éléments du tracé en plan :.....	22
3.3.4	Les raccordements progressifs (CLOTHOIDE) :.....	26
3.3.5	Combinaison des éléments de tracé en plan :.....	28
3.3.6	Paramètres fondamentaux :.....	29
3.3.7	Etude du tracé :.....	29
3.4	PROFIL EN LONG :.....	37
3.4.1	Définition :.....	37
3.4.2	Règles à respecter dans le tracé du profil en long :.....	37
3.4.3	Les éléments de composition du profil en long :.....	38
3.4.4	Raccordements en profil en long :.....	38
3.4.5	Donnée de notre projet.....	42
3.5	PROFIL EN TRAVERS.....	48
3.5.1	Introduction :.....	48
3.5.2	Éléments du profil en travers :.....	48
3.5.3	Classification du profil en travers :.....	49
3.5.4	Profil en travers type de notre projet :.....	51
3.5.5	Profil en travers de la section courante de notre projet :.....	54
3.6	Cubature :.....	58
3.6.1	Introduction.....	58
3.6.2	Définitions :.....	58
3.6.3	Méthodes de calcul des cubatures :.....	58
3.7	Dimensionnement du corps de chaussée	60
3.7.1	Définition de la chaussée	60
3.7.2	Les différents types de chaussée	62
3.7.3	Les différents facteurs pour les études de dimensionnement :.....	63
3.7.4	Dimensionnement de la chaussée	64
3.8	Assainissement	65
3.8.1	Introduction.....	65
3.8.2	Objectif de l'assainissement	65
3.8.3	Type des dégradations :.....	65
3.8.4	Type des canalisations :.....	66
3.8.5	Drainage des eaux souterraines :.....	66
3.8.6	Assainissement de la chaussée :.....	67
3.8.7	Principes du choix des ouvrages transversaux.....	68
3.8.8	Les facteurs influençant le choix de l'ouvrage sont :.....	69
3.8.9	Conclusion	70
Chapitre 4 : ÉTUDE DE L'ÉCHANGEUR.....		71
4.1	Introduction :.....	71
4.2	Définition et rôle d'un échangeur :.....	71
4.2.1	Définition :.....	71
4.2.2	Rôle d'un échangeur :.....	72
4.3	Différents types d'échangeurs :.....	72

Table des Matières

4.3.1	Échangeur majeur :.....	72
4.3.2	Échangeur mineur :.....	73
4.4	Caractéristiques géométriques des échangeurs :.....	74
4.4.1	Pont :.....	75
4.4.2	Carrefour plan :.....	75
4.5	Conditions d'implantation d'un échangeur :.....	76
4.6	Choix de l'échangeur :.....	76
4.7	Choix du type d'échangeur de notre projet :	77
4.8	Conclusion.....	79
	Conclusion générale.....	80
	Bibliographie	81
	Annexe.....	82

Liste des Tableaux

TABLEAU 1: RESEAUX ROUTIERS DANS LA WILAYA DE TLEMCCEN [1]	3
TABLEAU 2: LES DONNEES CLIMATIQUES DE LA WILAYA DE TLEMCCEN EN 2016 [1]	8
TABLEAU 3 : COEFFICIENT D'EQUIVALENCE (P) POUR LES POIDS LOURDS NORMES B40[4]	15
TABLEAU 4 : VALEUR DE K1 (NORMES B40)[4]	16
TABLEAU 5 : VALEUR DE K2 (NORMES B40)[4]	16
TABLEAU 6 : CAPACITE DES ROUTES EN UVP/H-NORMES B 30 [5]	16
TABLEAU 7 : VALEURS MINIMALES DES RAYONS DU TRACE EN PLAN DONNEES PAR ICTAAL[6]	29
TABLEAU 8 : LA POSITION DES OUVRAGE	33
TABLEAU 9: LISTING DE LA GEOMETRIE DE L'AXE EN PLAN	36
TABLEAU 10 : PRINCIPALES DISTANCES DE VISIBILITE (M) ET VALEUR DE LA DECELERATION MOYENNE $\gamma(v)$ EN SITUATION DE FREINAGE D'URGENCE, SELON LA VITESSE DONNEE DES NORMES ICTAAL[6]	41
TABLEAU 11 : LISTING DU PROFIL EN LONG	43
TABLEAU 12: PROFIL EN TRAVERS TYPE DE NOTRE PROJET	51
TABLEAU 13 : VOLUME DES DEBLAIS ET REMBLAIS DU TRACE ADOPTE	59

Liste des Figures

FIGURE 1: CARTE DE LIMITES ADMINISTRATIVES (WILAYA DE TLEMCCEN)[2]	2
FIGURE 2: LOCALISATION DU PROJET[3].....	4
FIGURE 3 : DELIMITATION DE LA ZONE D'INFLUENCE [2]	5
FIGURE 4 : LES ELEMENTS DE LA TRACE EN PLAN [7]	22
FIGURE 5 : FORCE CENTRIFUGE.[7].....	24
FIGURE 6 : LES ELEMENTS DE LA CLOTHOÏDE [8]	28
FIGURE 7 : TRACER DE NOTRE PROJET	32
FIGURE 8 : PROFIL EN LONG [7]	38
FIGURE 9 : DISTANCE DE VISIBILITE LONGITUDINALE[7]	40
FIGURE 10 : VISIBILITE EN RACCORDEMENT CONCAVE[8]	41
FIGURE 11 : PROFIL EN LONG DU PK 11+600 AU PK 16+60.....	46
FIGURE 12 PROFIL EN LONG DU PK 16+605 AU PK 2	47
FIGURE 13 : LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS[9].....	49
FIGURE 14 : PROFIL EN TRAVERS TYPE DE NOTRE PROJET	53
FIGURE 15:PROFIL EN TRAVERS TYPE D'UN VIADUC	54
FIGURE 16 : PROFIL EN TRAVERS TYPE MIXTE.	55
FIGURE 17:PROFIL EN TRAVERS TYPE EN REMBLAI	56
FIGURE 18 : PROFIL EN TRAVERS TYPE EN DEBLAI	57
FIGURE 19 : SURFACES-EN DEBLAI ET EN REMBLAI D'UN PROFIL EN TRAVERS[7].	59
FIGURE 20 : FORMATION D'UNE ORNIERE SOUS L'EFFET D'UNE CHARGE SE DEPLAÇANT SUR UN SOL[10].....	60
FIGURE 21 : LES COUCHES DE LA CHAUSSEE [11]	61
FIGURE 22 : LES DIFFERENTS TYPES DE LA CHAUSSEE[7].....	63
FIGURE 23. DIMENSIONNEMENT DES COUCHES DE CORPS DE CHAUSSEE	64
FIGURE 24 : L'EMPLACEMENT DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT[10]	68
FIGURE 25 : COUPE TRANSVERSAL DE FOSSE	69
FIGURE 26: LES FOSSES UN COURS D'ACHEVEMENT	70
FIGURE 27 : ÉCHANGEUR AUTOROUTIER EN TREFLE COMPLET[12].....	73
FIGURE 28 : ÉCHANGEUR AUTOROUTIER LOSANGE[13]	74
FIGURE 29 : ÉCHANGEUR AUTOROUTIER EN DEMI-TREFLE.[13].....	74
FIGURE 30 : VUE EN PLAN D'ÉCHANGEUR DE NOTRE PROJET.	77

INTRODUCTION GENERALE

Le projet de la liaison autoroutière reliant le port de Ghazaouet à l'autoroute Est-Ouest, toujours en cours de réalisation, fait partie des onze liaisons autoroutières dont sept relient des ports (Skikda, Djendjen, Bejaia, Tenes, Mostaganem, Oran et Ghazaouet) gérées et exploitées par l'Algérienne des Autoroutes (ADA). Cette liaison autoroutière aura un grand impact dans le développement de toute la région puisque qu'elle va relier le port de Ghazaouet jusqu'à la localité de Hammam Boughrara, sur un linéaire total de 50 Km.

Le projet de la pénétrante de Ghazaouet est divisé en trois tranches : du PK 0+000 au PK 11+600 et du PK 11+600 au PK 21+250 et PK 21+250 au PK 50+068. L'objectif de ce travail consiste à étudier le tronçon autoroutier reliant la RN99 à la RN 98, soit du PK 11+600 au PK 21+650. La conception du tracé autoroutier a été basé sur les normes et réglementations algériennes et internationales en vigueur, à savoir l'ICTAAL et le B40. Les différentes caractéristiques du tronçon autoroutier étudié (nombre de voies, type d'échanges et aussi le dimensionnement de la chaussée) ont été déterminées en fonction du trafic journalier moyen annuel (TJMA) calculé avec la méthode de « Prolongation de l'évolution passée ». Le tracé en plan du projet a été créé en fonction des contraintes existantes sur le couloir prédéfini dans l'étude APD, à savoir « des conduites de gaz, chemins de wilaya, chemins rural, zones urbaines...etc. ». Le profil en long et les profils en travers ont été générés en utilisant les logiciels Auto CAD, civil 3D et Google Earth. Par ailleurs, la conception d'un échangeur de type trompette au niveau du PK14+900, reliant la RN99 et la nouvelle pénétrante autoroutière, a été également réalisée dans le cadre de ce mémoire.

Chapitre 1 : PRÉSENTATION DU PROJET

1.1 Introduction

Le projet de la liaison autoroutière reliant le port de Ghazaouet et l'autoroute Est-Ouest, toujours en cours de réalisation, fait partie des onze liaisons autoroutières dont sept relient des ports (Skikda, Djendjen, Bejaia, Tenes, Mostaganem, Oran et Ghazaouet) gérés et exploités par l'Algérienne des Autoroutes (ADA). Cette liaison autoroutière aura un grand impact dans le développement de toute la région puisque qu'elle va relier le port de Ghazaouet jusqu'à la localité de Hammam Bouhrara, sur un linéaire total de 50 Km qui est divisé en trois tranches; du PK 0+000 au PK 11+600 et du PK 11+600 au PK 21+250 et du PK 21+250 au PK 50+068.

1.2 Présentation de la wilaya de Tlemcen

1.2.1 Situation géographique

La wilaya se situe à l'extrémité nord-ouest du pays et occupe l'Oranie occidentale, elle s'étend du littoral au Nord à la steppe au Sud. Elle est délimitée :

- Au nord, par la Méditerranée ;
- À l'ouest, par le Maroc;
- Au sud, par la wilaya de Naâma ;
- à l'est, par les wilayas de Sidi Bel Abbes et Aïn Témouchent;

1.2.2 Aspect administratif

La wilaya de Tlemcen est composée de 20 Dairas réparties en 53 communes. Les plus importantes sont justement situées dans la zone d'influence du présent projet, à savoir : Ghazaouet, Hennaya, Fellaoucène et Nedroma. [1]

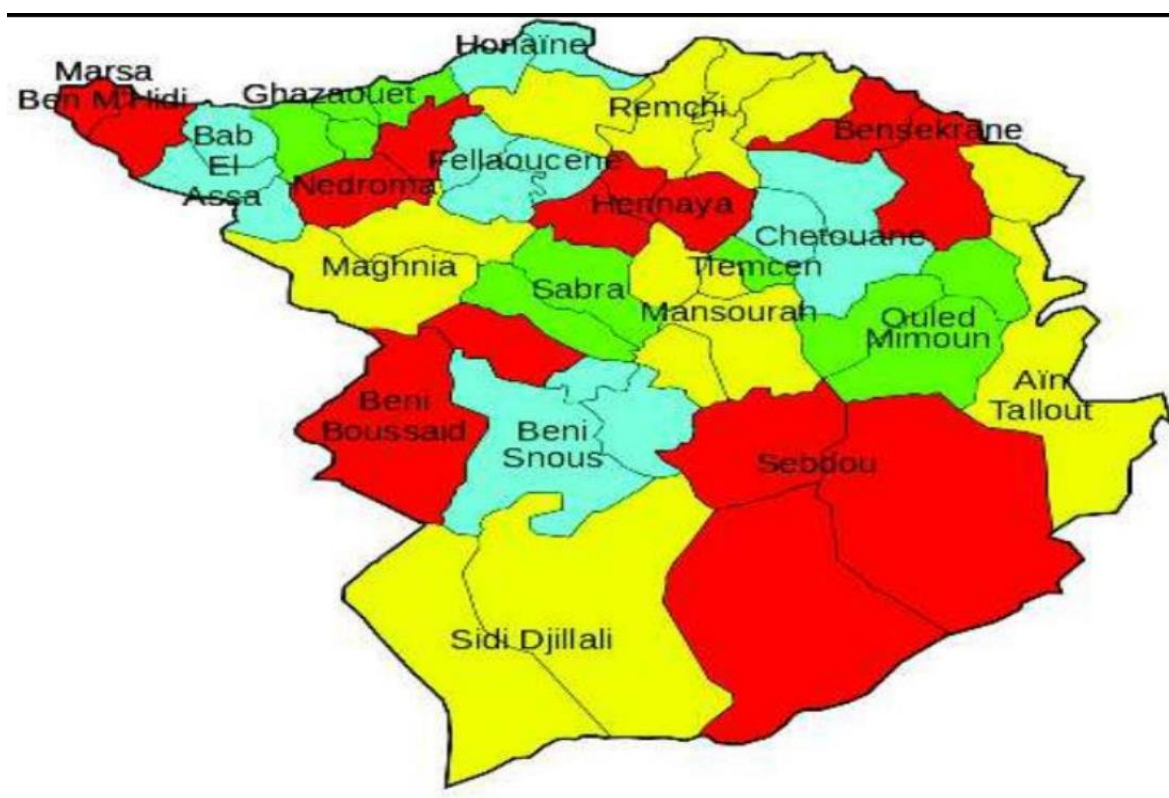


Figure 1: Carte de limites administratives (wilaya de Tlemcen)[2]

1.2.3 Démographie :

En 2008 la population de la wilaya de Tlemcen était de 949 135 habitants[1]

1.2.4 Infrastructures et transport de base Réseaux routiers :

La wilaya de Tlemcen compte 4 188 km de routes, réparties comme suit :

Désignation	KM
Autoroute Est-Ouest	100
Route Nationales	764
Chemins de Wilaya	1190
Chemins communaux	2134

Tableau 1: Réseaux routiers dans la wilaya de Tlemcen [1]

1.3 Présentation du projet :

1.3.1 Contexte du projet :

Tout d'abord, dans le cadre de la réalisation de la nouvelle liaison autoroutière reliant le Port de Ghazaouet à l'autoroute Est-Ouest plus précisément au niveau de la région de Hammam Bougrara, la direction des travaux publics de la wilaya de Tlemcen, a confié au bureau d'étude SAETI l'élaboration d'une étude APD de cette liaison. L'objectif recherché était d'améliorer les conditions du transport des marchandises du port ainsi que stimuler l'activité économique des villes et villages traversés par ledit projet.

Ensuite, l'Algérienne Des Autoroutes, a confié au bureau d'étude chinois FHCC l'optimisation de cette étude en trois tranches ; du PK 0+000 au PK 11+600 et du PK 11+600 au PK 21+250 et PK 21+250 au PK 50+068.

L'objectif principal de ce PFE est de faire une étude d'un tronçon autoroutier de ce projet. Le tronçon choisi relie la RN 99 à la RN98, et plus précisément du PK 11+600 au PK 21+250, soit un linéaire total de 9.650 km.

1.3.2 Localisation géographique du projet

Notre tronçon est la clôture du projet global de la liaison autoroutière il se trouve Parallèle au village du Nedroma.



Figure 2: Localisation du projet[3]

1.3.3 Zone d'influence du projet

La zone d'influence du Projet (ZIP) regroupe le territoire géographique délimité par les infrastructures routières fonctionnelles, elle s'étend aux wilayas avoisinant la wilaya de Tlemcen à proximité de la connexion avec l'autoroute Est-Ouest.

Dans la zone d'influence du projet, la RN 98 est le principal axe routier est-ouest qui relie Tlemcen à Ghazaouet. Entre Ghazaouet jusqu'à Hennaya, la RN 98 affiche une longueur de 59,2 km.

Les traversées d'agglomérations sont nombreuses, de l'est à l'ouest, les plus importantes sont : Ghazaouet, Hennaya, Nedroma, Fellaoucène. La RN 98 traverse notamment les localités suivantes :

Sidi Amar.

- Dar Bentata.
- Boukio
- Zenata.
- Hennaya.

Ces traversées d'agglomérations influent sur les temps de parcours, la sécurité et les nuisances de circulation en ville.

La zone d'influence du projet est traversée verticalement par des routes nationales telles que :

- RN 7AA : relie Ghazaouet à Maghnia (AEO), en passant par Souhlia.
- RN 35 : relie Remchi à l'Autoroute Est-Ouest.
- RN 99 : relie Ghazaouet à Maghnia, en passant par Nedroma.

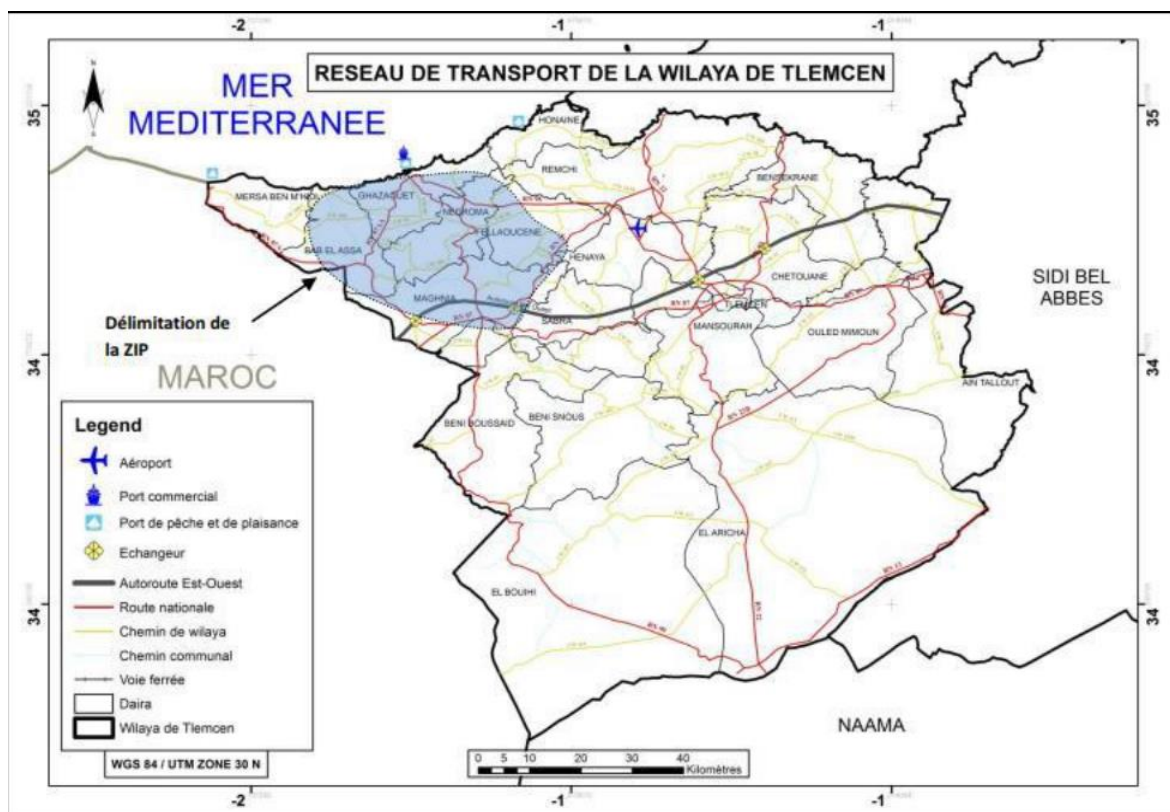


Figure 3 : délimitation de la zone d'influence [2]

1.4 Collecte des données

1.4.1 Relief

De par sa situation géographique, la wilaya de Tlemcen présente de grandes unités des paysages. Elle est composée :

Au nord-ouest, par une zone des Traras, constituée par une chaîne côtière de montagnes très peuplées. Les forêts sont rares et des reboisements occupent la partie centrale autour du mont Fillaoucène.

À l'est de la Tafna après son confluent avec l'Isser se trouvent les monts de Sebaa Chioukh, régions des collines cultivées à faible densité de population.

Le centre de la wilaya est occupé d'est en ouest par une zone montagneuse boisée : les monts de Tlemcen, ces montagnes constituent à la fois une réserve forestière relativement importante avec des forêts de chêne-liège, de chêne zens, de pin d'Alep et de châtaignier d'eau de l'Algérie occidentale grâce à son sous-sol constitué de grès et de dolomies calcaires.

Cette zone montagneuse et forestière représente avec ses vallées et des dépressions 28 % de la superficie de la wilaya.

Entre ces deux massifs montagneux s'étend d'ouest en est une succession de plaines et de plateaux drainés par des cours d'eau importants prenant naissance pour la plupart dans les monts de Tlemcen.

À l'ouest, la plaine de Maghnia est bordée au nord par Oued Mouilah. Constituée en majorité de bons sols, cette plaine de faible altitude (400 m) protégée de l'influence marine par les Traras bénéficie d'un climat continental aride (pluviométrie inférieure à 400 mm), mais elle dispose d'une nappe importante.

À l'est de cette plaine, une série de plateaux s'étageant entre 400 et 800 m d'altitude bordée au Nord-Ouest par la vallée de la Tafna et au Nord-Est par la vallée d'Isser et découpés par les affluents de la rive droite de la Tafna (Oued Zitoun, Oued Atchane, Oued Bou Messaoud), et de la rive gauche de l'Isser (Oued Chouly, Oued SafSaf, Oued Sekkak, Oued Amieur), et descendant tous les monts de Tlemcen.

Ces plateaux de moins en moins arides d'ouest en est et ces vallées ont fourni à la wilaya de Tlemcen sa réputation de wilaya agricole.

Enfin, au sud, une zone steppique, géographiquement rattachée aux hautes plaines occidentales. [1]

1.4.2 Étude géologique et hydrogéologique

La liaison autoroutière entre le port de Ghazaouet et l'autoroute Est-Ouest sera réalisée sur un linéaire de 50 km.

Le couloir du projet est d'orientation NNW-SSE, il prend son origine dans la baie de Ghazaouet, jusqu'à Hammam Bouhrara en bordure de l'oued Tafna ; en passant par Nedroma où il amorce les monts des Traras.

1.4.3 Géologie et tectonique :

Dans le projet global sur le plan géologique, on y trouve des formations aussi bien meubles que rocheuses :

Des alluvions quaternaires au niveau des plaines alluviales de Ghazaouet, de la vallée, de Nedroma et de la plaine de Maghnia.

Des dolomies et calcaires ; des grés, argiles et marnes calcaires du secondaire, qui forment les massifs des Taras, ainsi que les marnes miocènes au voisinage de Hammam Bouhrara. Des granites à l'exemple du massif granitique de Nedroma. Des roches volcaniques (basaltes, rhyolites), recoupant les formations Moi-Pliocènes. Dans notre tronçon on a un relief montagneux à une déclivité moyenne, avec des sols hétérogènes alternants les sols à encroutements calcaires caillouteux avec des sols rouges plus profonds. Le plan tectonique de la région est affecté par de grandes failles normales, dont le rejet vertical peut dépasser les 500 m. [1]

1.4.4 Contraintes géotechniques :

- Les contraintes géotechniques sont :

- Présence de reliefs montagneux.
- Problème d'inondation (passage de zones de reliefs aux zones de plaines).
- Présence de formations rocheuses (recours probable à l'explosif).
- Problème de stabilité (glissement en présence de terrains marneux).
- Présence de formations rocheuses fissurées.

1.4.5 Les données climatiques :

Le dimensionnement d'un corps de chaussée s'effectue avec une température équivalente de la région, c'est-à-dire la variation de température de cette région sur plusieurs cycles d'années.

Mois	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	jui.	août	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale moyenne (°C)	5	7	8	10	12	16	19	20	18	13	10	7	12
Température moyenne (°C)	10	12	13	15	18	22	25	26	24	19	15	12	17
Température maximale moyenne (°C)	15	16	18	20	23	27	31	32	30	24	20	16	23
Précipitations (mm)	62	52	59	55	38	11	2	5	23	41	61	45	454

Tableau 2: les données climatiques de la wilaya de Tlemcen en 2016 [1]

1.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la wilaya de Tlemcen et le contexte dans lequel s'inscrit le projet. Nous avons aussi, présenté les données collectées nécessaire à la réalisation d'un tronçon autoroutier, à savoir, les données liées à la géologie du terrain, l'hydrologie, les données climatiques ainsi que les contraintes géotechniques.

L'étude du trafic est une autre étape nécessaire pour notre étude, et que nous allons présenter dans le chapitre qui suit.

Chapitre 2 : ETUDE DU TRAFIC ET DE CAPACITE

2.1 Introduction :

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport. Pour le projet de la pénétrante autoroutière de Ghazaouet, l'étude du trafic a été confiée au bureau d'étude « Ingénieurs Conseils Associés » et a été réalisé pendant la période allant du 13 au 23 avril 2015.

Dans ce chapitre nous allons exploiter les données recueillies par cette étude, notamment dans l'estimation du nombre de voies en se basant sur la méthode « prolongation de l'évolution passée ».

2.2 L'analyse des trafics existants :

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

2.3 La mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

- **Les comptages** : permettent de quantifier le trafic.
- **Les enquêtes** : permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs.

2.3.1 Les comptages :

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage

- Les comptages manuels.
- Les comptages automatiques.

a. Les comptages manuels

Ils sont réalisés par les enquêteurs qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en commun, Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).

b. Les comptages automatiques

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires :

- **Les comptages permanents** : sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.
- **Le comptage temporaire** : s'effectue une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

2.3.2 Les enquêtes origine destination :

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en fonction du besoin, à diverse méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier) on parle d'enquête cordon.

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination.

Il existe plusieurs types d'enquêtes :

a. Les enquêtes papillons ou distributions de cartes

Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes entrées et sorties, un agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou on distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

- **Les avantages de la méthode :** sont la rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit.
- **Les inconvénients de la méthode :** c'est que l'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

b. Relevé des plaques minéralogiques

On relève, par enregistrement sur un magnétophone, en différents points (à choisir avec soin) du réseau, les numéros minéralogiques des véhicules ou au moins une (de l'ordre de quatre chiffres ou lettres). La comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux.

Cette méthode permet d'avoir des résultats sans aucune gêne de la circulation, par contre, le relevé des numéros est sujet à un risque d'erreur non négligeable.

Les inconvénients sont :

- Le manque d'exhaustivité (on ne peut identifier la totalité des véhicules).
- Les erreurs de lecture fréquentes qui faussent partiellement les résultats.
- Un dépouillement fastidieux.

c. Interview des conducteurs

Cette méthode est lourde et coûteuse mais donne des renseignements précis, on arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en différents points du réseau on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peines d'irriter l'utilisateur) l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées :(origine, motif, fréquence et durée, trajet utilisé).

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relever directement telles que le type de véhicule.

d. Les enquêteurs à domicile - enquête ménage

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'un interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et obtenir de nombreux renseignements. En général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération.

2.4 Différents types de trafics :

2.4.1 Trafic normal :

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en compte le nouveau projet.

2.4.2 Trafic dévié :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. En d'autres termes la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différentes routes qui atteignent le même point.

2.4.3 Trafic induit :

C'est le trafic qui résulte de déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations. Le trafic induit prend en considération, également, l'augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

2.4.4 Trafic total :

C'est le trafic total sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

2.5 Modèles de présentation du trafic :

La première étape de ce type d'étude est le recensement du trafic existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaine.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

- Prolongation de l'évolution passée.
- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance.

2.5.1 Prolongation de l'évolution passée :

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance de type exponentiel.

Le trafic T_n à l'année n sera $T_n = T_0(1 + \tau)^n$

Où T_0 : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.

τ : est le taux de croissance

2.5.2 Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

- Produit national brut (PNB).
- Produits des carburants, d'autre part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort du cadre de notre étude.

2.5.3 Modèle gravitaire :

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection.

2.5.4 Modèle de facteurs croissance :

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine – destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- Taux de motorisation des véhicules légers et leur utilisation.
- Nombre d'emploi.
- Population de la zone

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

2.6 Calcul de la capacité :

2.6.1 Définition de la capacité :

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

2.6.2 Calcul du trafic journalier moyen annuel (TJMA) horizon :

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$TJMA_h = TJMA_0(1 + \tau)^n$$

- $TJMA_h$: Trafic à l'année horizon.
- $TJMA_0$: Trafic à l'année de référence.
- n : Nombre d'année.
- τ : Taux d'accroissement du trafic (%).

2.6.3 Calcul des trafics effectifs :

C'est le trafic traduit en unité de véhicule particulier (U.V.P) en fonction de :

Type de route et de l'environnement :

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL (Poids lourds) en (U.V.P). Le trafic effectif est donné par la relation :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ].TJMA_h$$

- T_{eff} : Trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)
- Z : Pourcentage de poids lourds (%).
- P : Coefficient d'équivalence pour les poids lourds, il dépend de la nature de la route (nombre de voies et de l'environnement).

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Environnement Route	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

Tableau 3 : coefficient d'équivalence (p) pour les poids lourds normes B40[4]

2.6.4 Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est exprimé en unité de véhicule particulier (UVP) et donné par la formule suivante :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right).T_{eff}$$

- Q : Débit de pointe horaire
- n : nombre d'heure,
- T_{eff} Trafic effectif.

2.6.5 Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule :

$$Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th}$$

Avec :

- K_1 : Coefficient lié à l’environnement.
- K_2 : Coefficient de réduction de capacité.
- C_{th} : Capacité théorique.

Environnement	E_1	E_2	E_2
k_1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau 4 : Valeur de k_1 (normes B40)[4]

Environnement	Cat 1	Cat 1	Cat 1	Cat 1	Cat 1
E1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau 5 : Valeur de K_2 (normes B40)[4]

Type de chaussée	Nombre de voies	Largeur chaussée(m)	Largeur des accotements (m)						
			1.8 et+	1.5	1.2	0.90	0.6	0.3	0
Chaussée unique (bidirectionnelle)	2	4	1100	1070	1030	*	*	*	*
		5	1300	1270	1220	1170	1110	*	*
		6	1600	1560	1500	1440	1360	1280	1220
		7	2000	1950	1880	1790	1700	1610	1520
		8	2270	2220	2140	2040	1930	1820	1730
	3	9	2600	2540	2440	2330	2210	2090	1980
		10.5	3200	3120	3010	2870	2710	2570	2430
	4	12	4540	4490	4450	4400	4320	4190	4000
14		5100	5050	5000	4940	4840	4700	4490	
Chaussées séparées (unidirectionnelle)	4	12	4910	4880	4860	4830	4760	4630	4420
		14	5400	5370	5350	5310	5240	5100	4860
	6	18	6750	6710	6690	6640	6550	6370	6080
		21	8100	8050	8020	7960	7860	7640	7290

Tableau 6 : capacité des routes en UVP/H-Normes B 30 [5]

2.6.6 Calcul du nombre des voies :

Cas D'une Chaussée Bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} et on prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \leq Q$

Cas D'une Chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

Avec :

- S : coefficient de dissymétrie en général égal à $2/3$.
- Q_{adm} : débit admissible par voie.

2.7 Application au projet :

Nous utilisons la première méthode, c'est à dire la méthode « prolongation de l'évolution passée » étant donné la nature de notre étude et les données relatives à la zone concernée que nous avons pu recueillir.

2.7.1 Données de trafic :

Selon les résultats des comptages et de prévisions, effectués par le service spécialisé de l'Agence Nationale des Autoroutes (ANA), nous avons :

- Le trafic à l'année 2023 $TJMA_{2023} = 18\ 000$ (veh/j).
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 1,5\%$.
- La vitesse de base sur le tracé $VB = 110$ (Km/h).
- Le pourcentage de poids lourds $PL = 17\%$.
 - L'année de mise en service sera en. 2023
- La durée de vie estimée est de 20 ans.
- Environnement E1.
- Catégorie L1.
- Nombre des voies (6 voies).
- Pour les chaussées unidirectionnelles à trois voies, nous considérons 70 % du trafic lourd.

2.7.2 Projection future du projet :

L'année de mise en service (2023).

$$TJMA_h = TJMA_0(1 + \tau)^n$$

$$TJMA_{2043} = 1800(1 + 0.015)^{20}$$

$$TJMA_{2043} = 24244(\text{veh /j})$$

2.7.3 Calcul du trafic effectif :

$$T_{eff}(\text{uvp}) = [(1-0,17) + 2 \times 0,17] 24244$$

$$T_{eff} = 28366 \text{ uvp/h}$$

Débit de pointe horaire normale :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot T_{eff}$$

(1/n) : nombre d'heure en général [n = 8h ce qui donne (1/8=0.12)]

$$Q = 0.12 * 28366$$

Calcul débit de pointe horaire

$$Q_p = Q_0(1 + \tau)^n$$

$$Q_p = 2527(1 + 0.015)^{20}$$

$$Q_p = 3404 \text{ uvp/h}$$

2.7.4 Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :

$$Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C$$

- K1 : Coefficient correcteur pris égal à 0,75 pour E1.
- K2 : Coefficient correcteur pris égal à 1 pour environnement (E1) et Catégorie (L1).
- C : Capacité effective par voie

$$C = \frac{Q_{adm}}{K_1 \cdot K_2} \rightarrow C = \frac{3404}{0.75 \cdot 1}$$

$$C = 4538 \text{ uvp/h}$$

2.8 CONCLUSION :

Dans l'étude du trafic pour notre projet, une attention particulière doit être accordée au pourcentage du poids lourd à cause de l'activité dynamique du port de Ghazaouet et du pôle industriel dans la région.

D'après les calculs, le profil en travers de notre projet, selon l'étude de trafic, est composé de : (2×2) voies de 3m de largeur avec un accotement de 1.8m.

Il est important de souligner que le cahier des charges du projet imposait un profil en travers de 2x3 voies avec un accotement de 1.8m. Dans l'étude géométrique présenté dans le chapitre suivant, le profil en travers imposé par le cahier des charges sera adopté.

Chapitre 3 : ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE DE TRACE

3.1 Introduction

L'étude géométrique du tracé consiste à la réalisation des trois principales représentations graphiques de la route, à savoir : Le tracé en plan, Le profil en long. et Le profil en travers. Cette étude est réalisée à l'aide du logiciel CIVIL 3D selon les normes ICTAAL.

3.2 Choix de la catégorie norme ICTAAL :

Les autoroutes ou sections d'autoroute sont classées en deux catégories se distinguant par le niveau de leurs caractéristiques de tracé en plan et de profil en long. Le choix de la catégorie résulte de l'environnement (relief, occupation du sol...) dans lequel s'inscrit l'autoroute et doit être cohérent avec la perception qu'en aura l'utilisateur.

On distingue :

La catégorie L1, appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées ;

La catégorie L2 mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'il implique.

Ces catégories **L1** et **L2** sont respectivement appropriées à des vitesses maximales autorisées de 130 et 110 km/h.

Une section d'autoroute franchissant un site de relief particulièrement difficile est à considérer comme "hors catégorie" et bénéficie de règles particulières énoncées à des vitesses maximales autorisées de 90 km/h.

Des sections consécutives de catégories différentes doivent présenter une longueur d'au moins une dizaine de kilomètres. Le changement de catégorie intervient au niveau d'une modification nettement perceptible par l'utilisateur de l'environnement. Le respect des règles d'enchaînement des éléments du tracé doit permettre d'assurer de bonnes conditions de transition.[6]

3.3 Tracé en Plan

3.3.1 Définition le tracé en Plan :

Le tracé en plan est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontal. Il est constitué en général par une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif. Ce tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra déterminer les caractéristiques géométriques de la route.

Le tracé en plan d'une route doit permettre d'assurer un bon niveau de sécurité.

3.3.2 Règles à respecter dans le tracé en plan :

- Appliquer les recommandations du ICTAAL si possible.
- Éviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- Éviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Utiliser de grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- S'inscrire dans le couloir choisi.
- Éviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques.

- Il est recommandé que les alignements représentent 60% au plus de la longueur totale du trajet.
- En présence des lignes électriques aériennes, prévoir une hauteur minimale de 10m.

3.3.3 Les éléments du tracé en plan :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Des alignements droits.
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement progressives.



Figure 4 : Les éléments de la trace en plan [7]

1. Les alignements :

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{min} qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercle.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes sont raccordées par une courbe une C ou Ove.

- Longueur minimale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps T d'adaptation.

$$L_{min}=T \times V$$

Avec :

V : vitesse de véhicule

V_B : vitesse de base en(m/s) et $T = 5s$

$$\Rightarrow L_{\min} = 5 \times V \Rightarrow L_{\min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6}$$

➤ **Longueur maximale :**

Pour réduire les effets de la monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale L_{\max} d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes à la vitesse V (m/s)

D'après B40 on a :

$L_{\max} = T \times V$

Avec :

V : vitesse de véhicule et $T = 60s$

V_B : vitesse de base en(m/s)

$$L_{\max} = 60 \times V \Rightarrow L_{\max} = 5 \times \frac{V_B}{3.6}$$

La longueur des alignements dépend de :

- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

2. Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- La stabilité des véhicules.
- L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- La visibilité dans les tranchées en courbe.

2.1. Stabilité en courbe :

Le véhicule subit en courbe une instabilité sous l'effet de la force centrifuge. Afin de réduire cet effet, on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur pour éviter le

glissement des véhicules. Pour éviter les fortes inclinaisons, il est possible de faire recours à des rayons plus importants.

La nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) implique un rayon minimal.

Les rayons en plan dépendent des facteurs suivants :

- Force centrifuge **F_c**.
- Poids de véhicule **P**.
- Accélération de la pesanteur **G**.
- Dévers **d**.

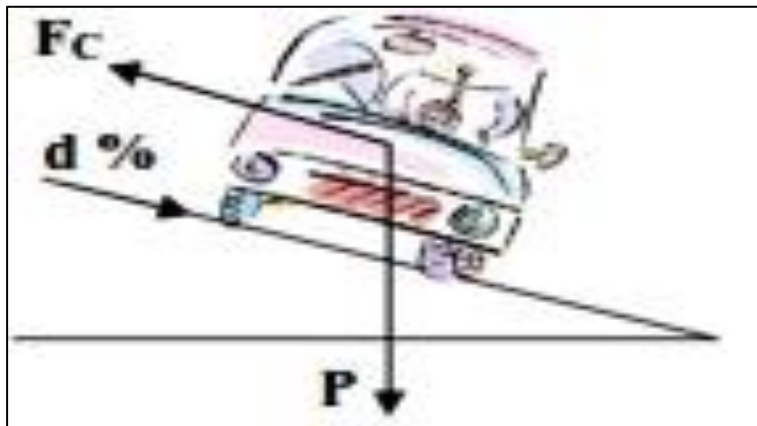


Figure 5 : Force centrifuge.[7]

2.2. Rayon horizontal minimal absolu (RHM)

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal :

$$RHm = \frac{Vr^2}{127(ft + dmax)}$$

Avec :

ft : coefficient de frottement transversal.

2.3. Rayon minimal normal (RHN)

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant V_B de 20km/h de rouler en toute sécurité.

$$RHn = \frac{(Vr + 20)}{127(ft + dmax)}$$

2.4. Rayon au dévers minimal (RHd)

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel la chaussée est déversée vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse VB serait équivalente à celle subite par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé

- $d_{min} = 2.5\%$ en catégorie 1 – 2
- $d_{min} = 3\%$ en catégorie 3 – 4

$$RHd = \frac{Vr^2}{(127 * 2 * d_{min})}$$

2.5. Rayon minimal non déversé (RHnd) :

C'est le rayon non déversé tel que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse VB une courbe de dévers égal à d_{min} vers l'extérieur reste inférieure à valeur limitée

$$RHd = \frac{Vr^2}{127 * 0.0035} \text{Catég 1-2}$$

$$RHd = \frac{Vr^2}{127 * (f' - d_{min})} \text{Catég 3-4-5}$$

Avec :

$$f' = 0.07 \text{ cat 3}$$

$$f' = 0.075 \text{ cat 4 -5}$$

2.6. Règles pour l'utilisation des rayons en plan

- Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant des valeurs de rayon \geq RHn que possible.
- Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $1/R$ arrondi à 0,5% près entre d_{max} et d (RHm)

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant

$$\text{Si : } RHm < R < RHnd = d_{max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) \frac{d_{max} - d_{RHn}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}}$$

$$\text{Si : } RHn < R < RHdd = d_{min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) \frac{d_{max} - d_{RHn}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}}$$

- Les rayons compris entre RHd et RHnd sont en dévers minimal d_{min} .

- Les rayons supérieurs à R_{Hnd} peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- Un rayon R_{Hm} doit être encadré par des R_{Hn} .

3.3.4 Les raccordements progressifs (CLOTHOÏDE) :

Un tracé rationnel de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle ; et entre eux des tronçons de raccordement de courbure progressive, passant de la courbure ($R = \infty$) à l'extrémité de l'alignement à la courbure $1/R$ au début du cercle du virage.

➤ Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

L'emploi du CR se justifie par les quatre conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

➤ Type de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, on a retenu les trois courbes suivantes :

a. Parabole cubique :

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteinte (Utilisée dans les tracés de chemin de fer).

b. Lemniscate :

Courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute ». Sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

c. Clothoïde :

La clothoïde est 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.

La courbure de la clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc ; parcourue à vitesse constante.

La clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

Expression mathématique de la clothoïde :

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L :

$$K = C \times L \text{ avec } K = \frac{1}{R} \rightarrow L \times R = \frac{1}{C}$$

Pour l'homogénéité de la formule :

On pose $\frac{1}{C} = A^2$

→ $L \times R = A^2$ Équation fondamentale en un point P considéré de la clothoïde avec :

R : rayon de courbure en ce point,

L : longueur le long de la courbe entre l'origine et P,

A : paramètre de clothoïde,

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.

Éléments géométriques de la clothoïde

De façon générale, on reporte à la figure tous les éléments de la clothoïde de raccordement

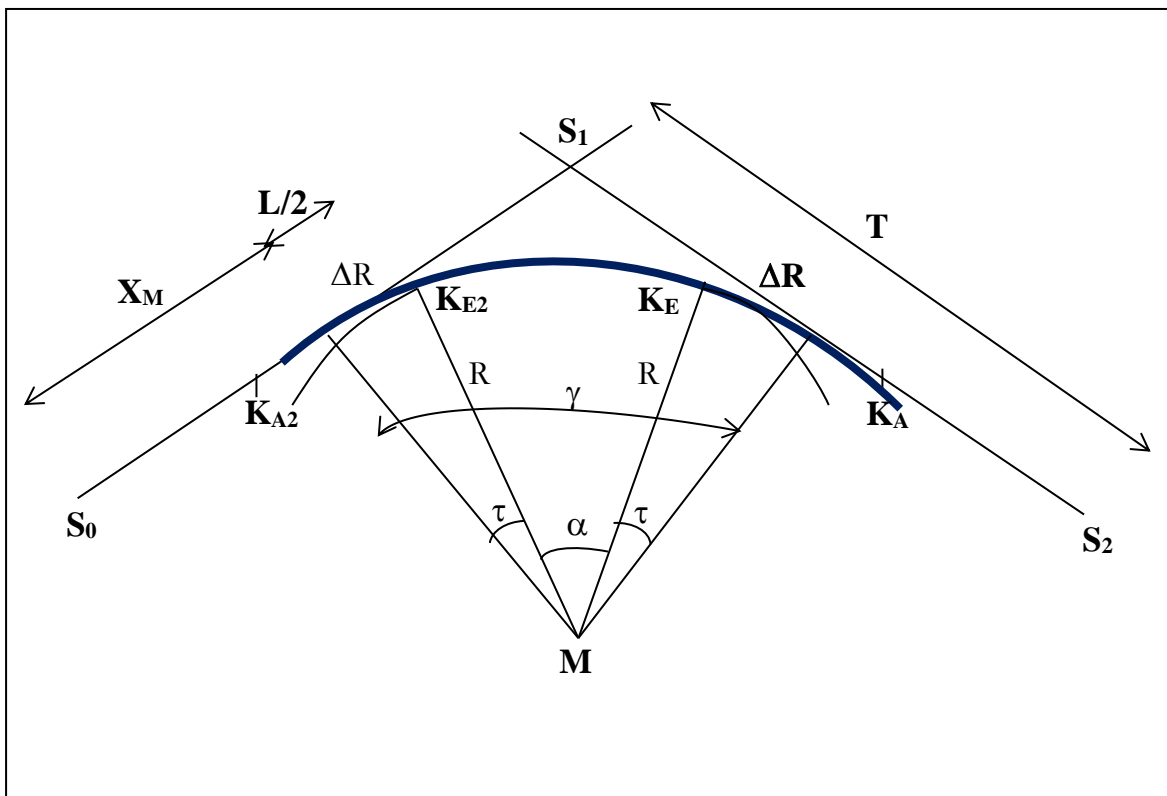


Figure 6 : Les éléments de La clothoïde [8]

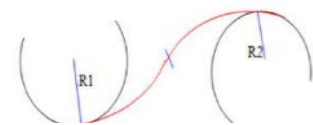
- ✓ **A** : Paramètre de la clothoïde
- ✓ **M** : Centre de cercle d'abscisse **Xm**.
- ✓ **R** : Rayon de cercle
- ✓ **K_A**: Origine de la clothoïde
- ✓ **K_E**: Extrémité de la clothoïde
- ✓ **L** : longueur de la branche de la clothoïde
- ✓ **ΔR**: Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)
- ✓ **Xm**: Abscisse du centre du cercle **M** à partir de **KA**.
- ✓ **T**: Angle des tangentes
- ✓ **X** : Abscisse de **KE**
- ✓ **Y** : Origine de **KE**
- ✓ **T_K**: tangente courte
- ✓ **T_L**: tangente longue
- ✓ **S_L**: Corde (KA – KE)
- ✓ **ϕ**: Angle polaire (angle de corde avec la tangente)

3.3.5 Combinaison des éléments de tracé en plan :

La combinaison des éléments de tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

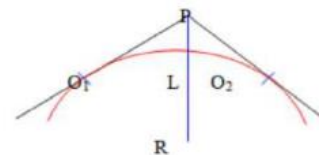
1. Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle



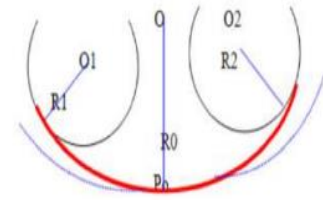
2. Courbe à sommet :

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



3. Courbe en C :

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



4. Ove :

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



3.3.6 Paramètres fondamentaux :

Catégorie	L1 (130km/h)	L2 (110km/h)	L2rd (90km/h)
Rayon minimal (Rm)	600 m	400 m	240 m
Rayon minimal non déversé (Rnd)	1000 m	650 m	650 m

Tableau 7 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan données par ICTAAL[6]

3.3.7 Etude du tracé :

L'étude du tracé a été réalisée avec le logiciel Civil 3D. Nous avons réalisé une variante de tracé en plan en respectant les normes en vigueur.

3.3.7.1 Présentation du logiciel Civil 3D :

Pour ce qui est de la conception géométrique, on a opté pour AUTOCAD CIVIL 3D, un logiciel plus innovant avec des fonctionnalités très développées permettant une meilleure maîtrise de chaque élément constituant le projet. Parmi nos motivations pour ce choix on peut citer :

- **Gain de temps :** prise en charge du projet du début jusqu'à la fin sans avoir besoin de basculer d'un logiciel à un autre.

- **Un espace de travail riche** : en plus des outils de dessin Auto Cad, Civil 3D contient des palettes spécifiques au projet routier « axe, profil en long, profil en travers, bassins versants, talus, conduites...etc.).
- **Maitrise du projet** : les normes et/ou les recommandations de conception, telle que « ICTAAL », sont intégrées dans le logiciel de calcul ; ce dernier inspecte et signale chaque erreur de conception, permettant ainsi l'obtention d'un projet avec toutes les commodités en termes de distance de visibilité, de rayon et dévers associé ...etc.
- **Possibilité de correction** : à tout moment et à n'importe quel niveau, l'ingénieur concepteur peut agir et corriger les erreurs ; les changements seront pris en considération dans l'ensemble du projet.
- **Esthétique** : possibilité de personnalisation de chaque élément du dossier technique.
- **Vue 3D** : une simulation de conduite réaliste permettant de se renseigner sur l'allure du projet en termes de courbure, de déclivité et de visibilité.
- **Possibilité d'inscrire le projet dans son environnement** : avec une extension Google-earth intégrée dans Auto Cad civil 3D ; le concepteur peut se renseigner fidèlement sur le projet en l'exportant vers Google-earth et l'inscrire dans son environnement.



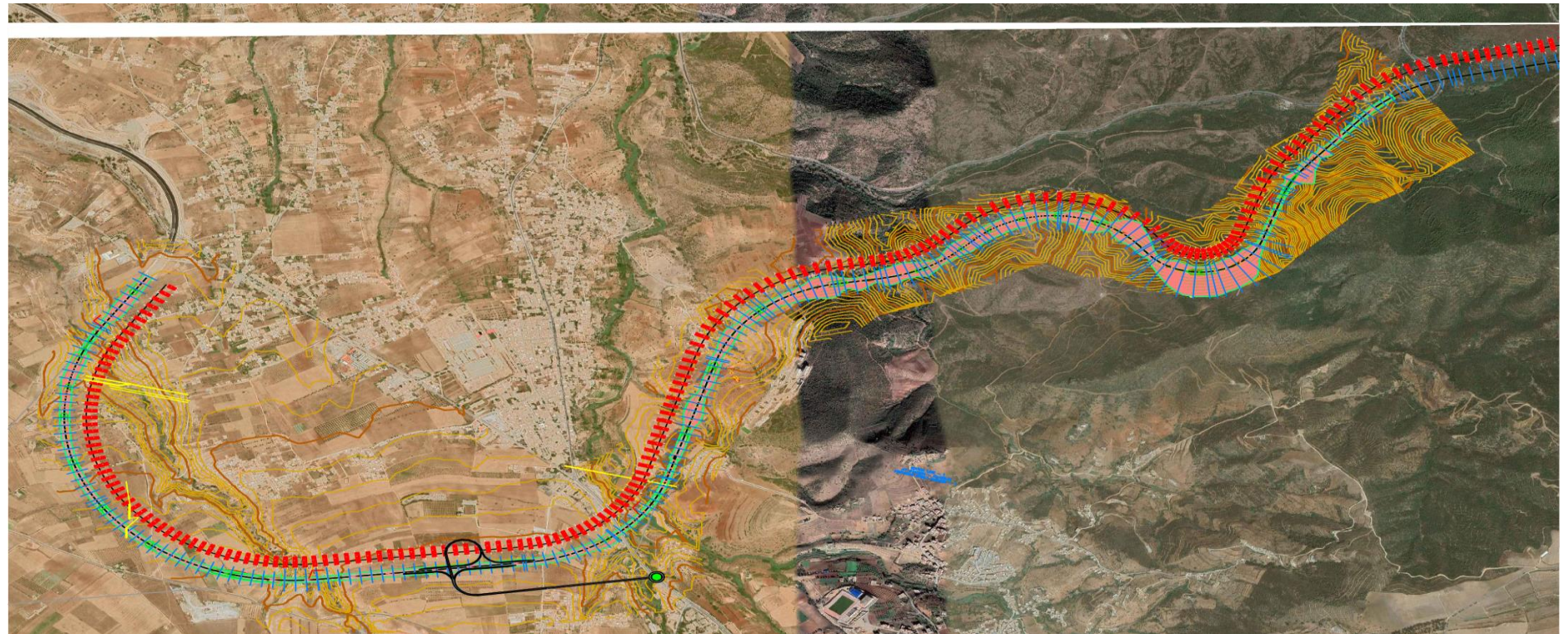


Figure 7 : tracer de notre projet

Le choix de la variante :

Le choix de la variante du tracé en plan a été dicté principalement par la nature du terrain très accidenté et par les contraintes existantes à savoir les habitations et les contraintes liées au déplacement des réseaux. Ajoutez à cela les impératives techniques liées aux recommandations ICTAAL en termes de distance de visibilité et de vitesse de référence notamment pour la valeur de la déclivité maximale.

Il nous a fallu faire plusieurs optimisations et compromis pour aboutir à un tracé qui soit élégant avec un maximum de confort pour l'utilisateur.

Dans notre cas, La catégorie du tronçon selon l'ICTAAL est (L1 ou L2). Le rayon maximal en angle saillant que nous avons utilisé est de 6000m et le rayon minimal en angle rentrant est de 3000m

Notons que dans notre tracé, il était nécessaire d'implanter cinq ouvrages d'arts (Viaducs) pour le franchissement d'obstacles naturels (oued, vallée) mentionnés dans le tableau ci-dessus.

N	Type de ouvrages	PK	Nombre des pilles	Longueur de ouvrages
1	Pont	12+100	7	252
2	Pont	14+200	11	396
3	Viaduc	15+850	17	612
4	Viaduc	20+200	11	396
5	Viaduc	20+950	18	648

Tableau 8 : la position des ouvrage

Tableau des Caractéristiques de notre projet

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	610552.4569	3878260.1729
DR1	ANG=237.0116(g)	386.277			
			0+386.28	610340.3232	3877937.3584
ARC2	XC=611213.6373				
	YC=3877363.4704				
	R=1045.000	2366.417			
			2+752.69	611330.7865	3876325.0576
DR3	ANG=92.8482(g)	959.145			
			3+711.84	612283.8851	3876432.5821
ARC4	XC=612198.1251				
	YC=3877192.7599				
	R=765.000	892.838			
			4+604.68	612930.8862	3876973.0188
DR5	ANG=18.5478(g)	784.179			
			5+388.86	613156.1364	3877724.1510
ARC6	XC=613826.6368				
	YC=3877523.0807				
	R=700.000	780.710			
			6+169.57	613712.2478	3878213.6712
DR7	ANG=89.5500(g)	205.096			
			6+374.66	613914.5872	3878247.1865
ARC8	XC=613806.7347				
	YC=3878898.3147				
	R=660.000	398.589			
			6+773.25	614265.2696	3878423.6087
DR9	ANG=51.1030(g)	89.492			
			6+862.74	614329.6366	3878485.7830
CLO10	A=173.205				

	R=500.000	60.000			
			6+922.74	614373.6097	3878526.5901
ARC11	XC=614698.7949				
	YC=3878146.7815				
	R=500.000	778.280			
			7+701.02	615073.9358	3878477.3406
CLO12	A=173.205				
	R=500.000	60.000			
			7+761.02	615111.7648	3878430.7809
CLO13	A=150.000				
	R=300.000	75.000			
			7+836.02	615160.2748	3878373.6496
ARC14	XC=615372.0013				
	YC=3878586.1864				
	R=300.000	573.110			
			8+409.13	615642.9239	3878457.3420
CLO15	A=150.000				
	R=300.000	75.000			
			8+484.13	615669.3668	3878527.4702
DR16	ANG=20.3030(g)	232.049			
			8+716.18	615742.1234	3878747.8181
CLO17	A=185.000				
	R=540.000	63.380			
			8+779.56	615763.1656	3878807.5924
ARC18	XC=616265.1231				
	YC=3878608.4977				
	R=540.000	137.338			
			8+916.90	615829.4039	3878927.4786
CLO19	A=185.000				
	R=540.000	63.380			

			8+980.28	615868.8082	3878977.1077
DR20	ANG=43.9661(g)	385.262			
			9+365.54	616114.2252	3879274.0880
ARC21	XC=616696.2191				
	YC=3878793.1430				
	R=755.000	506.583			
			9+872.12	616539.4163	3879531.6807
DR22	ANG=86.6814(g)	876.515			
			10+748.64	617396.8190	3879713.7203
ARC23	XC=617240.2814				
	YC=3880451.0084				
	R=753.723	0.014			
			10+748.65	617396.8325	3879713.7232

Tableau 9:Listing de la géométrie de l'axe en plan

3.4 PROFIL EN LONG :

3.4.1 Définition :

Le profil en long est la coupe longitudinale suivant le plan vertical passant par l'axe du tracé. Il est constitué généralement d'une succession d'alignements droits raccordés par des paraboles (courbes circulaires). Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans la lisibilité de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers. Dans la conception, l'échelle des longueurs (en abscisse) est en général celle du plan de situation, tandis que l'échelle des hauteurs (en ordonnées) est 10 fois plus grande pour accuser les déclivités qui sans cela seraient presque imperceptibles.

3.4.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur :

- Éviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nuls dans une pente du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve.
- Éviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles, notamment :
 - Éviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
 - Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.

- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage. Limiter la déclivité pour une catégorie donnée ($i \leq i_{max}$)

3.4.3 Les éléments de composition du profil en long :

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel.
- L'altitude du projet.
- La déclivité du projet, etc....

3.4.4 Raccordements en profil en long :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long ; ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort, on distingue deux types raccords :

M = différence de deux déclivités successives munies de leur signe.

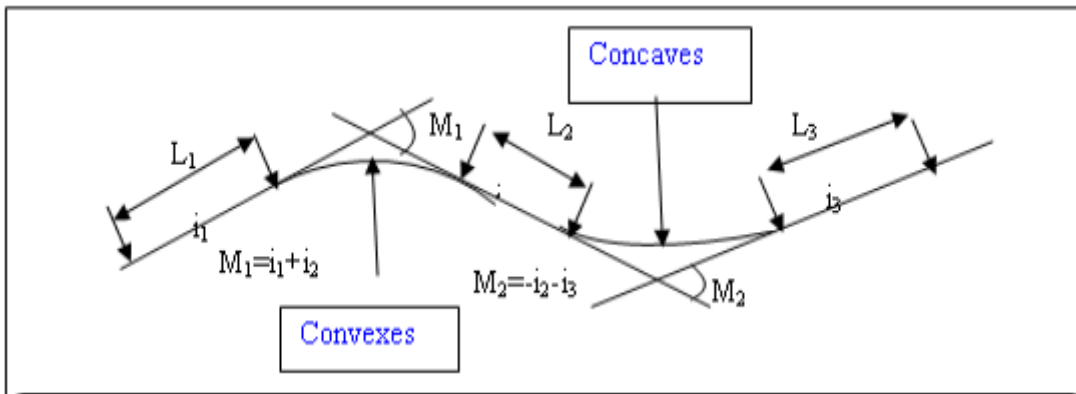


Figure 8 : Profil en long [7]

3.4.4.1 Raccordements convexes (Angle saillant):

Les rayons minimums admissibles des raccords paraboliques en angles saillants sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.

a. Condition de confort :

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe.

$$\frac{g}{40} \text{ (Cat 1-2)}$$

$$Rv \min \geq 0,3.V^2B \text{ (cat 1-2)}$$

Pout notre cas le rayon vertical minimal correspondant à une vitesse de référence ($V_r=120$ km/h)

$$Rv \min \geq 0,3(120)^2 \rightarrow Rv \min \geq 4320m$$

b. Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme conditions supplémentaires à celle de confort.

1. Distance d'arrêt :

Distance de freinage (d_0): Il s'agit de la distance parcourue par le véhicule pendant la période de freinage qui passe de la vitesse V à la vitesse zéro sur une chaussée mouillée.

$$d_0 = \frac{4v^2}{1000} f(v) \text{ (V exprimé en km/h)}$$

d_1 : Distance d'arrêt

d_0 : instance de freinage

$$d_1 = d_0 + 2V \text{ (V en m/s) si } V \leq 100 \text{ km/h}$$

$$d_1 = d_0 + 1,8V \text{ (V en m/s) si } V > 100 \text{ km/h}$$

Distance de visibilité longitudinale

$$R = 0.5 \frac{d^2}{(h^{0.5} + x^{0.5})^2}$$

Où R : rayon du profil en long

h : hauteur du point d'observation ($h=1m$)

x : hauteur du point observé ($x=0.6m$)

d : distance de visibilité.

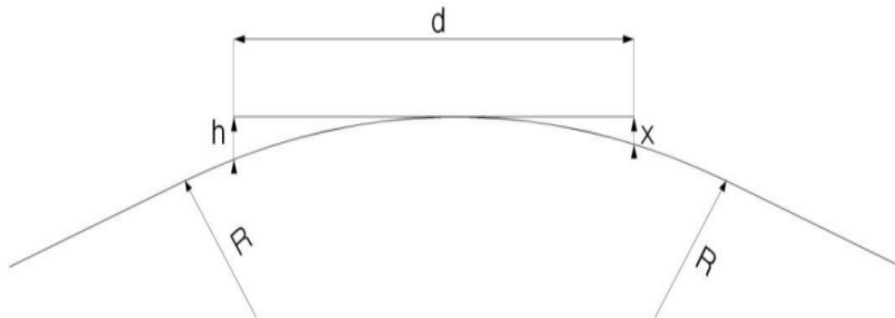


Figure 9 : Distance de visibilité longitudinale[7]

$$e = \frac{d^2}{8R}$$

Où e: dégagement latéral

d : distance de visibilité

R : rayon de la trajectoire

4. Distance d'arrêt tenant compte de la déclivité

L'ICTAAL propose la formule de calcul de la distance d'arrêt pour une autoroute comme ci-dessous :

$$da = V^2/2g (\gamma(v) + p) + 2V \quad (V \text{ en m/s si } V \leq 100 \text{ km/h})$$

$$da = V^2/2g (\gamma(v) + p) + 1,8V \quad (V \text{ en m/s si } V > 100 \text{ km/h avec :})$$

V : en m/s ;

$\gamma(v)$: décélération moyenne exprimée en fraction de g ; elle dépend de V (voir tableau : la déclivité, en valeur algébrique).

2. *Récapitulatif des principales distances de visibilité*

Vitesse (km/h)	50	70	90	110	130
Décélération moyenne (en fraction de $\gamma(v)$)	0.46	0.44	0.40	0.36	0.32
Distance d'arrêt en palier (p=0) da	50	85	130	195	280
Distance de manœuvre en sortie dms (6.V) m/s	85	120	150	185	220

(Valeurs arrondies au multiple de 5 m supérieur)

Tableau 10 : Principales distances de visibilité (m) et valeur de la décélération moyenne $\gamma(v)$ en situation de freinage d'urgence, selon la vitesse donnée des normes ICTAAL[6]

3.4.4.2 Raccordements Concaves (Angle Rentrant) :

Dans ce cas, il n'y a pas de problème de confort et de condition de visibilité de jour ; en revanche : problème de visibilité de nuit pour les routes non éclairées.

Principe : les phares du véhicule doivent éclairer un tronçon de longueur telle que le conducteur aperçoive un obstacle assez tôt pour disposer de distance d'arrêt.

La distance de visibilité est ici toujours égale à la distance d'arrêt simple d_1 ; les véhicules venant en sens inverse étant bien visibles de nuit.

d = distance de visibilité = distance d'arrêt d_1

R^V = rayon minimum du cercle de raccordement

h = hauteur des phares au-dessus de la chaussée = 0,75 m

ε = demi-angle du pinceau lumineux (environ

m = changement de déclivité $m = i_1 - i_2$ en (%)

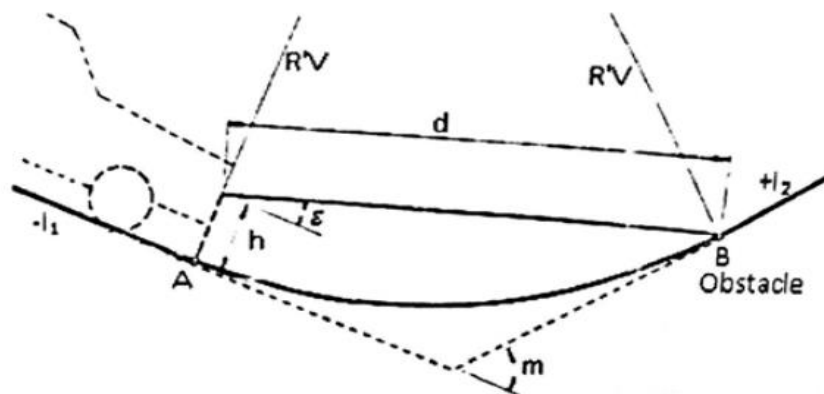


Figure 10 : visibilité en raccordement concave[8]

Cette condition s'exprime par la relation :

-Pour $V \leq 80\text{km/h}$ (cat 1-2)

$$R'V = \frac{d_1^2}{0.035d_1 + 1.5}$$

- Pour $V > 80$ km/h (cat 1-2), $R'V$ se détermine à partir de la condition de confort.

D'où : $R'Vm = 0.30 V^2B$ (cat 1-2) or normes B40

Le rayon minimal normal en angle rentrant est obtenu par application de:

$R'VN(VB) = R'Vm(VB+20)$ or normes B40

3.4.5 Donnée de notre projet

a. Calcul des raccordements concaves (angle rentrant)

$V > 80$ km \rightarrow 2 $120\text{km} > 80\text{km}$

$R'Vm = 0.30 V^2B \rightarrow R'Vm = 0.3 \times 120^2$

$R'Vm = 4320\text{m}$

Donc tous les rayons d'angle de rentrant supérieur de 4320 m condition vérifier

b. Calcul des raccordements convexes (angle saillant) - recommandations ICTAAL :

1-Distance de visibilité longitudinale

$R = 10000\text{m}$ profil en long

$H = 1\text{m}$

$X = 0.6\text{m}$

$$d^2 = \frac{10000(1^{0.5} + 0.6^{0.6})^2}{0.5}$$

$d = 251\text{m}$

2- Pour la distance de sécurité dégagement latéral en déblai aperture de bord à droite-

Recommandations ICTAAL

$e = 10\text{m}$ (L 1)

$e = 8.5\text{m}$ (L 2)

3-Distance d'arrêt tenant compte de la déclivité

$da = V^2/2g(\gamma(v) + p) + 1,8V$ (V en m/s) si $V > 100\text{km/h}$

$$da = \frac{(0.28 * 120)^2}{2 * 10 * (0.34 + 0.036)} + 1.8 * 0.28 + 120$$

$$da = 215.72\text{m}$$

Choix de la ligne rouge :

La pente maximale est de 6 % du PK 18+400 Au PK 18+900 pour un linéaire de 500 m

Comme nous l'avons mentionné, la nature du terrain franchi est très accidentée, principalement dans la section du PK 16+800 au PK 21+250

Le choix de la ligne rouge est fait selon les recommandations de l'ICTAAL (6%) dans notre cas sur un distance totale de 9650 m il faut tenir compte aussi de l'équilibre entre la partie en remblai et la partie en déblai pour les besoins des terrassements.

Le listing du profil en long est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 11 : listing du profil en long

Elément	Caractéristiquesdeséléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	204.234
D1	PENTE=-2.98%	433.415		
			0+433.42	191.335
PAR1	S=0+561.65Z=187.518			
	R=3000.000	256.466		
			0+689.88	194.664
D2	PENTE=5.57%	223.883		
			0+913.76	207.140
PAR2	S= 0+986.95 Z=211.218			
	R=6000.000	146.379		
			1+060.14	213.511
D3	PENTE=3.13%	1100.226		
			2+160.37	247.980
PAR3	S=2+238.31Z=250.422			
	R=6000.000	155.885		

			2+316.26	250.839
D4	PENTE=0.53%	1432.561		
			3+748.82	258.501
PAR4	S=3+867.82Z=259.137			
	R=6000.000	238.011		
			3+986.83	255.053
D5	PENTE=-3.43%	278.347		
			4+265.17	245.500
PAR5	S=4+294.63Z=244.489			
	R=5000.000	58.919		
			4+324.09	243.825
D6	PENTE=-2.25%	1236.805		
			5+560.90	215.951
PAR6	S=5+574.84Z=215.637			0
	R=15000.000	27.875		
			5+588.77	215.297
D7	PENTE=-2.44%	615.432		
			6+204.20	200.284
PAR7	S=6+499.59Z=193.078			
	R=7000.000	590.763		
			6+794.97	210.801
D8	PENTE=6.00%	548.837		
			7+343.80	243.731
PAR8	S=7+477.12Z=251.730			
	R=6000.000	266.635		
			7+610.44	253.805
D9	PENTE=1.56%	898.031		

			8+508.47	267.778
PAR9	S=8+701.01Z=270.774			
	R=20000.000	385.085		
			8+893.56	270.063
D10	PENTE=-0.37%	781.444		
			9+675.00	267.177

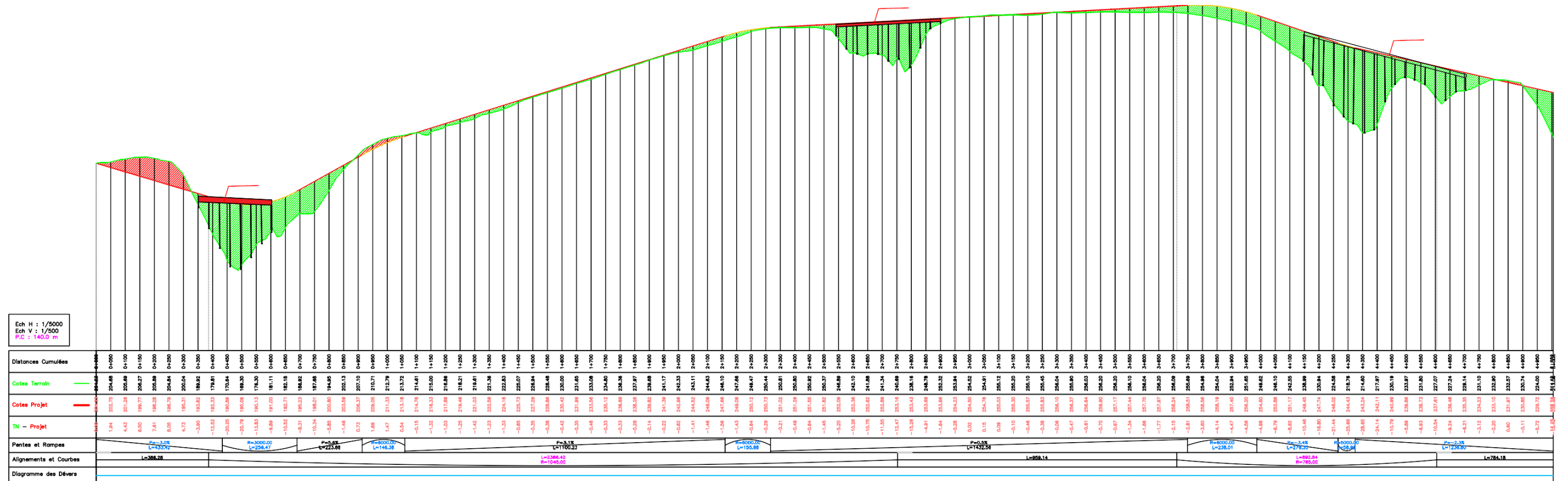


Figure 11 : Profil en long DU PK 11+600 AU PK 16+60

3.5 PROFIL EN TRAVERS

3.5.1 Introduction :

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun d'eux 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 des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux, etc.).

3.5.2 Éléments du profil en travers :

➤ **La chaussée :**

C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.

➤ **La largeur roulable :**

Elle comprend les surlargeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.

➤ **La plateforme :**

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblai, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêt.

➤ **L'assiette :**

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

➤ **L'emprise :**

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc.) limitées par le domaine public.

➤ **Les accotements :**

En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage.
- Une bande d'arrêt.
- Une berme extérieure.
- **Le terre-plein central :**

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

Les sur largeurs de chaussée (bande de guidage).

Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

- **Le fossé :**

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

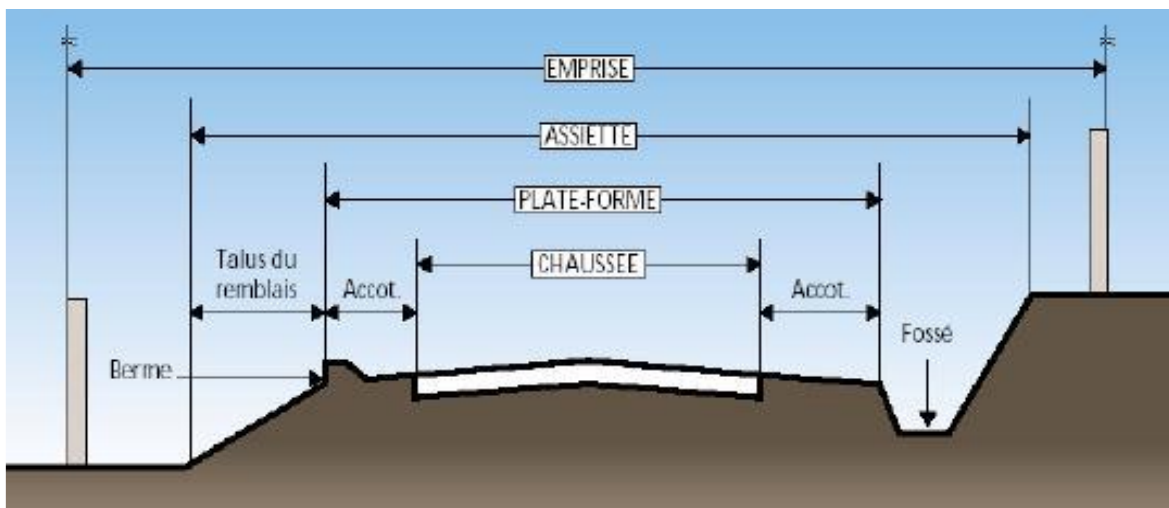


Figure 13 : Les éléments du profil en travers[9].

3.5.3 Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

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

a. Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais). L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la côte du projet permet le calcul de l'avant-métré des terrassements.

b. Le profil en travers courant :

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

3.5.4 Profil en travers type de notre projet :

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
<ul style="list-style-type: none"> • Voie de circulation 2x3 	3.5	6	21
<ul style="list-style-type: none"> • Terre-plein central (T.P.C) 	3	1	3
<ul style="list-style-type: none"> - Bande dérasée de gauche (B.D.G) 	1	2	2
<ul style="list-style-type: none"> - Bande médiane (B.M) 	1	1	1
<ul style="list-style-type: none"> • Accotement 	2.5	2	5
<ul style="list-style-type: none"> - Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) 			
Totale			29
Dévers en section droite			
<ul style="list-style-type: none"> • Chaussée 	2,5 % vers l'extérieur.		
<ul style="list-style-type: none"> • Bande dérasée de gauche (B.D.G) 	Identique à celle de la chaussée.		
<ul style="list-style-type: none"> • Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) 	4 % vers l'extérieur.		
Dévers en courbe			
<ul style="list-style-type: none"> • Chaussée 	7 % (maximum).		
<ul style="list-style-type: none"> • Bande dérasée de gauche (B.D.G) 	Identique à celle de la chaussée.		
<ul style="list-style-type: none"> • Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) 	Identique à celle de la chaussée.		

Tableau 12: Profil en travers type de notre projet.

PROFIL TRAVERSE TYPE APRES ELARGISSEMENT (2x3 VOIES)

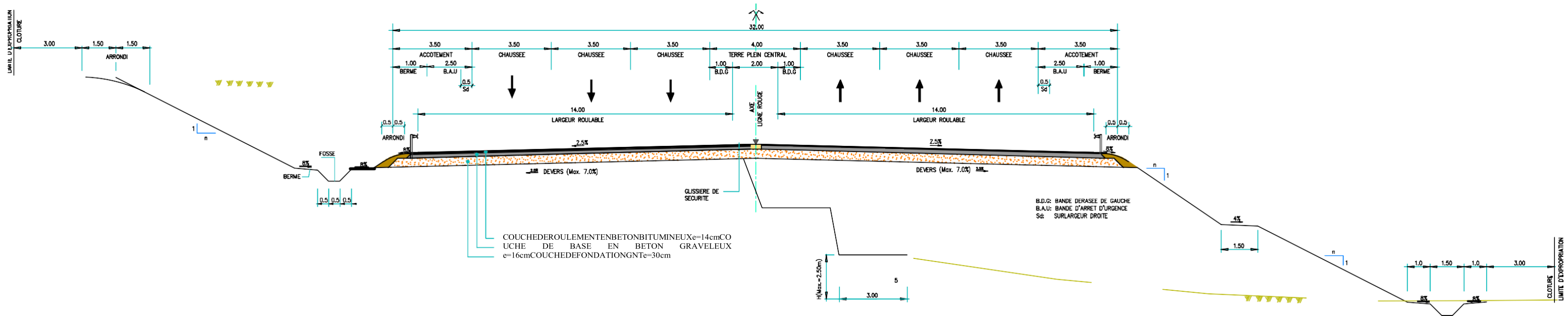


Figure 14 : Profil en travers type de notre projet

3.5.5 Profil en travers de la section courante de notre projet :

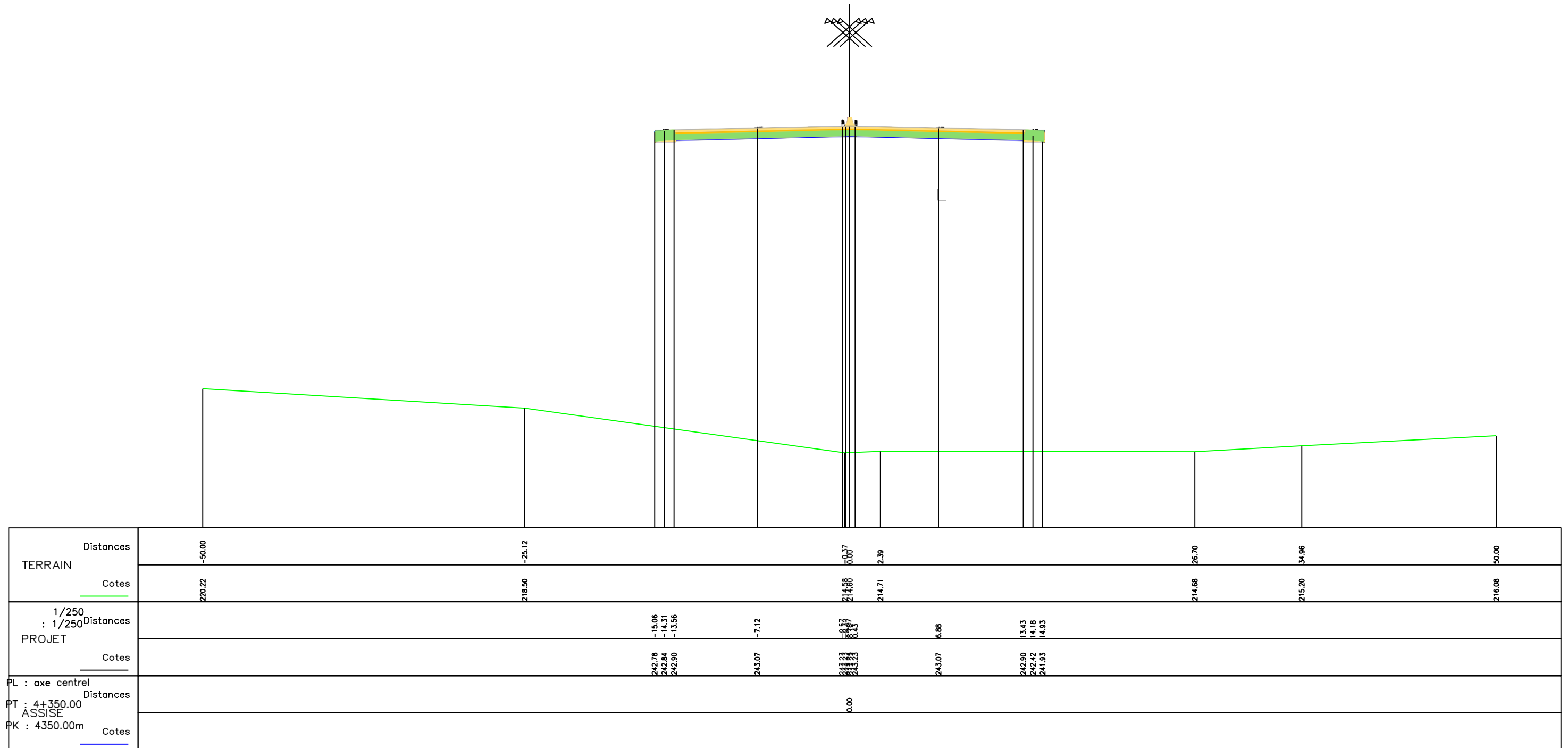
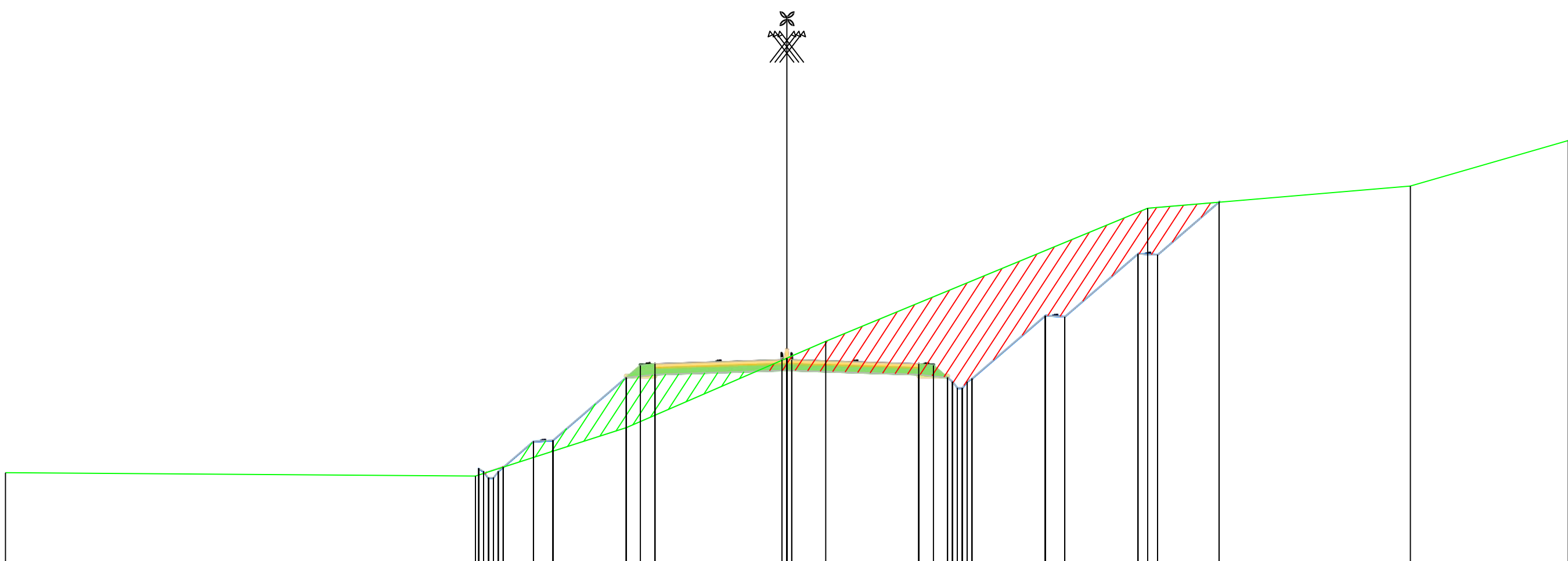


Figure 15: Profil en travers type d'un viaduc



TERRAIN	Distances	-80,00	-31,86	-16,44	0,00	3,98		36,94	63,83	80,00	
	Cotes	189,60	189,33	193,18	196,72	200,06		210,65	212,43	216,04	
PROJET	Distances		31,54	25,95	16,45	15,00	13,50	26,45	35,95	37,95	44,25
	Cotes		189,25	192,10	197,18	198,14	198,26	202,10	207,02	206,94	211,13
ASSISE	Distances		31,54	25,95	16,45	15,00	13,50	26,45	35,95	37,95	44,25
	Cotes		189,25	192,10	197,18	198,14	198,26	202,10	207,02	206,94	211,13

PL : axe central
 PT : 6+300,00
 PK : 6300,00m
 Ech H : 1/250
 Ech V : 1/250
 PC : 182,0

Figure 16 : Profil en travers type mixte.

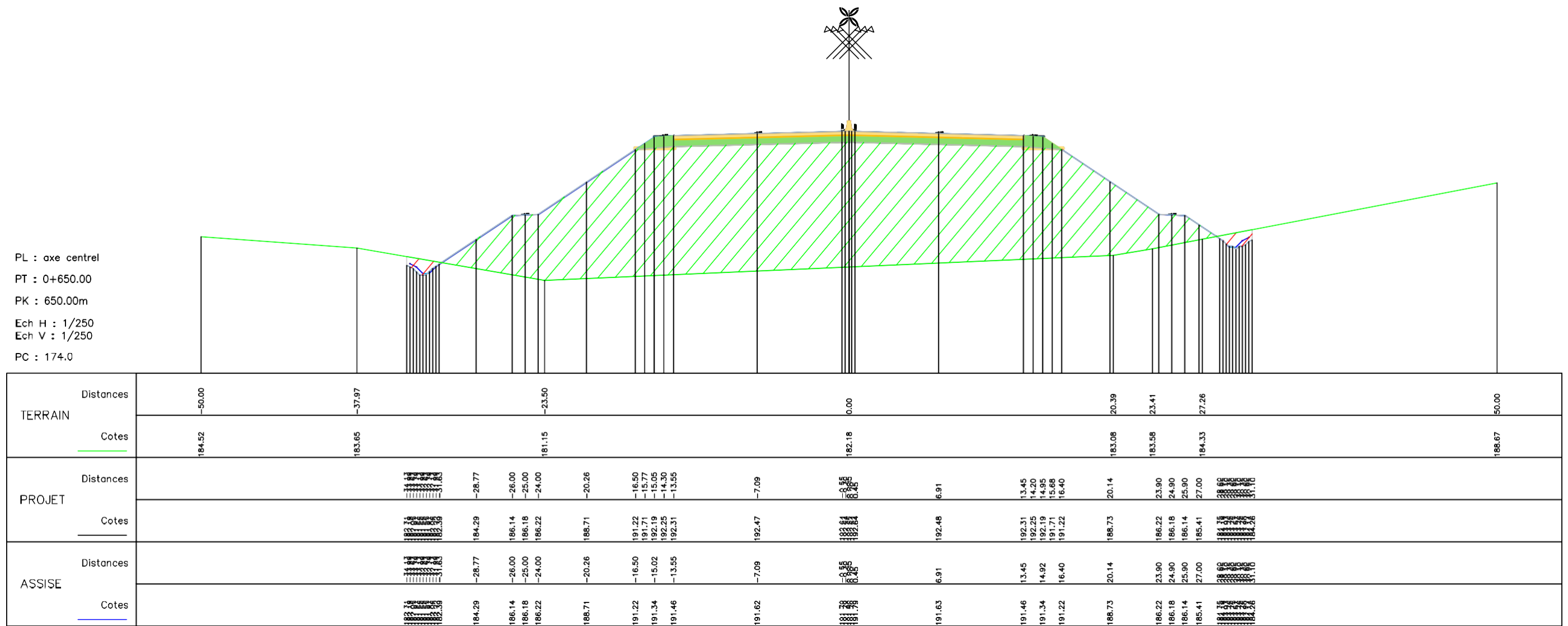
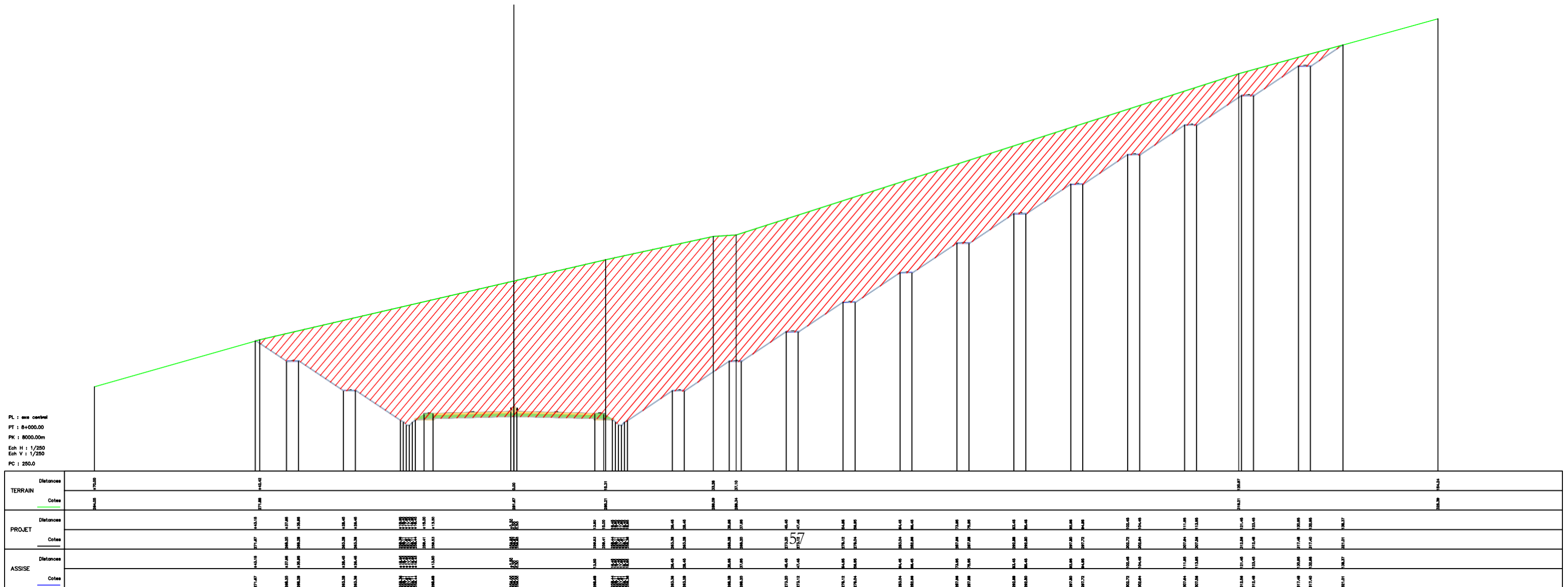


Figure 17: Profil en travers type en remblai.

Figure 18 : Profil en travers type en déblai



3.6 Cubature :

3.6.1 Introduction

Le calcul des cubatures est nécessairement utile dans des domaines variés (mouvements de terre avec définition des zones de remblais et de déblai, étude hydraulique avec recherche des capacités de stockage, dépôt de déchets ...). La réalisation des terrassements a pour but de donner à la route les caractéristiques géométriques précisées dans le CCTP.

3.6.2 Définitions :

- **La cubature** : est la transformation d'un volume de formes quelconques en un cube de volume égal, dans le vocabulaire des travaux publics ce terme désigne la mesure de ce volume (cubage).
- **Les terrassements** : comprennent l'ensemble des travaux de déblai et de remblai exécutés pour donner à la route et à ses abords la forme déterminée par les plans et profils en long et en travers.
- **Les travaux de déblai** : Les déblais désignent l'opération qui consiste à creuser dans le sol pour
- **Les travaux de remblai** : Les remblais consistent à transporter et déposer des terres pour obturer des cavités (comblir une tranchée, aplanir un terrain...etc.).

Les remblais sont constitués par des couches superposées qui ne doivent contenir aucun débris végétal. Les remblais sont commencés par les points les plus bas.

3.6.3 Méthodes de calcul des cubatures :

Les méthodes les plus courantes pour évaluer les cubatures sont :

Soit en bureau :

- **Les méthodes classiques** : elles consistent à décomposer le volume à cuber en prismes verticaux ou à tracer un profil en long et profils en travers terrain/projet

- **La méthode moderne** : elle passe par la création de modèles numériques de terrain (MNT) de l'état initial et de l'état final.

Soit directement sur le chantier :

- **La méthode empirique** : elle est basée sur le comptage du nombre de camions et de la pesée de leur charge, en prenant compte du foisonnement des matériaux

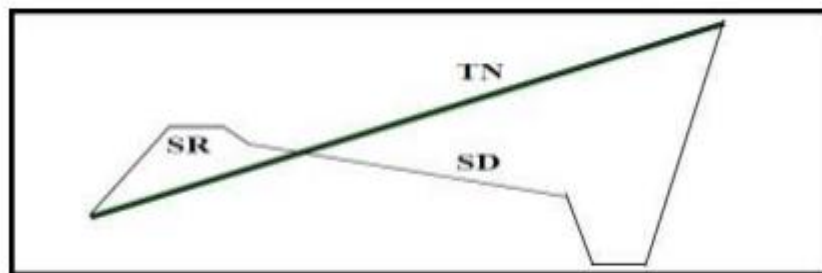


Figure 19 : Surfaces-en déblai et en remblai d'un profil en travers[7].

Où :

TN : terrain naturel.

SD : surface déblai.

SR : surface remblai.

Le tableau suivant récapitule les volumes (en m^3) des déblais et remblais du tracé adopté et calculés par le logiciel Civil 3D.

	Volume m^3
Déblai	7078574
Remblai	5624084

Tableau 13 : Volume des déblais et remblais du tracé adopté.

3.7 Dimensionnement du corps de chaussée

3.7.1 Définition de la chaussée

Au sens géométrique : la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules

Au sens structurel : l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges

3.7.1.1 Fonctionnement de la chaussée

- Le poids de véhicule est transmis au sol support, sous forme de pression, par des pneumatiques.
- D'une manière générale, les sols ne peuvent supporter sans dommage de telle pression.
- Si le sol n'est pas assez porteur. Le pneu comprime le sol et il se forme une ornière (Voir figure ci-dessous).

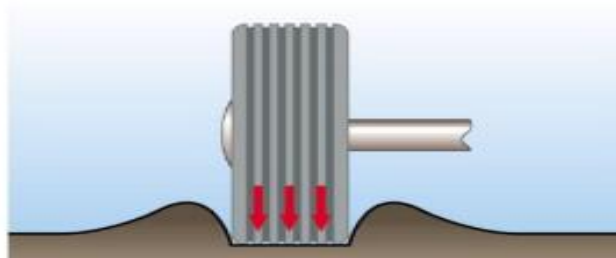


Figure 20 : formation d'une ornière sous l'effet d'une charge se déplaçant sur un sol[10]

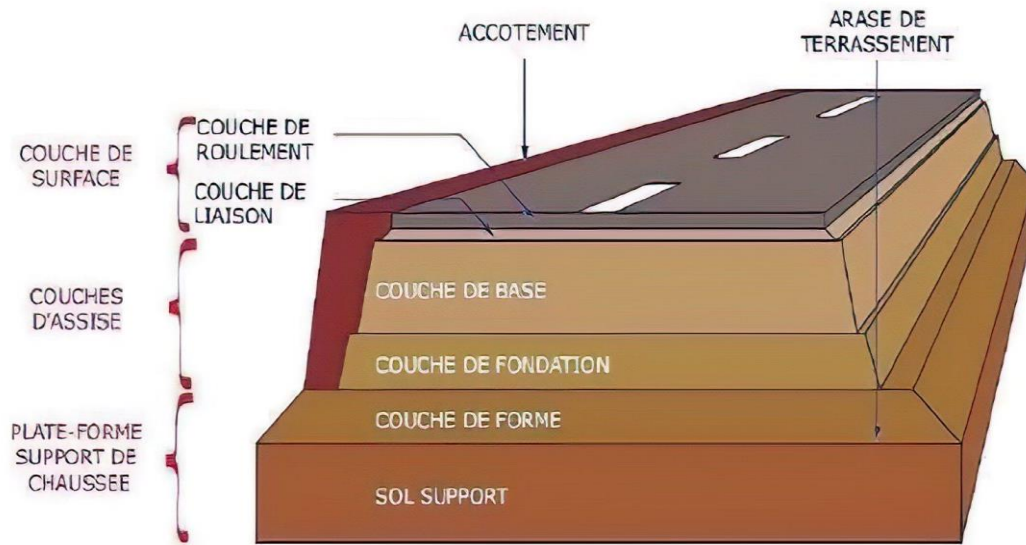


Figure 21 : les couches de la chaussée [11]

- Fonctionnement des couches de surface
 - Couche de surface= couche de roulement
 - **Étanchéité** : sert à protéger la structure de la chaussée contre l'eau
 - **Sécurité** : minimise la distance de freinage et limite la glissance
 - **Confort** : assure un uni en roulant et limite le bruit
 - **Esthétique** : homogénéité, couleur, scintillement, photométrie,
 - Pouvoir de renforcement / reprofilage en entretien
- Fonctionnement de couches d'assise
 - Couche d'assise = couche de fondation + couche de base
 - Résistance mécanique aux charges routières
 - Répartition de la pression due aux charges routières sur la plateforme
 - Constituée de matériaux élaborés liés pour chaussées à trafic élevé
- Fonctionnement de couche de forme
 - Couche de forme
 - Portance permettant la bonne mise en œuvre de chaussée
 - Protection des sols support
 - Protection thermique
 - Réglage du nivellement
 - Circulation des engins approvisionnant les chaussées

3.7.2 Les différents types de chaussée

Du point de vue constructif, les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories (Voir Figure 22):

- Chaussée souple.
- Chaussée semi - rigide.
- Chaussée rigide.

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois différents types de structure suivants :

3.7.2.1 Les chaussées souples :

C'est une structure de chaussées dans laquelle l'ensemble des couches liées qui la constituent, sont traités au liant hydrocarboné.

3.7.2.2 Les chaussées semi-rigides :

Elles comportent une couche de surface bitumineuse reposant sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une couche (base ou deux couches (base et fondation)).

3.7.2.3 Les chaussées rigides :

Une chaussée rigide est constituée d'un revêtement en béton de ciment pervibré ou fluide

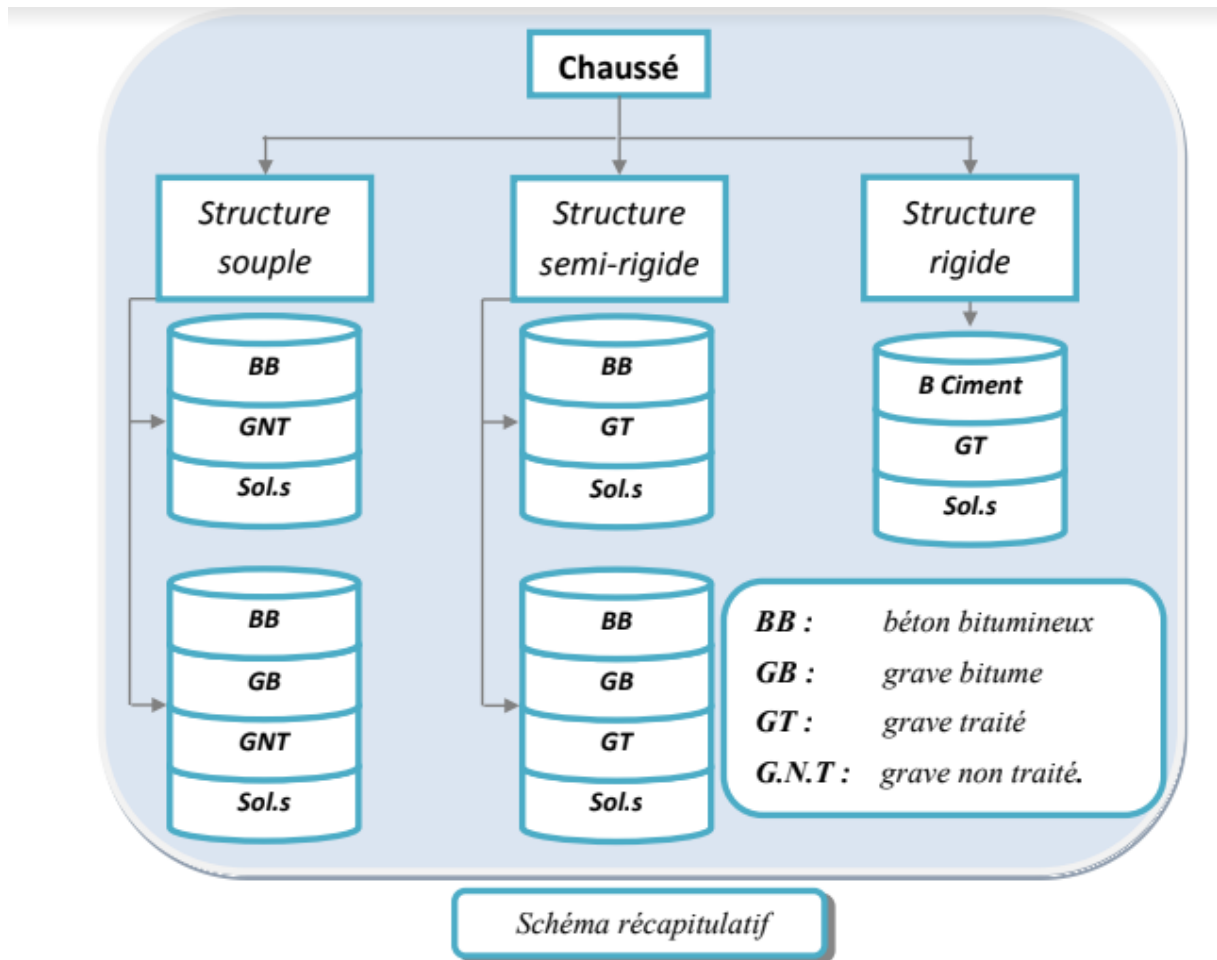


Figure 22 : les différents types de la chaussée[7]

3.7.3 Les différents facteurs pour les études de dimensionnement :

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnées par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont :

3.7.3.1 Trafic

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourd (véhicules supérieurs à 3.5tonnes). Il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

3.7.3.2 Environnement

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement, la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques.

Le Sol Support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates-formes sont définies à partir :

- De la nature et de l'état du sol,
- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

Matériaux :

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds).

3.7.4 Dimensionnement de la chaussée

L'étude de dimensionnement du corps de chaussée de la pénétrante de Ghazaouet a été réalisé par Hamidou Harouna et Co (ref). Ils se sont basés sur la méthode Française du LCPC qui fait appel à une approche mécaniste-empirique, en utilisant le logiciel Alizé du LCPC. Cette approche tient en compte du trafic, notamment le nombre de véhicules, des conditions climatiques et de la portance du sol.

Couche de roulement		BBMA 4cm
Couche de liaison		BBME 4cm
{ Couche de base et Couche de fondation		EME 19cm

Figure 23. Dimensionnement des couches de corps de chaussée

3.8 Assainissement

3.8.1 Introduction

L'évacuation des eaux pluviales est l'une des préoccupations fondamentales dans le domaine des routes, car la présence d'eau provoque plusieurs inconvénients tels que les problèmes d'inondation, glissement des terrains, ainsi que les problèmes d'érosion, stabilité des talus, et la dégradation des chaussées par défaut de portance du sol.

Une solution à ses problèmes est de prévoir des dispositions adéquates pour évacuer l'eau loin de la route, l'ensemble de ses travaux porte le nom "des travaux d'assainissement".

3.8.2 Objectif de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Éviter les problèmes d'érosions.
- La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

3.8.3 Type des dégradations :

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendrent de grave dégât à cause de mauvais drainage et entretien.

Ces dégradations présentent sous forme de :

Pour les chaussées

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- Décollement des bords (affouillement des flancs)
- Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic).

Pour le talus :

- Glissement.
- Érosion.
- Affouillements du pied de talus.

3.8.4 Type des canalisations :

L'évacuation des eaux hors ouvrage s'effectue par le biais de dispositifs adéquats appelés « canalisations », son réseau est partagé en deux catégories :

- Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cunettes, caniveaux).
- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, descente d'eau, tête de collecteur).

3.8.5 Drainage des eaux souterraines :

3.8.5.1 Nécessité du drainage des eaux souterraines

Les eaux souterraines comprennent d'une part, les eaux de la nappe phréatique et d'autre part, les eaux d'infiltrations

Leurs effets sont nocifs si ces eaux détrempent la plate-forme, ce qui peut entraîner une baisse considérable de la portance du sol.

Il faut donc veiller à éviter :

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

3.8.5.2 Protection contre la nappe phréatique :

La construction d'une chaussée modifie la teneur en eau du sol sous-jacent, car le revêtement diminue l'infiltration et l'évaporation.

Si la portance du sol est faible, on pourra :

- Soit dimensionner la chaussée en conséquence.
- Soit augmenter les caractéristiques de portance du sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique ou en mettant la chaussée en remblai.

Le choix de l'une ou l'autre de ces solutions dépend :

- Des possibilités de drainage du sol (coefficient de perméabilité).
- De l'importance des problèmes de gel.
- De leurs coûts respectifs.

Il n'est pas nécessaire, en général, d'assurer le drainage profond d'une grande surface, car un bon nivellement et un réseau de drainage superficiel convenablement conçu suffisent à garantir un comportement acceptable des accotements.

3.8.6 Assainissement de la chaussée :

a. Bassin versant :

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considérée(exutoire).

b. Collecteur principal (canalisation)

C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

c. Chambre de visite (cheminée) :

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage.

Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

d. Sacs :

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

e. Fossés de crêtes :

C'est un outil construit afin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

f. Décante d'eau :

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêts.

g. Les regards

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

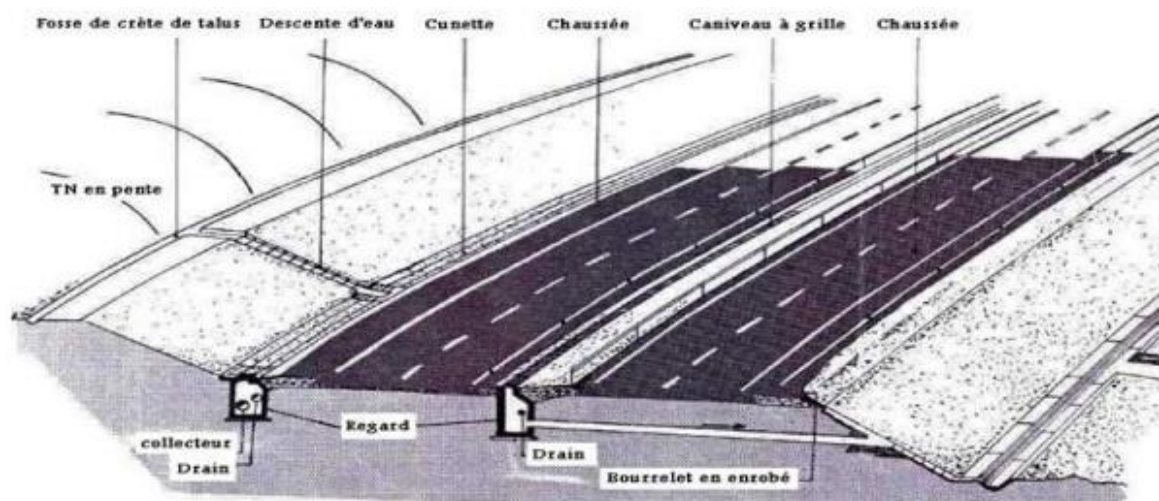


Figure 24 : l'emplacement des ouvrages d'assainissement[10]

3.8.7 Principes du choix des ouvrages transversaux

L'étude des ouvrages hydrauliques a pour objectif de déterminer des ouvrages hydrauliques (OH) en fonction du débit de projet et de la configuration de l'autoroute et du terrain naturel. La détermination des hauteurs d'eau atteintes à l'amont des ouvrages hydrauliques permet de fixer ultimement la hauteur minimale du remblai de l'autoroute dans la zone de la traversée du cours d'eau.

Deux types d'ouvrages hydrauliques (OH) courants sont utilisés :

- Les buses : conduites circulaires en béton armé.
- Les dalots : ouvrages en béton armé de section carrée ou rectangulaire.

Dans la mesure du possible, les produits préfabriqués sont recherchés plutôt que les ouvrages coulés en place considérés comme étant plus coûteux. Les ouvrages en béton armé, sous réserve de dispositions constructives soignées, présentent d'excellentes garanties de solidité et de longévité.

Le diamètre d'une buse est de 1.2m à 1.5 m. L'ouverture minimale d'un dalot est de 2 m de largeur par 1.5 m de hauteur (2x1.5). Si la hauteur de remblai sous l'accotement au-dessus d'une buse dépasse 5.0 m, la buse doit être remplacée par un dalot.

3.8.8 Les facteurs influençant le choix de l'ouvrage sont :

- Le débit à évacuer.
- Les caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage.
- Coefficient de rugosité.
- Coefficient d'entonnement créant les pertes de charge à l'entrée.
- La largeur de lit.
- La hauteur disponible entre du projet et le lit du cours d'eau.
- Les conditions de fondation de l'ouvrage.
- La rapidité et la facilité de mise en œuvre.
- La résistance aux agents chimiques.

Systeme d'assainissement adopté

Les fossés trapézoïdaux avec régulateur ou avec un élément de chute intégré sont des caniveaux hydrauliques à ciel ouvert qui permettent de réguler le débit de la ligne de drainage.

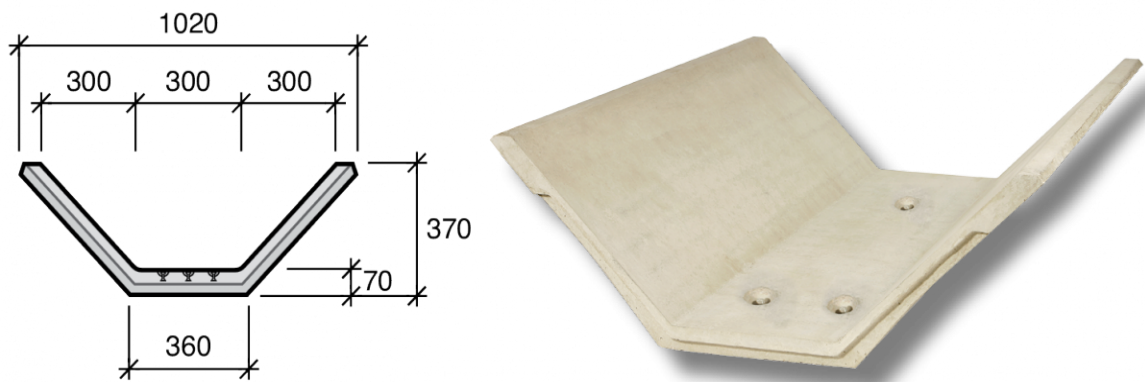


Figure 25 : Coupe transversal de Fossé

- Fossé en béton haute performance résistant aux agressions climatiques de type gel dégel et sels de déverglaçage

- Démoulage différé et béton autoplaçant permettant une finition lisse des surfaces intérieures
- Emboitement mâle-femelle sur 3 côtés
- Possibilité de joint d'étanchéité intégré en usine en option
- 2 plaques de régulation par élément
- Hauteur de surverse 37 cm
- Manutention intégrée par 3 ancres de levage



Figure 26: Les fosses un cours d'achèvement

3.8.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'étude géométrique du tracé autoroutier qui représente la 2^{ème} tranche du projet de la pénétrante de Ghazaouet. Dans l'optimisation de la variante, nous avons tenu compte des exigences techniques de l'ICTAAL et de l'environnement de la zone franchie.

Chapitre 4 : ÉTUDE DE L'ÉCHANGEUR

4.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous commencerons par rappeler la définition et le rôle d'un échangeur. Ensuite, les différents types d'échangeurs, ainsi que, les caractéristiques géométriques des échangeurs sont présentés. Une attention particulière a été accordée, par la suite, aux différentes conditions d'implantation d'un échangeur. A la fin de ce chapitre, nous présenterons le type d'échangeur adopté dans notre projet et qui va permettre de raccorder la pénétrante de Ghazaouet à la RN99 en améliorant le déplacement et l'accès vers Khouriba et l'Est de Nedroma.

4.2 Définition et rôle d'un échangeur :

4.2.1 Définition :

Un échangeur fait partie d'un réseau routier et c'est la solution appropriée pour résoudre un problème à un carrefour plan. Il assure, au moyen d'un ou plusieurs étages, les mouvements de circulation entre les routes. L'échangeur permet également un écoulement libre et en sécurité de grands débits de circulation, en plus de raccorder toutes les routes qui se croisent. La conception de chaque échangeur doit se faire de façon conjointe avec tous les autres ouvrages adjacents. La construction à proximité d'un quartier résidentiel peut occasionner un impact sur une partie ou même sur le quartier au complet. Sa localisation et son aménagement doivent servir la circulation de la meilleure façon possible et réduire les impacts (bruits, poussière, etc.) pour les résidents des quartiers résidentiels avoisinants.

4.2.2 Rôle d'un échangeur :

L'échangeur a pour rôle d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance et dans de bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps. Malgré tout ce rôle et avantages pour l'échangeur il a toujours quelque inconvénient qui s'influence beaucoup plus sur l'environnement (faune et flore) à cause de sa nécessité pour une grande surface pour son exécution et aussi l'exécution très coûteuse parce qu'on prend toujours en compte sa partie esthétique.

4.3 Différents types d'échangeurs :

Pour choisir l'échangeur qui convient le mieux, il faut tenir compte de plusieurs facteurs tels que : la catégorie de l'autoroute, caractères et composition du trafic et la vitesse d'accès. On distingue deux classes d'échangeurs :

- **Échangeur majeur** : raccordement autoroute – autoroute
- **Échangeur mineur** : raccordement autoroute - route.

4.3.1 Échangeur majeur :

L'échangeur majeur est un moyen de raccordement au niveau d'un croisement de deux (02) autoroutes sans qu'il y ait cisaillement dans ce point, voici quelques types :

4.3.1.1 Échangeur en trèfle complet :

C'est l'un des tout premiers types d'échangeurs, apparus dans les années 1930 aux États-Unis. C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise, et qui est généralement justifié par un trafic important. Le modèle ci-contre comprend également des collectrices latérales, destinées à éviter les croisements de flux de circulation.



Figure 27 : Échangeur autoroutier en trèfle complet[12]

4.3.1.2 Échangeur « En turbine » :

Ce type d'échangeur occupe la même superficie qu'un échangeur en trèfle, mais en corrige l'un des inconvénients : les bretelles en boucles du trèfle ont un rayon assez serré pour éviter de trop s'étendre, induisant l'obligation de réduire fortement sa vitesse (parfois jusqu'à 30 km/h), donc une capacité limitée et un risque accru de sortie de route, alors que la turbine met en œuvre des courbes à plus grand rayon.

4.3.1.3 Échangeur à niveaux :

Ce sont des échangeurs à plusieurs niveaux (4 ou 5 niveaux) et sont les types les plus massifs existants. Ils sont destinés à des circulations très importantes et atteignent des hauteurs supérieures à 25 mètres.

4.3.2 Échangeur mineur :

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernés par le raccordement, voici quelques types :

4.3.2.1 Losange :

Il est composé de quatre (04) diagonales unidirectionnelles est un carrefour à niveau sur la route secondaire, les quatre (04) diagonales sont symétriques entre elles par rapport à l'axe

de l'autoroute et il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.

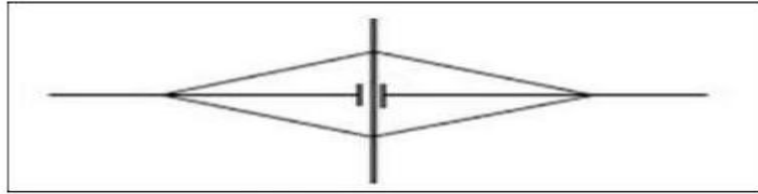


Figure 28 : Echangeur autoroutier losange[13]

4.3.2.2 Demi-trèfle :

Comporte deux (02) boucles et deux (02) diagonales et un (01) carrefour à niveau sur la route secondaire, il est envisagé de préférence au schéma de type losange dans le cas en particulier d'une distribution nettement dissymétrique des trafics d'échange dans la mesure de possible utilisation des boucles en voies d'entrée ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité. Généralement, on a deux (02) types de demi-trèfle :

- Demi-trèfle symétrique.
- Demi-trèfle asymétrique « quadrant opposé ».

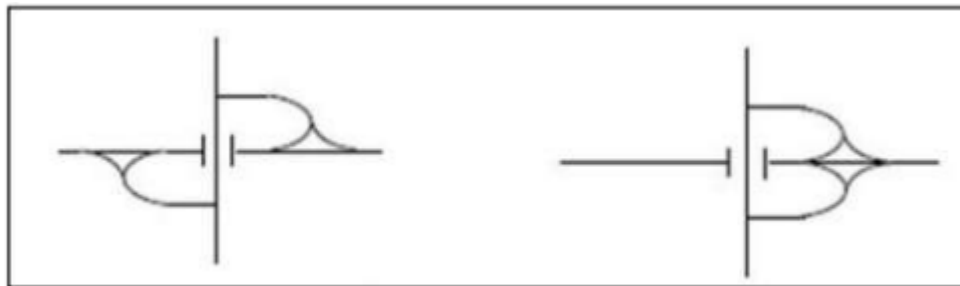


Figure 29 : Échangeur autoroutier en demi-trèfle.[13]

4.4 Caractéristiques géométriques des échangeurs :

Tout échangeur quelle que soit son importance, sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois (03) éléments qui sont :

- Pont (passage supérieur ou inférieur).
- Carrefour (s) plan(s).

- Bretelles (rampes d'entrée, et des rampes de sortie)

4.4.1 Pont :

Qui assure un passage supérieur ou inférieur. La détermination de nombre d'ouvrage d'art « pont » dans un échangeur est en étroite relation avec :

- Le type d'échangeur choisi.
- Les instructions et réglementations de conception.
- La condition de coordination profil en long- tracé en plan.
- Les contraintes du terrain d'implantation

4.4.2 Carrefour plan :

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements autoroute-route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité, commodité et débit. Entre autres, un compromis entre ces conditions doit être recherché.

Bretelles :

Une bretelle d'échangeur est une chaussée de raccordement à sens unique qui relie deux (02) routes. Elle est composée d'un raccordement de sortie, de la bretelle et du raccordement d'entrée. Les bretelles assurent l'écoulement de la circulation soit en direction, soit en provenance d'une autoroute avec un accès limité. Sa configuration est déterminée lors du choix du type d'échangeur et les caractéristiques géométriques des différents tracés (en plan, du profil en long et du profil en travers) selon :

- Débit et composition de la circulation.
- Caractéristiques géométriques et d'exploitation des routes adjacentes.
- Relief.
- Dispositifs de régulation de la circulation.
- Attentes des usagers.

4.5 Conditions d'implantation d'un échangeur :

L'implantation d'un échangeur doit permettre de respecter les conditions suivantes :

- Éviter les sites en courbe de faibles rayons.
- Éviter les sites en point haut profil en long.
- Évité de passage au voisinage ou sur des habitations et édifices publics.
- Éviter les sections à fortes déclivités.
- Les terrassements importants.
- Passage au terrain agricole.

4.6 Choix de l'échangeur :

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « Avantages, inconvénient... », et la limite de leur utilisation, permet de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui présente. Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre. Et pour ce but on suit le chemin suivant

Étape 1 : Détermination du tracé

La détermination du tracé se fait à partir de :

- Présentation du site d'implantation.
- Type de route et nombre de branches à raccorder.
- Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.
- Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.

Étape 2 : Configuration de tracé à adopter

L'échangeur a adopté doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garanti en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume :

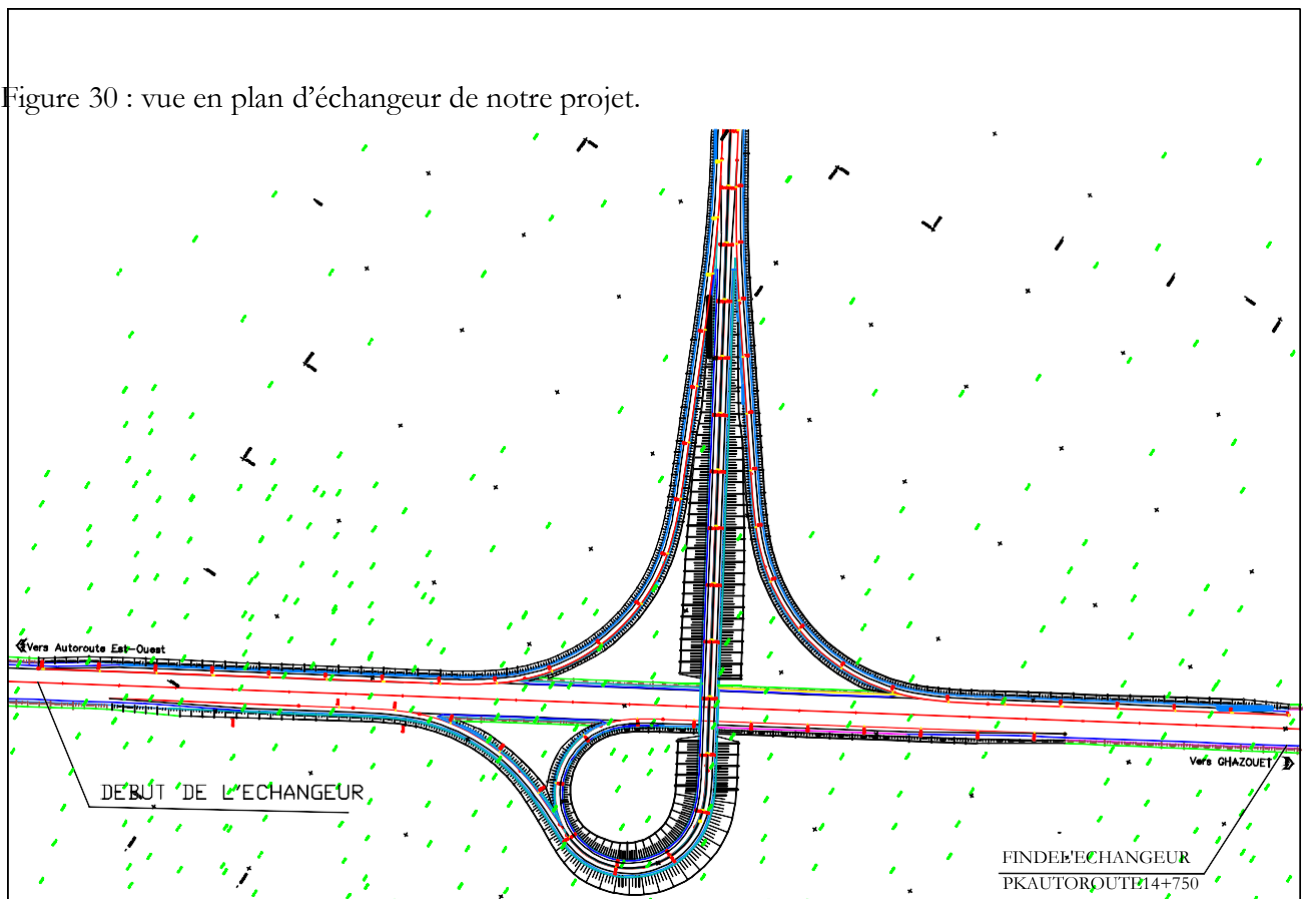
- Tracé respectant les valeurs limitées de conception « valeur de rayon, d'alignements ».
- Longueurs des voies « insertion, décélération » réglementaires.

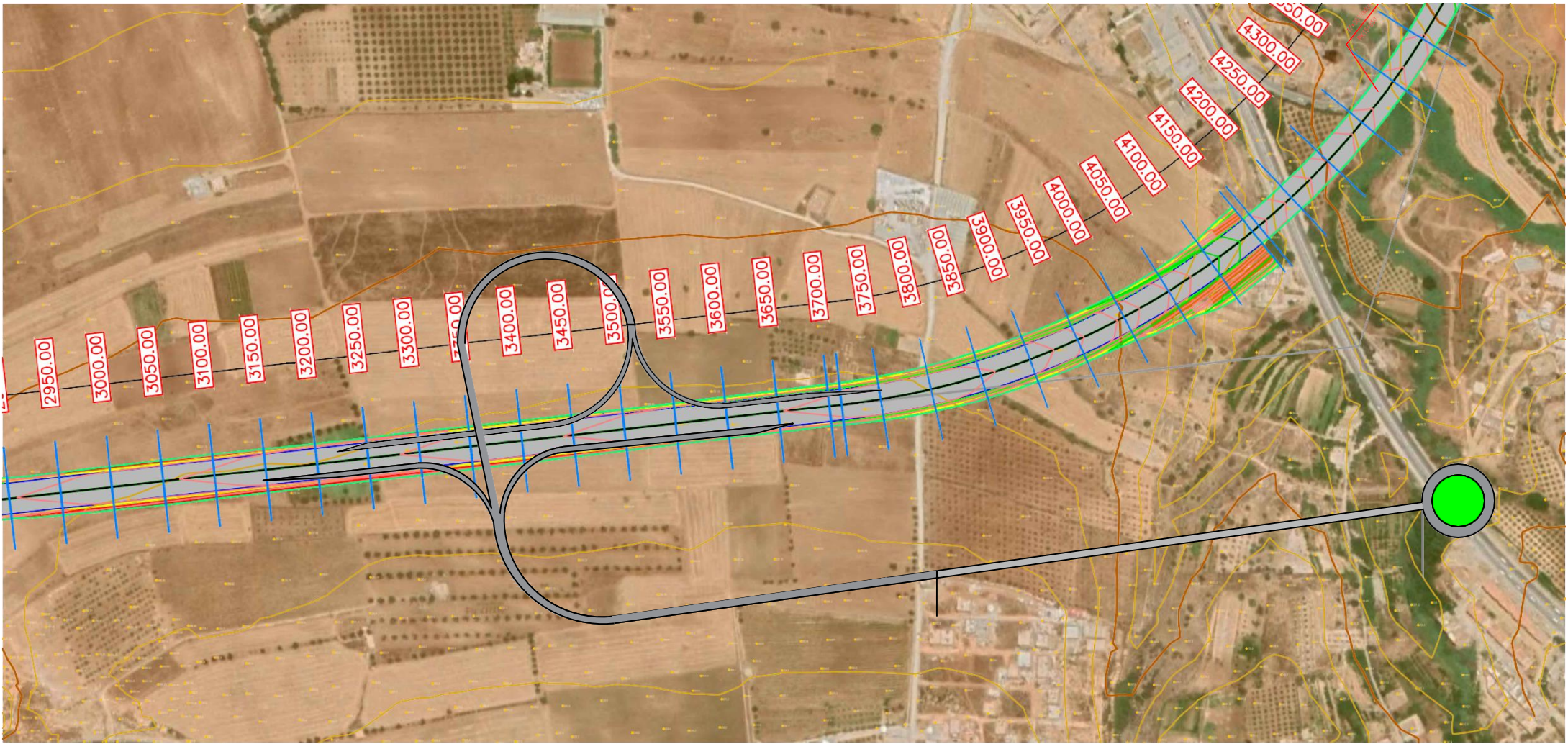
Étape 3 : Analyse : C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilité, de confort et de sécurité.

4.7 Choix du type d'échangeur de notre projet :

Dans le cadre de ce projet de fin d'étude, nous avons proposé un échangeur au niveau du PK14+955, ce qui va permettre d'améliorer le déplacement et l'accès vers Khouriba et vers l'est de Nedroma. Cet échangeur est de type trompette et il sera raccordé à la RN99 par un carrefour à sens giratoire. Plusieurs variantes du tracé ont été examinées. Le choix de la variante du tracé a été motivé essentiellement afin d'éviter les contraintes existantes, notamment les habitations. La figure suivante présente une vue en plan de l'échangeur proposé.

Figure 30 : vue en plan d'échangeur de notre projet.





4.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une proposition d'échangeur au niveau du PK 14+995 ce qui va permettre de raccorder la pénétrante de Ghazaouet à la RN99. L'échangeur adopté est de type trompette. Le tracé en plan adopté prend en considération les contraintes existantes, notamment les habitations.

Conclusion générale

L'objectif principal de ce projet de fin d'étude est de faire une étude d'un tronçon autoroutier. Le tronçon étudié fait partie du projet de la pénétrante de Ghazaouet, toujours en cours de construction, reliant le port de Ghazaouet à l'Autoroutes Est-Ouest. Cette étude concerne le tronçon qui relie la RN 99 à la RN98, et plus précisément du PK 11+600 au PK 21+250, sur un linéaire total de 9.650 km. L'étude géométrique a été basé sur les recommandations ICTAAL en termes de distance de visibilité et de vitesse de référence notamment pour la valeur de la déclivité maximale. Le choix de la variante du tracé en plan a été dicté principalement par la nature du terrain très accidenté et par les contraintes existantes, notamment les habitations et les contraintes liées au déplacement des réseaux. Dans ce travail, nous avons également proposer un échangeur au niveau du PK 14+995 permettant de raccorder la pénétrante de Ghazaouet à la RN99. D'une manière générale, ce travail nous a permet d'appliquer les connaissances acquises dans notre formation en matière de tracé routier dans un cas d'étude pratique. En plus, il nous a incité à utiliser les outils informatiques, en l'occurrence Logiciel AutoCAD, civil 3D, Google Earth...etc.

Bibliographie

- [1] Wikipedia, “No Title”, [Online]. Available: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Wilaya_de_Tlemcen&oldid=205047570#Démographie
- [2] H. El and B. Hassen, “Étude de la pénétrante Port de Ghazaouet – Autoroute Est Ouest Juin 2015 ICA I ngénieurs C onseils A ssociés,” vol. 213, no. 0, 2015.
- [3] A. Des, A. Direction, and R. Ouest, “..,” 2023.
- [4] B40, “Www.lmgc.fr,” 1977.
- [5] “B30 : Normes techniques d’aménagement des routes,” 1977.
- [6] ICTAAL, “Instruction sur les conditions techniques d’aménagement des autoroutes de liaison,” p. 60, 2000.
- [7] Outhmen, “memoire,” 2017.
- [8] “Cours de route master 1,” 2021.
- [9] “cours de route,” pp. 1–10, 2009.
- [10] “memoire,” pp. 2018–2019, 2019.
- [11] “couche de chaussée”, [Online]. Available: <https://www.google.com/search?q=couche de fondation&tbm=isch&tbs=rimg:CcSyrIJ3inVWYXjEjOYv->
- [12] “Échangeur autoroutier”, [Online]. Available: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Échangeur_autoroutier&oldid=198
- [13] T. P. Sp and E. Ouest, “Mémoire de Master Filière : Travaux Publics Thème : Etude de la liaison autoroutière reliant l ’ autoroute Est Ouest,” pp. 2019–2020, 2020.

Annexe

Annexe 1
Tabulations

Annexe

Plage d'abscisse : Début 0+000.00 - Fin 9+650

N°	PK	Z TN	Z PR	X	Y	Dev G	Dev D
0+000.00	0+000.00	204.234	204.234	610552.4569	3878260.1729	2.5%	2.5%
0+050.00	0+050.00	204.682	202.746	610524.9984	3878218.3879	2.5%	2.5%
0+100.00	0+100.00	205.686	201.258	610497.5396	3878176.6026	2.5%	2.5%
0+150.00	0+150.00	206.274	199.770	610470.0809	3878134.8172	2.5%	2.5%
0+200.00	0+200.00	205.889	198.282	610442.6221	3878093.0319	2.5%	2.5%
0+250.00	0+250.00	204.844	196.794	610415.1633	3878051.2465	2.5%	2.5%
0+300.00	0+300.00	200.037	195.306	610387.7046	3878009.4611	2.5%	2.5%
0+350.00	0+350.00	189.919	193.817	610360.2458	3877967.6758	2.5%	2.5%
0+386.28	0+386.28	182.686	192.738	610340.3232	3877937.3584	2.5%	2.5%
0+400.00	0+400.00	179.813	192.329	610332.8626	3877925.8412	2.5%	2.5%
0+450.00	0+450.00	170.639	190.881	610306.9731	3877883.0714	2.5%	2.5%
0+500.00	0+500.00	169.305	190.069	610283.1590	3877839.1122	2.5%	2.5%
0+550.00	0+550.00	176.300	190.089	610261.4745	3877794.0644	2.5%	2.5%
0+600.00	0+600.00	181.107	190.944	610241.9695	3877748.0309	2.5%	2.5%
0+650.00	0+650.00	182.182	192.631	610224.6885	3877701.1173	2.5%	2.5%
0+700.00	0+700.00	186.916	195.131	610209.6711	3877653.4308	2.5%	2.5%
0+750.00	0+750.00	187.677	197.882	610196.9517	3877605.0806	2.5%	2.5%
0+800.00	0+800.00	194.951	200.634	610186.5594	3877556.1774	2.5%	2.5%
0+850.00	0+850.00	202.127	203.385	610178.5179	3877506.8332	2.5%	2.5%
0+900.00	0+900.00	207.100	206.090	610172.8457	3877457.1607	2.5%	2.5%
0+950.00	0+950.00	210.707	208.437	610169.5557	3877407.2739	2.5%	2.5%
1+000.00	1+000.00	212.792	210.367	610168.6556	3877357.2868	2.5%	2.5%
1+050.00	1+050.00	213.723	212.004	610170.1472	3877307.3138	2.5%	2.5%
1+100.00	1+100.00	214.608	213.628	610174.0273	3877257.4693	2.5%	2.5%
1+150.00	1+150.00	215.002	215.253	610180.2870	3877207.8675	2.5%	2.5%
1+200.00	1+200.00	216.861	216.878	610188.9119	3877158.6219	2.5%	2.5%
1+250.00	1+250.00	218.214	218.502	610199.8823	3877109.8451	2.5%	2.5%

Annexe

1+300.00	1+300.00	219.607	220.127	610213.1730	3877061.6488	2.5%	2.5%
1+350.00	1+350.00	221.359	221.752	610228.7537	3877014.1434	2.5%	2.5%
1+400.00	1+400.00	222.827	223.377	610246.5887	3876967.4376	2.5%	2.5%
1+450.00	1+450.00	225.075	225.001	610266.6371	3876921.6382	2.5%	2.5%
1+500.00	1+500.00	226.941	226.626	610288.8531	3876876.8501	2.5%	2.5%
1+550.00	1+550.00	228.482	228.251	610313.1859	3876833.1759	2.5%	2.5%
1+569.49	1+569.49	229.079	228.884	610323.2302	3876816.4784	2.5%	2.5%
1+600.00	1+600.00	230.003	229.876	610339.5796	3876790.7154	2.5%	2.5%
1+650.00	1+650.00	231.645	231.500	610367.9740	3876749.5659	2.5%	2.5%
1+700.00	1+700.00	233.079	233.125	610398.3041	3876709.8216	2.5%	2.5%
1+750.00	1+750.00	234.955	234.750	610430.5003	3876671.5733	2.5%	2.5%
1+800.00	1+800.00	236.340	236.374	610464.4891	3876634.9088	2.5%	2.5%
1+850.00	1+850.00	237.904	237.999	610500.1925	3876599.9119	2.5%	2.5%
1+900.00	1+900.00	239.683	239.624	610537.5290	3876566.6626	2.5%	2.5%
1+950.00	1+950.00	241.168	241.249	610576.4130	3876535.2372	2.5%	2.5%
2+000.00	2+000.00	242.331	242.873	610616.7555	3876505.7075	2.5%	2.5%
2+050.00	2+050.00	243.112	244.498	610658.4642	3876478.1411	2.5%	2.5%
2+100.00	2+100.00	244.632	246.123	610701.4437	3876452.6012	2.5%	2.5%
2+150.00	2+150.00	246.097	247.748	610745.5955	3876429.1461	2.5%	2.5%
2+200.00	2+200.00	247.661	249.238	610790.8186	3876407.8296	2.5%	2.5%
2+250.00	2+250.00	249.475	250.320	610837.0095	3876388.7004	2.5%	2.5%
2+300.00	2+300.00	250.439	250.985	610884.0624	3876371.8024	2.5%	2.5%
2+350.00	2+350.00	250.808	251.290	610931.8698	3876357.1742	2.5%	2.5%
2+400.00	2+400.00	250.798	251.549	610980.3220	3876344.8493	2.5%	2.5%
2+450.00	2+450.00	250.915	251.807	611029.3083	3876334.8559	2.5%	2.5%
2+500.00	2+500.00	250.372	252.066	611078.7165	3876327.2169	2.5%	2.5%
2+550.00	2+550.00	246.887	252.324	611128.4335	3876321.9497	2.5%	2.5%
2+600.00	2+600.00	242.096	252.583	611178.3455	3876319.0665	2.5%	2.5%
2+650.00	2+650.00	241.877	252.841	611228.3383	3876318.5738	2.5%	2.5%
2+700.00	2+700.00	241.338	253.100	611278.2974	3876320.4728	2.5%	2.5%
2+750.00	2+750.00	240.690	253.358	611328.1086	3876324.7590	2.5%	2.5%
2+752.69	2+752.69	240.841	253.372	611330.7865	3876325.0576	2.5%	2.5%
2+800.00	2+800.00	238.164	253.617	611377.7938	3876330.3608	2.5%	2.5%
2+850.00	2+850.00	248.780	253.875	611427.4786	3876335.9660	2.5%	2.5%

Annexe

2+900.00	2+900.00	252.321	254.134	611477.1634	3876341.5713	2.5%	2.5%
2+950.00	2+950.00	253.945	254.392	611526.8483	3876347.1765	2.5%	2.5%
3+000.00	3+000.00	254.518	254.651	611576.5331	3876352.7817	2.5%	2.5%
3+050.00	3+050.00	254.912	254.909	611626.2179	3876358.3869	2.5%	2.5%
3+100.00	3+100.00	255.116	255.168	611675.9027	3876363.9922	2.5%	2.5%
3+150.00	3+150.00	255.202	255.426	611725.5875	3876369.5974	2.5%	2.5%
3+200.00	3+200.00	255.105	255.685	611775.2724	3876375.2026	2.5%	2.5%
3+250.00	3+250.00	255.453	255.943	611824.9572	3876380.8079	2.5%	2.5%
3+300.00	3+300.00	256.039	256.202	611874.6420	3876386.4131	2.5%	2.5%
3+350.00	3+350.00	255.902	256.460	611924.3268	3876392.0183	2.5%	2.5%
3+400.00	3+400.00	256.030	256.719	611974.0117	3876397.6235	2.5%	2.5%
3+450.00	3+450.00	256.204	256.977	612023.6965	3876403.2288	2.5%	2.5%
3+500.00	3+500.00	256.195	257.235	612073.3813	3876408.8340	2.5%	2.5%
3+550.00	3+550.00	256.095	257.494	612123.0661	3876414.4392	2.5%	2.5%
3+600.00	3+600.00	256.040	257.752	612172.7509	3876420.0444	2.5%	2.5%
3+650.00	3+650.00	256.198	258.011	612222.4358	3876425.6497	2.5%	2.5%
3+700.00	3+700.00	256.090	258.269	612272.1206	3876431.2549	2.5%	2.5%
3+711.84	3+711.84	256.036	258.331	612283.8851	3876432.5821	2.5%	2.5%
3+750.00	3+750.00	255.693	258.528	612321.6830	3876437.8040	2.5%	2.5%
3+800.00	3+800.00	254.959	258.573	612370.7276	3876447.4858	2.5%	2.5%
3+850.00	3+850.00	254.045	258.201	612419.0351	3876460.3503	2.5%	2.5%
3+900.00	3+900.00	252.936	257.412	612466.3992	3876476.3424	2.5%	2.5%
3+950.00	3+950.00	251.648	256.207	612512.6178	3876495.3939	2.5%	2.5%
4+000.00	4+000.00	249.622	254.601	612557.4933	3876517.4233	2.5%	2.5%
4+050.00	4+050.00	246.095	252.885	612600.8342	3876542.3367	2.5%	2.5%
4+100.00	4+100.00	242.551	251.169	612642.4554	3876570.0275	2.5%	2.5%
4+150.00	4+150.00	238.995	249.453	612682.1792	3876600.3777	2.5%	2.5%
4+158.26	4+158.26	238.175	249.169	612688.5455	3876605.6374	2.5%	2.5%
4+200.00	4+200.00	230.941	247.737	612719.8359	3876633.2576	2.5%	2.5%
4+250.00	4+250.00	224.579	246.020	612755.2647	3876668.5267	2.5%	2.5%
4+300.00	4+300.00	218.761	244.426	612788.3143	3876706.0344	2.5%	2.5%
4+350.00	4+350.00	214.596	243.241	612818.8436	3876745.6207	2.5%	2.5%

Annexe

4+400.00	4+400.00	217.970	242.114	612846.7223	3876787.1163	2.5%	2.5%
4+450.00	4+450.00	230.194	240.987	612871.8312	3876830.3443	2.5%	2.5%
4+500.00	4+500.00	233.970	239.860	612894.0632	3876875.1198	2.5%	2.5%
4+550.00	4+550.00	231.802	238.734	612913.3232	3876921.2518	2.5%	2.5%
4+600.00	4+600.00	227.066	237.607	612929.5291	3876968.5432	2.5%	2.5%
4+604.68	4+604.68	226.499	237.501	612930.8862	3876973.0188	2.5%	2.5%
4+650.00	4+650.00	227.237	236.480	612943.9050	3877016.4320	2.5%	2.5%
4+700.00	4+700.00	229.144	235.353	612958.2672	3877064.3248	2.5%	2.5%
4+750.00	4+750.00	231.102	234.226	612972.6293	3877112.2177	2.5%	2.5%
4+800.00	4+800.00	232.904	233.099	612986.9915	3877160.1106	2.5%	2.5%
4+850.00	4+850.00	232.572	231.973	613001.3536	3877208.0035	2.5%	2.5%
4+900.00	4+900.00	230.737	230.846	613015.7158	3877255.8964	2.5%	2.5%
4+950.00	4+950.00	224.002	229.719	613030.0780	3877303.7893	2.5%	2.5%
5+000.00	5+000.00	214.098	228.592	613044.4401	3877351.6822	2.5%	2.5%
5+050.00	5+050.00	211.274	227.465	613058.8023	3877399.5750	2.5%	2.5%
5+100.00	5+100.00	217.508	226.338	613073.1644	3877447.4679	2.5%	2.5%
5+150.00	5+150.00	222.179	225.212	613087.5266	3877495.3608	2.5%	2.5%
5+200.00	5+200.00	225.060	224.085	613101.8888	3877543.2537	2.5%	2.5%
5+250.00	5+250.00	226.559	222.958	613116.2509	3877591.1466	2.5%	2.5%
5+300.00	5+300.00	225.629	221.831	613130.6131	3877639.0395	2.5%	2.5%
5+350.00	5+350.00	224.270	220.704	613144.9752	3877686.9323	2.5%	2.5%
5+388.86	5+388.86	222.681	219.829	613156.1364	3877724.1510	2.5%	2.5%
5+400.00	5+400.00	222.452	219.577	613159.4222	3877734.7993	2.5%	2.5%
5+450.00	5+450.00	214.690	218.451	613176.2335	3877781.8771	2.5%	2.5%
5+500.00	5+500.00	206.801	217.324	613196.3617	3877827.6351	2.5%	2.5%
5+550.00	5+550.00	205.156	216.197	613219.7043	3877871.8398	2.5%	2.5%
5+600.00	5+600.00	206.848	215.023	613246.1421	3877914.2660	2.5%	2.5%
5+650.00	5+650.00	213.641	213.804	613275.5404	3877954.6972	2.5%	2.5%
5+700.00	5+700.00	218.661	212.584	613307.7492	3877992.9271	2.5%	2.5%
5+750.00	5+750.00	219.145	211.364	613342.6042	3878028.7609	2.5%	2.5%
5+779.21	5+779.21	217.457	210.652	613364.1216	3878048.5136	2.5%	2.5%
5+800.00	5+800.00	214.875	210.144	613379.9278	3878062.0159	2.5%	2.5%
5+850.00	5+850.00	209.215	208.925	613419.5295	3878092.5223	2.5%	2.5%
5+900.00	5+900.00	210.471	207.705	613461.2074	3878120.1246	2.5%	2.5%

Annexe

5+950.00	5+950.00	212.560	206.485	613504.7490	3878144.6821	2.5%	2.5%
6+000.00	6+000.00	213.560	205.265	613549.9321	3878166.0695	2.5%	2.5%
6+050.00	6+050.00	218.874	204.046	613596.5264	3878184.1777	2.5%	2.5%
6+100.00	6+100.00	226.452	202.826	613644.2943	3878198.9144	2.5%	2.5%
6+150.00	6+150.00	221.841	201.606	613692.9920	3878210.2045	2.5%	2.5%
6+169.57	6+169.57	217.131	201.129	613712.2478	3878213.6712	2.5%	2.5%
6+200.00	6+200.00	207.768	200.386	613742.2727	3878218.6445	2.5%	2.5%
6+250.00	6+250.00	200.114	199.316	613791.6006	3878226.8151	2.5%	2.5%
6+300.00	6+300.00	198.718	198.602	613840.9285	3878234.9858	2.5%	2.5%
6+350.00	6+350.00	194.380	198.245	613890.2564	3878243.1564	2.5%	2.5%
6+374.66	6+374.66	187.574	198.201	613914.5872	3878247.1865	2.5%	2.5%
6+400.00	6+400.00	182.759	198.246	613939.4987	3878251.8058	2.5%	2.5%
6+450.00	6+450.00	179.297	198.603	613988.0490	3878263.7084	2.5%	2.5%
6+500.00	6+500.00	186.649	199.318	614035.5592	3878279.2514	2.5%	2.5%
6+550.00	6+550.00	179.637	200.389	614081.7567	3878298.3456	2.5%	2.5%
6+573.96	6+573.96	179.774	201.029	614103.3487	3878308.7215	2.5%	2.5%
6+600.00	6+600.00	185.615	201.818	614126.3766	3878320.8815	2.5%	2.5%
6+650.00	6+650.00	197.414	203.604	614169.1629	3878346.7299	2.5%	2.5%
6+700.00	6+700.00	200.279	205.747	614209.8702	3878375.7424	2.5%	2.5%
6+750.00	6+750.00	197.412	208.247	614248.2648	3878407.7526	2.5%	2.5%
6+773.25	6+773.25	195.982	209.532	614265.2696	3878423.6087	2.5%	2.5%
6+800.00	6+800.00	190.365	211.103	614284.5085	3878442.1922	2.5%	2.5%
6+850.00	6+850.00	194.810	214.103	614320.4711	3878476.9297	2.5%	2.5%
6+862.74	6+862.74	195.941	214.867	614329.6366	3878485.7830	2.5%	2.5%
6+900.00	6+900.00	199.422	217.103	614356.6318	3878511.4592	2.5%	2.5%
6+922.74	6+922.74	201.114	218.467	614373.6097	3878526.5901	2.5%	2.5%
6+950.00	6+950.00	203.182	220.103	614394.7872	3878543.7442	2.5%	2.5%
7+000.00	7+000.00	207.196	223.103	614435.9361	3878572.1111	2.5%	2.5%
7+050.00	7+050.00	211.122	226.103	614479.7114	3878596.2283	2.5%	2.5%
7+100.00	7+100.00	214.226	229.103	614525.6757	3878615.8548	2.5%	2.5%
7+150.00	7+150.00	216.391	232.103	614573.3698	3878630.7945	2.5%	2.5%
7+200.00	7+200.00	225.672	235.103	614622.3171	3878640.8980	2.5%	2.5%

Annexe

7+250.00	7+250.00	235.799	238.103	614672.0285	3878646.0646	2.5%	2.5%
7+300.00	7+300.00	245.296	241.103	614722.0073	3878646.2424	2.5%	2.5%
7+311.88	7+311.88	247.630	241.816	614733.8701	3878645.5497	2.5%	2.5%
7+350.00	7+350.00	256.021	244.100	614771.7543	3878641.4298	2.5%	2.5%
7+400.00	7+400.00	266.454	246.840	614820.7722	3878631.6748	2.5%	2.5%
7+450.00	7+450.00	269.963	249.163	614868.5714	3878617.0750	2.5%	2.5%
7+500.00	7+500.00	264.398	251.070	614914.6742	3878597.7761	2.5%	2.5%
7+550.00	7+550.00	248.660	252.560	614958.6200	3878573.9710	2.5%	2.5%
7+600.00	7+600.00	233.538	253.633	614999.9698	3878545.8976	2.5%	2.5%
7+650.00	7+650.00	230.625	254.420	615038.3103	3878513.8364	2.5%	2.5%
7+700.00	7+700.00	239.102	255.198	615073.2585	3878478.1076	2.5%	2.5%
7+701.02	7+701.02	239.177	255.214	615073.9358	3878477.3406	2.5%	2.5%
7+750.00	7+750.00	243.142	255.976	615104.9803	3878439.4690	2.5%	2.5%
7+761.02	7+761.02	242.975	256.148	615111.7648	3878430.7809	2.5%	2.5%
7+800.00	7+800.00	249.098	256.754	615136.0763	3878400.3180	2.5%	2.5%
7+836.02	7+836.02	256.077	257.315	615160.2748	3878373.6496	2.5%	2.5%
7+850.00	7+850.00	258.833	257.532	615170.4028	3878364.0197	2.5%	2.5%
7+900.00	7+900.00	268.763	258.310	615210.0529	3878333.6538	2.5%	2.5%
7+950.00	7+950.00	284.118	259.088	615254.1912	3878310.2865	2.5%	2.5%
8+000.00	8+000.00	281.664	259.866	615301.5944	3878294.5653	2.5%	2.5%
8+050.00	8+050.00	277.456	260.644	615350.9488	3878286.9260	2.5%	2.5%
8+100.00	8+100.00	279.288	261.422	615400.8867	3878287.5803	2.5%	2.5%
8+122.58	8+122.58	280.749	261.774	615423.2570	3878290.5974	2.5%	2.5%
8+150.00	8+150.00	285.646	262.200	615450.0241	3878296.5100	2.5%	2.5%
8+200.00	8+200.00	297.491	262.978	615496.9991	3878313.4677	2.5%	2.5%
8+250.00	8+250.00	301.317	263.756	615540.5100	3878337.9833	2.5%	2.5%
8+300.00	8+300.00	298.202	264.534	615579.3510	3878369.3776	2.5%	2.5%
8+350.00	8+350.00	276.725	265.312	615612.4455	3878406.7804	2.5%	2.5%
8+400.00	8+400.00	275.726	266.057	615638.8765	3878449.1551	2.5%	2.5%
8+409.13	8+409.13	275.230	266.180	615642.9239	3878457.3420	2.5%	2.5%
8+450.00	8+450.00	253.815	266.681	615658.3858	3878495.1528	2.5%	2.5%
8+484.13	8+484.13	234.791	267.035	615669.3668	3878527.4702	2.5%	2.5%
8+500.00	8+500.00	227.167	267.180	615674.3418	3878542.5371	2.5%	2.5%
8+550.00	8+550.00	218.555	267.554	615690.0187	3878590.0158	2.5%	2.5%

Annexe

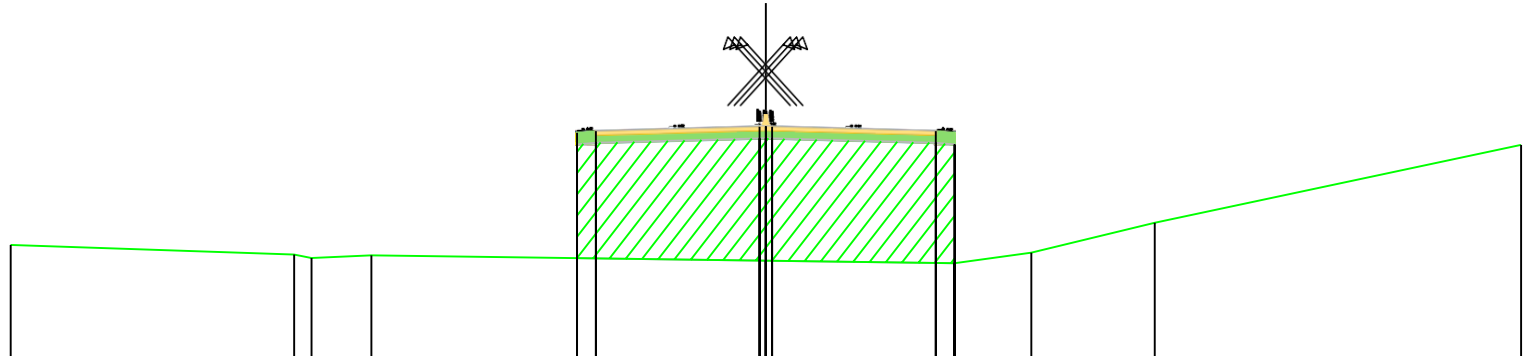
8+600.00	8+600.00	240.812	267.803	615705.6957	3878637.4946	2.5%	2.5%
8+650.00	8+650.00	257.806	267.927	615721.3727	3878684.9733	2.5%	2.5%
8+700.00	8+700.00	263.121	267.926	615737.0497	3878732.4521	2.5%	2.5%
8+716.18	8+716.18	264.138	267.899	615742.1234	3878747.8181	2.5%	2.5%
8+750.00	8+750.00	262.315	267.800	615752.9053	3878779.8709	2.5%	2.5%
8+779.56	8+779.56	256.730	267.667	615763.1656	3878807.5924	2.5%	2.5%
8+800.00	8+800.00	261.008	267.549	615771.0588	3878826.4438	2.5%	2.5%
8+848.23	8+848.23	277.601	267.188	615792.4683	3878869.6441	2.5%	2.5%
8+850.00	8+850.00	278.261	267.173	615793.3266	3878871.1916	2.5%	2.5%
8+900.00	8+900.00	277.165	266.672	615819.6364	3878913.6888	2.5%	2.5%
8+916.90	8+916.90	275.222	266.474	615829.4039	3878927.4786	2.5%	2.5%
8+950.00	8+950.00	271.560	266.046	615849.6246	3878953.6814	2.5%	2.5%
8+980.28	8+980.28	273.307	265.606	615868.8082	3878977.1077	2.5%	2.5%
9+000.00	9+000.00	277.180	265.295	615881.3708	3878992.3097	2.5%	2.5%
9+050.00	9+050.00	267.481	264.422	615913.2214	3879030.8524	2.5%	2.5%
9+100.00	9+100.00	250.937	263.512	615945.0721	3879069.3950	2.5%	2.5%
9+150.00	9+150.00	240.307	262.602	615976.9228	3879107.9376	2.5%	2.5%
9+200.00	9+200.00	234.277	261.691	616008.7734	3879146.4803	2.5%	2.5%
9+250.00	9+250.00	229.380	260.781	616040.6241	3879185.0229	2.5%	2.5%
9+300.00	9+300.00	229.325	259.871	616072.4747	3879223.5656	2.5%	2.5%
9+350.00	9+350.00	232.348	258.961	616104.3254	3879262.1082	2.5%	2.5%
9+365.54	9+365.54	234.870	258.678	616114.2252	3879274.0880	2.5%	2.5%
9+400.00	9+400.00	237.693	258.051	616136.7745	3879300.1408	2.5%	2.5%
9+450.00	9+450.00	237.948	257.141	616171.5524	3879336.0516	2.5%	2.5%
9+500.00	9+500.00	239.259	256.231	616208.6304	3879369.5823	2.5%	2.5%
9+550.00	9+550.00	247.094	255.320	616247.8461	3879400.5857	2.5%	2.5%
9+600.00	9+600.00	251.494	254.410	616289.0276	3879428.9260	2.5%	2.5%
9+618.83	9+618.83	253.899	254.068	616305.0112	3879438.8840	2.5%	2.5%
9+650.00	9+650.00	257.340	253.500	616331.9943	3879454.4790	2.5%	2.5%

Annexe 1

Les profils en travers courant

Annexe

PL : axe central
 PT : 0+600.00
 PK : 600.00m
 Ech H :
 PC : 174.0



TERRAIN	Distances	-60.00	-37.46 -36.09	-31.33	0.00	15.00	21.09	30.89	60.00
	Cotes	182.26	181.55 181.31	181.50	181.11	180.92	181.69	183.89	189.59
PROJET	Distances				-15.00 -13.50	0.00	13.50 15.00		
	Cotes				190.49 190.61	188.93	190.61 189.64		
ASSISE	Distances				-15.00 -13.50	0.00	13.50 15.00		
	Cotes				189.64 189.76	188.88	189.76 189.64		

:

Annexe

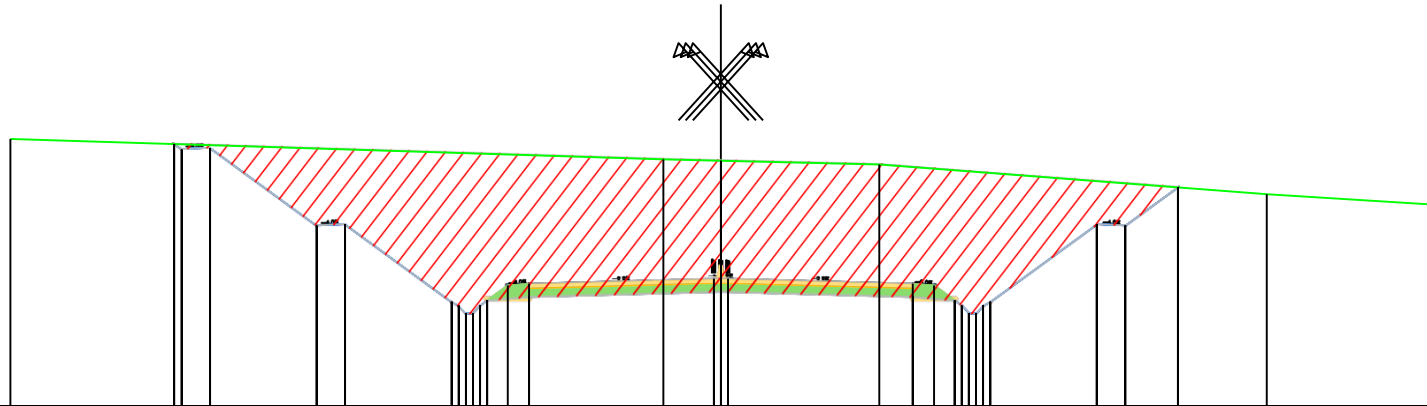
PL : axe central

PT : 0+200.00

PK : 200.00m

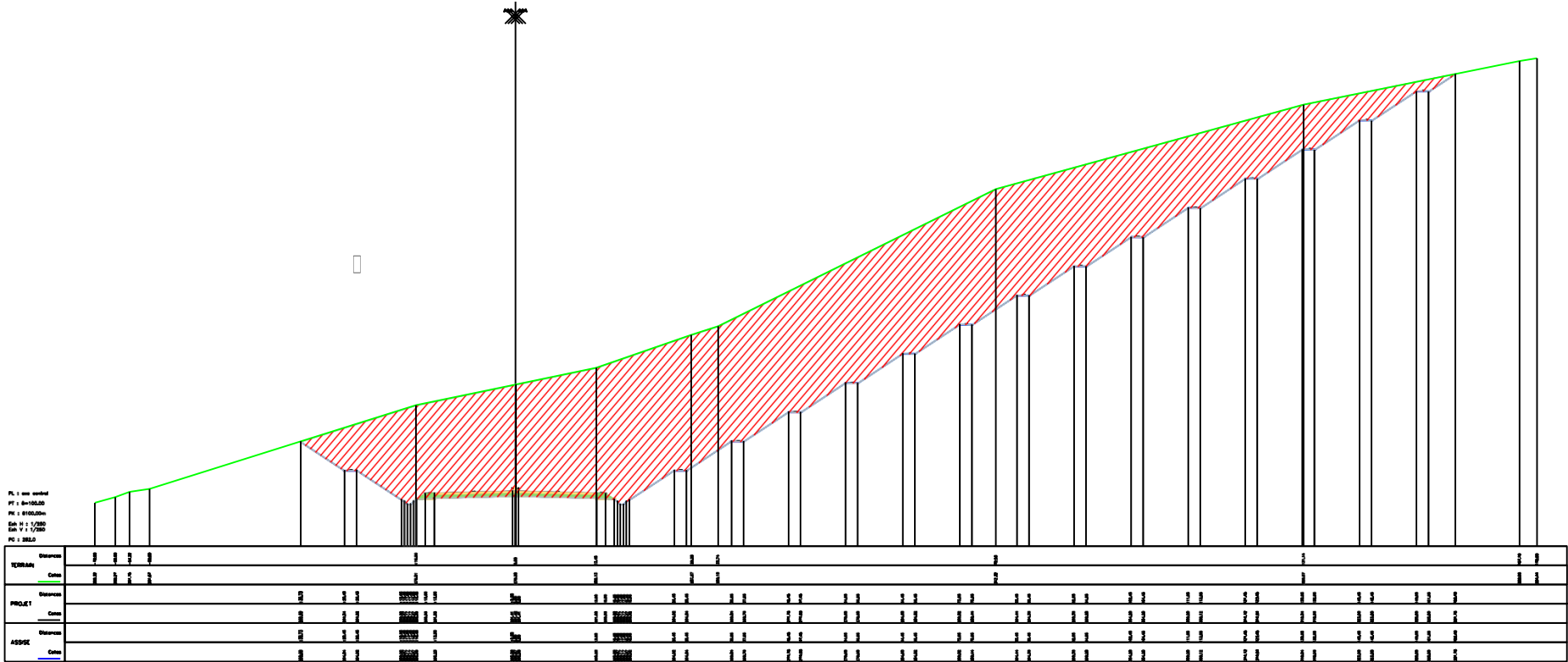
Ech H : 1/500
Ech 1/500

PC : 190.0



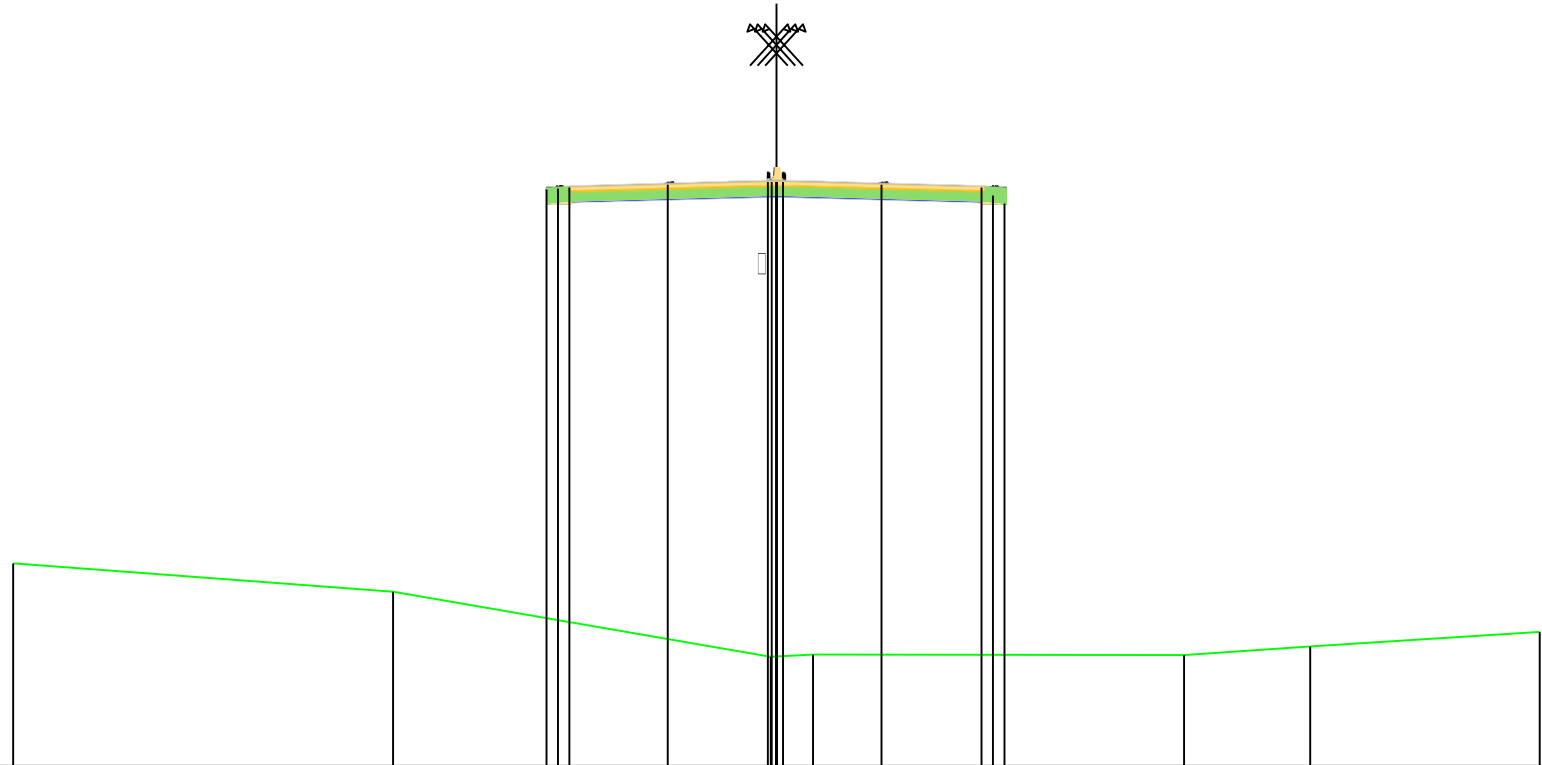
TERRAIN	Distances	-50.00				-4.06	0.00	11.14		38.41	50.00										
	Cotes	207.30				205.98	205.89	205.65		203.73	203.06										
PROJET	Distances		-37.48	-35.95		-28.45	-26.45		-17.45	-15.00	-13.50		0.50		13.50	15.00		26.45	28.45		32.16
	Cotes		206.82	206.70		201.70	201.78		198.73	198.86	197.82	197.94		198.27		197.94	197.82		201.78	201.70	
ASSISE	Distances		-37.48	-35.95		-28.45	-26.45		-17.45	-15.00	-13.50		0.50		13.50	15.00		26.45	28.45		32.16
	Cotes		206.82	206.70		201.70	201.78		198.73	198.86	197.82	197.94		197.42		197.09	197.01		201.78	201.70	

Annexe



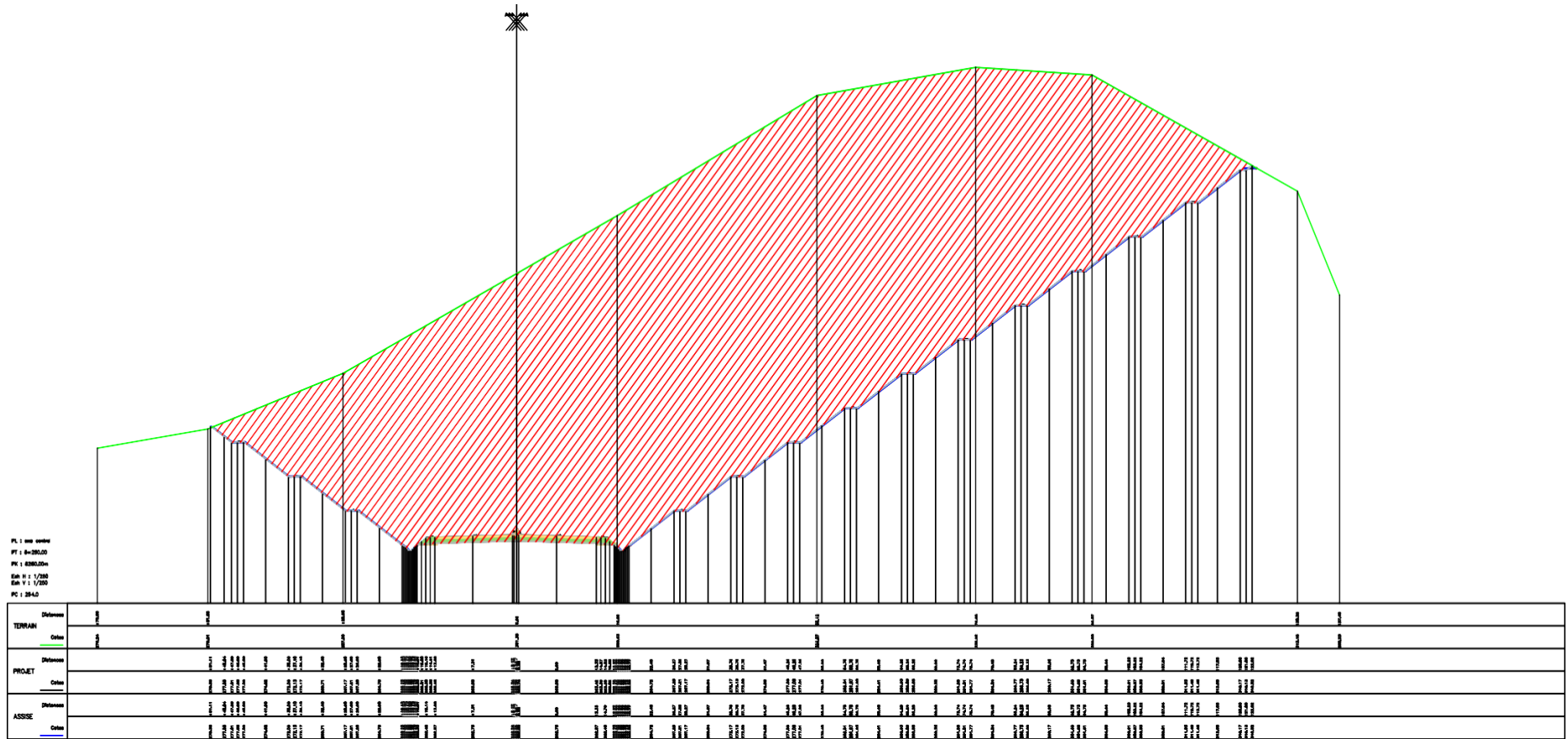
Annexe

PL : axe central
 PT : 4+350.00
 PK : 4350.00m
 Ech H : 1/250
 Ech V : 1/250
 PC : 208.0



TERRAIN	Distances	-50.00	-25.12	0.00	26.70	54.96	50.00
	Cotes	220.22	218.90	214.68	214.68	215.20	216.08
PROJET	Distances						
	Cotes			242.78 242.84 242.90	243.07	243.07	242.80 242.42 241.93
ASSISE	Distances			0.00			
	Cotes						

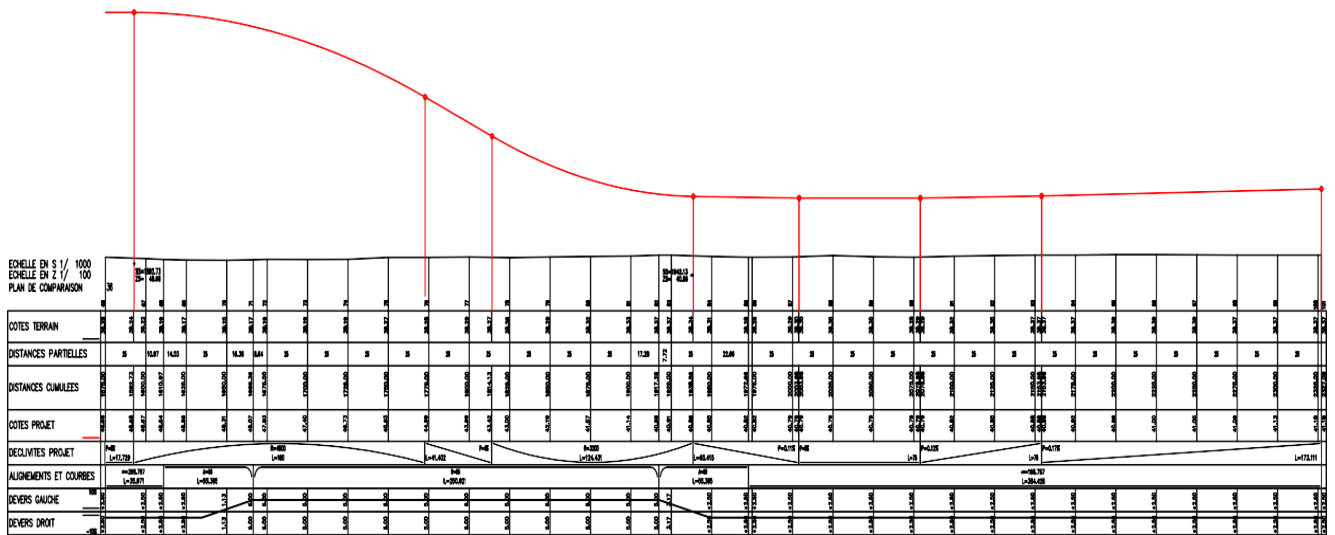
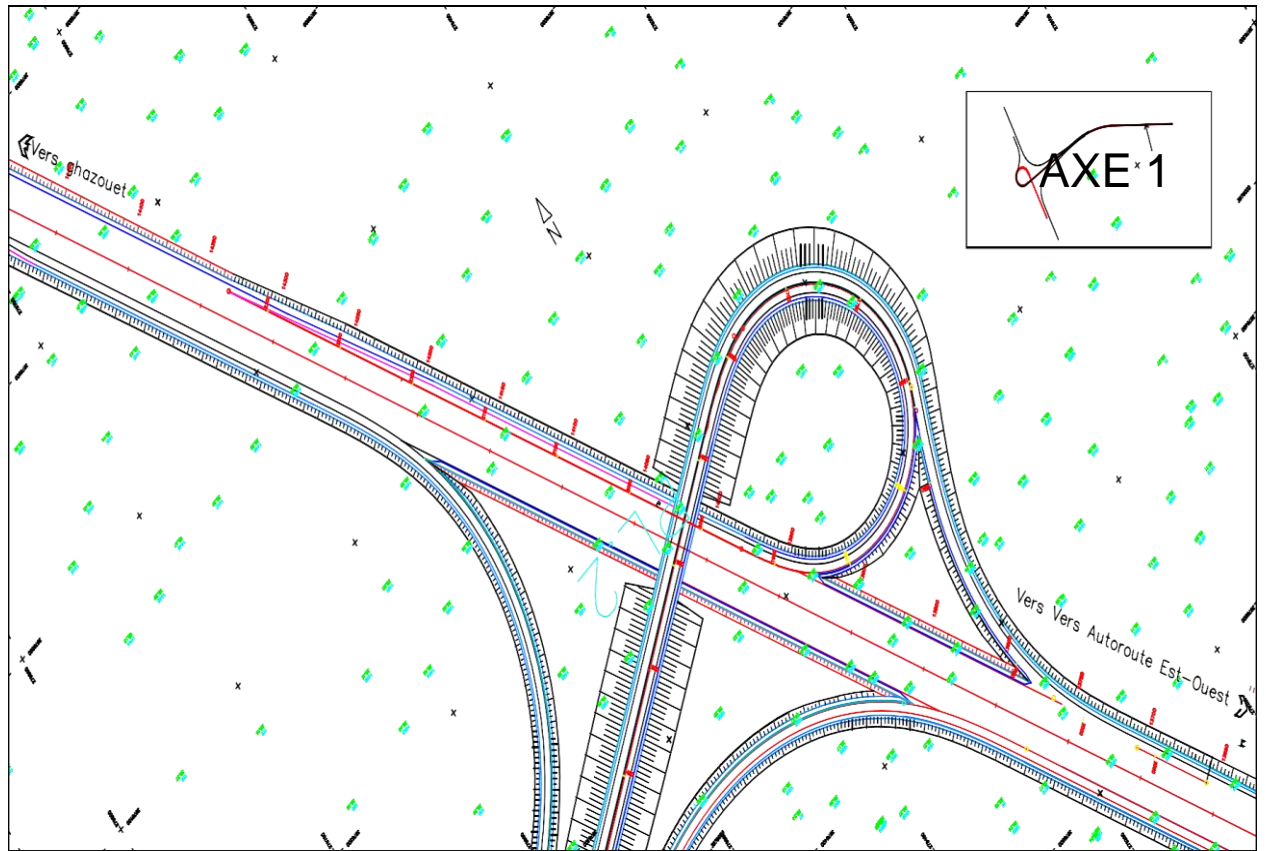
Annexe



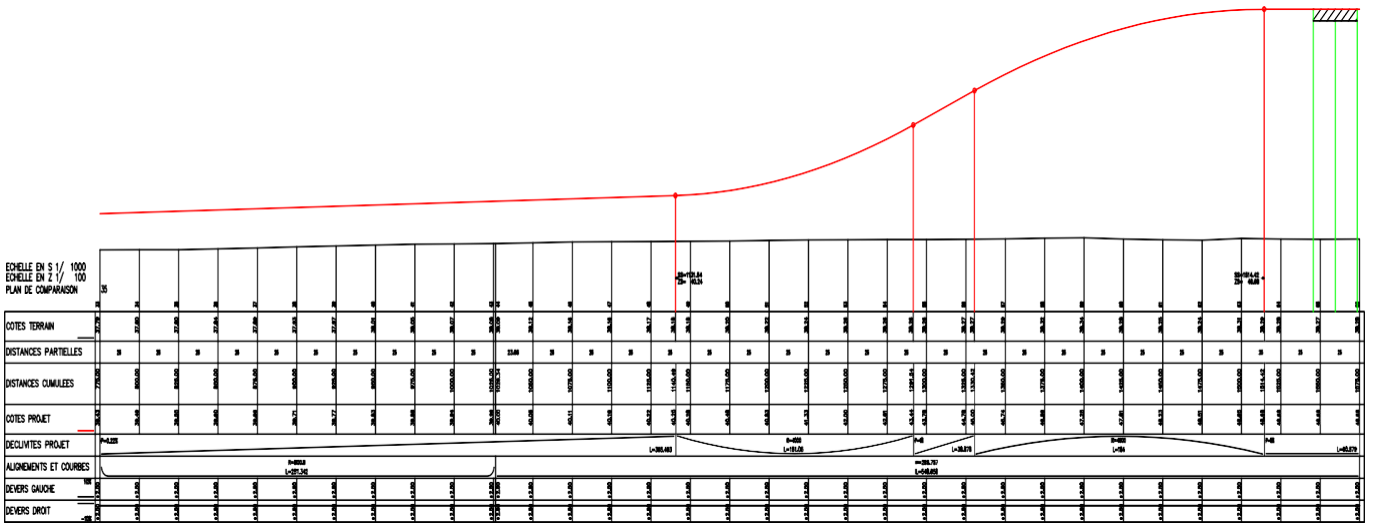
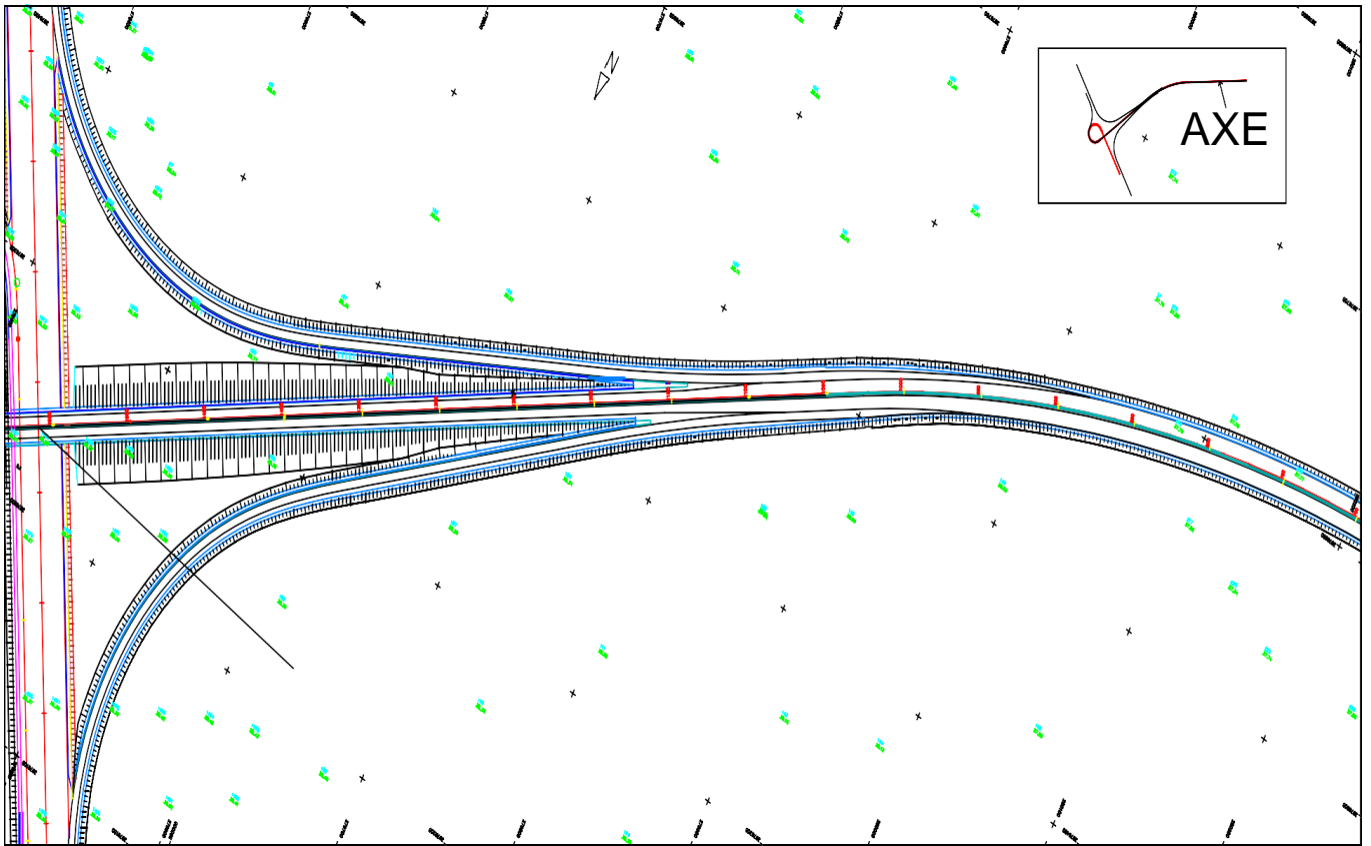
Annexe 2

Les profils en long et Les profil en travers d'un échangeur

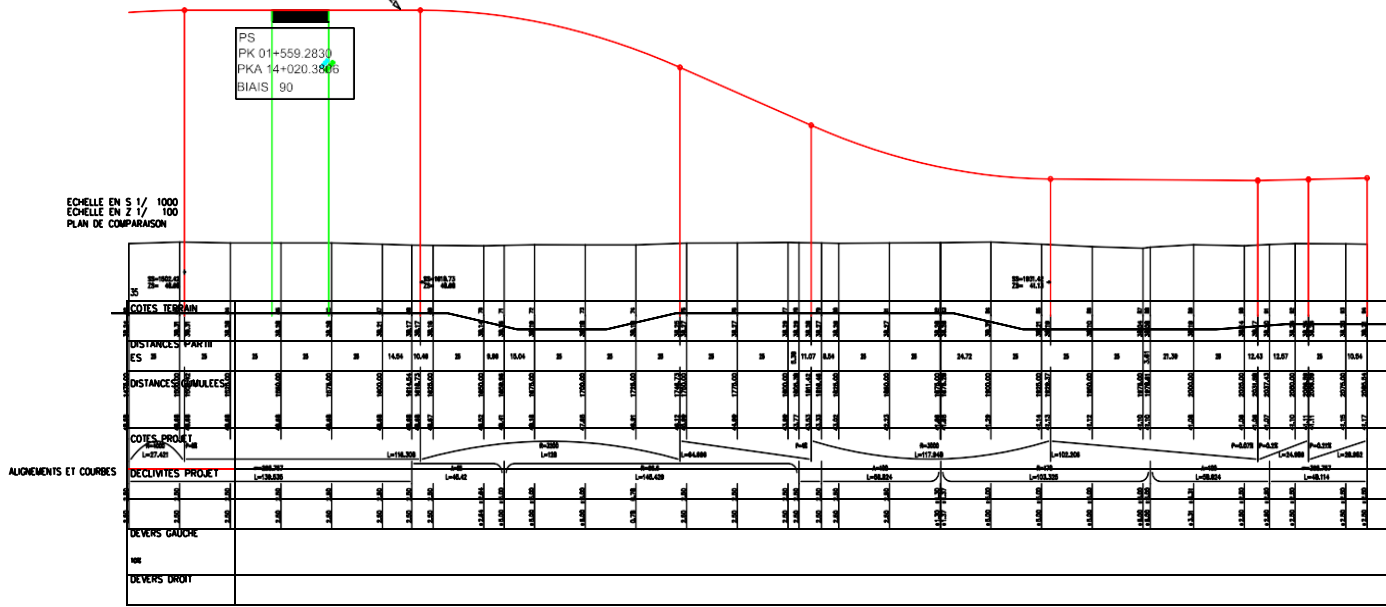
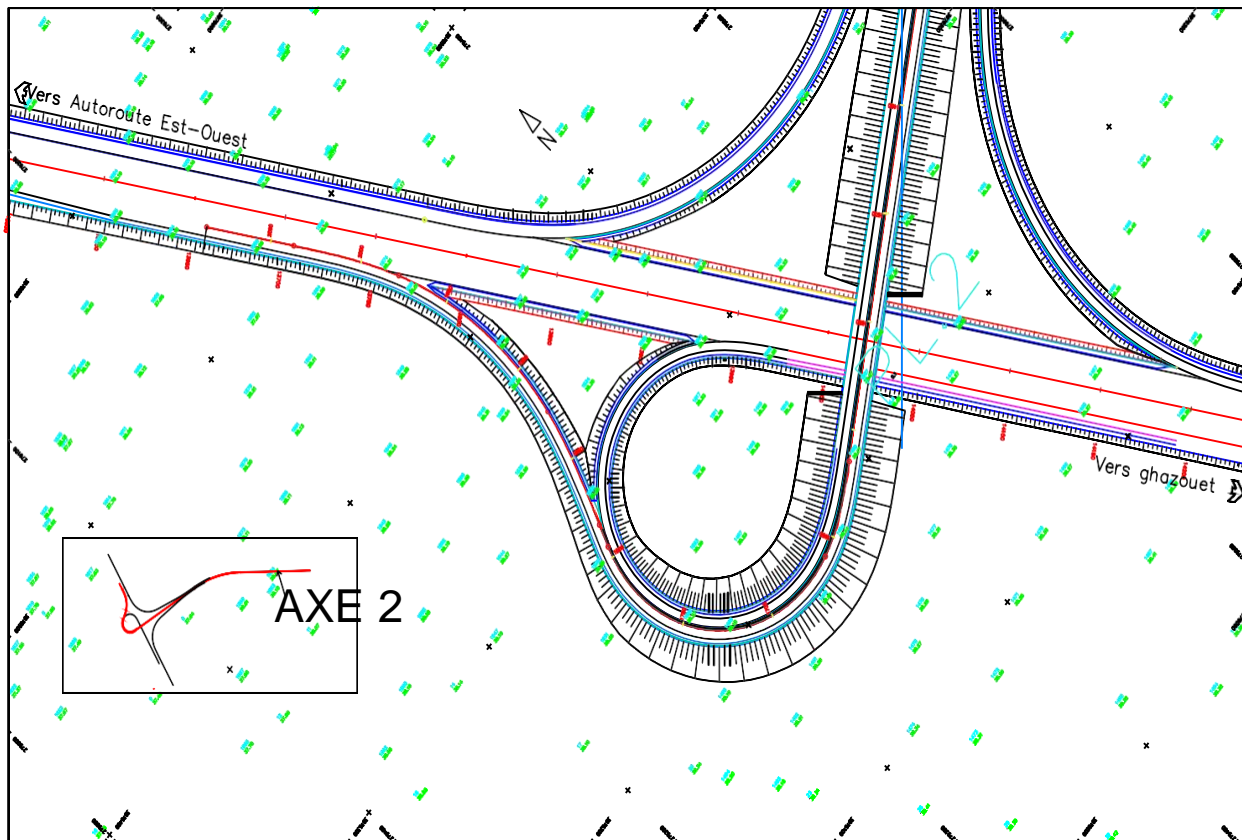
Annexe



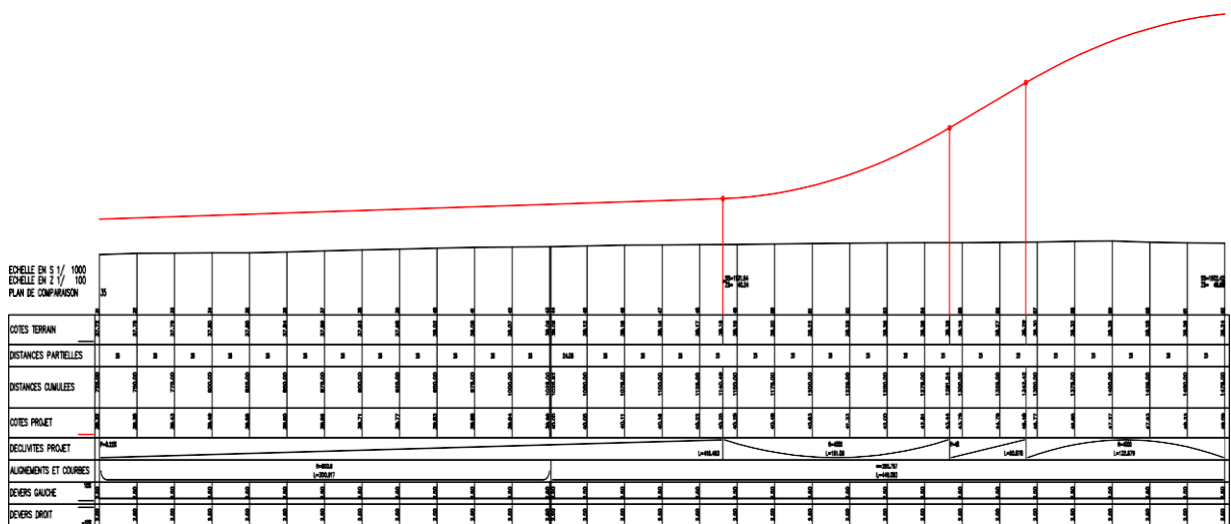
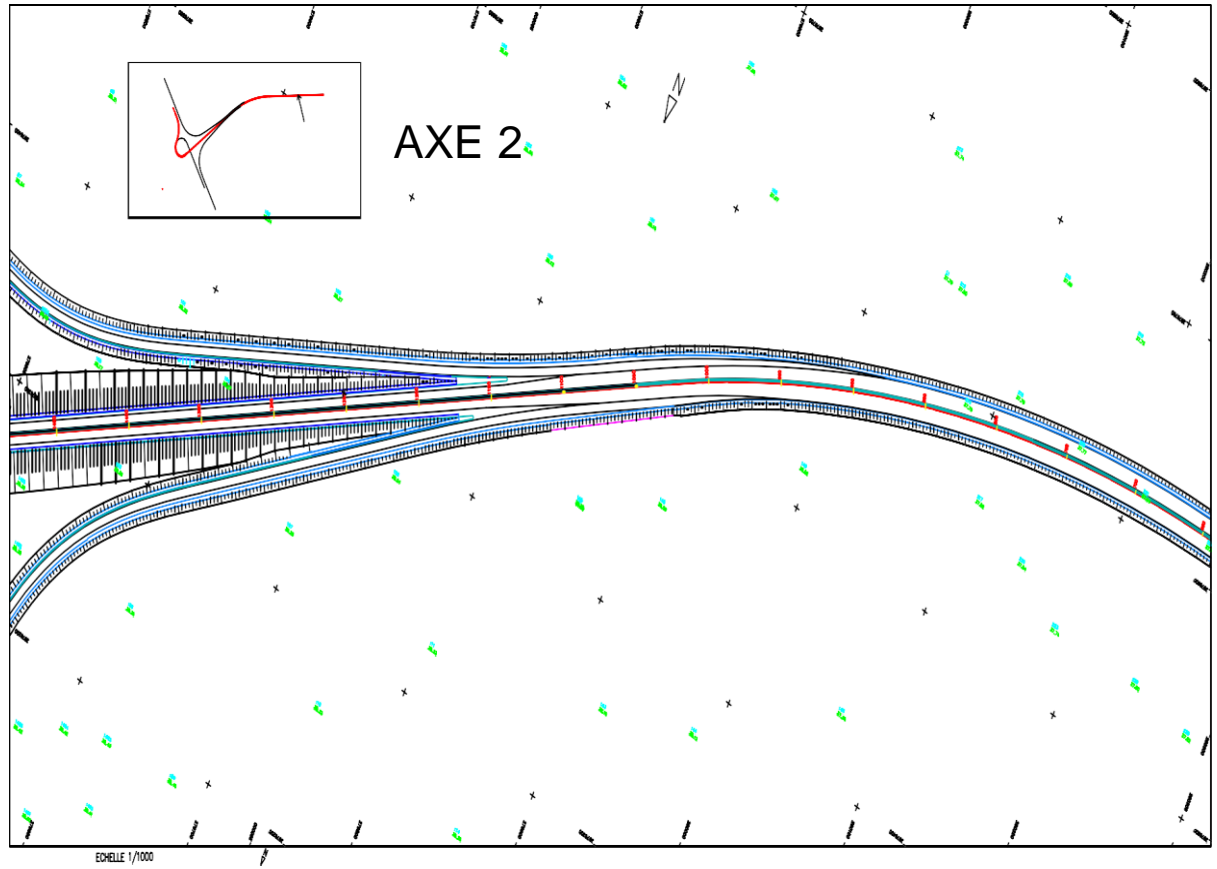
Annexe



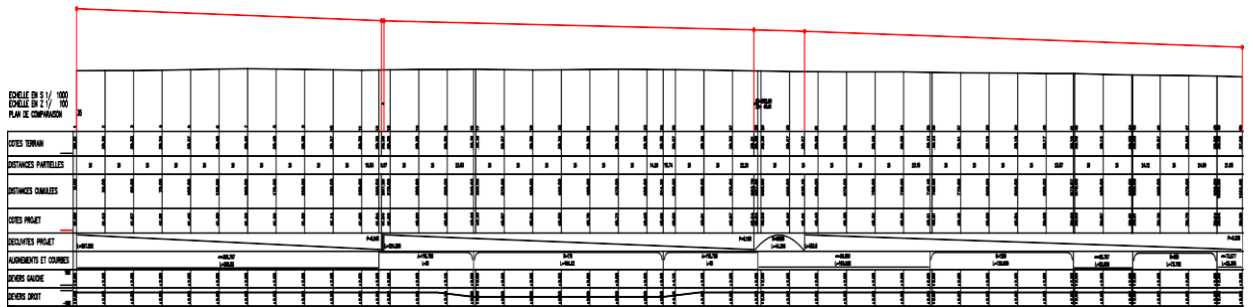
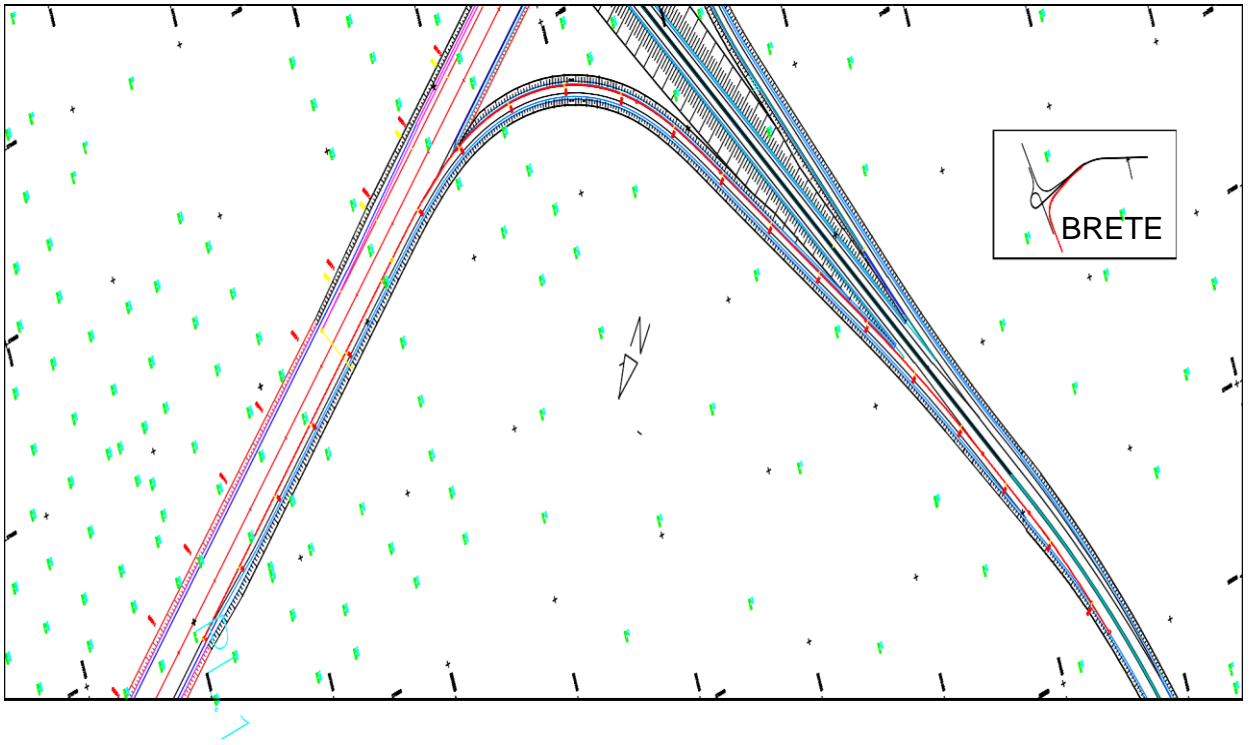
Annexe



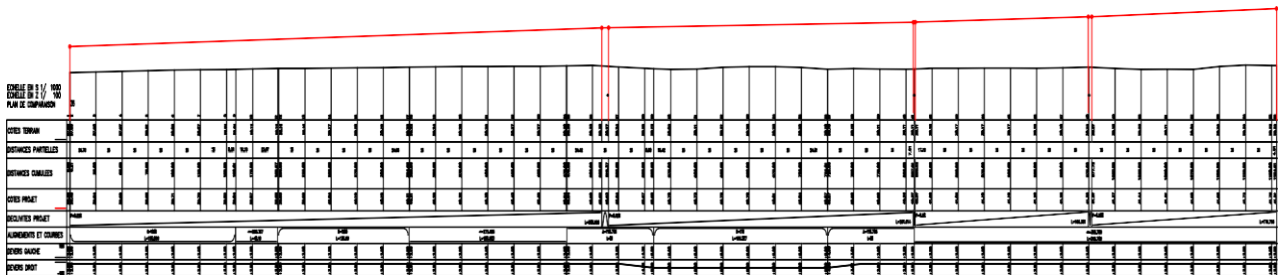
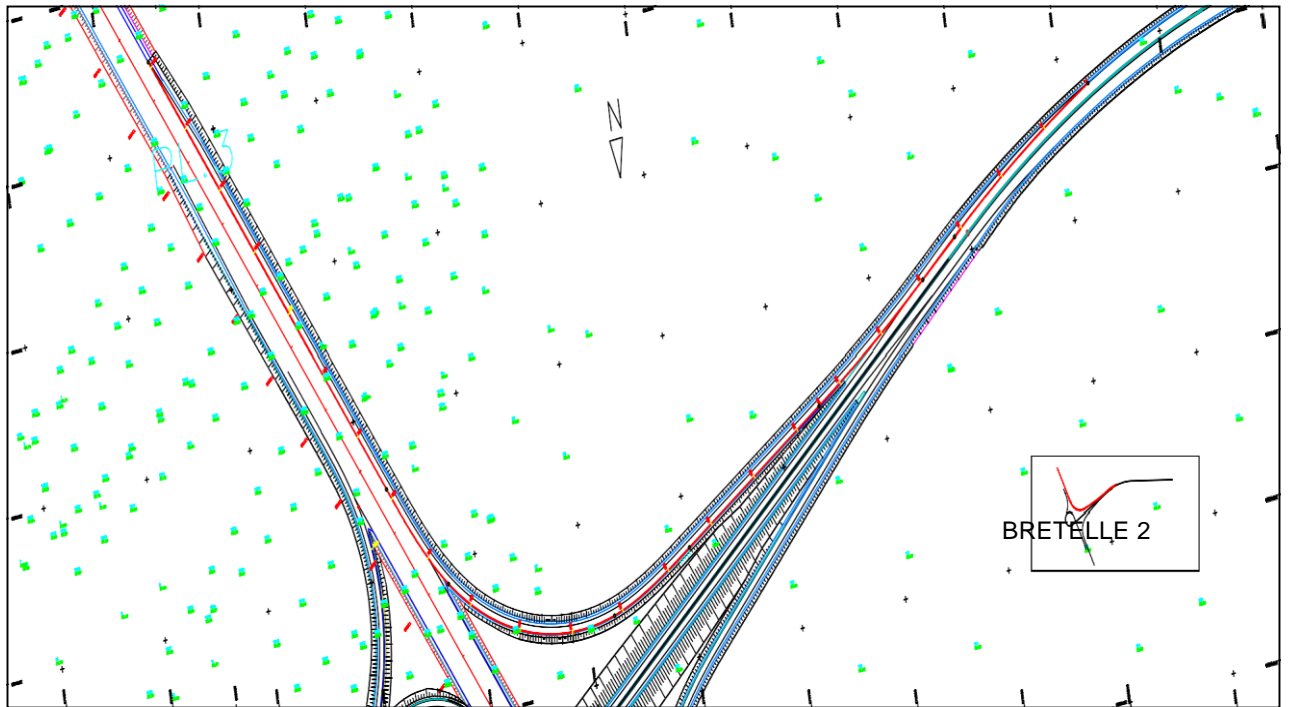
Annexe



Annexe



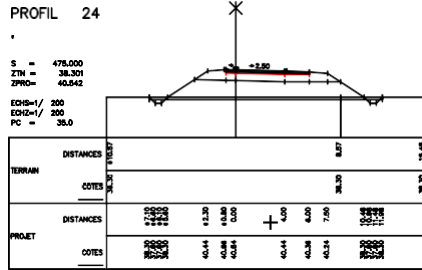
Annexe



Annexe

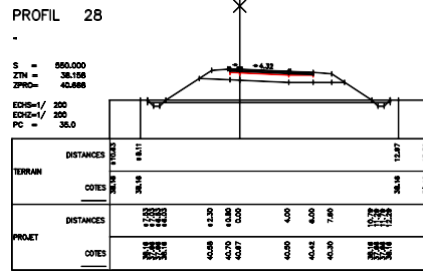
PROFIL 24

S = 478.000
ZIN = 38.301
ZPRO = 40.842
EHS=1/ 200
EHS=1/ 200
PC = 35.0



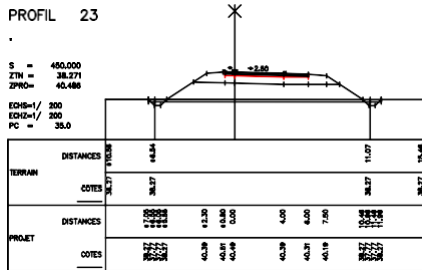
PROFIL 28

S = 550.000
ZIN = 38.156
ZPRO = 40.886
EHS=1/ 200
EHS=1/ 200
PC = 35.0



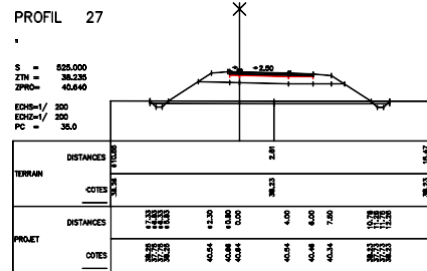
PROFIL 23

S = 450.000
ZIN = 38.271
ZPRO = 40.486
EHS=1/ 200
EHS=1/ 200
PC = 35.0



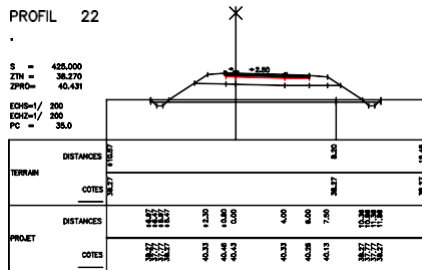
PROFIL 27

S = 525.000
ZIN = 38.235
ZPRO = 40.840
EHS=1/ 200
EHS=1/ 200
PC = 35.0



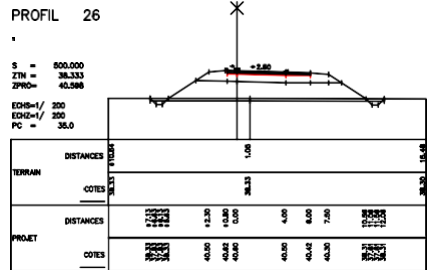
PROFIL 22

S = 425.000
ZIN = 38.270
ZPRO = 40.431
EHS=1/ 200
EHS=1/ 200
PC = 35.0



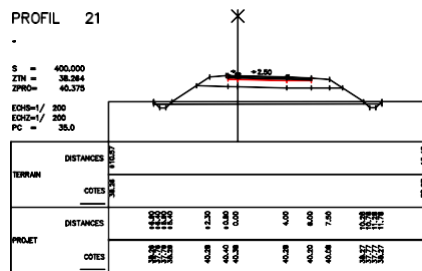
PROFIL 26

S = 500.000
ZIN = 38.333
ZPRO = 40.586
EHS=1/ 200
EHS=1/ 200
PC = 35.0



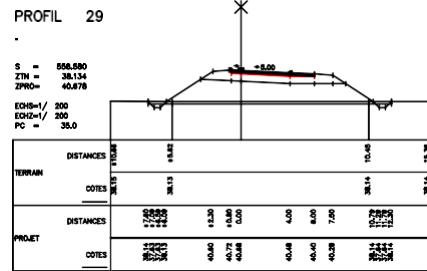
PROFIL 21

S = 400.000
ZIN = 38.384
ZPRO = 40.375
EHS=1/ 200
EHS=1/ 200
PC = 35.0



PROFIL 29

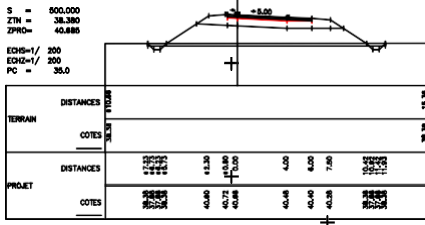
S = 555.500
ZIN = 38.134
ZPRO = 40.678
EHS=1/ 200
EHS=1/ 200
PC = 35.0



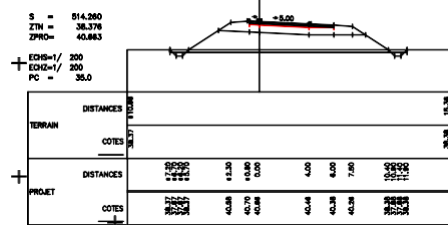
Annexe

BRETELLE 1

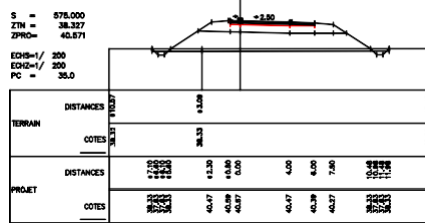
PROFIL 23



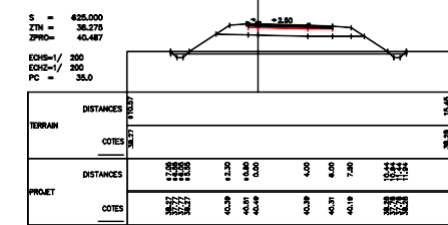
PROFIL 24



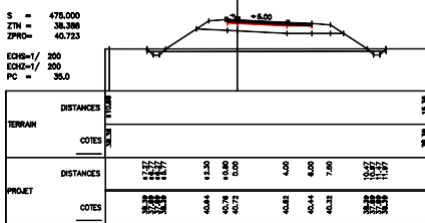
PROFIL 27



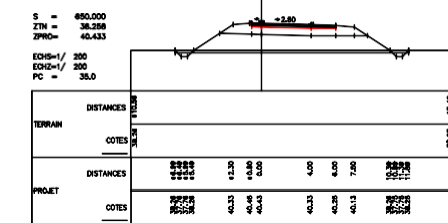
PROFIL 30



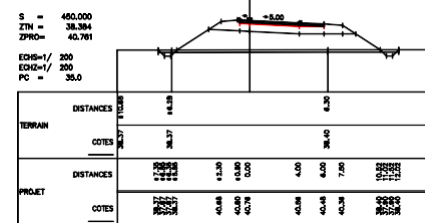
PROFIL 22



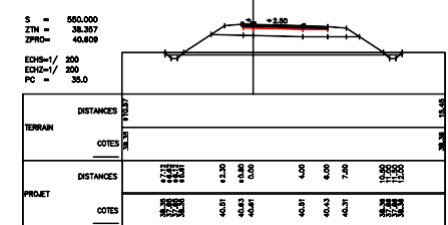
PROFIL 31



PROFIL 21

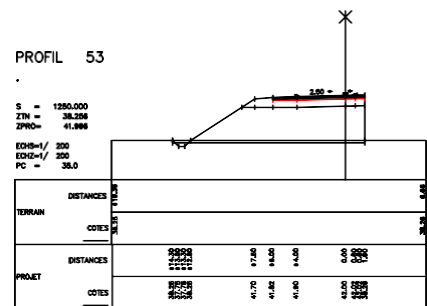
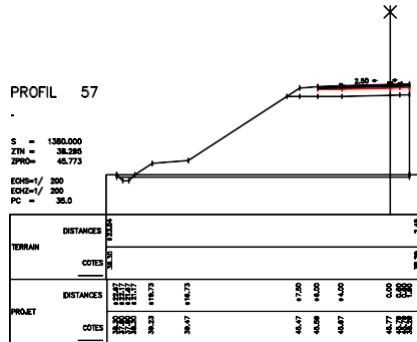
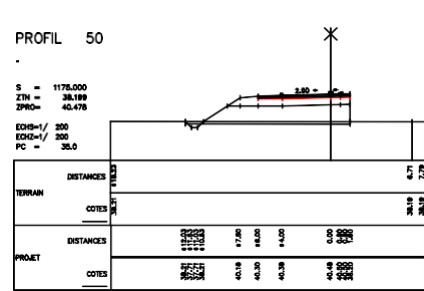
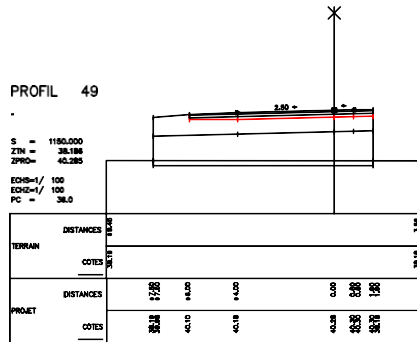
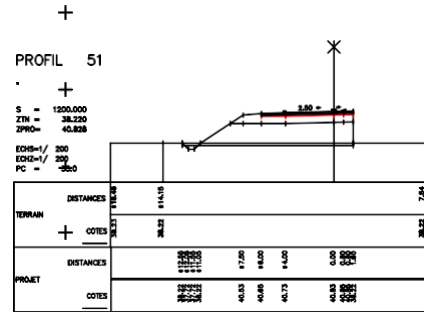
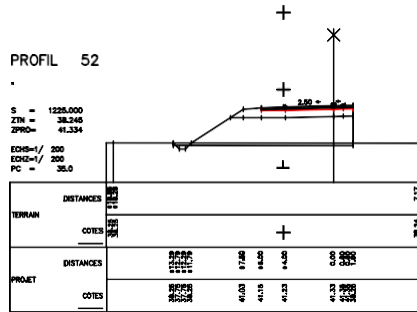


PROFIL 26



Annexe

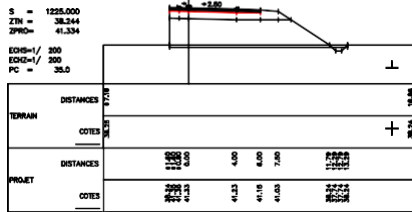
AXE 2



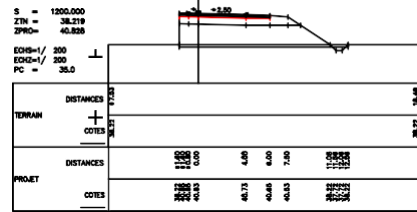
Annexe

AXE 1

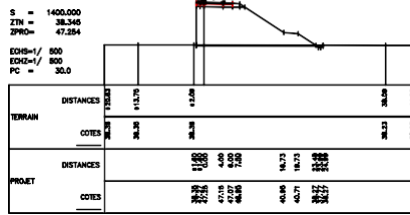
PROFIL 52



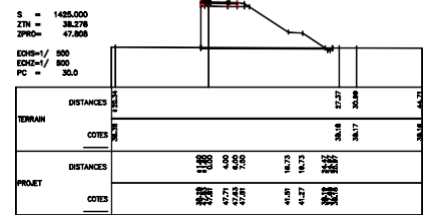
PROFIL 51



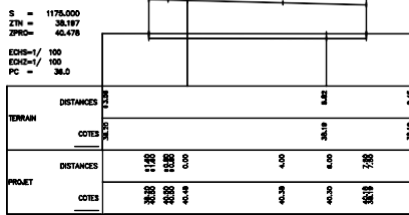
PROFIL 59



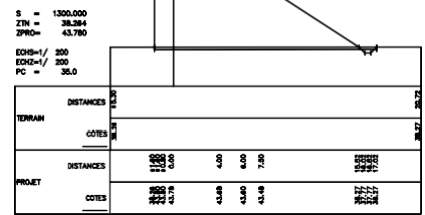
PROFIL 60



PROFIL 50



PROFIL 55



PROFIL 58

