

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



Faculté du génie de la construction
Département de génie civil



Mémoire de fin d'études

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER EN
GENIE CIVIL

Option : Voies et Ouvrages d'Art

THEME

Etude d'un échangeur au niveau de l'intersection de la RN25
avec la RN68 en phase APD



Présenté par :

Mr. AHMANE Rabah
Mr. SAIDANI Karim
Mr. BOUDISSA Amar

Dirigé par :

Mr OUGUEMAT Ali

PROMOTION 2013 /2014

REMERCIEMENTS

Louange à ALLAH le saint tout puissant miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous adressons nos remerciements à notre encadreur monsieur OUGUEMAT ALI, de nous avoir guidé pour la réalisation de ce travail, à la fois présent et disponible, il a encouragé nos initiatives à travers la grande liberté d'action qu'il nous a octroyée.

Nous voudrions remercier les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qu'ils nous feront l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Nous remercions également l'ensemble des enseignants de l'UMMTO qui ont contribué à notre formation.

Nos vifs remerciements vont aussi aux ingénieurs de la DTP notamment à M. SADOUDI.

dédicaces

Je dédie ce travail

A mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail puisse exaucer vos vœux tant formulés. Le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.

Puisse Dieu, le très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A mes deux chers frères arezki et esaid, ma sœur faroudja et son mari, ma sœur farial

Mes grands meres ainsi que mes oncles et leurs familles.

A mes binômes Rabah et Karim qui ont été patients avec moi ainsi que leur familles.

A tous mes camarades de la section VOA et la promo 2013/2014.

Amâr BOUDISSA

DEDICACES

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont soutenu
tout au long de mon cursus.*

À mes frères Boussad, Malek et Salah.

À mes sœurs Djouhar, Krima, Ouardia et Nadia.

À mes très chers neveux Houcine, Hacene et Kaouthar.

Je le dédie aussi à toute ma famille et mes amis.

À Toute la promotion de génie civil, particulièrement la promotion

V.O.A.

Karim

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail aux deux personnes les plus chères au monde, ma mère et mon père qui m'ont soutenu et aidé pour arriver là où j'en suis aujourd'hui.

À ma grand-mère.

À mes frères Mohand et Mokrane.

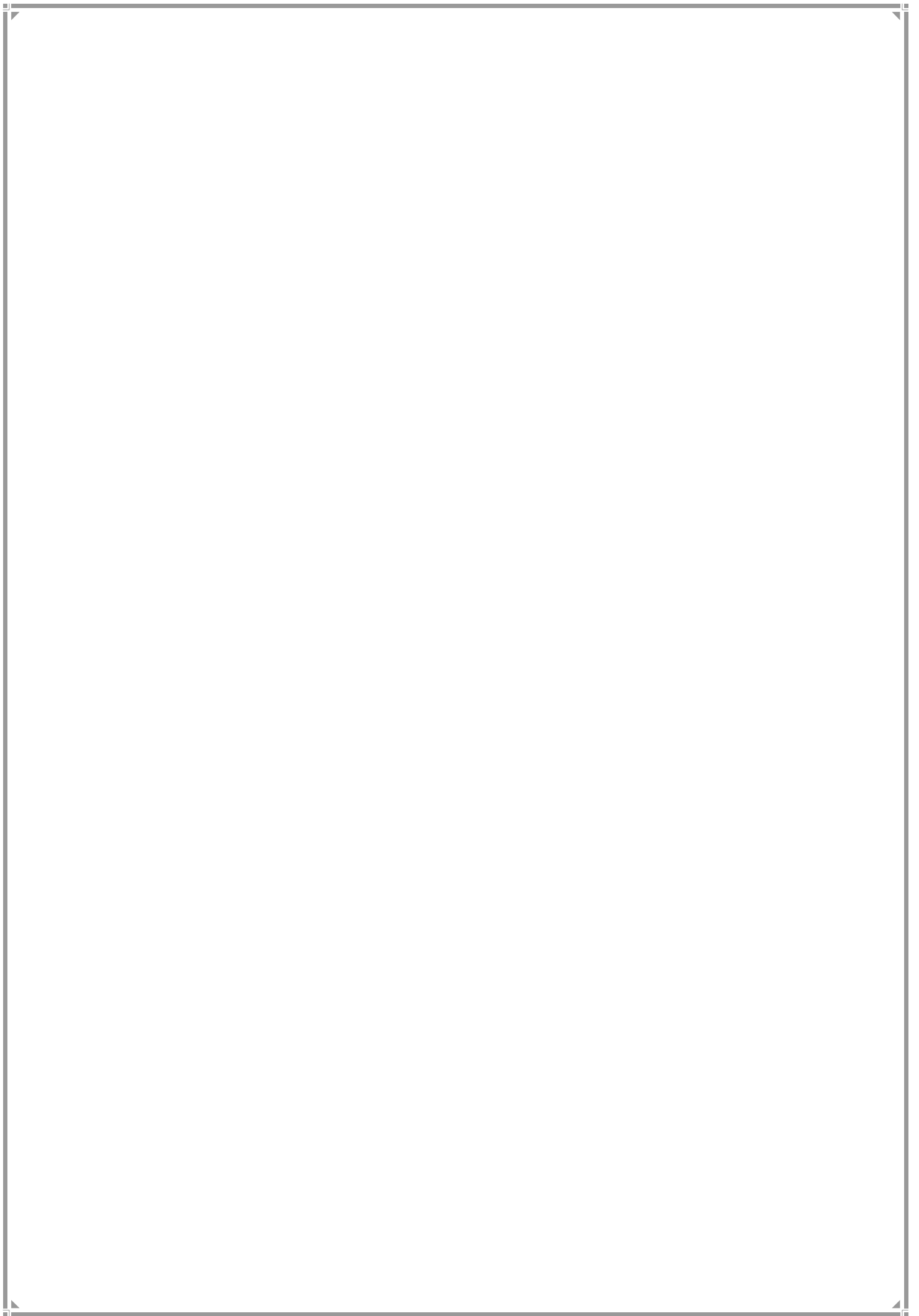
À mes sœurs Linda, Ourida et Nacéra.

À mon très cher neveu Syphax.

À mes binômes Karim et Amar qui ont été patients avec moi ainsi que leurs familles.

À tous mes amis et camarades de la promotion Génie Civil en particulier la section V.O.A 2013/2014.

Rabah.



SOMMAIRE

Introduction.....	01
Chapitre : I -Présentation du projet	
I.1.La commune de Draa El Mizan.....	02
I.2.Cadre de l'étude.....	02
I.3.Description générale du projet	02
I.4.Les objectifs principaux du projet	02
I.5.Projection du tracé sur la carte	03
I.6.Justification de l'échangeur	04
I.7.Nécessité de l'échangeur	04
Chapitre : II -Etude du trafic	
II.1.Introduction	05
II.2.Définitions.....	05
II.3.Analyse des trafics existants.....	06
II.3.1.La mesure des trafics.....	06
II.4. Calcul de la capacité.....	08
II.4.1.Définition de la capacité.....	08
II.4.2.Calcul du (TJMA) horizon.....	08
II.4.3.Calcul des trafics effectifs.....	08
II.4.4.Débit de pointe horaire normale.....	09
II.4.5.Débit horaire admissible	09
II.4.6.Calcul du nombre de voies.....	10
II.5.Application au projet.....	10
II.5.1.Pour la RN25.....	11
II.5.2.Pour la RN 68.....	13
II.5.3.Pour les bretelles et les boucles.....	15
Chapitre : III -Choix de l'échangeur	
III.1.Introduction.....	17
III.2.Définition.....	17

III.3.Rôle d'un échangeur.....	17
III.4.Avantages et inconvénients d'un échangeur.....	18
III.5.Règles de conception.....	18
III.6.Caractéristiques géométriques des échangeurs.....	18
III.6.1.Pont.....	19
III.6.2.Carrefour plan.....	19
III.6.3.Bretelles.....	19
III.7.Différents types d'échangeurs.....	19
III.7.1.Echangeur majeur.....	19
III.7.2.Echangeur mineur.....	21
III.8.Conditions à respecter.....	22
III.9.Choix de l'échangeur.....	22
III.10.Application au projet.....	23
III.11.Conclusion.....	25

Chapitre : IV -Tracé en plan

IV.1.Introduction.....	26
IV.2.Présentation de logiciel piste.....	26
IV.3.Tracé en plan (axe plan).....	27
IV.4.Règles à respecter dans le tracé en plan.....	27
IV.5.Les éléments du tracé en plan.....	28
IV.5.1.Alignements droits.....	28
IV.5.2.Arcs de cercle.....	28
IV.5.3.Courbes de raccordement.....	31
IV.6.Combinaisons des éléments du tracé en plan.....	33
IV.7.Vitesse de référence.....	35
IV.8.Calcul des clothoïdes.....	36
IV.8.1.Application au projet.....	36

IV.9.Les bretelles.....	37
IV.10.Principes généraux.....	38
IV.10.1 Calcul des longueurs de voies d'insertion et de décélération.....	38
IV.11.Résultats obtenus par le logiciel piste.....	40
IV.12.Description des axes utilisés par le logiciel « PISTE ».....	42

Chapitre : V -Profil en long

V.1.Définition.....	44
V.2.Tracé de la ligne rouge.....	44
V.3.Eléments constituant de la ligne rouge.....	44
V.3.1.Déclivités.....	44
V.4.Coordination du tracé en plan et du profil en long.....	45
V.5.Raccordement en profil en long.....	45
V.5.1.Raccordement convexe (angle saillant).....	45
V.5.2.Raccordement concave (angle rentrant).....	46
V.6.Normes pratiques du profil en long.....	47
V.7.Profil en long de la RN 25.....	48
V.8.Profil en long de la RN 68.....	49
V.9.Profil en long des boucles.....	50

Chapitre : VI -Profil en travers et cubatures

A. Profil en travers.....	51
VI.1.Définition.....	51
VI.2.Les éléments constituant du profil en travers type.....	51
VI.3.Largeur de la chaussée.....	53
VI.3.1.Sur-largeur.....	54
VI.3.2.Nombre de voies.....	54
VI.4.Classification de profil en travers.....	54
VI.4.1.Le profil en travers type.....	54

VI.4.2.Le profil en travers courant.....	54
VI.5.Profil en travers sous l’ouvrage d’art.....	54
VI.6.Profil en travers sur l’ouvrage d’art.....	55
VI.7.Profil en travers des bretelles (trèfles ou boucles).....	55
VI.8.Représentation des profils en travers sur le logiciel PISTE.....	55
VI.8.1.Profil en travers de la RN 25.....	55
VI.8.2.Profil en travers de la RN 68.....	56
VI.8.3.Profil en travers d’une boucle axe 6.....	56
VI.8.4.Profil en travers d’un trèfle axe 7.....	57
B.Cubatures	58
VI.9.Introduction	58
VI.10.Définition	58
VI.11.Méthodes de calcul	58
VI.12.Résultat de calcul des cubatures	59
Chapitre : VII -aperçu géotechnique	
VII.1.Introduction.....	61
VII.2.Utilité de l’étude géotechnique	61
VII.3.Les différents essais en laboratoires.....	61
VII.4.Objectifs	62
VII.5.Les essais d’identification.....	62
VII.5.1.Analyses granulométriques	62
VII.5.2. Equivalent de sable	62
VII.5.3.Limites d’Atterberg	62
VII.5.4.Essai Proctor	62
VII.5.5.Essai C.B.R (California Bearing Ratio).....	62
VII.5.6.Essai Los Angeles	63
VII.5.7.Essai Micro Deval	63

VII.6.Les essais in situ.....	63
VII.6.1.L’essai de plaque	63
VII.6.2.L’essai préssiométrique	63
VII.7.Conditions d’utilisation des sols en remblais	63
VII.8.Les moyens de reconnaissance.....	64
VII.9.Données du projet	64
VII.9.1.Contexte géographique et topographique	64
VII.9.2.Contexte géologique	64
VII.9.3.Compagne d’investigation sur le site	64
VII.9.3.1.Sondages carottés	65
VII.9.3.2.Les puits de reconnaissance géologique.....	65
VII.9.3.Données hydrologique et hydrogéologique.....	65
VII.9.4.Résultats des essais de laboratoire	65
VII.10. Conclusion.....	66
 Chapitre : VIII - Dimensionnement du corps de chaussée	
VIII.1.Introduction.....	67
VIII.2.Définition.....	67
VIII.2.1.Chaussée rigide	67
VIII.2.2.Chaussée souple	67
VIII.3.Rôle des différents types de chaussées souples.....	67
VIII.4.Méthodes de dimensionnement des chaussées.....	68
VIII.4.1.Méthode CBR	68
VIII.4.2.Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	69
VIII.4.3.Méthode de l’asphalte in situ	70
VIII.5.Application au projet	71
VIII.5.1.Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	72
VIII.5.2.Méthode C.B.R	80

Chapitre IX – Assainissement

IX.1.Introduction	83
IX.2.Drainage des eaux souterraines	83
IX.2.1.Nécessité du drainage des eaux souterraines.....	83
IX.2.2.Protection contre la nappe phréatique.....	83
IX.3.Quelques définitions.....	84
IX.4.Dimensionnement des ouvrages d'assainissement.....	84
IX.4.1.Coefficient de ruissellement 'C'.....	85
IX.4.2.Intensité de la pluie.....	85
IX.4.3.Calcul de fréquence d'averse.....	86
IX.4.4.Temps de concentration.....	86
IX.4.5.Intensité de l'averse.....	87
IX.4.6.Calcul de débit de saturation (Qs).....	87

Chapitre X - Etude d'ouvrage d'art

X.1. Introduction	88
X.2. Présentation de l'ouvrage	88
X.3. Actions sismiques.....	89
X.4. Caractéristiques des matériaux	89
X.5. Principe de calcul des efforts et sollicitations	92
X.6. Calcul des charges et surcharges.....	93
X.6.1. Charges permanentes	93
X.6.2. Calcul des surcharges routières.....	94
X.6.3. Surcharges sur trottoirs.....	102
X.6.4. Vent.....	102
X.6.5. Température.....	102
X.6.6. Forces de freinage.....	102
X.6.7. Le séisme.....	103

X.7. Combinaisons de charges.....	103
X.8. Modélisation	104
X.8.1. Ferrailage de la dalle.....	104
X.8.2.Ferrailage des piédroits	107
X.8.3.Ferrailage de radier	110
Chapitre XI - Signalisation et éclairage	
A .SIGNALISATION	113
XI.1. Introduction.....	113
XI.2. Objectifs de la signalisation routière	113
XI.3. Type de signalisation.....	113
XI.3.1. Signalisation verticale	113
XI.3.2. Signalisation horizontale	113
XI.4. Les critères de conception de la signalisation.....	114
XI.5. Application au projet.....	115
XI.5.1. Signalisation verticale	115
XI.5.2. Signalisation horizontale	115
B. ECLAIRAGE	120
XI.1. Introduction	120
XI.2. Catégories d'éclairage	120
XI.3. Paramètres de l'implantation des luminaires	120
XI.4. Application au projet	121
Conclusion générale.....	122

Introduction générale :

L'histoire des peuples est indissociable de celle de la route. Cette dernière demeure un élément irremplaçable d'échange, de développement et de croissance socio-économique.

Cette croissance socio-économique impose la préservation et la rénovation des moyens de communication notamment dans le domaine de travaux publics. Et pour atteindre cet objectif l'Algérie a mis en point une technique routière pour s'adapter en permanence aux avancées technologiques et aux nouvelles exigences de qualité. Il y a plusieurs textes réglementaires, guides métrologiques et outils informatiques qui servent à aider les concepteurs routiers.

Le réseau routier constitue un élément primordial dans le développement du pays car il représente une base sur laquelle se fonde plusieurs secteurs tels que le transport (biens et personnes) et l'économie sociale.

Ce présent projet de fin d'étude consiste à faire l'étude d'un échangeur au niveau de l'intersection de la RN25 (la pénétrante autoroutière reliant la ville de Tizi Ouzou à l'autoroute Est-Ouest) avec la RN68 en phase APD.

I.1. La commune de Draa El Mizan:

Draa El Mizan est une commune de Kabylie, dans la wilaya de Tizi-Ouzou en Algérie, située à 42 km au sud-ouest de Tizi Ouzou et à 110 km au sud-est d'Alger.

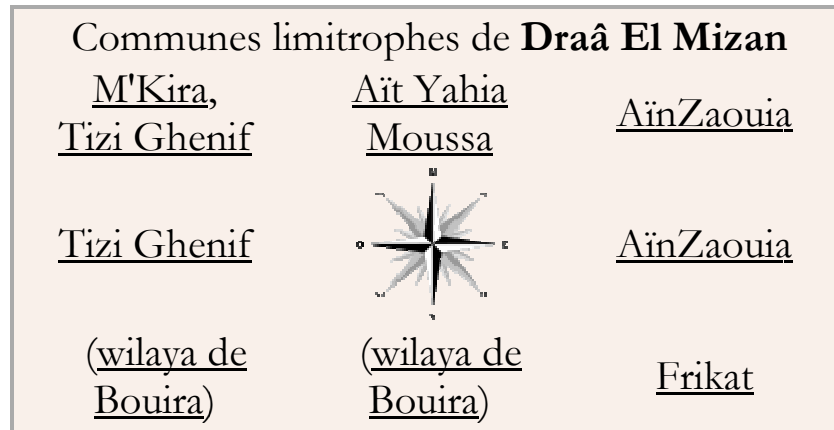


Figure I.1 : situation de la commune.

I.2. Cadre de l'étude :

Notre projet consiste à faire l'étude d'un échangeur qui permet le croisement de la RN25 avec RN68 et un tronçon de la pénétrante autoroutière RN25, qui relie Tizi Ouzou à l'autoroute Est Ouest sur 36 km.

I.3. Description générale du projet :

Le tracé s'étend sur un linéaire de 36 km, reliant Tizi Ouzou à l'autoroute Est-Ouest.

Cette infrastructure constitue une pénétrante Nord-Sud vers l'autoroute Est-Ouest au niveau de la wilaya de Bouira.

Cette pénétrante traverse un massif d'habitation et croise la RN68 au PK2+720 et qui nécessite un échangeur qui est notre projet d'étude, après passe par une piste agricole puis contourne le barrage de Draa El Mizan du côté ouest, et à partir de là le tracé traverse un relief accidenté et reste parallèle à la RN25.

I.4. Les objectifs principaux du projet :

Ce projet s'inscrit dans le cadre de la réalisation de la pénétrante nationale Nord-Sud à l'autoroute Est-Ouest et permettra d'améliorer les échanges beaucoup plus économiques dans toute la région et facilitera les conditions de circulation sur les principales routes nationales RN25 et RN12 et offrira aussi un nouvel axe de développement et d'échange entre les deux Wilayas de Bouira et Tizi-Ouzou et enfin réduira considérablement les coûts de transport.

Profiter abusivement d'une infrastructure, c'est l'affaire de travailler ou fonctionner de la meilleure manière, selon les normes et les mesures réglementaires qui correspondent parfaitement à l'objet.

Les objectifs de ce projet sont :

- ✓ Garantir la sécurité du voyageur sur ce tronçon.
- ✓ Garantir une meilleure fluidité de la circulation.
- ✓ Permettre un gain de temps dont vont bénéficier les usagers.
- ✓ maintenir la communication entre toutes les directions.

I.5. Projection du tracé sur la carte :

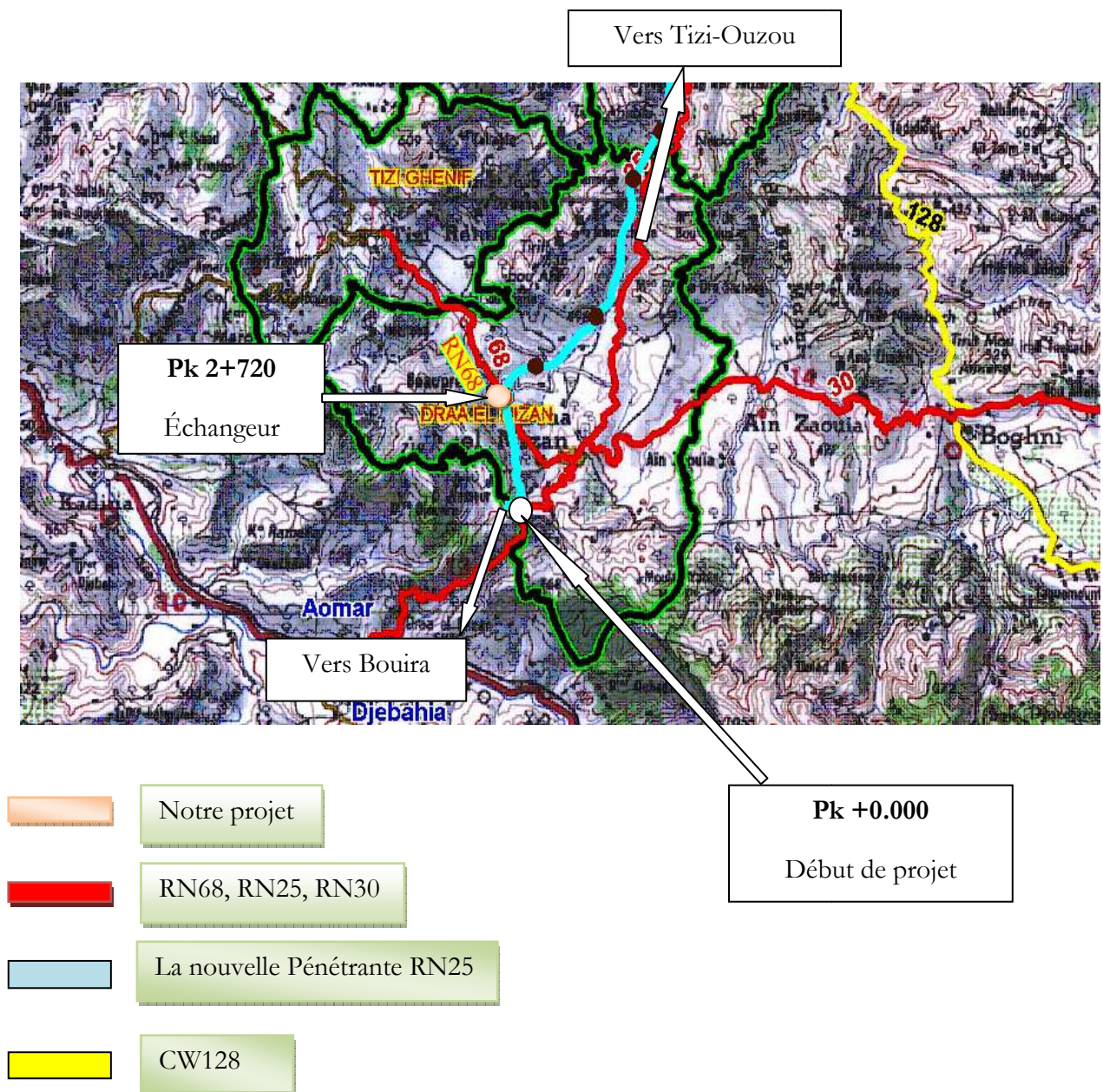


Figure I.2 : situation du projet.

I.6. Justification de l'échangeur :

L'échangeur a pour but d'assurer la continuité (fluidité) du réseau autoroutier et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance, et de faciliter aux usagers un déplacement 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 considérables.

Il est assez difficile d'établir des critères précis qui justifient l'utilisation des échangeurs, mais dans certaines situations la solution de l'échangeur semble inévitable comme :

- ✓ Croisement de deux routes à grand trafic chacune.
- ✓ Carrefour ou la topographie empêche un aménagement qui soit conforme aux normes de tout autre type d'échangeur.
- ✓ Carrefour ou le nombre d'accidents reste très élevé.

Comme notre projet s'agit d'aménager en axe autoroutier de la RN25, il est préférable de réaliser un échangeur pour assurer la continuité du trafic.

I.7. Nécessité de l'échangeur :

Notre projet nécessite un échangeur à l'endroit de franchissement de la RN68 au PK2+720, cette dernière est une route stratégique par sa situation et par le trafic qu'elle draine à partir des localités avoisinantes. Cet échangeur permettra en toute aisance les échanges du trafic quittant ou accédant au RN25.

II.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, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et, au-delà les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers.

Cette conception repose, sur une partie « stratégie, planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaires pour :

- ✓ Apprécier la valeur économique des projets.
- ✓ Estimer les coûts d'entretiens.
- ✓ Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

II.2.Définitions :

Dans le domaine de l'étude des trafics, il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employés :

- ✓ Trafic de transit : origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation).
- ✓ Trafic d'échange : origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange).
- ✓ Trafic local : trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée.
- ✓ Trafic journalier moyen annuel (T.J.M.A) égal au trafic total de l'année divisé par 365.
- ✓ Unité de véhicule particulier (U.V.P) exprimée par jour ou par heure, on tient compte de l'impact plus important de certains véhicules, en particulier les poids lourds en leur affectant un coefficient multiplicateur de deux.
- ✓ Les trafics aux heures de pointe, avec les heures de pointe du matin (HPM), et les heures de pointe du soir (HPS).

II.3. 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.

II.3.1. 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.

a) Les comptages :

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

- ✓ Les comptages manuels.
- ✓ Les comptages automatiques.

a.1) 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 le plus circulé.

Les comptages temporaires : s'effectuent 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.

L'inconvénient de cette méthode : est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

a.2) Les comptages manuels :

Ils sont réalisés par les agents 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 communs.

b) Les enquêtes :

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 :

b.1) Les enquêtes papillons ou distributions :

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 et 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.2) 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 à 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.

b.3) 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.

II.4. Calcul de la capacité :

II.4.1. Définition de la capacité :

La capacité d'une route est le nombre maximal des véhicules qui circulent dans une section donnée, dans une direction donnée et pendant une période de temps définie.

Elle est en fonction du nombre de voies de circulation, de la largeur de ces voies, du dégagement latéral, de la pente, du pourcentage de camions et d'autobus, de la visibilité et du contrôle des accès.

La capacité dépend :

- ✓ Des conditions de trafic.
- ✓ Des conditions météorologiques.
- ✓ Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- ✓ Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre)
- ✓ Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies)

II.4.2. Calcul du (TJMA) horizon :

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

$$TJMAh = TJMAo (1 + \tau)^n$$

- TJMAh : le trafic à l'année horizon.
- TJMAo : le trafic à l'année de référence.
- n : nombre d'année.
- τ : taux d'accroissement du trafic (%).

II.4.3. 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 en (U.V.P).

Le trafic effectif est donné par la relation :

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

- T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)
- Z : pourcentage de poids lourds (%).
- P : coefficient d'équivalence pour le 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 les poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-16
Route étroite	3-6	6-12	16-24

Tableau II.1 : coefficient d'équivalence.

II.4.4. Débit de pointe horaire normale :

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

$$Q = (1/n) \cdot T_{eff}$$

- Q : débit de pointe horaire
- n : nombre d'heure, (en général $n=8$ heures).
- T_{eff} : trafic effectif

II.4.5. Débit horaire admissible :

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

$$Q_{adm} = K1 \cdot K2 \cdot C_{th}$$

- $K1$: coefficient lié à l'environnement.
- $K2$: coefficient de réduction de capacité.
- C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Les valeurs de K_1 , K_2 et C_{th} sont données dans les tableaux suivants :

Environnement	E1	E2	E3
K_1	0,75	0,85	0,9 à 0,95

Tableau II.2 : valeurs de K_1 .

Environnements	Catégorie				
	1	2	3	4	5
E1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3	0,91	0,95	0,97	0,98	0,98

Tableau II.3 : valeurs de K_2 .

	Capacité théorique (uvp /h)
Route à 2 voies de 3,5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3,5m	2400 à 3200
Route à 2 chaussées séparées	1500 à 1800

Tableau II.4 : valeurs de la capacité théorique C_{th} .

II.4.6. Calcul du nombre de voies :

- ✓ Cas d'une chaussée bidirectionnelle :
- ✓ On compare Q (débit de pointe horaire) à Q_{adm} (débit horaire maximal) et on prend le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q de faite que :

$$Q_{adm} \leq Q$$

- ✓ Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$n = S.Q / Q_{adm}$$

Avec : S : coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3.

Q_{adm} : débit admissible par voie.

II.5. Application au projet :

➤ Données du trafic :

En se basant sur les données de trafic effectuées par la DTP (direction de travaux publics) de Tizi Ouzou en 2012 pour la région de Draa El Mizan, s'agissant de la RN25 et la RN68.

Les données sont les suivantes :

II.5.1. Pour la RN25 :

- ✓ Le trafic à l'année 2012 $TJMA_{2012} = 13911$ (v/j).
- ✓ Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$.
- ✓ La vitesse de base sur le tracé $VB = 100$ (Km/h).
- ✓ Le pourcentage de poids lourds $PL = 10\%$.
- ✓ L'année de mise en service sera en 2017.
- ✓ La durée de vie estimée est de 20 ans.

II.5.1.2. Projection future du projet :

L'année de mise en service (2017).

- $TJMA_h$: le trafic à l'année horizon (année de mise en service 2017).
- $TJMA_0$: le trafic à l'année de référence (origine 2012).

$$TJMA_{2017} = 13911 \cdot (1 + 0,04)^5 = 16925 \text{ (v /j)}.$$

Donc : $TJMA_{2017} = 16925$ (v /j).

Le trafic à l'année (2037) pour une durée de vie de 20 ans.

$$TJMA_{2037} = 16925 \cdot (1 + 0,04)^{20} = 35085 \text{ (v /j)}.$$

Donc : $TJMA_{2037} = 35085$ (v /j).

II.5.1.3. Calcul du trafic effectif :

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

- P: coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E2, on a $P=6$ (*tableau II.1*)

- Z : pourcentage de poids lourds est égale à 10 (%).

$$T_{eff} = [(1 - 0,10) + 6 \cdot 0,10] \cdot 35085 = 52628 \text{ (uvp /j)}.$$

Donc : $T_{eff} = 52628$ (uvp/j).

II.5.1.4. Débit de pointe horaire normale :

$$Q = (1/n) \cdot T_{\text{eff}}$$

Avec : $(1/n)$: coefficient de pointe horaire pris est égale à 0,12.

$$Q = 0,12 \times 52628 = 6315 \text{ (uvp/h)}.$$

Donc: $Q = 6315 \text{ (uvp/h)}$.

II.5.1.5. Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :

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

- K_1 : coefficient correcteur pris égal à 0,85 pour E2. *tableau II-2*
- K_2 : coefficient correcteur pris égal à 0,99 pour environnement (E2) et catégorie (C2). *Tableau II-3*

II.5.1.6. Calcul de la capacité théorique :

$$C_{\text{th}} = \frac{Q}{K_1 \cdot K_2}$$

$$C_{\text{th}} = \frac{6315}{0,85 \cdot 0,99}$$

$$= 7505 \text{ (uvp/h)}.$$

• C_{th} : capacité théorique par voie. D'après le (B40) on adopte pour un profil à 2 chaussées séparées.

- On prend: $C_{\text{th}} = 1800 \text{ (uvp/h)}$. *Tableau II.4*

$$Q_{\text{adm}} = 0,85 \times 0,99 \times 1800 = 1515 \text{ (uvp/h)}.$$

Donc: $Q_{\text{adm}} = 1515 \text{ (uvp/h)}$.

II.5.1.7. Le nombre de voies :

$$n = S \cdot Q / Q_{\text{adm}}$$

$$= 2 / 3 \cdot (6315 / 1515)$$

$$n = 2,77 \approx 3$$

Donc : $n = 3$ voies

➤ **Conclusion :**

D'après le calcul de la capacité de la route, on constate que son profil en travers type est de chaussée unidirectionnelle de 2x3 voies.

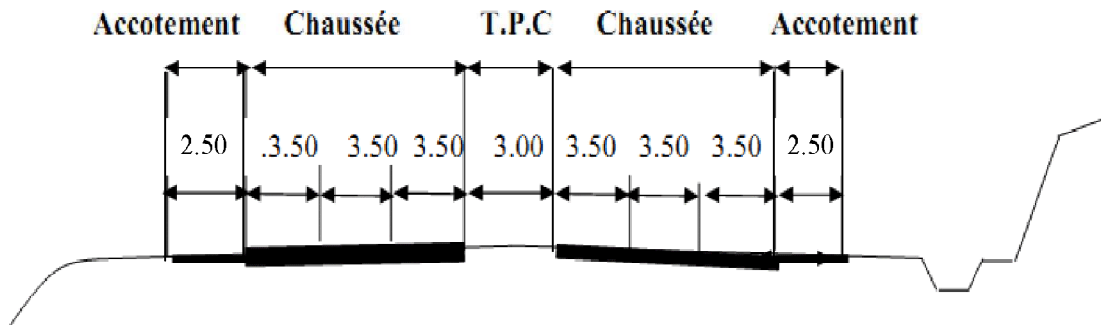


Figure II.1 : profil en travers type de la pénétrante

II.5.2. Pour la RN 68 :

- ✓ Le trafic à l'année 2012 $TJMA_{2012} = 10325$ (v/j).
- ✓ Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$.
- ✓ La vitesse de base sur le tracé $VB = 60$ (Km/h).
- ✓ Le pourcentage de poids lourds $PL = 10\%$.
- ✓ L'année de mise en service sera en 2017.
- ✓ La durée de vie estimée est de 20 ans.

II.5.2.1. Projection future du projet :

L'année de mise en service (2017).

- $TJMA_h$: le trafic à l'année horizon (année de mise en service 2017).
- $TJMA_o$: le trafic à l'année de référence (origine 2012).

$$TJMA_{2017} = 10325 \cdot (1 + 0,04)^5 = 12562 \text{ (v /j).}$$

Donc : $TJMA_{2017} = 12562$ (v /j).

Le trafic à l'année (2037) pour une durée de vie de 20 ans.

$$TJMA_{2037} = 12562 \cdot (1 + 0,04)^{20} = 27525 \text{ (v /j).}$$

Donc : $TJMA_{2037} = 27525$ (v /j).

II.5.2.2. Calcul du trafic effectif :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] \cdot T_{\text{JMAh}}$$

- P: coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E2, on a $P=6$ (*tableau II.1*)

- Z : pourcentage de poids lourds est égale à 10 (%).

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0,10) + 6 \cdot 0,10] \cdot 27525 = 41288 \text{ (uvp /j)}.$$

Donc : $T_{\text{eff}} = 41288 \text{ (uvp/j)}$.

II.5.2.3. Débit de pointe horaire normale :

$$Q = (1/n) \cdot T_{\text{eff}}$$

Avec : $(1/n)$: coefficient de pointe horaire pris est égale à 0,12.

$$Q = 0,12 \times 41288 = 4955 \text{ (uvp/h)}.$$

Donc: $Q = 4955 \text{ (uvp/h)}$.

II.5.2.4. Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :

$$Q_{\text{adm}} = K1.K2 \cdot C_{\text{th}}$$

- K1 : coefficient correcteur pris égal à 0,85 pour E2. *tableau II-2*
- K2 : coefficient correcteur pris égal à 0,99 pour environnement (E2) et catégorie (C3). *Tableau II.3*

II.5.2.5. Calcul de la capacité théorique :

$$C_{\text{th}} = \frac{Q}{K1.K2}$$

$$C_{\text{th}} = \frac{4955}{0,85 \cdot 0,99}$$

$$= 5888 \text{ (uvp/h)}.$$

- Cth : capacité théorique par voie. D'après (B40) on adopte pour un profil à une chaussée.

- On prend : $C_{th} = 2000$ (uvp/h). *Tableau II.4*

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 2000 = 1683 \text{ (uvp/h).}$$

Donc: $Q_{adm} = 1683$ (uvp/h).

II.5.2.6. Le nombre de voies :

$$n = S.Q / Q_{adm}$$

$$= 2 / 3. (4955 / 1683)$$

$$n = 1.96 \approx 2$$

Donc : $n = 2$ voies

➤ Conclusion :

D'après le calcul de la capacité de la route, on constate que son profil en travers type est d'une chaussée bidirectionnelle de 2 voies.

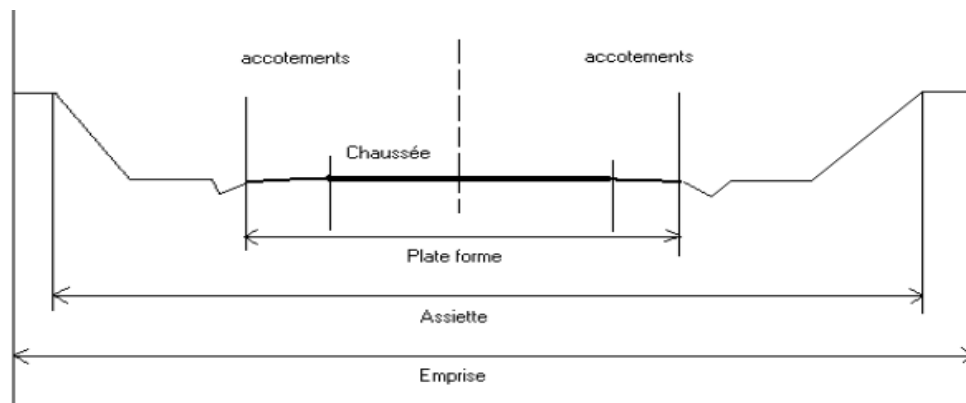


Figure II.2 : profil en travers type de la RN68.

II.5.3. Pour les bretelles et les boucles :

Exemple de calcul : boucle 3

On estime le $TJMA_{2012} = 1500$ v/j.

$Z = 10\%$ $\tau = 4\%$ $n = 20$ ans $P = 6$ (environnement E2)

$K_1 = 0,85$; $K_2 = 0,99$

$$TJMA_{2017} = (1500) \times (1 + 0,04)^5$$

$$TJMA_{2017} = 1825 \text{ v/j.}$$

$$TJMA2037 = (1825) \times (1+0,04)^{20} TJMA2037 \approx 4000 \text{ v/j.}$$

$$T_{\text{eff}}(2037) = [(1-0,10) + 6 \times 0,10] \times 4000$$

$$T_{\text{eff}}(2037) = 6000 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2037} = 0,12 \times 6000$$

$$Q_{2037} = 720 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{\text{adm}} = 0,85 \times 0,99 \times 1800 = 1515 \text{ uvp/h.}$$

$$n = (2/3) \times (720/1515)$$

$$n = 0,32 \text{ 1 voie}$$

Pour les autres bretelles et boucles on a le même profil en travers « 1 voie » comme le montre le tableau suivant :

Désignation	TJMA2012 (v/j)	TJMA2017 (v/j)	TJMA2037 (v/j)	T _{eff} (uvp/j)	Q ₂₀₃₇ (uvp/h)	Q _{adm} Uvp/h)	Nombre de voie
Boucle 1	1400	1704	3737	5606	673	1515	1
Boucle 2	1000	1217	2667	4001	480	1515	1
Boucle 3	1500	1825	4000	6000	720	1515	1
Boucle 4	900	1095	2400	3600	432	1515	1
Bretelle1	1600	1947	4266	6399	768	1515	1
Bretelle2	700	852	1867	2801	336	1515	1
Bretelle3	1200	1460	3199	4799	576	1515	1
Bretelle4	1100	1339	2934	4401	528	1515	1

Tableau II.5 : récapitulatif des profils en travers des bretelles et boucles.

III.1.Introduction :

La conception d'un projet est l'étape la plus importante et la plus déterminante, car elle tient compte du coût et de durabilité de projet. Comme notre projet consiste à étudier un échangeur à l'intersection de la RN68 avec la RN25 (pénétrante autoroutière relit Tizi Ouzou et Bouira sur 36km).

III.2.Définition :

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé (niveaux différents) ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.

En terme plus technique, c'est un dispositif de raccordement entre plusieurs voies de circulation sans croisement à niveau sur l'autoroute permettant d'y accéder ou d'en sortir et son implantation doit permettre de respecter les conditions générales de visibilités et de perception du point d'échange.

L'utilisation d'un échangeur comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être pleinement justifiée ; cependant certaines situations semblent l'exiger :

- Croisement entre deux routes à grandes circulations (grands débits de trafic).
- Carrefour dont le taux d'accidents graves est disproportionné et pour lequel on ne trouve pas de solutions.
- Carrefour où la topographie empêche un aménagement conforme aux normes de tout autre type de carrefour.

Le schéma d'un échangeur dépend de l'intensité du trafic d'échange entre les deux routes et de la configuration de site d'implantation.

Un échangeur autoroutier compte au minimum un pont permettant à une autoroute d'enjamber l'autre dans les cas les plus complexes, les chaussées peuvent s'étagé sur quatre niveaux différents (échangeur dit "Four-stack").

Un échangeur peut être complet (bidirectionnel) ou partiel (donnant accès à une seule direction de l'autoroute).

III.3.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 des 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.

III.4. Avantages et inconvénients d'un échangeur :

➤ **Les avantages d'un échangeur sont :**

- ✓ Faciliter aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions de confort et de sécurité.
- ✓ Eviter les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- ✓ Eviter les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps considérable.
- ✓ Eviter les contraintes d'arrêt et de reprise.
- ✓ Assurer la continuité du réseau autoroutier.

➤ **Les inconvénients d'un échangeur sont :**

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être pleinement justifiée.

Par rapport au rond-point, les échangeurs augmentent fortement l'emprise au sol et la consommation d'espace (cultivable, habité ou supports d'habitats naturels).

III.5. Règles de conception:

La conception est l'étape la plus déterminante d'un projet puisqu'elle tient compte du prix de rente comparativement aux avantages procurés à moyen et long terme, et pour alléger son prix de rente on évite :

- ✓ Les passages sur des terrains agricoles.
- ✓ Les longs alignements droits.
- ✓ Les terrassements importants.
- ✓ Les sections à forte déclivité.
- ✓ Les sites en courbures à faibles rayons.

III.6. Caractéristiques géométriques des échangeurs :

Tout échangeur quelque soit son importance, sa classe ou sa forme, est constitué d'un ensemble de trois éléments qui sont :

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

III.6.1.Pont :

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

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

III.6.2.Carrefour plan :

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements autoroute-route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité et commodité.

III.6.3.Bretelles :

Une bretelle est une voie qui permet le transfert du trafic d'une route à une autre.

Au sens large, est une chaussée de transfert dans un échangeur de circulation entre voies à niveaux différents ou entre voies parallèles.

Les bretelles se terminent à une de leurs extrémités par une voie de décélération et à l'autre par voie d'accélération.

III.7.Différents types d'échangeurs :

La conception d'un échangeur dépend de plusieurs facteurs : (La catégorie de l'autoroute, caractères et composition du trafic et la vitesse d'accès).

On distingue deux classes d'échangeurs :

- ✓ Echangeur majeur : raccordement autoroute- autoroute.
- ✓ Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

III.7.1.Echangeur majeur :

L'échangeur majeur raccorde entre autoroute et autoroute sans qu'il y ait cisaillement dans les deux autoroutes à raccorder, sont :

- ✓ Trèfle complet quand il y a quatre branches à raccorder.
- ✓ Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

III.7.1.1. Trèfle complet :

C'est l'un des tous premiers types d'échangeurs, apparu dans les années 30 aux États-Unis. Il est très utilisé également en Allemagne.

C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise, et qui est généralement justifié par un trafic important comprend également des collectrices latérales, destinées à éviter les croisements de flux de circulation.

Il est utilisé pour raccordement à quatre branches, il comporte quatre boucles, quatre diagonales, ce type permet toutes les liaisons sans cisaillement moyennant un seul ouvrage d'art, et nécessite d'incorporer des voies collectives et distributrices pour permettre les entrées sans croisement.



Figure III.1 : trèfle complet.

III.7.1.2. Bifurcation « Y » :

Pour le raccordement à trois branches on utilise le type « Y » tel que la branche qui présente le plus faible doit se détacher par la droite de tronc principal on rejoignant par la droite le même tronc principal.

Ce type comporte un ouvrage biais qui fourni une excellente liaison avec les caractéristiques autoroutières continues.

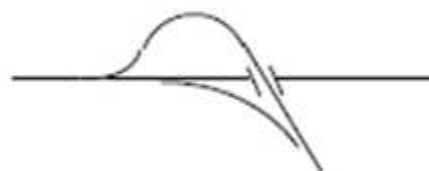


Figure III.2 : bifurcation

III.7.2.Echangeur mineur :

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

- ✓ Losange.
- ✓ Demi-trèfle.

III.7.2.1.Losange :

Il est composé de quatre diagonale unidirectionnelle est un carrefour à niveau sur la route secondaire, les quatre diagonales sont symétriques entre elles par rapport a l'axe de l'autoroute il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.

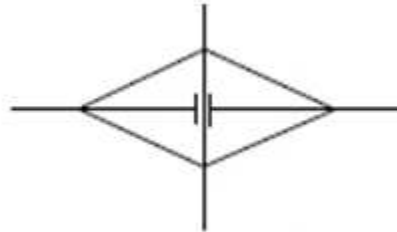


Figure III.3 : losange.

III.7.2.2.Demi –trèfle :

Comporte deux boucles et deux diagonales et un 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 types de demi-trèfle :

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

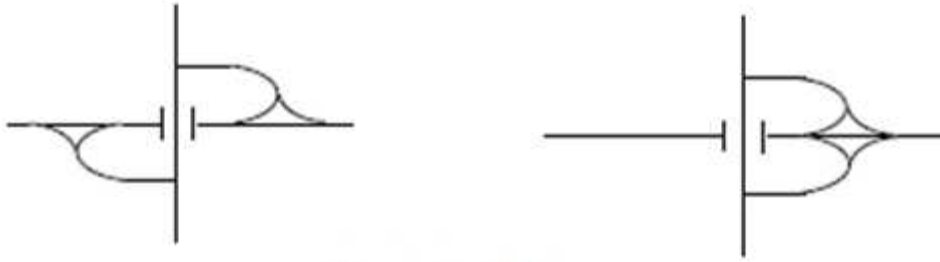


Figure III.4 : demi-trèfle.

III.7.2.3. Trompette :

Utilisée dans le cas de raccordement entre trois branches elle comporte un alignement droit commun à toutes les bretelles.

- ✓ Une boucle « entrée ou sortie ».
- ✓ Une diagonale de sortie.

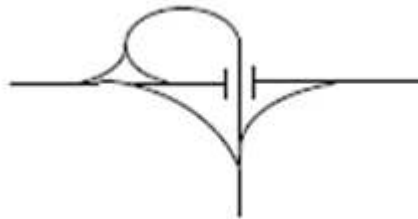


Figure III.5 : trompette.

III.8. Conditions à respecter:

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

III.9. Choix de l'échangeur:

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, et leurs propriétés « avantages, inconvénient... » et la limite de leur utilisation permettent de choisir la configuration la plus adoptée ou cas qui se 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 :

➤ **Etape 1 :**

Détermination du tracé 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.

➤ **Etape 2 :**

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

- Tracé respectant les valeurs limitées de conception « valeurs des rayons, d'alignements».
- Longueurs des voies « insertions, décélérations » réglementaires.

➤ **Etape 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.

III.10.Application au projet :

Le tracé de le RN 25 intercepte la RN68 au PK 2+720 où on a prévu un échangeur afin d'assurer toutes les échanges avec Draa El Mizan, les Isser et Bouira.

Choix de type d'échangeur :

➤ **Etape 1 :**

Détermination du tracé à partir de terrain :

- Le terrain qui reçoit le futur échangeur est un terrain vallonné, sa nature géologique est très variée.
- Des fils électriques, ce qui implique le déplacement du réseau électrique.
- Des hangars, ce qui signifie la démolition et l'indemnisation des propriétaires.

Types de routes à raccorder :

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre La RN 68 et la pénétrante RN25, alors : l'échangeur est de type échangeur majeur.

Vitesse sur les bretelles :

D'après le B40 :

- La vitesse sur RN68 est de 60Km/h.
- La vitesse sur la pénétrante est de 80Km/h.
- La vitesse sur l'échangeur est de 40 à 60Km/h.

On va prendre la vitesse sur les bretelles $V_B=40\text{Km/h}$.

Distribution du trafic :

- Le croisement est de quatre (4) branches.
- L'échangeur distribue le trafic dans (8) directions.

➤ **Etape 2 :**

Configuration du tracé à adopter :

Valeur limite sur la bretelle pour une vitesse = 40 (Km/h).

$$R_{\max} = 300 \text{ m}$$

$$R_{\min} = 100 \text{ m}$$

➤ **Etape 3 :**

Analyse :

L'échangeur qui raccorde la route nationale RN 68 et la RN 25 sera constitué de 4 branches, pour cela nous avons le choix entre :

- Trèfle complet quand il y a quatre (4) branches à raccorder.
- Bifurcation « Y » quand il y a trois (3) branches à raccorder.

L'échangeur choisi :

Après l'analyse de deux types d'échangeurs proposés, on a trouvé que l'échangeur le plus avantageux est celui de type trèfle complet et cela d'après l'étude du trafic et l'importance des routes qui va relier.

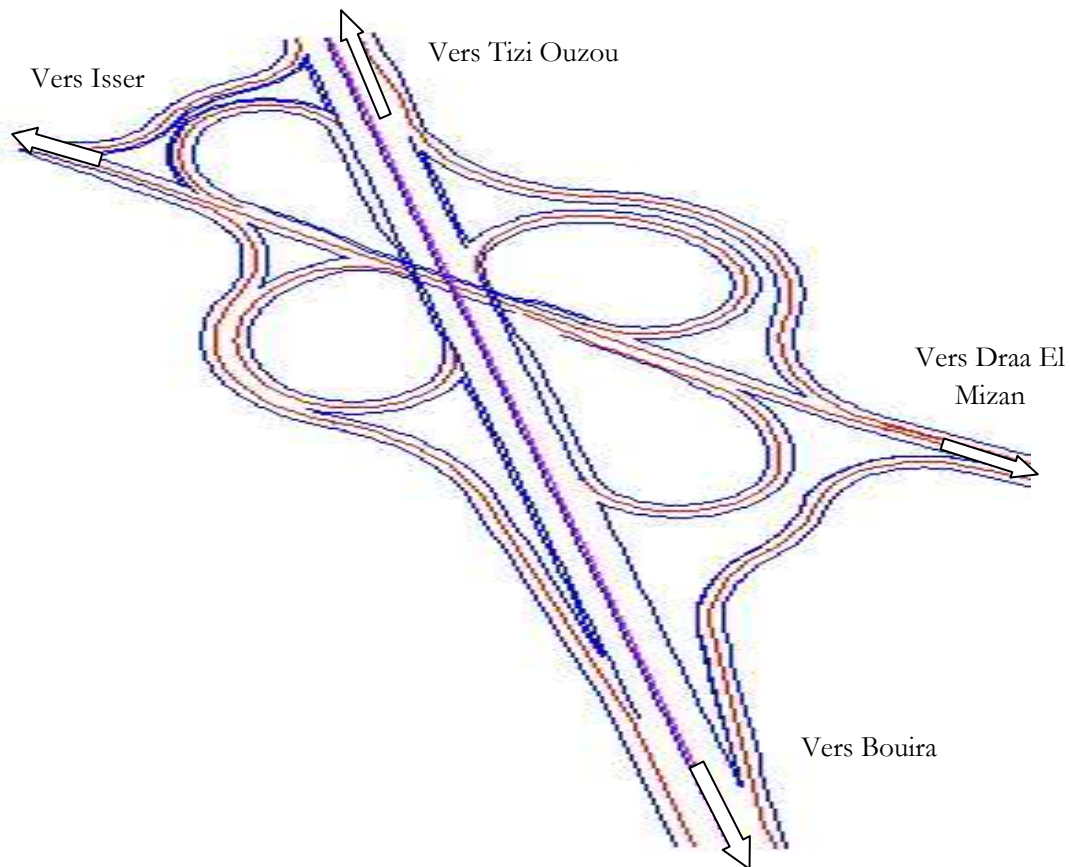


Figure III.6 : schéma type de l'échangeur.

III.11. Conclusion :

Notre échangeur va relier la pénétrante Nord Sud à l'autoroute Est Ouest en (2x3) voies avec la RN68 en bidirectionnel.

Ces deux routes sont très convoitées c'est-à-dire qu'elles connaissent un grand trafic, pour la RN68 c'est plus de 12562 (v /j) et pour la pénétrante c'est plus de 16925 (v /j).

Pour relier ces deux axes nous avons choisi un échangeur majeur du type trèfles complet.

IV.1.Introduction :

La route est un ouvrage spatial, représenté en trois dimensions, la projection de la route sur les trois plans de l'espace nous permet d'avoir les trois principales représentations graphiques de la route à l'aide de logiciel piste :

- Le tracé en plan.
- Le profil en long.
- Le profil en travers.

IV.2.Présentation du logiciel piste 5 :

Le logiciel piste est l'un des logiciels les plus utilisés dans la conception routière. Il est basé sur la méthode de conception géométrique des routes à partir de tracé en plan (AP), profil en long (PL) et profil en travers (PT).

L'utilisation de ce logiciel suppose connu les normes de conception routière telles que :

- Aménagement des routes principales (ARP).
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU).
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison (ICAAL).

a) Organigramme de l'application :

Un projet piste 5 est constitué par un fichier principal appelé fichier piste peut être lancé de plusieurs manières :

- A partir du raccourci sur le bureau avec double cliques.
- En exécutant le programme piste 5 de menu démarrage.
- De double cliques sur le nom d'un fichier: conception plane (dap), conception longitudinal (dpl), fichier crée (pis), fond de plan (seg) et profil type (typ).

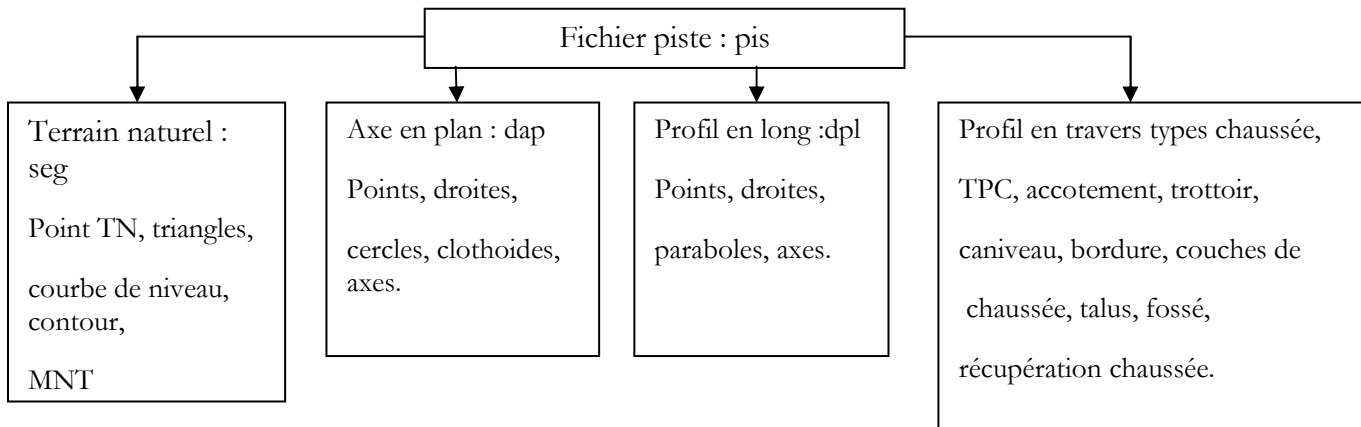


Figure IV.1: schéma résume l'interaction entre les fichiers principaux du logiciel piste 5.

IV.3. Tracé en plan (axe plan) :

Le tracé en plan est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la route. C'est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité, qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

IV.4. Règles à respecter dans le tracé en plan :

- ✓ L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter des terrassements trop importants.
- ✓ Tenir compte du raccordement des nouveaux tracés aux réseaux routiers déjà existants.
- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles de grandes valeurs ou sur des zones forestières importantes.
- ✓ Eviter de passer sur les cimetières.
- ✓ Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques.
- ✓ Appliquer les normes du B40.
- ✓ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ✓ Respecter la pente maximum.
- ✓ Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.

IV.5. Les éléments du tracé en plan :

IV.5.1. Alignements droits :

La droite est l'élément géométrique le plus simple, mais les grands alignements droits sont déconseillés.

Une longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant soixante (60) secondes.

$$L_{max} = T \cdot V_B \quad T = 60 \text{ sec}$$

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

V_B : vitesse de base en km/h

Quant à la longueur minimale (courbe même sens) elle ne doit pas être inférieure à la distance parcourue avec la vitesse de base durant un temps d'adaptation qui est égale à 5 secondes.

$$L_{min} = T \cdot V_B \quad T = 5 \text{ sec}$$

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

IV.5.1.1. Application au projet :

Pour notre projet les alignements L_{min} et L_{max} sur la RN68 et RN25 sont :

a) L_{min} et L_{max} sur la RN68 :

$$L_{min} = 5 \times \frac{60}{3.6} = 84 \text{ m}$$

$$L_{max} = 60 \times \frac{60}{3.6} = 1000 \text{ m}$$

b) L_{min} et L_{max} sur la RN25 :

$$L_{min} = 5 \times \frac{80}{3.6} = 112 \text{ m}$$

$$L_{max} = 60 \times \frac{80}{3.6} = 1334 \text{ m}$$

IV.5.2. Arcs de cercle :

Ils servent en association avec des arcs de clothoïde à relier deux alignements droits.

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- ✓ Stabilité des véhicules en courbe.
- ✓ Visibilité en courbe.
- ✓ Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

On essaie de choisir le plus grand rayon possibles en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

IV.5.2.1. Stabilité en courbe :

Dans un virage R un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui sert à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

IV.5.2.2. Rayon horizontal minimal absolu :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal comme suit :

$$RHM = \frac{V_B^2}{127 \cdot (f_t + d_{\max})}$$

f_t : coefficient de frottement transversal

Ainsi pour chaque V_B on définit une série de couple (R, d).

IV.5.2.3. Rayon minimal normal (RHN) :

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

$$RHN = \frac{(V_B + 20)^2}{127 \cdot (f_t + d_{\max})}$$

IV.5.2.4) Rayon au dévers minimal (RHD) :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_B serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Le dévers associé $d_{\min} = 2.5\%$ en catégories 1 et 2 et 3% en catégories 3 et 4.

$$RHd = \frac{V_B^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

IV.5.2.5. Rayon minimal non déversé (RHND) :

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse V_B une courbe de devers égal à d_{\min} vers l'extérieur reste inférieur à valeur limitée.

✓ Pour les catégories 1 et 2 :

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times 0,035}$$

✓ Pour les catégories 3,4 et 5 :

$$RHm = \frac{V_B^2}{127 \cdot (f' - 0,03)}$$

Avec :

- $f' = 0.07$ cat 3
- $f' = 0.075$ cat 4 et 5

a) visibilité en courbe:

Pour assurer une bonne visibilité en courbe, on opte pour l'augmentation de rayon de virage et cela pour but d'éliminer tous les obstacles.

b) Sur largeur :

Un long véhicule à 2 essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit.

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement. Et ça avec la formule suivante :

$$S = L^2 / 2R$$

- L : longueur du véhicule (valeur moyenne $L = 10m$).
- R : rayon de l'axe de la route.

Et le tableau suivant montre les et les sur largeurs des axes en plan :

Axes en plan	Rayon (m)	Sur largeur(m)
Axe 1	0	0
Axe 2	0	0
Axe 3	80	0.70
Axe 4	40	1.25
Axe 5	43	1.20
Axe 6	41	1.22
Axe 7	60	0.84
Axe 8	36	1.40
Axe 9	35	1.43
Axe10	33	1.52

Tableau IV.1: rayons et sur largeurs des axes en plan.

IV.5.3. Courbes de raccordement :

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressifs qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et cela pour assurer:

- La stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Un tracé élégant, souple, fluide, et esthétiquement satisfaisant.

IV.5.3.1. Type de courbes de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- Parabole cubique : est définie par l'équation suivante : $y = c.x^3$, elle est utilisée en raison de sa courbure vite atteinte (utilisée surtout dans le tracé de chemin de fer).
- Lemniscate : est définie par l'équation : $K.F = (1/R)$, sa courbe est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur F .
- 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.

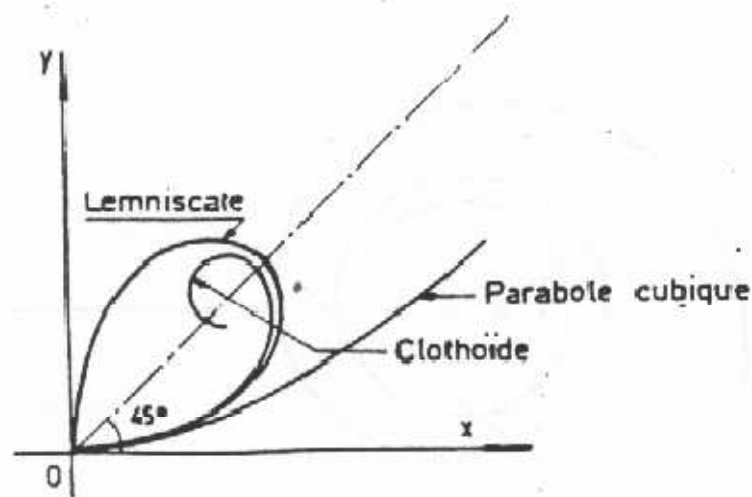


Figure IV.1 : comparaison des 3 types de CR.

IV.5.3.2.Choix de la courbe de raccordement :

Entre les trois courbes citées auparavant la courbe de raccordement qu'on a choisi pour notre tracé est la clothoïde, car théoriquement c'est l'idéale et la plus utilisée, et aussi parce qu'elle présente 3 propriétés remarquables qui sont :

- ✓ Variation constante de la courbure qui correspond au conducteur à une rotation constante.
- ✓ Elle maintient constante la variation de l'accélération, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.
- ✓ Sa courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne.

IV.5.3.3.Eléments de la clothoïde :

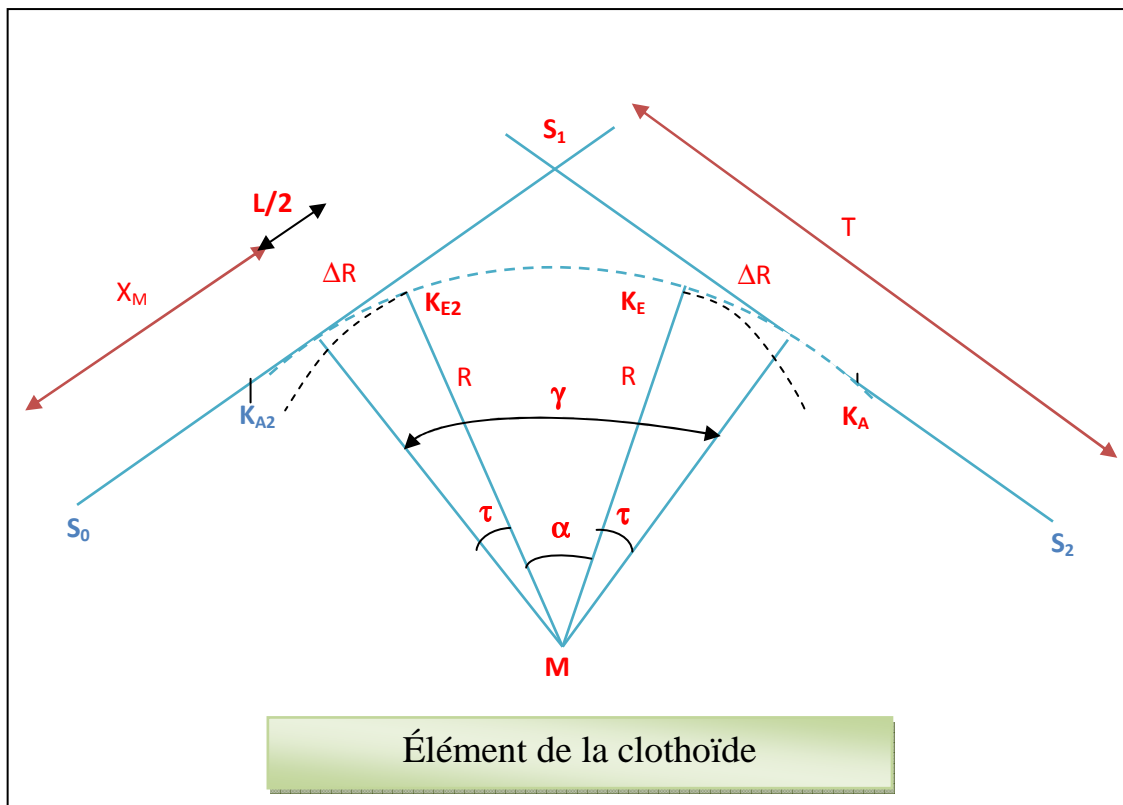


Figure IV.2 : éléments de la clothoïde.

- γ : Angle entre alignement
- S_L : La corde à la clothoïde
- T : Grande tangente
- σ : L'angle polaire
- ΔR : Ripage
- L : longueur de clothoïde
- X_M : Abscisse du centre de cercle
- K_A : début de clothoïde

- R: Rayon de virage
- K_E : Fin de clothoïde
- τ : Angle de tangente

L'expression de la clothoïde est définie comme suit : $A^2 = L.R$

Le choix du paramètre A de la clothoïde doit respecter les trois conditions, qui nous permet de fixer la longueur minimale de raccordement qui sont :

- a) **Condition de confort optique** : elle permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels et pour cela la rotation de la tangente doit être supérieure à 3° .

$$A_{\min} = R/3 \quad R/3 < A < R$$

- b) **Condition de confort dynamique** : cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, elle est imposée à une variation limitée.

D'où :

$$L \geq \frac{V_r^2}{18} \left[\frac{V_r^2}{127.R} - \Delta d \right]$$

Tel que :

V_r : vitesse de référence (km/h).

R : rayon (m).

ΔR : variation des dévers (%).

- c) **Condition de gauchissement** : elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

$$L \geq I. \Delta d. V_r$$

I : largeur de la chaussée.

L : longueur de la chaussée.

Δd : variation des dévers.

IV.6. Combinaisons des éléments du tracé en plan :

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, qui sont:

- a) **Courbe en S** :

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

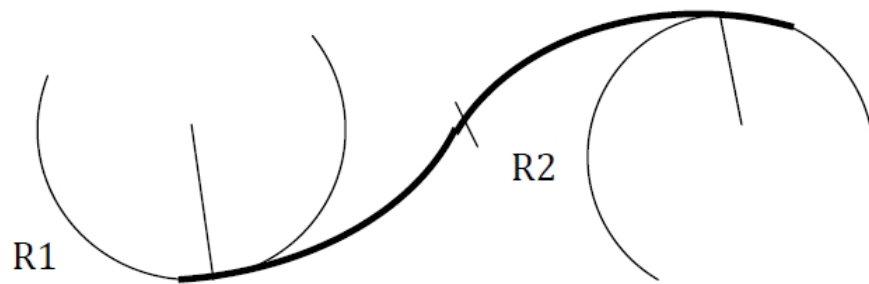


Figure IV.3 : courbe en S.

b) Courbe à sommet :

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

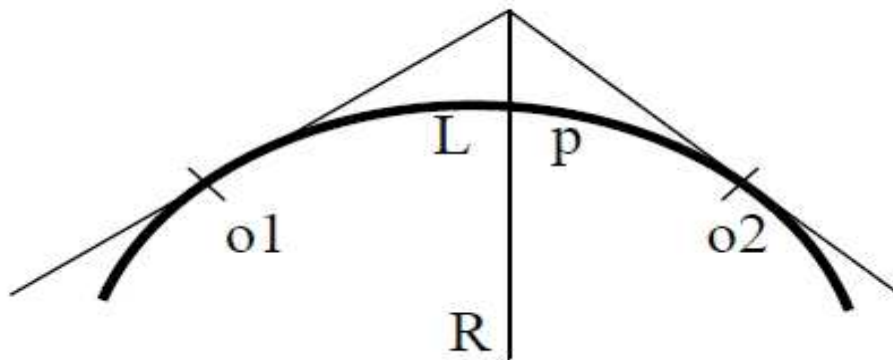


Figure IV.4 : courbe à sommet.

c) Courbe en C :

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

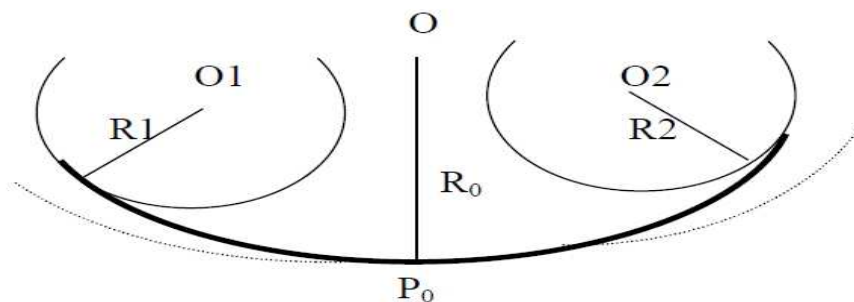


Figure IV.5 : courbe en C.

d) Ove :

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

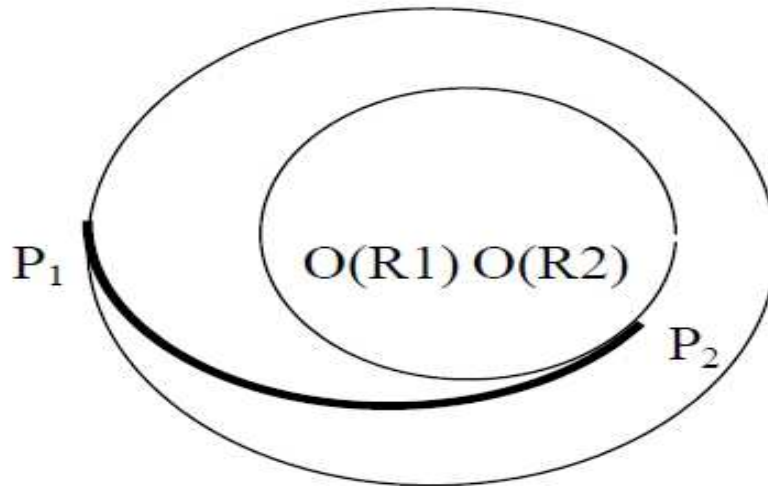


Figure IV.6 : courbe en forme ovale.

IV.7 .Vitesse de référence :

La vitesse de référence (V_r) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle permet de définir les caractéristiques géométriques fondamentales intervenant dans l'élaboration du tracé. Son choix dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Conditions économiques.

Pour notre projet la vitesse de référence est comme suit :

- ✓ La pénétrante autoroutière \longrightarrow $V_r = 80 \text{ Km/h.}$
- ✓ RN68 \longrightarrow $V_r = 60 \text{ Km/h.}$
- ✓ Les bretelles \longrightarrow $V_r = 40 \text{ Km/h.}$

Les normes de (B40) sont résumées dans le tableau suivant :

Rayon (Catégorie 1-2)	Symbole	Environnement E ₂		
		80	60	40
Vitesse de référence	V _r	80	60	40
Rayon minimal absolu	RHM (7%)	250	125	50
Rayon mini normal	RHN (7%)	450	250	125
Rayon au dévers minimal	RHd (2.5%)	1000	550	250
Rayon non déversé	RHnd (-2.5%)	1400	800	350

Tableau IV.2 : paramètres fondamentaux.

IV.8. Calcul des clothoïdes :

Règles générales (B40) :

- ◆ Pour tout rayon ≤ 1500 m,

Le ripage $\Delta R = 1$ m (éventuellement 0,5 m pour les rayons < 192 m) et $L = \sqrt{24R \cdot \Delta R}$

- ◆ $1500 < R \leq 5\,000$ m $\Rightarrow L = \frac{R}{9}$ ($\tau = 3^\circ$)

- ◆ $R > 5\,000$ m ΔR limité à 2,50 m soit $L = 7,75\sqrt{R}$

IV.8.1. Application au projet :

V_r : 40km/h.

Exemple de calcul pour l'axe 3.

R = 80m.

$$L = \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R} \quad \Delta R = 0,5 \text{ pour } R < 192\text{m}$$

$$L = \sqrt{24 \cdot 80 \cdot 0,5} = 31\text{m}$$

Les autres résultats sont illustrés dans le tableau suivant :

axe	Rayon (R) en (m)
3	80
4	40
5	43
6	40
7	60
8	40
9	35
10	32

Tableau IV.3 : longueurs des rayons.

IV.9. Les bretelles :

➤ **Définition :**

Sont des voies qui se détachent et se raccordent entre les deux routes qui se croisent. Chaque bretelle se termine à une de ces extrémités par une voie de décélération et l'autre par une voie d'accélération.

➤ **Type de bretelles :**

Il existe trois types de bretelles dont la combinaison entre elles donne une multitude de formes d'échangeurs.

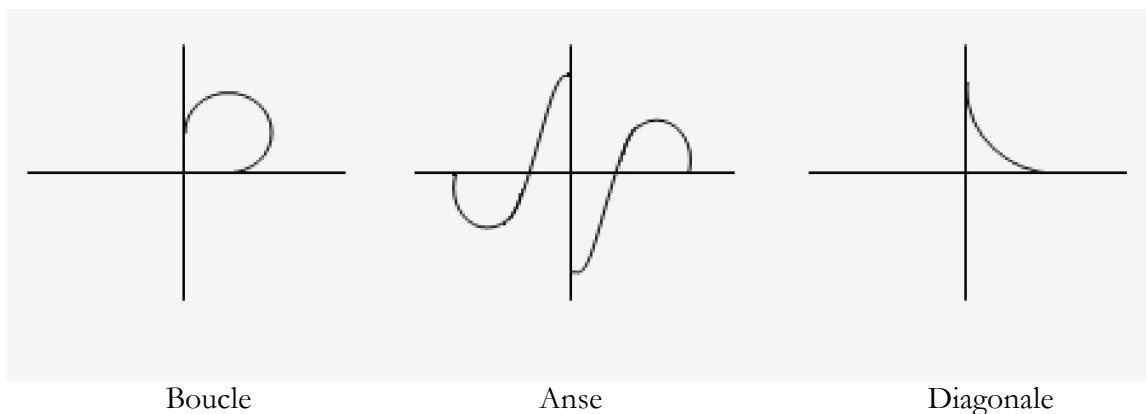


Figure IV.7 : différents types de bretelles.

➤ **Caractéristiques des bretelles :**

bretelles	boucle	diagonale	anse
Débit de pointe (uvp/h)	<500	500-1000	1000-2000
Rayon en plan (m)	40-75	100-175	>120

Tableau IV.4 : caractéristiques des bretelles.

IV.10.Principes généraux :

IV.10.1.Calcul des longueurs de voies d'insertion et de décélération :

➤ Voies d'insertion (d'accélération) :

La voie d'insertion permet au conducteur d'augmenter la vitesse jusqu'à atteindre celle pratiquée sur la route principale, elle est de type parallèle, sa longueur est donnée :

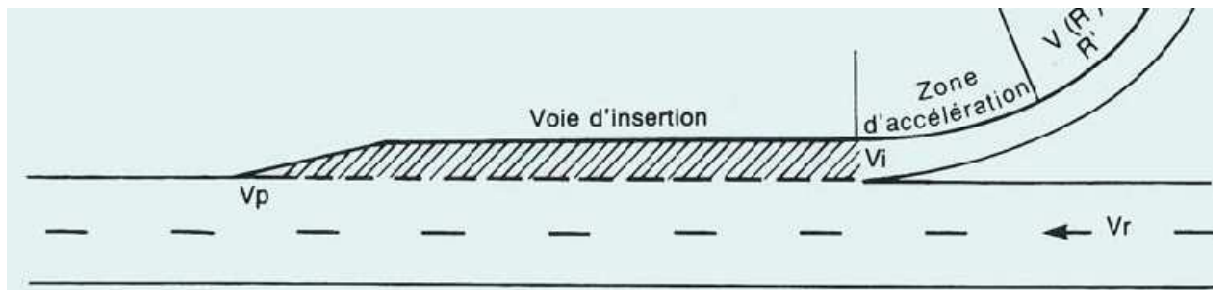


Figure IV.8 : voie d'insertion.

Va (Km/h)	60	80	100	120
L (m)	140	180	240	320
l (m)	40	50	70	80

Tableau IV.5 : longueurs de voie d'insertion.

- Va : vitesse d'approche à vide.
- L : longueur de la voie d'insertion comptée du nez d'entrée réduit à 1m jusqu'au point où la longueur se réduit à 1.5m.

Les voies d'insertion ont pour largeur :

3m pour $V_a < 100$ Km/h

3.5m pour $V_a \geq 100$ Km/h

• Pour notre cas :

La longueur de la voie d'insertion :

Pour la RN25 ($V_r = 80$ km/h) :

- la longueur de la voie d'insertion $L = 180$ m.
- la longueur du sifflet d'insertion $l = 50$ m.

Et la RN68 ($V_r = 60$ km/h):

- la longueur de la voie d'insertion $L = 140$ m.

- la longueur du sifflet d'insertion $l = 40\text{m}$.

➤ **Voie de décélération :**

La décélération des véhicules quittant la route principale se fait à l'aide de couloirs de décélération de type parallèle ou diagonal.

✓ **Voie de décélération de type diagonale :**

L'usage de tel couloir est recommandé pour les tournes à droite, dans le cas où la vitesse d'approche à vide de carrefour est au moins égale à 80 Km/h , le couloir comporte :

- Un biseau de sortie rectiligne.
- Un raccordement progressif.

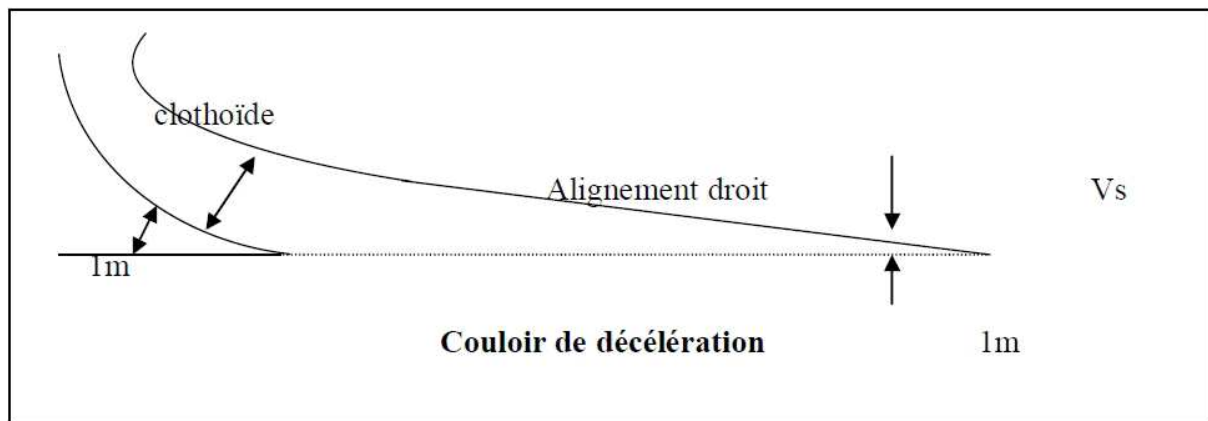


Figure IV.9 : voie de décélération de type diagonale.

✓ **Voie de décélération de type parallèle :**

La voie de décélération de type parallèle comprend un sifflet de raccordement et une voie parallèle à la route principale.

Sa longueur est en fonction de la vitesse d'approche à vide.

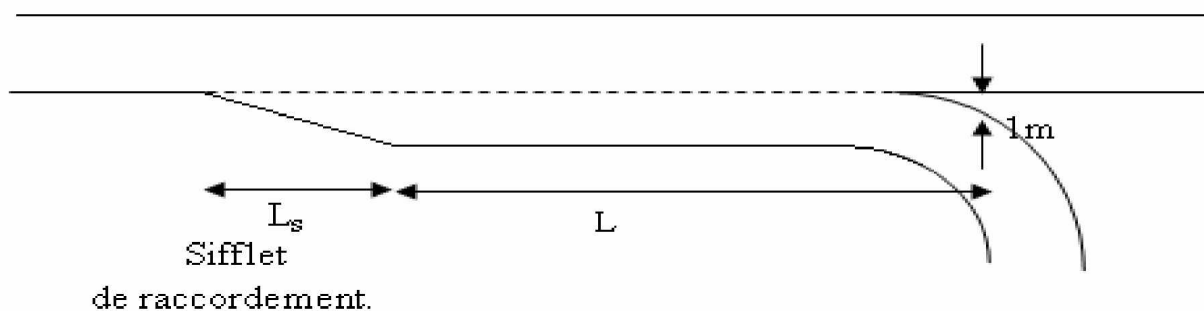


Figure IV.10 : voie de décélération de type parallèle.

Le tableau ci-dessous donne la longueur de la voie de décélération (L) et la longueur de sifflet de raccordement (Ls) en fonction de la vitesse d'approche.

Va (Km/h)	60	80	100	120
L (m)	70	115	170	240
Ls (m)	40	50	60	75

Tableau IV.6 : longueurs de voie de décélération et des sifflets.

Pour notre cas :

La longueur de la voie de décélération :

Pour la RN25 ($V_r = 80\text{km/h}$) :

- Longueur de décélération : $L = 115\text{m}$.
- Longueur de sifflet de raccordement : $L_s = 50\text{m}$.

Et RN68 ($V_r = 60\text{km/h}$):

- Longueur de décélération : $L = 70\text{m}$.
- Longueur de sifflet de raccordement: $L_s = 40\text{m}$.

IV.11. Résultats obtenus par le logiciel Piste :

a) Construction du terrain :

Le levé topographique sur le logiciel piste que nous a procuré la DTP.

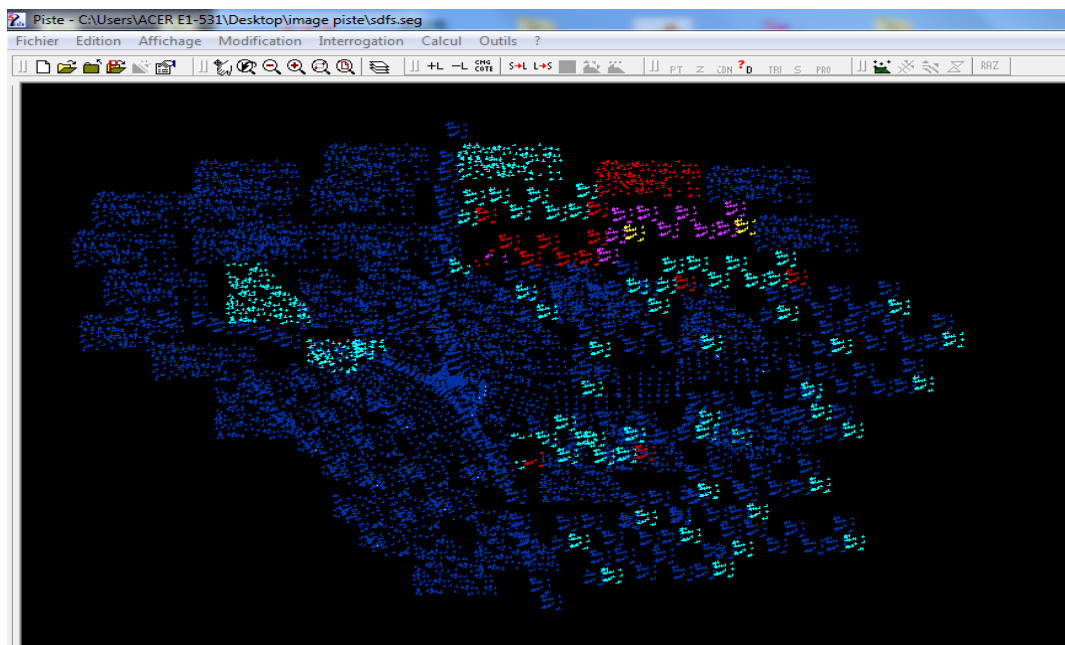


Figure IV.11 : terrain naturel en nuage de point.

b) Triangulation :

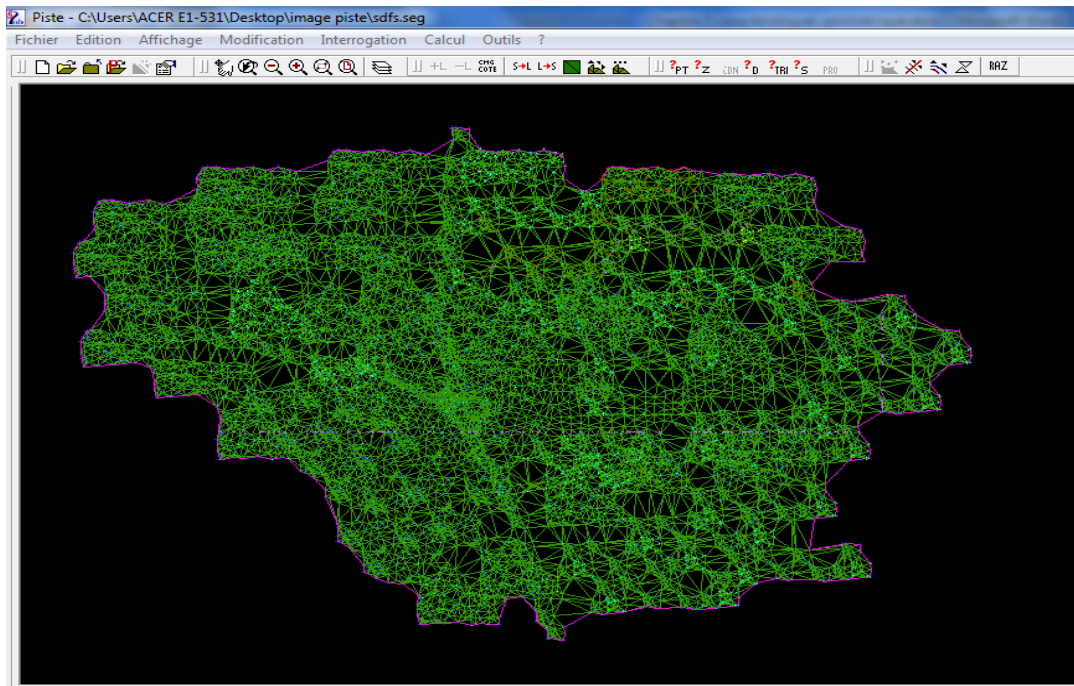


Figure IV.12 : triangulation.

c) Courbes de niveau:

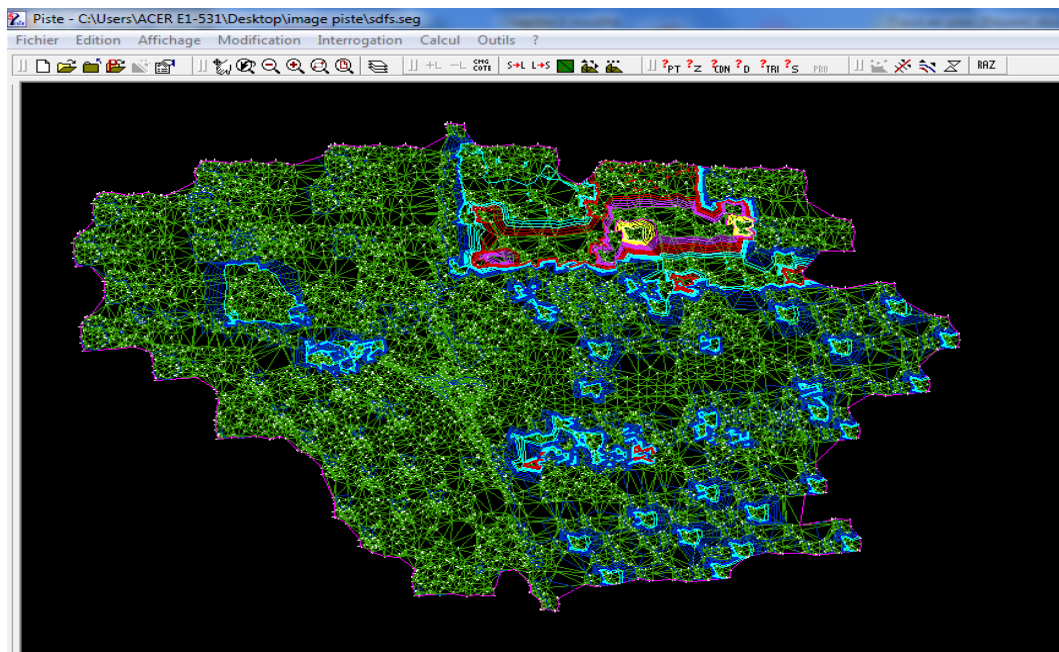


Figure IV.13 : courbes de niveau.

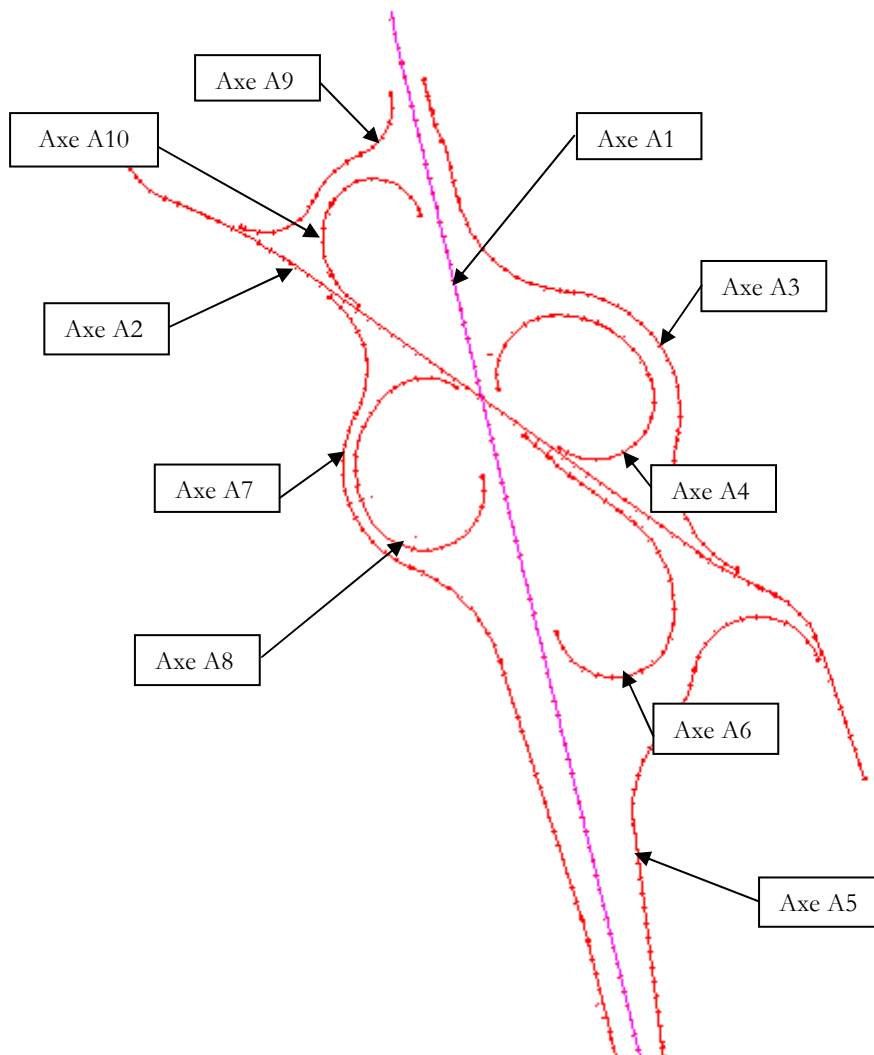
IV.12. Description des axes utilisés par le logiciel « PISTE » :

Figure IV.14 : différents axes illustrés par le logiciel PISTE.

- Le tableau suivant représente les différents axes de notre tracé:

Axes	Directions	Longueur d'axe(m)
Axe A1	Tizi Ouzou vers Bouira	1000
Axe A2	Issers vers Draa El Mizan	678
Axe A3	Draa El Mizan vers Tizi Ouzou	310
Axe A4	vers Issers	255
Axe A5	Bouira vers Draa El Mizan	454
Axe A6	vers Tizi Ouzou	190
Axe A7	Issers vers Bouira	497
Axe A8	Tizi Ouzou vers Draa El Mizan	260
Axe A9	Tizi Ouzou vers Issers	153
Axe A10	Draa El Mizan vers Bouira	154

Tableau IV.7 : différents axes du projet.

V.1.Définition :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle. C'est en général une succession d'alignements droits (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....

V.2.Tracé de la ligne rouge:

Le tracé de la ligne rouge doit répondre à plusieurs conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Pour cela il faut :

- Minimiser les terrassements, en cherchant l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
- Ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les normes.
- Eviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- Eviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais.
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- Assurer une bonne coordination du tracé en plan et le profil en long.
- Opter pour une déclivité minimale de 1% de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

V.3.Eléments constituant de la ligne rouge :

V.3.1.Déclivités :

La déclivité d'une route est la tangente des segments de profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et le nom rampe pour les montées.

V.3.1.1.Déclivité minimale :

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « paliers » sont à éviter si c'est possible, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante.

Déclivité min : $i_{\min} = 0,5 \%$, de préférence 1 %

V.3.1.2. Déclivité maximale :

Du point de vue technique, la déclivité max dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée, ainsi que la réduction des vitesses qu'elle provoque. Le problème de l'adhérence concerne tous les véhicules, tandis que pour la réduction des vitesses ce sont les camions (poids lourds PL) qui sont déterminants, car la plupart des PL ont une grande réserve de puissance.

V.4. Coordination du tracé en plan et du profil en long:

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, respecter les règles de visibilité et autant que possible, un certain confort visuel ; ces objectifs incite à :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontale et verticale, puis respecter la condition :
 $V_{\text{vertical}} > 6 H_{\text{horizontal}}$ pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

V.5. Raccordement en profil en long :

Le changement de déclivité constituent des points particulier dans le profil en, ce changement est assurer par l'introduction de raccordement circulaire qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité.

Il y a deux types de raccords :

V.5.1. Raccordement convexe (angle saillant) :

Les rayons correspondants doivent être dimensionnés au regard des contraintes de sécurité et de visibilité. En fonction des caractéristiques du tracé en plan, on s'attachera à garantir la visibilité sur obstacle ou pour dépassement.

La conception des raccords convexes doit satisfaire les conditions suivantes :

V.5.1.1. Condition de confort :

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

V.5.1.2. Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaire à celle de condition confort.

Il faut que deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_V \geq \frac{d^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})} \approx 0.27 d^2$$

d : distance d'arrêt (m).

h_0 : hauteur de l'œil (m).

h_1 : hauteur de l'obstacle (m).

➤ dans le cas d'une route unidirectionnelle « bretelles » :

$h_0 = 1.1$ m, $h_1 = 0.15$ m.

On trouve : $R_V = 0.24 (d_1)^2$

V.5.2. Raccordement concave (angle rentrant) :

Ces rayons ne posent pas de problèmes de sécurité majeurs mais leur dimensionnement est essentiellement conditionné par des contraintes de confort dynamiques, les conditions de visibilité nocturnes et l'évacuation des eaux de ruissellement. La présence d'un passage supérieur au droit d'un angle rentrant mérite un examen particulier.

La visibilité du jour dans le cas de raccordement dans les points bas n'est pas déterminante c'est pendant la nuit qu'il faut s'assurer que les phares des véhicules devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

$$R'_V = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035 d_1)}$$

À condition esthétique :

Une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à procurer à l'utilisateur une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et ($b > 50$) pour des dévers $d < 10\%$ (spécial échangeur).

$$R_{v\min} = \frac{50}{\Delta d \%}$$

Avec :

Δd : Changement de dévers (%).

$R_v \min$: rayon vertical minimum (m).

V.6. Normes pratiques du profil en long:

Pour le cas de la RN25 et la RN68 et les rampes de l'échangeur, on a respecté les paramètres suivants (selon le B40) :

		Rampes	RN25	RN68
Vitesse de référence (km/h)		40	80	60
Rayon en angle saillant (R_{v1})	Minimal absolu (R_{vm1})	300	2500	1000
	Minimal normal (R_{vn1})	1000	6000	2500
Rayon en angle rentrant (R_{v2})	Minimal absolu (R_{vm2})	500	2400	1200
	Minimal normal (R_{vn2})	1200	3000	2400
Déclivité maximale imax (%)		5	6	7

Tableau V.1 : paramètres de profil en long

Représentation des profils en long sur le logiciel PISTE :

V.7.Profil en long de la RN 25 :

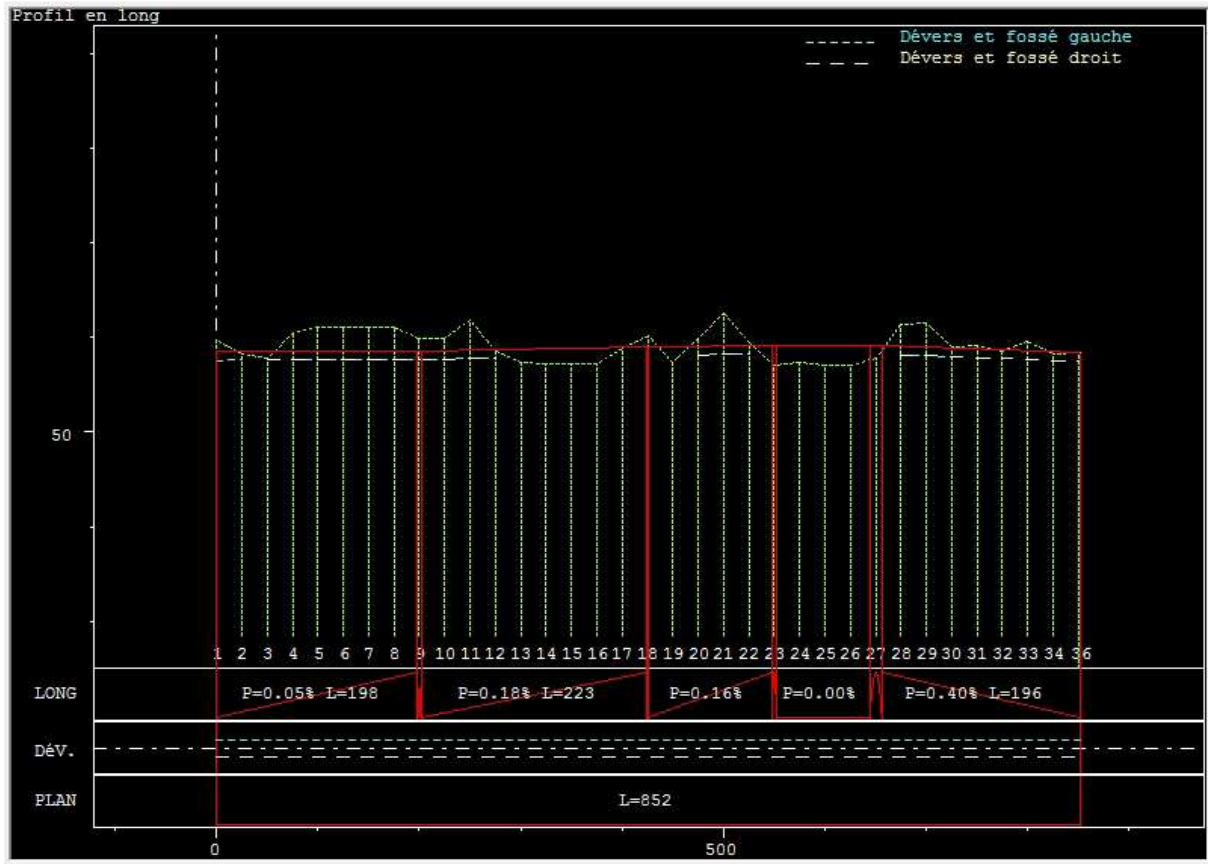


Figure V.1 : profil en long de la RN25

V.8.Profil en long de la RN 68 :

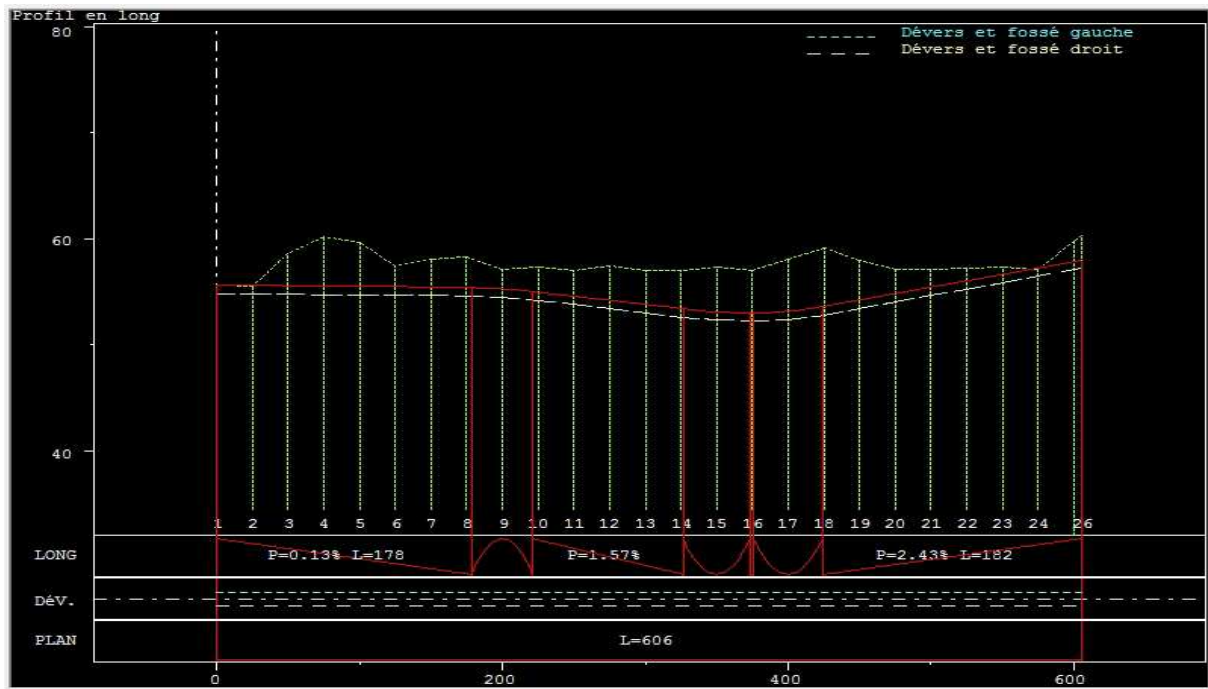


Figure V.2 : profil en long de la RN68

V.9.Profil en long des boucles :

On prend comme exemple le profil en long de l'axe 4.

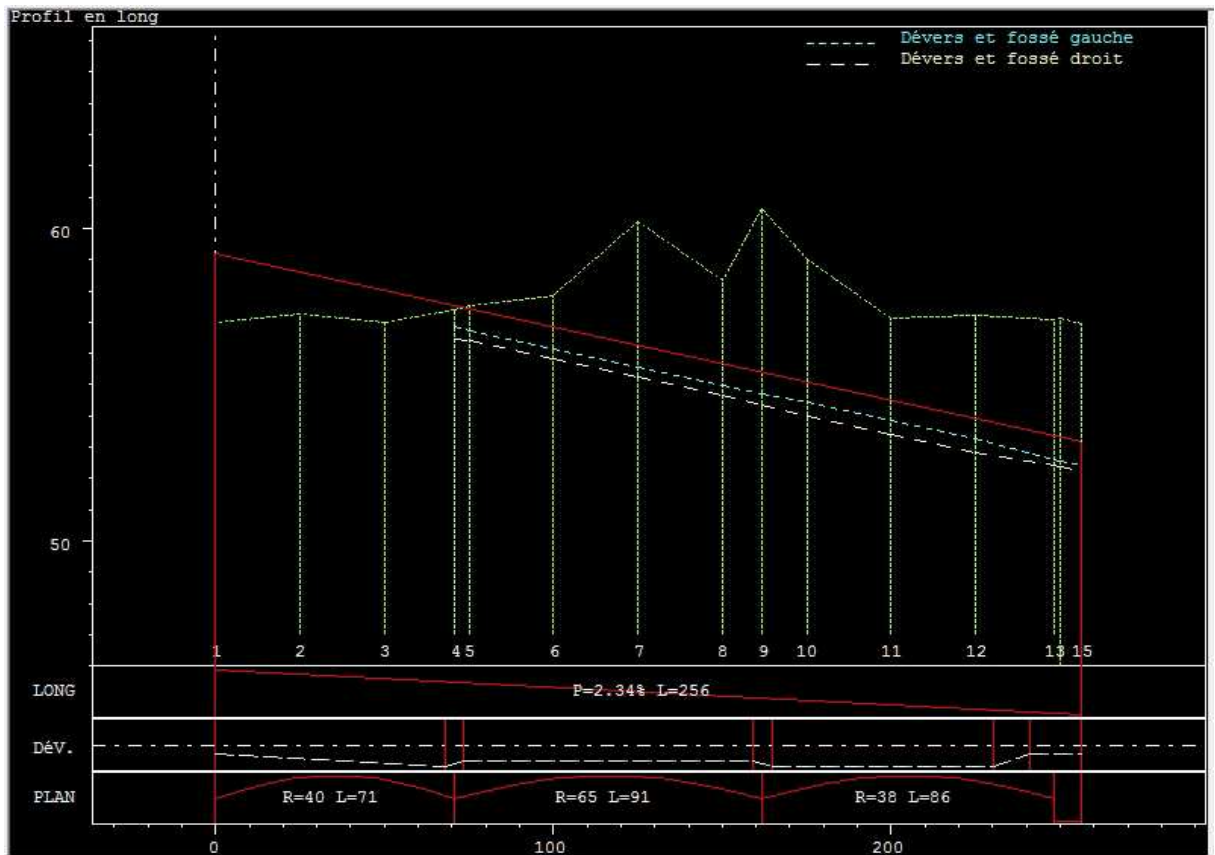


Figure V.3 : profil en long de l'axe 4 (boucle)

A. Profil en travers :

VI.1.Définition :

Le profil en travers d'une route est la coupe dans le sens transversal menée selon un plan perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

La largeur de cette chaussée est en fonction de l'importance et de l'hétérogénéité du tracé à écouler.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, Pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers » 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, etc...).

VI.2.Les éléments constituant du profil en travers type :

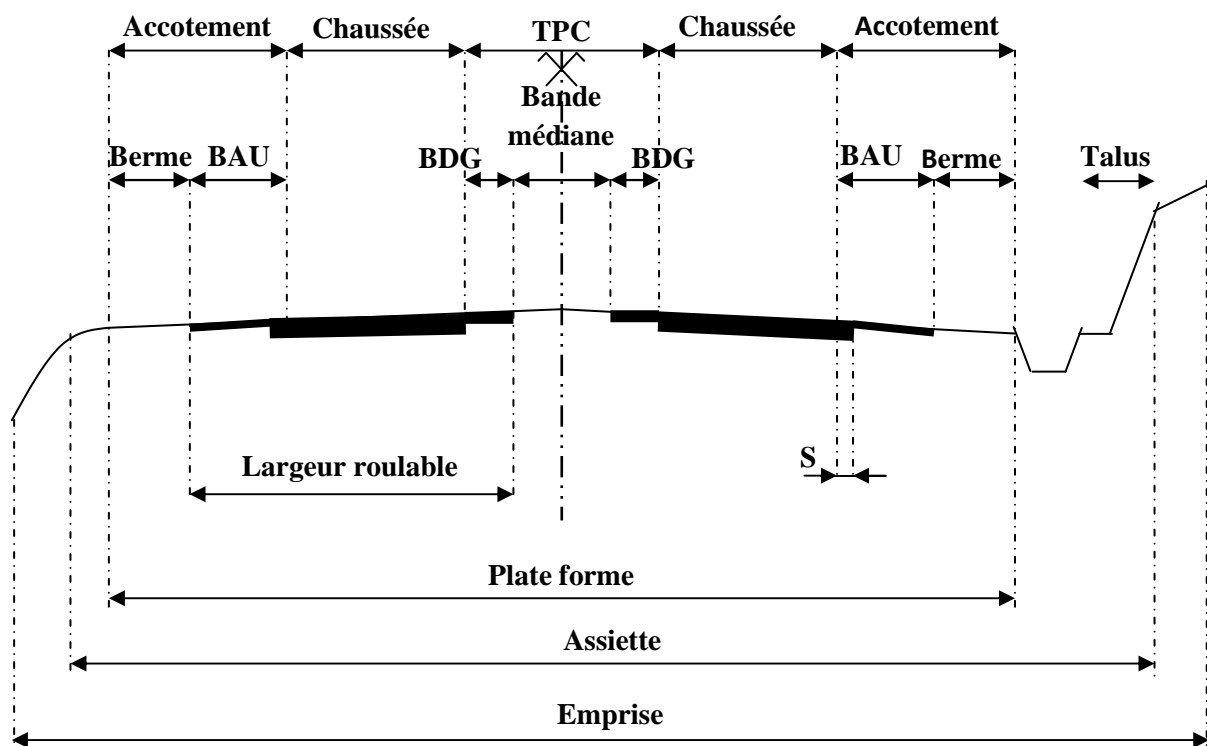


Figure VI.1 : éléments constituant du profil en travers

➤ Emprise :

Est la surface du terrain naturel affectée à la route, limitée par le domaine public.

➤ Assiette :

Est la surface de la route délimitée par les terrassements.

➤ Plate forme :

Elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement le terre plein central et bande d'arrêt.

➤ **Chaussée :**

C'est la partie de la route affecté à la circulation des véhicules.

➤ **Accotement :**

Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieure d'une berme.

➤ **Fossé :**

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

➤ **Berme :**

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations..). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

➤ **Arrondi de talus :**

En remblai, l'arrondi de talus constitue le raccordement entre la berme de droit et le talus. Sa largeur est de 1m.

➤ **Bande d'arrêt d'urgence :**

Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.

➤ **Terre- plein central (T.P.C) :**

Le terre plein central assure la séparation des deux chaussée d'une route, installé à la partie centrale pour assurer l'espacement latéral au long de la route et composé de la bande dérasée et du séparateur central.

➤ **Bande dérasée de gauche (B.D.G) :**

Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tous obstacles, revêtus et se raccorde à la chaussée.

➤ **Bande médiane :**

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation,.. etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implantés.

• **Fonctionnement du terre-plein central :**

- Empêche les éléments gênants causés par la chaussée de sens opposé sur la route à voies multiples non-séparée.
- Offrir un endroit pour les installations de contrôle de trafic ainsi les panneaux de signalisation.
- Réduire la gêne de visibilité lors de la conduite de nuit causée par les lumières venant du sens opposé.

• Types du terre-plein central :

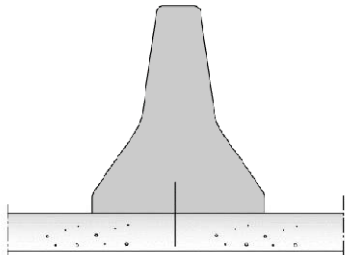
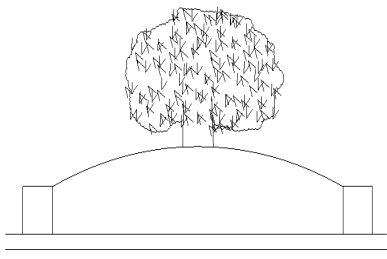
catégorie	Mur de protection en béton	Espace vert
Ligne centrale		
Avantages et inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> -Favorable pour la visibilité du conducteur. -Désavantageux pour le drainage de la route (installation d'un système d'assèchement). -Prévention d'accidents en cas d'empiètement sur l'axe (niveau de sécurité satisfaisant). -Niveau de maintenance satisfaisant. - Coût des travaux dans la moyenne. 	<ul style="list-style-type: none"> -Niveau de visibilité du conducteur normal. -Désavantageux pour le drainage de la route en courbe (installation d'un système pour la récupération des eaux). -Prévention d'accidents en cas d'empiètement de la ligne centrale (niveau de sécurité satisfaisant). -Niveau de maintenance satisfaisant. -Coût des travaux plutôt modéré.
Avis d'étude	Un ajustement des espaces verts est nécessaire pour obtenir un aspect esthétique bien fait dans le cadre des aménagements de nouveaux axes routiers.	

Tableau VI.1 : types du terre-plein central.

VI.3. Largeur de la chaussée :

Il n'y a pas de largeur minimale réglementaire pour une chaussée. Cette valeur doit être retenue en fonction du type de véhicules circulant ou attendus sur l'itinéraire et des vitesses prévues. En ce qui concerne le véhicule, le code de la route [3] a fixé les dimensions maximales des véhicules à 2,60 m hors rétroviseur : ces derniers peuvent faire une saillie de 20 cm au-dessus de 1,90 m.

En pratique la plupart des véhicules légers ne dépassent pas les largeurs suivantes :

- Véhicules légers : 1,70 mètre.
- Véhicule types « monospace » : 1,90 mètre.
- Véhicules « 4X4 » : 2,20 mètre.
- Camping-car : 2,30 mètre.

Les marges de sécurité latérales doivent tenir compte des vitesses pratiquées sur l'itinéraire et de ce fait, des valeurs de 3,00 à 3,50 m sont usuellement retenues pour les routes principales. Le standard international se situe à 3,50m.

VI.3.1.Sur-largeur :

Dans les courbes de rayon inférieur à 200 m, une sur largeur est préconisée dans les virages. Elle vaut normalement, par voie de circulation 50/R en mètres, R étant le rayon de courbure exprimé en mètre. Cette sur largeur peut être ramenée à 25/R pour les routes en relief difficile.

b. g : bande de guidage.

VI.3.2.Nombre de voies :

Il est variable selon le trafic projeté à terme et les niveaux de services attendus (Voire chapitre étude de trafic).

VI.4.Classification de profil en travers :

Il existe deux types de profil :

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

VI.4.1.Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'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 cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

VI.4.2.Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à distance de 20 m.

VI.5.Profil en travers sous l'ouvrage d'art :

La route qui passe sous l'ouvrage d'art a des bandes d'arrêts en section courante, elles sont en générale maintenues sous l'ouvrage sans réduction de largeur.

D'après l'ICTAAL, la distance de parement intérieur d'un appui latéral au bord de la chaussée la plus proche est fixé à 2m, quelque soit la vitesse de référence.

VI.6. Profil en travers sur l'ouvrage d'art :

D'après les normes ICTAAL, la route doit comprendre un dispositif de sécurité (glissière de sécurité) dès que la hauteur du remblai dépasse les 4 mètres.

Pour l'ouvrage d'art, il est conseillé de prévoir une sur largeur des deux cotés de la route, cette sur largeur est donnée par le tableau ci-dessous en fonction de la vitesse de référence sur l'itinéraire considéré.

Vr. (km/h)	120	100	80	60	40
Sur largeur (m)	0.75	0.75	0.5	0.5	0.5

Tableau VI. 2: sur largeur en fonction de la vitesse de référence.

VI.7. Profil en travers des bretelles (trèfles ou boucles) :

Il est mentionné dans l'étude du trafic qu'il est nécessaire d'avoir une voie pour assurer les bonnes conditions aux mouvements des véhicules entre les différents itinéraires, le profil en travers des rampes d'une chaussée de largeur de 8m (4m pour largeur d'une voie et 3m de B.A.U et bande dérasée de 1m.

VI.8. Représentation des profils en travers sur le logiciel PISTE :

VI.8.1. Profil en travers de la RN 25 :



Figure VI.4 : exemple de profil en travers de la RN25.

VI.8.2. Profil en travers de la RN 68 :

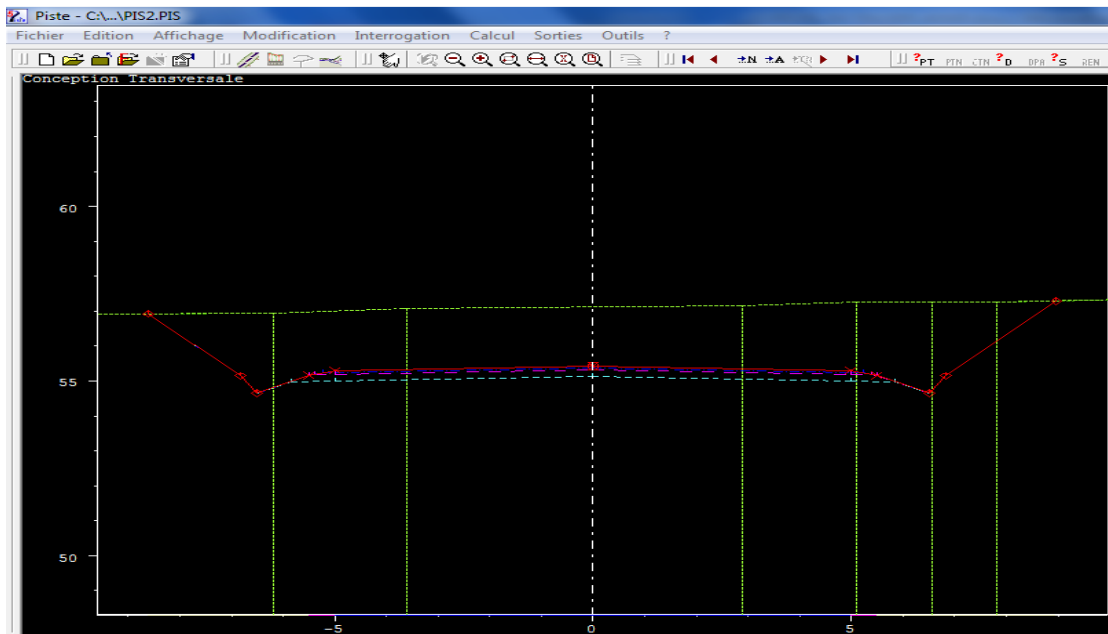


Figure VI.5 : exemple de profil en travers de la RN68.

VI.8.3. Profil en travers d'une boucle axe 6 :

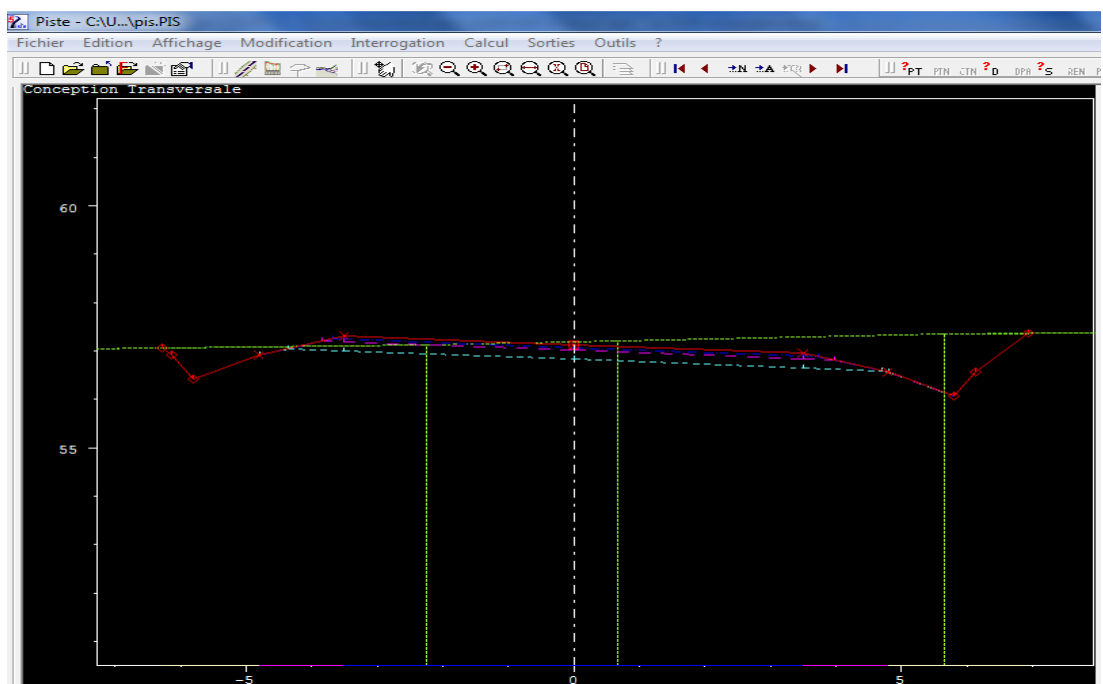


Figure VI.5 : exemple de profil en travers de l'axe 6.

VI.8.4. Profil en travers d'un trèfle axe 7 :

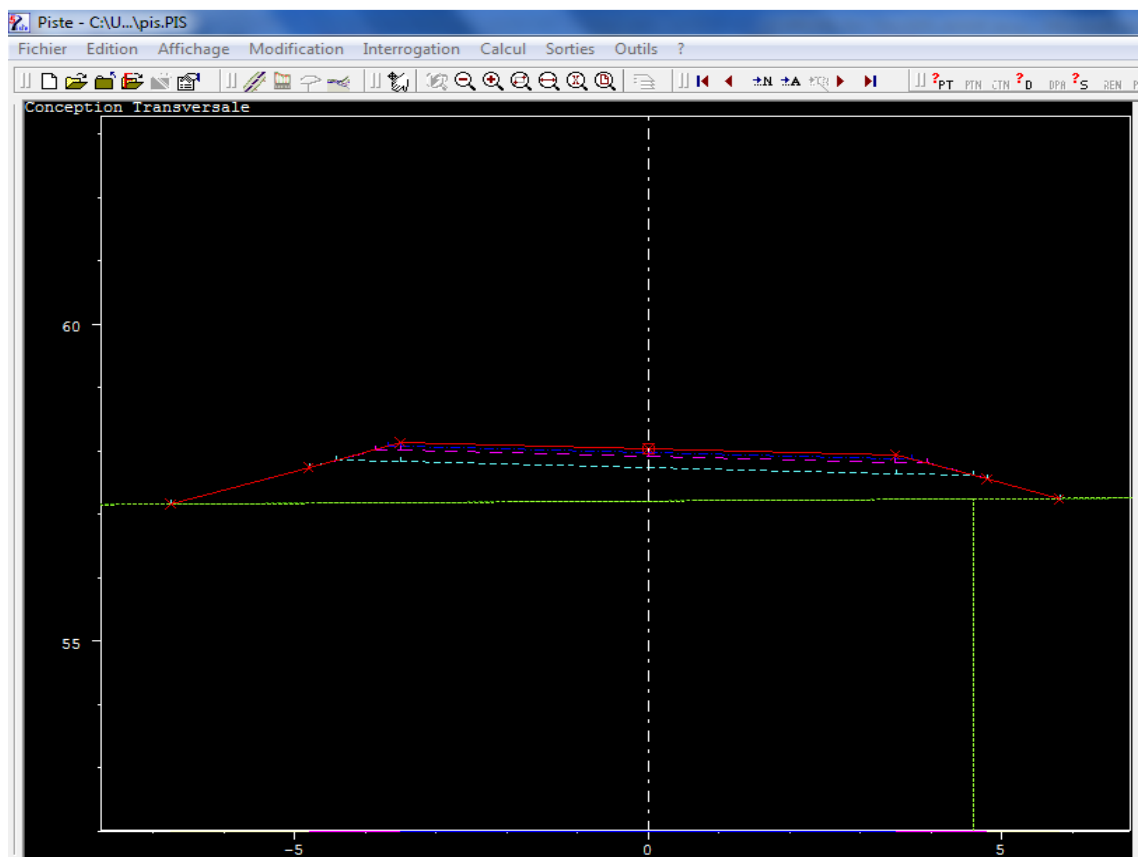


Figure VI.6 : exemple de profil en travers de l'axe 7.

B. Cubatures :

VI.9.Introduction :

La réalisation d'un projet routier nécessite toujours la modification de terrain naturel sur lequel on va travailler.

La modification s'effectue soit par excavation des terres au dessous du niveau de la ligne rouge cas de déblai ou par apporter des terres à ajouter sur le terrain naturel qu'on appelle remblai pour atteindre le niveau de la ligne rouge de projet à réaliser.

VI.10.Définition :

Les cubatures de terrassement, c'est le calcul des volumes des déblais et remblai à déplacer pour avoir une surface uniforme entre les profils en long ainsi les profils en travers fixé auparavant.

VI.11.Méthodes de calcul :

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul, le travail consiste à calculer les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section de notre projet.

On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre profils en travers successifs.

$$V = h/6 (S_1 + S_2 + 4 S_0)$$

Avec :

h : hauteur entre deux profils.

S_0 : surface limité à mi-distances des profils.

S_1 et S_2 : surface des deux profils.

Adoptons la figure ci-dessous présentant les profils en long d'un tracé donné :

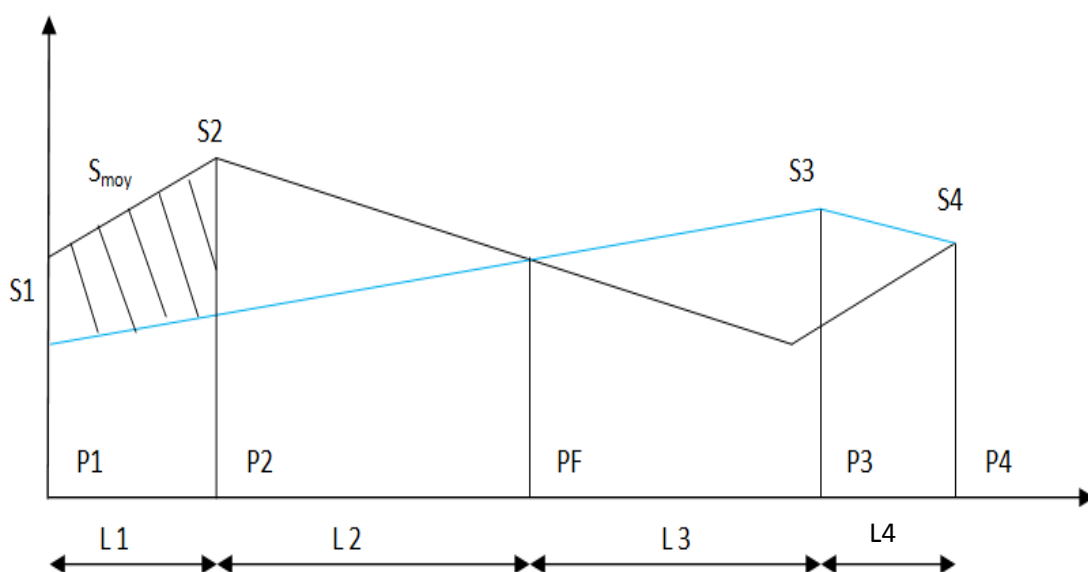


Figure VI.7 : schéma de calcul des remblais et déblais.

L : distance entre profils.

P : profil en travers.

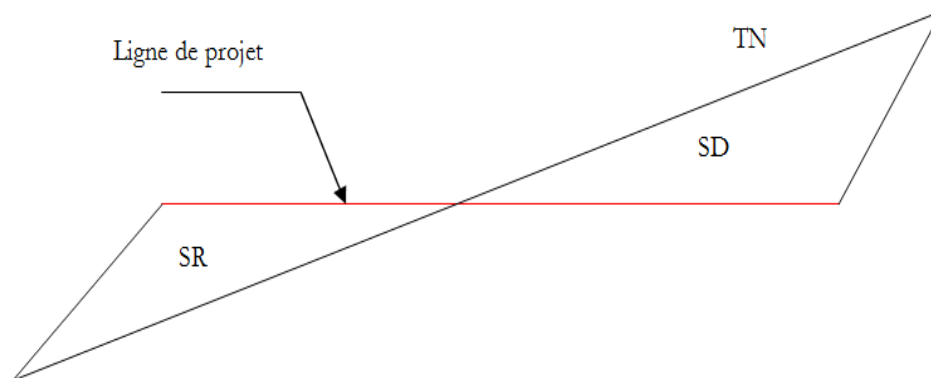


Figure VI.8 : section des remblais et déblais.

Le volume compris entre les deux profils en travers P_1 et P_2 de section S_1 et S_2 sera égal à :

$$V = h/6(S_1 + S_2 + 4S_{\text{moy}})$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant $S_{\text{moy}} = \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

Donc les volumes seront :

D'où :

$$V_1 = L_1 \times \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

$$\text{Entre } P_1 \text{ et } P_2 \quad V_1 = L_1 \times \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

$$\text{Entre } P_2 \text{ et } P_f \quad V_2 = L_2 \times \frac{(S_2 + 0)}{2}$$

$$\text{Entre } P_f \text{ et } P_3 \quad V_3 = L_3 \times \frac{(0 + S_3)}{2}$$

Le volume total:

$$V = \left(\frac{L_1}{2}\right) \times S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) \times S_2 + \left(\frac{L_2 + L_3}{2}\right) \times 0 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) \times S_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) \times S_4$$

VI.12. Résultat de calcul des cubatures :

Le calcul s'effectue à l'aide du logiciel piste 5.05 sur les différents axes de notre projet.

<<Voir annexes>>

On prend un exemple sur l'axe 10 :

Résultats finaux obtenus sont dans le tableau suivant :

Volume des déblais (VD)	2692 m ³
Volume des remblais (VR)	223 m ³

Tableau VI.3 : volume des remblais et déblais.

VII.1.Introduction:

L'étude géotechnique consiste à donner les précautions nécessaires concernant le sol sur lequel sera implanté notre aménagement. Pour cela, une mission de sondage doit être faite pour définir les caractéristiques du sol support, de dimensionner la chaussée et éventuellement les fondations des ouvrages d'art prévus.

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé l'axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologique, hydrogéologique, hydraulique de la région .Une interprétation physico- mécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

VII.2.Utilité de l'étude géotechnique :

L'étude géotechnique permet de dimensionner la couche de chaussée ainsi que de fixer les pentes de remblai et de déblai. En effet un talus en remblai doit être vérifié à la stabilité, au glissement et au poinçonnement.

On regroupe deux types d'essai, celui du laboratoire et celui sur terrain (in- situ).

VII.3.Les différents essais en laboratoires :

Les essais réalisés au laboratoire sont :

- ✓ Analyse granulométrique.
- ✓ Equivalent de sable.
- ✓ Limites d'Atterberg.
- ✓ Essai PROCTOR.
- ✓ Essai CBR.
- ✓ Essai Los Angeles.
- ✓ Essai Micro Deval.

L'indice CBR, issu de l'essai CBR permettra de calculer l'épaisseur de la chaussée par la méthode dite CBR.

Les essais seront fait à différentes teneurs en eau et énergies de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés d'essai PROCTOR.

La classification des sols rencontrés sera utile et nécessitera la détermination des limites d'Atterberg.

VII.4.Objectifs :

Les objectifs d'une étude géotechnique sont :

- ✓ Bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- ✓ Sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- ✓ Identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.
- ✓ Protection de l'environnement et les ressources naturelles.

VII.5.Les essais d'identification:

VII.5.1.Analyses granulométriques :

Il s'agit du tamisage qui permet par exemple de distinguer les sols fins, les sols sableux et les sols graveleux, c'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leurs dimensions ou leurs grosseurs.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique.

VII.5.2. Equivalent de sable :

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

VII.5.3.Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (W_p) et limite de liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol : W_p sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ($I_p = W_L - W_p$).

VII.5.4.Essai PROCTOR :

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».

VII.5.5.Essai C.B.R (California Bearing Ratio):

Cet essai a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements.

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours.

Il ne concerne que les sols cohérents.

VII.5.6. Essai Los Angeles :

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine dite « Los Angeles ».

- plus le LA est élevé, moins le granulat est dur.

VII.5.7. Essai Micro Deval :

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau, on parlera du micro Deval humide.

VII.6. Les essais in situ:

VII.6.1. L'essai de plaque :

L'essai de chargement à la plaque est un essai géotechnique classique qui permet de réaliser sur la surface d'un sol ou d'une couche faisant partie de la structure routière une expérience relativement simple dont le résultat est lié aux propriétés mécaniques des matériaux examinés. Les résultats de l'essai sont destinés au contrôle de la mise en œuvre des matériaux (contrôle de compactage) ; parfois les essais de chargement à la plaque sont effectués dans le cadre d'une étude de dimensionnement d'une chaussée neuve ou de renforcement d'une chaussée existante.

Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante : $E = 5\text{CBR}$.

VII.6.2. L'essai préssiométrique :

L'essai préssiométrique est un essai de chargement in situ effectué au sein même du terrain grâce à la réalisation préalable d'un forage. L'analyse des résultats permet d'obtenir, pour une profondeur donnée, les caractéristiques mécaniques du sol et d'effectuer les calculs de fondation. Trois caractéristiques du sol sont notamment déduites :

- le module préssiométrique E_M qui définit le comportement pseudo-élastique du sol.
- la pression limite p_l qui caractérise la résistance de rupture du sol.
- la pression de fluage p_f qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état plastique.

VII.7. Conditions d'utilisation des sols en remblais :

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

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- ✓ Pierre de dimension > 80 mm.
- ✓ Matériaux plastique $I_p > 20\%$ ou organique.
- ✓ Matériaux gélifs.

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

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

VII.8. Les moyens de reconnaissance :

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier sont essentiellement :

- ✓ l'étude des archives et documents existants.
- ✓ Les visites de site et les essais in-situ.
- ✓ Les essais de laboratoire.

VII.9. Données du projet :

La présente étude géotechnique préliminaire du terrain de notre projet, fait suite à la demande de la DTP de Tizi Ouzou, en attendant la convention qui sera conclue entre le groupe ETRHB et le laboratoire central des travaux publics(LCTP).

Le LCTP (unité de Tizi Ouzou) a procédé à un programme d'investigation le long de notre projet

VII.9.1. Contexte géographique et topographique :

Il s'agit d'une étude de projet (échangeur et tronçon de route en axe autoroutier sur un terrain vallonné).

VII.9.2. Contexte géologique :

Les données géologiques sont basées sur des informations recueillies à partir de la carte géologique ainsi que la consultation de l'étude géotechnique faite par la LCTP en 1987.

En se basant à la fois sur la visite de site, et le regard des cartes géologiques de la région d'étude, la répartition de ces formations par rapport au tracé est comme suit :

- PK 0+000 au PK6+000 : sols meubles et rocheux (poudingues, argiles avec intercalation de lits gréseux, et grès).

VII.9.3. Campagne d'investigation sur le site :

L'étude a été menée essentiellement sur la base de la réalisation des sondages carottés de différentes profondeurs, des puits de reconnaissance et des essais de laboratoire selon un programme donné par le client.

VII.9.3.1.Sondages carottés :

Les sondages carottés confirment bien les données géologiques qui donnent les résultats qu'on trouve à l'annexe.

VII.9.3.2.Les puits de reconnaissance géologique:

Les puits confirment bien les reconnaissances géologiques et obtenant les résultats qui sont donnés à l'annexe.

Les données géotechniques à prendre en compte concernant le massif du sol (marne+remblai).

VII.9.3.Données hydrologique et hydrogéologique :

La connaissance de l'hydrogéologie de la zone concernée par ce projet, est nécessaire pour mieux appréhender les problèmes d'inondations de la chaussée en saison pluviale, et ce au croisement des oueds; un drainage transversal et longitudinal est de rigueur.

Le niveau de la nappe en cas de sa présence, doit être également déterminé, pour se prémunir contre la remontée des eaux lors des travaux de terrassements, et durant la mise en service de l'infrastructure autoroutière.

✓ Eau superficielle :

Les terrains marneux et schisteux sont imperméables, des mesures de drainage devront être des plus vigoureuses.

L'étude hydraulique (phase exécution), dégagera les ouvrages d'assainissement, en adéquation avec les conditions du site.

✓ Eau souterraine :

Les niveaux aquifères sont en rapport avec celui qui se trouve dans la dépression de Draa El Mizan, qui est en rapport avec les grès.

L'implantation des piézomètres au droit des sondages carottés renseignera en phase d'exécution, sur les niveaux piézométriques, dont le traitement orientera le choix du système de drainage à adopter pour la sécurité de l'ouvrage.

VII.9.4.Résultats des essais de laboratoire :

Ces essais ont été effectués sur des échantillons à différentes profondeurs.

- Les analyses granulométriques montrent que plus de 50% des éléments passant au tamis 80 μ m, ce sont des sols fins.
- Ces sols présentent des densités sèches γ_d faibles à moyennes de l'ordre de 1.58t/m³, et des teneurs en eau naturelles ω_n moyennes de 23.88%.

- Ces tranches de sols sont saturées ou proche de la saturation.
- L'indice de plasticité I_p est de 30%, donc ces sols sont plastiques.
- Les limites d'Atterberg permettent de classer ces sols parmi les argiles très plastiques.
- Les essais oedométriques ont donné des coefficients de compressibilité suivants :

$$0.186 < C_c < 0.320 \quad \Rightarrow \quad \text{sols moyennement à assez compressibles.}$$

$$0.0497 < C_g < 0.0972 \quad \Rightarrow \quad \text{Sols peu gonflants.}$$

$$1.84 \text{ bares} < P_c < 3.54 \text{ bares.}$$

Les courbes de consolidation donnent des valeurs de coefficient de consolidation C_v comprises entre 9.04×10^{-4} et $1.08 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$.

- Les essais de cisaillement ont donné les valeurs de :

$$0.04 \text{ bars} < C_{uu} < 1.57 \text{ bars}$$

$$8.05^\circ < \varphi_{uu} < 29.51^\circ$$

VII.10. Conclusion:

Au terme des investigations préliminaires menées sur le terrain de notre projet dans la région de Draa El Mizan dans la wilaya de Tizi Ouzou nous tirons les renseignements suivants :

- ❖ de point de vue lithologique le tracé traverse des formations constituées généralement d'argile limoneuse en surface, surmontant les marnes argileuses, celles-ci sont alternées par endroit de petits lits de grès. Le tout repose sur des marnes grises compactes.
- ❖ Le niveau piézométrique est à environ de 3.5m de profondeur mais il peut connaître des fluctuations selon les saisons et le pluviomètre.

VIII.1.Introduction :

L'estimation d'un projet routier ne se limite pas à son étude géométrique, en effet une fois la chaussée est réalisée, elle devra résister à toutes les agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation (action des essieux des véhicules lourds, effets des intempéries,....). Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi que de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial, celle ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux répond conformément aux exigences préconisées.

VIII.2.Définition:

La chaussée est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges. Généralement une chaussée est constituée en ordre par trois couches et on distingue deux types de chaussées :

VIII.2.1.Chaussée rigide :

Une chaussée rigide se compose d'une dalle en béton de ciment portland fléchissant élastiquement sous les charges, reposant sur un sol compacté ou sur une mince fondation de pierre ou de gravier concassé, ou sur une fondation stabilisée.

L'avantage que procure cette chaussée est de répartir les charges sur une grande surface de la fondation du fait de la rigidité de son revêtement.

Par conséquent, son revêtement ne requiert pas de fondation épaisse, dans ce cas, son rôle se limite à empêcher les remontées de sol entre les dalles.

VIII.2.2.Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- Les sols et matériaux pierreux ont une granulométrie étalée ou serrée.
- Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissant des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

VIII.3.Rôle des différents types de chaussées souples :

a) Couche de surface :

C'est la dernière couche de la chaussée et qui est en contact direct avec les pneumatiques, elle a pour rôle :

- ✓ de résister aux efforts des charges dynamiques et de transmettre les charges verticales à la base.
- ✓ D'imperméabiliser la surface de la chaussée.

Elle comporte deux parties : une couche de roulement et une couche de liaison.

b) Couche de base :

Elle a pour rôle de résister aux efforts verticaux et de répartir sur la couche de fondation les pressions qui en résultent. Elle est constituée d'un matériau traité (ou non traité) de bonnes caractéristiques mécaniques.

c) Couche de fondation :

La couche de fondation constitue avec la couche de base le corps de chaussée. Son rôle est le même que la couche de base, mais elle est constituée d'un matériau non traité de moindre qualité et coût.

d) Couche de forme :

Elle est prévue pour répondre à certains objectifs à court terme qui sont pour :

Un sol rocheux :

Joue un rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.

Un sol peu portant :

(Argileux à teneur en eau élevée), elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantiers de circuler librement.

VIII.4.Méthodes de dimensionnement des chaussées:

Pour réaliser une chaussée il faut définir la qualité des matériaux et l'épaisseur des couches tout en se référant aux moyens et matériaux disponibles.

Toutes les méthodes existantes pour le dimensionnement du corps de chaussées s'appuient sur trois paramètres :

- Le trafic.
- La force portante du sol.
- Les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches.

Les méthodes utilisées dans notre projet sont :

- ✓ Méthode C.B.R et C.B.R améliorée (méthodes empiriques)
- ✓ Méthode du catalogue des structures (méthode rationnelle)

VIII.4.1.Méthode CBR : (californien- bearing- ratio) :

C'est une méthode (empirique), elle se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant les éprouvettes de (90% à 100%) de l'O.P.M. les abaques qui donnent l'épaisseur «e» des chaussées en fonction des pneus et du nombre de répétitions des charges, tout en tenant compte de l'influence du trafic.

L'épaisseur de la chaussée, obtenue par la formule CBR améliorée, correspond à un matériau bien défini (grave propre bien gradué). Pour ce matériau, le coefficient d'équivalence est égal à 1. et pour les qualités différentes, il faudra utiliser le coefficient (e_i), tel que :

$$e = \sum a_i \times e_i$$

a_i : coefficient d'équivalence de chacun des matériaux à utiliser.

Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau sont mentionnés dans le tableau suivant:

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux	2.00
Grave - ciment, grave - laitier	1.50
Grave concassée	1.00
Grave sableuse (T.V.O)	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70
Tuf	0.60
Sable-ciment	1.20
Sable-laitier	1.3

Tableau VIII.1 : coefficients d'équivalence des matériaux

VIII.4.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Afin de faciliter la tâche à l'ingénieur de routes, un manuel pratique de dimensionnement d'une utilisation facile a été conçu, caractérisé par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques : (la stratégie de dimensionnement, niveau de service, trafic, caractéristiques du sol, climat, matériaux)

Matériaux : traités au bitume (GB, BB), non traités.

Trafic : classé selon le nombre de PL/j/sens à l'année de mise en service.

Portance du sol support (S_i) : selon l'indice CBR (voir tableau)

Climat : l'Algérie est divisée en trois zones (humide, semi aride, aride)

➤ Détermination de la classe du trafic :

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant :

Trafic	Trafic poids lourds cumule sur 20 ans
T1	$T < 7.3 \times 10^5$
T2	$3.7 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$
T3	$2 \times 10^6 < T < 7.3 \times 10^6$
T4	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T5	$T > 4 \times 10^7$

Tableau VIII.2 : classement du trafic suivant le catalogue.

On commence par la détermination du trafic poids lourds cumulé sur 20 ans et définir à partir du tableau ci-dessus la classe de trafic correspondant. Le trafic cumulé est donné par la formule ci-après :

$$T_C = T_{PL} \left[1 + \frac{(1+\tau)^{n+1} - (1+\tau)}{(1+\tau) - 1} \right] \times 365$$

- T_{PL} : trafic poids lourds à l'année de mise en service.
- n : durée de vie ($n = 20$ ans).
- τ : taux de croissance du trafic.

➤ **Détermination de la classe du sol :**

Le sol doit être classé selon la valeur du CBR du sol support. Les différentes catégories de sol sont données dans le tableau suivant :

Portance	CBR
S_4	<5
S_3	5 - 10
S_2	10 - 25
S_1	25 - 40
S_0	>40

Tableau VIII.3 : classe de sols.

VIII.4.3.Méthode de l'asphalte in situ :

Elle prend en considération le trafic composite par échelle de facteurs d'équivalence et utilise un indice de structure qui est déterminé à partir de l'abaque de l'asphalte in situ.

VIII.5.Application au projet :

➤ **Choix de la méthode de dimensionnement :**

Les trois méthodes de dimensionnement qui sont citées ci dessus ont comme point commun leurs prises en considération (d'une façon différente) le trafic circulant sur la voie à construire et du sol sur lequel cette même voie va être utilisée.

Ceci représente les points nécessaires et suffisants pour tout dimensionnement d'une chaussée routière cependant, bien que ces paramètres aient fait l'unanimité des experts, on note qu'il n'existe pas actuellement une méthode universellement acceptée pour le calcul.

Des épaisseurs de chaussées, et leurs différentes couches c'est pour quoi lors d'un choix de la méthode à appliquer, il ne faudra pas oublier que la qualité réelle de la chaussée dépend :

- De la disposition constructive adaptée à la chaussée, de bonne condition de drainage de la plate forme dans les zones basiques.
- De la qualité des matériaux mise en place.
- Le soin apporté à l'élaboration et à la mise en œuvre des matériaux.

Peu importe la méthode choisie, c'est la maîtrise qui nous intéresse beaucoup plus, c'est pour cela on a choisi les deux méthodes qui sont C.B.R et catalogue des dimensionnement des chaussées neuves (CTTP), car c'est les méthodes les plus répondues en Algérie.

VIII.5.1.Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

La démarche du catalogue

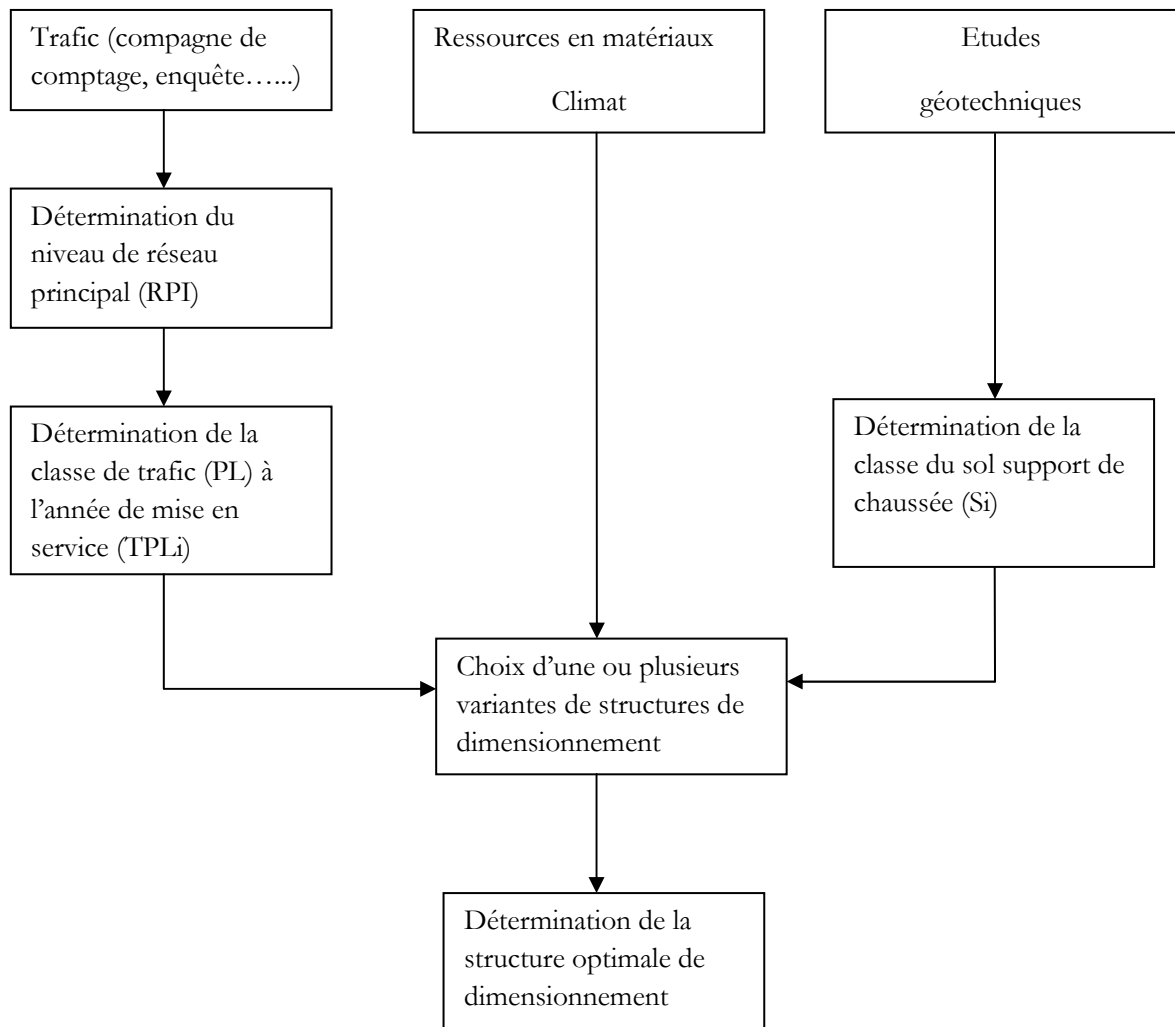


Figure VIII.1 : organigramme de la méthode.

➤ **Données de l'étude :**

- Année de comptage : 2012.
- TJMA2012=13911v/j.
- Mise en service : 2017 \Rightarrow TJMA 2017 = 16925 v/j
- Durée de vie : 20 ans.
- Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$.
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 10 \%$.

a) Détermination du type de réseaux principaux :

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

Tableau VIII.4 : type de réseau principal (fascicule 1)

Dans notre cas, on a un $TJMA(2017) = 16925$ V/j donc d'après le tableau ci-dessus :

$16925 > 1500$ ce qui implique que notre réseau est du type *RP1*.

b) Répartition transversale du trafic :

En l'absence d'informations précises sur la répartition de poids lourds sur les différentes voies de circulation, on adoptera la valeur suivante :

- le trafic qui transite dans une seule direction est :

$$TJMA_{2017} = 16925 \text{ (v/j)} / 2 = 8462.5 \text{ (v/j)}$$

$$TJMA_{2017} = 8462.5 \text{ (v/j)}$$

- le nombre de poids lourd par sens est :

On a $Z = 10\%$.

$$TJMA_{2017} = 8462.5 \text{ (v/j)} \times 0.1 = 846.25 \text{ (PL/j)}$$

- chaussée unidirectionnelle de 3 voies : sachant que 80% du trafic PL roule sur la voie lente de droite (fascicule 1), on aura :

$$TPL_{2017} = 846.25 \times 0.8 = 677 \text{ (PL/j/sens)}.$$

c) Détermination de la classe de trafic (TPL_i) :

Les classes de trafic (TPL_i) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre poids lourd (PL) par jour et par sens à l'année de mise en service.

Un poids lourd (PL) est un véhicule de plus de 3.5 tonnes de poids total autorisé en charge.

Classe TPL_i pour RP_1 :

TPL_i	TPL_3	TPL_4	TPL_5	TPL_6	TPL_7
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

Tableau VIII.5 : classe du trafic RP_1 (fascicule

$TPL = 677$ (PL/j/sens) \longrightarrow La classe de trafic est TPL_5 .

d) Calcul du trafic cumulé de poids lourd TC_i :

La formule qui nous donne le trafic cumulé (fascicule 2).

$$TC_i = TPL_i \times \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \times 365$$

$$TC_{2037} = 677 \times \left[\frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \right] \times 365 = 5.63 \cdot 10^6$$

$$TC_{2037} = 7.36 \cdot 10^6 \text{ PL/j /sens}$$

e) Calcul du trafic cumulé équivalent :

Pour le calcul du dimensionnement, il faut prendre en considération le trafic cumulé en essieux équivalent.

En Algérie l'essieu de référence standard est l'essieu isolé à roues jumelées de 13 tonnes.

Niveau de réseau principal (RP_i)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP_1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB /Tuf, GB/GC.	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, BCG/ GC.	1

Tableau VIII.8 : valeurs des coefficients d'agressivité.

On a: $A = 0.6$

$$TCE_{2037} = TC_{2037} \times A = 7.36 \cdot 10^6 \times 0.6 = 4.41 \cdot 10^6$$

$$TCE_{2037} = 4.41 \cdot 10^6 \text{ PL/j /sens}$$

f) Détermination de la portance de sol-support de chaussée :

D'après l'étude géotechnique notre sol est classé en S3 :

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times \text{CBR}$$

Classes de portances de sol support pour le dimensionnement :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir :

S_3, S_2, S_1, S_0 : Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

Classes du sol-support	S_3	S_2	S_1	S_0
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

Tableau VIII.6 : classes de portance du sol-support (fascicule 1)

$E \text{ (MPa)} = 5 \times 5 = 25 \text{ (MPa)} \longrightarrow$ la classe de portance de sol support est de S_3 .

g) Sur classement des sols supports de chaussées :

Le cas de sols de faible portance (< S_4 et S_3 en RP1) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptable.

La couche de forme va jouer le rôle de plateforme pour que les couches suivantes soient résistantes et permet un sur classement de sol support donc une amélioration de la portance du sol terrassé :

-Elle doit être drainante pour que l'eau ne reste pas sur les couches supérieures.

-Elle est réalisée à une cote hors-gel pour ne pas subir des déformations lors des périodes de froid.

-Elle constituée d'éléments de faible granulométrie pour éviter le poinçonnement des couches de roulement.

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF	Portance visée
< S_4	Non traité	50 cm (en 2 couches)	S_3
S_4	Non traité	35 cm	S_3
S_4	Non traité	60 cm (en 2 couches)	S_2
S_3	Non traité	40 cm (en 2 couches)	S_2
S_3	Non traité	70 cm (en 2 couches)	S_1

Tableau VIII.7 : choix de la couche de forme.

Matériaux non traités (*) : Grave naturelle propre (T.V.O, T.V.C, TUF), Matériaux locaux.

h) Choix de différentes couches constitue de la chaussée :

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, on optera pour les matériaux suivants:

- Couche de roulement : Béton bitumineux (BB).

- Couche de base : Grave Bitume (GB).
- Couche de fondation : grave Bitume (GB).

i) Détermination de la zone climatique :

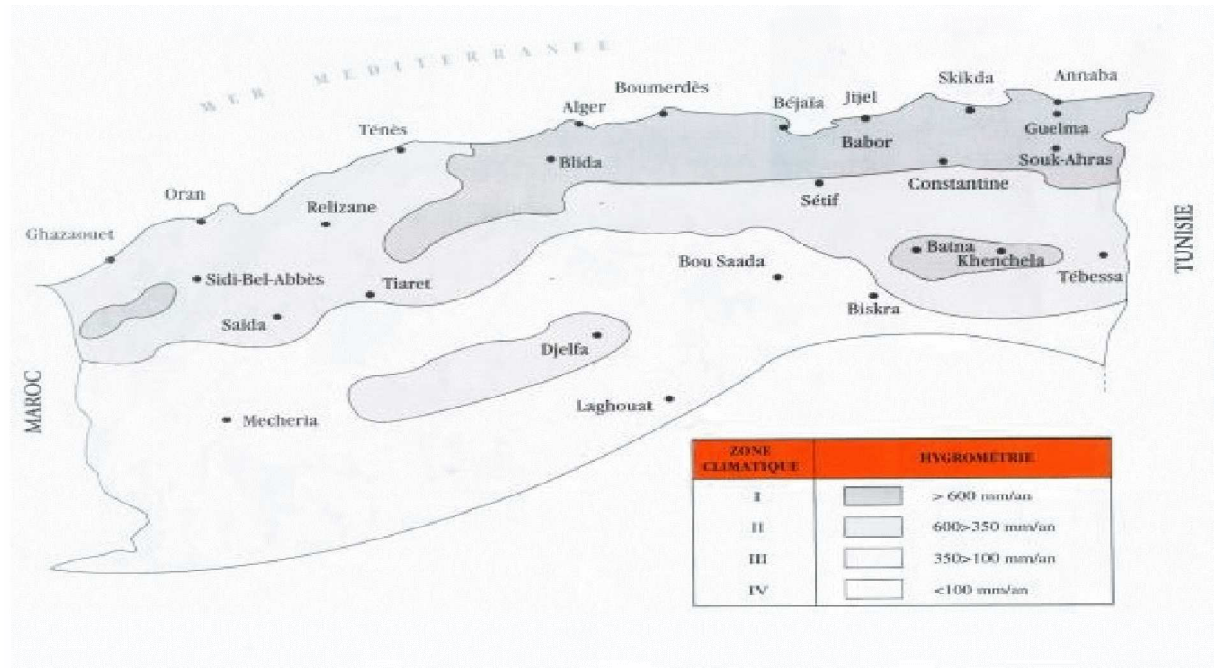


Figure VIII.1 : carte de la zone climatique de l'Algérie (fascicule 1)

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la zone climatique I (>600 mm/an) très humide.

j) Choix de dimensionnement :

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique I, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol (S2) et une classe de trafic (TPL7).

Avec toutes ces données le catalogue Algérien (fascicule 3) propose la structure suivante :

- couche de roulement en béton bitume : BB = 6 cm.
- couche de base en grave bitume : GB = 20 cm.
- couche de fondation en Grave non traitée : GNT = 30 cm.
- couche de forme : TUF = 40cm TUF en deux couches de 20cm.

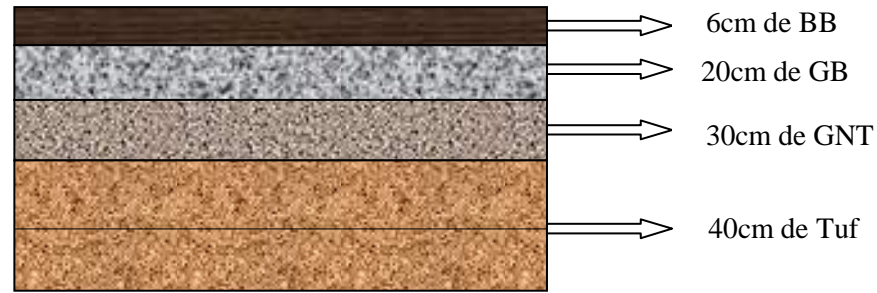


Figure VIII.2 : corps de chaussée RN25 (fascicule 3)

k) Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

k.1) calcul de la déformation admissible vertical :

La formule de calcul $\epsilon_{z, adm}$:

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.23}$$

ϵ_z (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (4.41 \times 10^6)^{-0.23} = 651.93 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_{z, adm} = 651.93 \times 10^{-6}$$

k.2) calcul de la déformation admissible de traction :

La formule de calcul $\epsilon_{t, adm}$:

$$\epsilon_{t, adm} = \epsilon_0(10^\circ\text{C}, 25\text{hZ}) \times (TCE_i / 10^6)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times Kc$$

ϵ_t : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

Avec
$$\sigma = \sqrt{sn^2 + \left(\frac{c}{b} sh\right)^2}$$

b : pente de la droite de fatigue ($b < 0$)

$E(10^\circ\text{C})$: module complexe du matériau bitumineux à 10°C

$E(\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente

S : en fonction de dispersion

SN : dispersion sur la loi de fatigue

Sh : dispersion sur les épaisseurs

C : coefficient égale à 0,02

Kc : coefficient de calage (kc = 1,3)

ϵ_6 : déformation limitée à 10^6 cycles

l) Choix des températures équivalentes :

Température équivalente (C°)	Zone climatique		
	I et II	III	IV
	20	25	30

Tableau VIII.9 : choix des températures équivalentes (fascicule 2)

On a la zone climatique I \longrightarrow $E(\theta_{eq}) = 20^\circ\text{C}$

m) Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

Matériaux	E (30° ,10HZ) (MPa)	E (25° ,10HZ) (MPa)	E (20° ,10HZ) (MPa)	E (10° ,10 HZ) (MPa)	ϵ_6 (10°c, 25hZ) 10^{-6}	-1/b	SN	S _H (cm)	ν	Kc calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3
SB	1500	-	-	3000	245	7.63	0.68	2.5	0.45	1.3

Tableau VIII.10 : **BB** béton bitumineux, **GB** grave bitume, **SB** sable bitume (fascicule 2)

Du tableau on a :

$$\epsilon_6(10^\circ\text{c}, 25\text{hz}) = 100 \times 10^{-6} \text{ MPa}$$

$$E(10^\circ\text{c}, 10\text{hz}) = 12500 \text{ MPa}$$

$$E(\theta_{eq}) = 7000 \text{ MPa}$$

$$b : \text{on a } (-1/b) = 6.84 \longrightarrow b = -0,146$$

$$SN = 0,45$$

$$Sh = 3 \text{ cm}$$

r %	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1.881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
r %	20	23	25	30	35	40	50
t	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

Tableau VIII.11 : valeur de t = f (r %) (Fascicule 2)

- On a : r % = 10% → t = -1,282

$$\delta = \sqrt{Sn^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2}$$

$$\delta = \sqrt{(0.45)^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} 3\right)^2}$$

$$\delta = 0.609$$

Déformation admissible de traction :

$$\epsilon_{t, adm} = 100 \times 10^{-6} \times (4.41 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(1.282 \times 0.609 \times 0.146)} \times 1.3$$

$$\epsilon_{t, adm} = 186.94 \times 10^{-6}$$

Les résultats calculés avec le logiciel ALIZE III:

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0 collé	0,350	0,000	34,7	0,297	31,9	0,660
			0,060	17,5	0,255	70,9	0,606
0,200	7000,0 collé	0,350	0,060	17,5	0,427	30,4	0,606
			0,260	-62,1	-0,547	60,1	0,074
0,150	500,0 collé	0,250	0,260	-62,1	-0,013	156,3	0,074
			0,410	-45,5	-0,014	101,5	0,045
0,150	500,0 collé	0,250	0,410	-45,5	-0,014	101,5	0,045
			0,560	-41,0	-0,018	69,6	0,026
0,200	500,0 collé	0,250	0,560	-41,0	-0,018	69,6	0,026
			0,760	-46,9	-0,027	48,6	0,011
0,200	500,0 collé	0,250	0,760	-46,9	-0,027	48,6	0,011
			0,960	-69,4	-0,044	52,6	0,004
infini	25,0	0,350	0,960	-69,4	0,000	183,4	0,004

variante 1: Durée= 00:00sec

Grandeurs affichées

tableau 1 tableau 2

tableau 3 tableau 4

tableau 5 tableau 6

tableau 7 tableau 8

Déflexion = 50,2 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 1057,2 m

Tableau VIII.12 : valeur de ϵ_t et ϵ_z

Du tableau :

$$\varepsilon_t = -62.1 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_z = 183.4 \times 10^{-6}$$

On remarque que :

$$\varepsilon_t < \varepsilon_{t,adm} \quad \text{et} \quad \varepsilon_z < \varepsilon_{z,adm}$$

VIII.5.2.Méthode C.B.R :

Pour la RN 68 :

Données de l'étude :

- Année de comptage : 2012.
- TJMA₂₀₁₂ = 10325 v/j.
- Mise en service : 2017 \longrightarrow TJMA 2017 = 12562 v/j
- Durée de vie : 20 ans.
- Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$.
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 10 \%$.

Avant le dimensionnement il faut faire le sur classement de notre sol pour améliorer sa portance.

On a $I_{CBR} = 5$ ce sol appartient dans S_3

Pour passer au sol d'une bonne portance (S_2) on ajoute une couche de forme de 40cm du T.V.O.

Alors on suppose que la nouvelle portance est de $I_{CBR} = 10$

$$TJMA_{2037} = 27525 \text{ v/j.}$$

$$PL = 10\%.$$

$$N(PL) = 0.1 \times 27525 = 2752,5 \text{ PL/j/sens.}$$

Calcul de e_{eq}

$$e_{eq} = \frac{100 + \sqrt{6,5(75 + 50 \log \frac{2753}{10})}}{5 + 10} = 41 \text{ cm}$$

Avec :

$$e_{eq} = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

On propose :

$e_1 = 6$ cm couche en béton bitumineux (BB)

$e_2 = 11$ cm couche en grave bitume (GB)

Et on calcule :

e_3 : couche en grave non traitée (GC)

$$e_3 = \frac{eeq - a_1 \cdot e_1 - a_2 \cdot e_2}{a_3}$$

$$e_3 = \frac{40 - (2) \cdot (6) - (1,5) \cdot (11)}{1}$$

$$e_3 = 12,5 \approx 13 \text{ cm}$$

e réelle = 30 cm

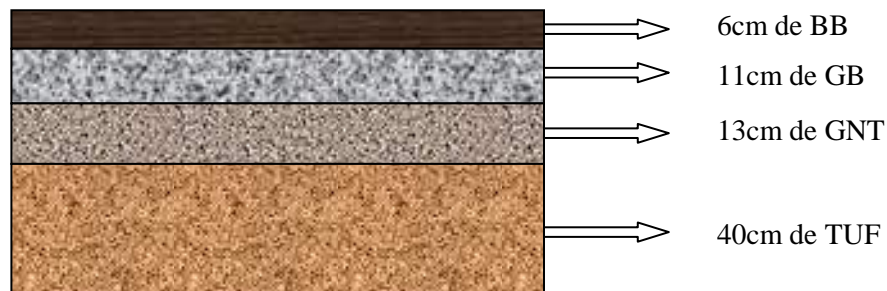


Figure VIII.3 : corps de chaussée RN68

Application sur les bretelles :

Pour la détermination du corps de chaussée des bretelles, on prend le trafic de la bretelle la plus défavorable (qui a le plus grand trafic) et ça pour des conditions de réalisation (il y a un grand écart entre les épaisseurs des couches composant la chaussée).

$$TJMA_{2037} = 4266 \text{ v/j.}$$

$$PL = 10 \text{ \%}$$

$$N(PL) = 0,1 \times 4266 = 426,6 \text{ PL/j/sens.}$$

$$e = \frac{100 + \sqrt{6,5(75 + 50 \log \frac{426,6}{10})}}{5 + 9} = 33 \text{ cm}$$

On propose :

$e_1 = 6$ cm en béton bitumineux (BB)

$e_2 = 10$ cm en grave bitume (GB)

Et on calcule :

e_3 : épaisseur en grave non traitée (GC)

$$e_3 = \frac{e_{eq} - a_1 \cdot e_1 - a_2 \cdot e_2}{a_3}$$

$$e_3 = \frac{33 - (2) \cdot (6) - (1,5) \cdot (10)}{1}$$

$$e_3 = 6 \text{ cm.}$$

Conclusion :

Nous remarquons que les deux conditions ($\epsilon_t < \epsilon_{t,adm}$ et $\epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$) sont vérifiées, ce qui signifie que notre dimensionnement est juste, et ce dernier permettra l'évitement aux lignes d'influence des charges engendrées par le passage des poids lourds d'atteindre le sol support, et donc sa non déformation.

IX.1.Introduction :

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

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

IX.2.Drainage des eaux souterraines :

IX.2.1.Nécessité du drainage des eaux souterraines :

Les eaux souterraines comprennent d'une part les eaux de la nappe phréatique et d'autre part les eaux d'infiltrations. Leurs effets sont nocifs, si elles 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.

IX.2.2.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 le niveau de la nappe phréatique est proche de la surface, la teneur en eau du sol tend vers un état d'équilibre dont dépend la portance finale.

Lorsque cette dernière est faible, on pourra :

- ✓ soit dimensionner 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 trois 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.

IX.3. Quelques définitions :

a) Bassin versant :

En hydrologie, le terme bassin versant (ou bassin hydrographique) désigne le territoire sur lequel toutes les eaux de surface s'écoulent vers un même point appelé exutoire du bassin versant.

Ce territoire est délimité physiquement par la ligne suivant la crête des montagnes, des collines et des hauteurs du territoire, appelée ligne des crêtes ou ligne de partage des eaux.

b) Collecteur principal (canalisation):

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites collectrices secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

c) Chambre de visite (cheminée) :

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 :

Ouvrages placés sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles.

Ils sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés par les eaux superficielles.

e) Fossés de crêtes :

Outil construit afin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des puits.

f) Descente d'eau :

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

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.

IX.4. Dimensionnement des ouvrages d'assainissement :

On utilise la relation suivante : $Q_a \leq Q_s$

Q_a : débit d'apport provenant du bassin versant (m^3/s).

Q_s : débit d'écoulement au point de saturation (m^3/s).

Le débit de crue pour les bassins versants de superficie inférieure à 2km² est calculé en appliquant la méthode rationnelle dont l'expression usuelle est de la forme :

$$Q_a = K. C. I. A$$

C : Coefficient de ruissellement.

I : Intensité de la pluie (mm/h).

K : Coefficient de conversion des unités.

A : Air du bassin d'apport (km²).

IX.4.1.Coefficient de ruissellement 'C' :

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants: la couverture, la forme, la pente et la nature du terrain.

Type de chaussée	Coefficient 'C'	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 à 0.95	0.9
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.4	0.4
Talus, sol perméable	0.1 à 0.3	0.3
Terrain naturel	0.05 à 0.2	0.2

Tableau IX.1 : coefficient de ruissellement.

IX.4.2.Intensité de la pluie:

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

a) Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

$$p_j(\%) = \frac{p_{j\text{moy}}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \times e^{u \sqrt{\ln(c_v^2 + 1)}}$$

P_jmoy : pluie journalière moyenne (mm).

CV : Coefficient de variation climatique.

U : Variable de Gauss.

Fréquence (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années).	2	5	10	20	50	100
Variable de Gauss (U)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

Tableau IX.2 : valeurs des variations de Gauss.

Pour les ouvrages de drainage, nous adoptons une période de retour de 10 ans.

IX.4.3. Calcul de fréquence d'averse :

Pour une durée de ($t=15\text{mn}=0.25\text{h}$), La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_t (\%) = P_j (\%) \cdot (t_c/24)^b$$

Avec : $t_c = 0.25 \text{ h}$, $b = 0.28$

P_j : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).

b : Exposant climatique.

P_t : pluie journalière maximale annuelle.

t_c : Temps de concentration (heure).

IX.4.4. Temps de concentration :

La durée t de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration.

Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

➤ La formule de VENTURA :
$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}}$$

1. Lorsque $A < 5 \text{ km}^2$:

➤ La formule de PASSINI :
$$t_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$

2. Lorsque $5 \text{ km}^2 \leq A \leq 25 \text{ km}^2$:

➤ La formule de GIADOTHI:
$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$$

3. Lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$:

t_c : Temps de concentration (heure).

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

L : Longueur de bassin versant (km).

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

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

IX.4.5.Intensité de l'averse :

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

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

Avec :

I : intensité d'averse pour une durée de 1h.

IX.4.6.Calcul de débit de saturation (Q_s) :

Le calcul du débit est déterminé par la formule de MANING STRICLER.

$$Q_s = V \cdot S$$

$$V = K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot R_h^{2/3}$$

Avec:

K_{st} : coefficient de MANING STRICLER.

K_{st} : 30 en terre.

K_{st} : 40 en buses métalliques.

K_{st} : 50 en maçonneries.

K_{st} : 70 en bétons (dalots).

K_{st} : 80 en bétons (buses préfabriquées).

J : pente longitudinale de l'ouvrage.

R_h : Rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillé).

S_m : surface mouillée (m^2).

X.1. Introduction :

Le pont en tant qu'élément principal de l'échangeur doit être pré-dimensionné de telle façon à assurer l'écoulement de la circulation dans tous les sens avec le maximum de rapidité et de sécurité.

X.2. Présentation de l'ouvrage :

Notre ouvrage est un dalot qui se compose d'une dalle, les pieds droits et un radier général. Il représente un passage supérieur pour la pénétrante et un passage inférieur pour la RN 68.

a) Section transversale :

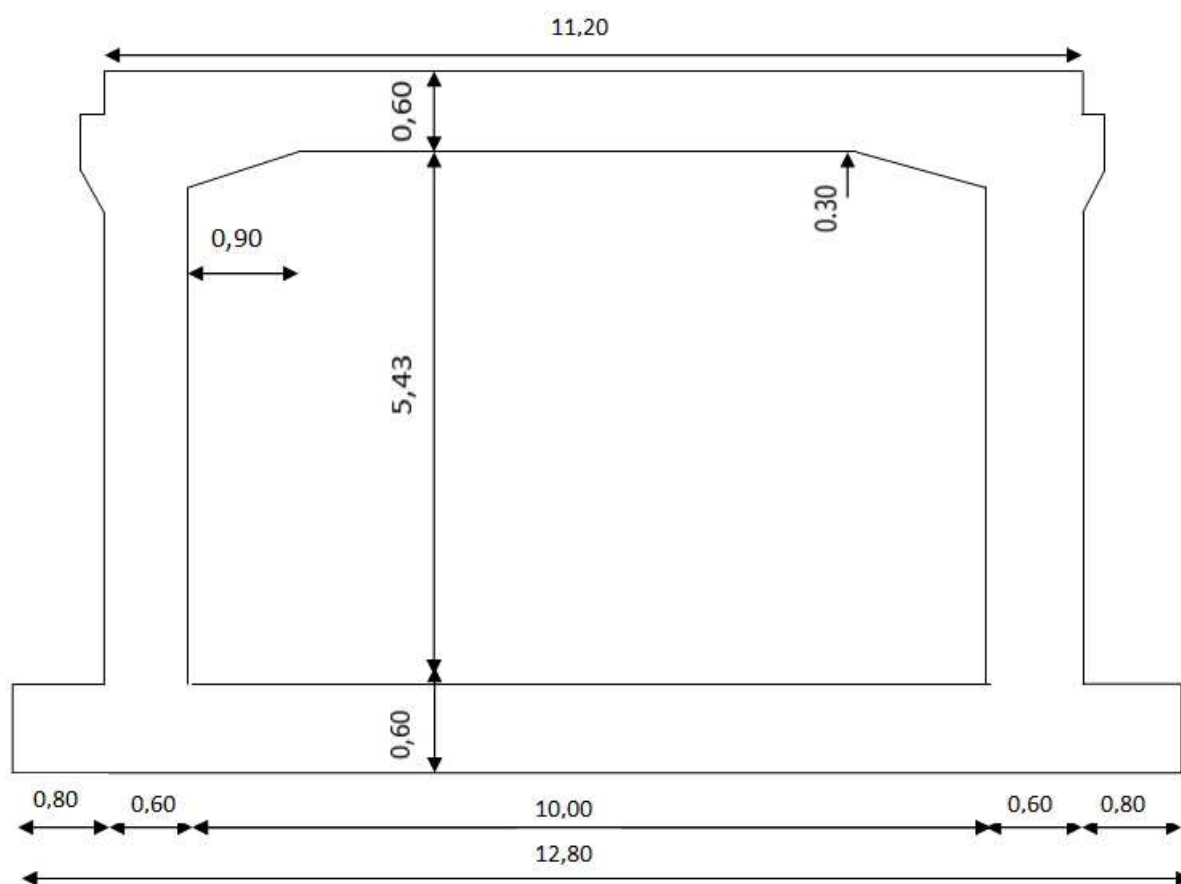


Figure X. 1: coupe transversale de l'ouvrage.

b) Géométrie des éléments :

Le dalot est composé de trois éléments essentiels qui sont :

- La traverse supérieure (la dalle) :

Elle a une forme d'un losangique de $(11,20 \times 50 \times 0,60) \text{ m}^3$.

- La traverse inférieure (le radier général) :

Il a la même forme que la dalle : $(12,80 \times 50 \times 0,60) \text{ m}^3$.

- Les piédroits :

Ils ont pour dimensions $(5 \times 0,60 \times 5,13) \text{ m}^3$.

X.3. Actions sismiques:

a) Critères de classification :

D'après le règlement parasismique des ouvrages d'art (RPOA) on est ramené aux résultats suivants :

- Classification de l'ouvrage : groupe 2 (ouvrage important)
- Zone sismique de Draa El Mizan : IIa

D'où le coefficient d'accélération de zone $A=0.20$

b) Classification de site :

D'après l'étude géotechnique, le site est classé en catégorie S3 (sol meuble).

X.4. Caractéristiques des matériaux :

Les calculs de ferrailage seront menés suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états limites dites règles B.A.E.L 91 révisées en 1999.

Les structures routières seront définies conformément aux prescriptions du titre II du fascicule 61.

➤ Acier :

- Nuance : acier à haute adhérence Fe 400.
- Module d'élasticité $E_s = 200\,000 \text{ Mpa}$.
- Contrainte de calcul de l'acier à l'ELU $\bar{\sigma}_{st} = \frac{F_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 348 \text{ Mpa}$.

$$\gamma_s : \text{Coefficient de sécurité} : \begin{cases} \gamma_s = 1.15 & \textit{situation durable} \\ \gamma_s = 1 & \textit{situation accidentelle} \end{cases}$$

- Contrainte limite de traction des aciers à l'ELS :

$$\checkmark \text{ Pour la fissuration peu préjudiciable, } \bar{\sigma}_{st} = f_e / \gamma_s$$

- ✓ Pour la fissuration préjudiciable $\bar{\sigma}_{st} = \min \{ (2/3) f_e ; 110 \sqrt{\eta \times f_{c28}} \}$
- ✓ Pour la fissuration très préjudiciable $\bar{\sigma}_{st} = \min \{ 0,5 f_e ; 90 \sqrt{\eta \times f_{c28}} \}$

Avec $\bar{\sigma}_{st}$: Contrainte de traction des armatures.

η : Coefficient de fissuration.

$\eta = 1$ pour les aciers doux (ronds lisses).

$\eta = 1,6$ pour les aciers à haute adhérence.

f_{ij} : Résistance caractéristique à la traction du béton à 28 jours.

- Diagrammes des contraintes-déformations de l'acier

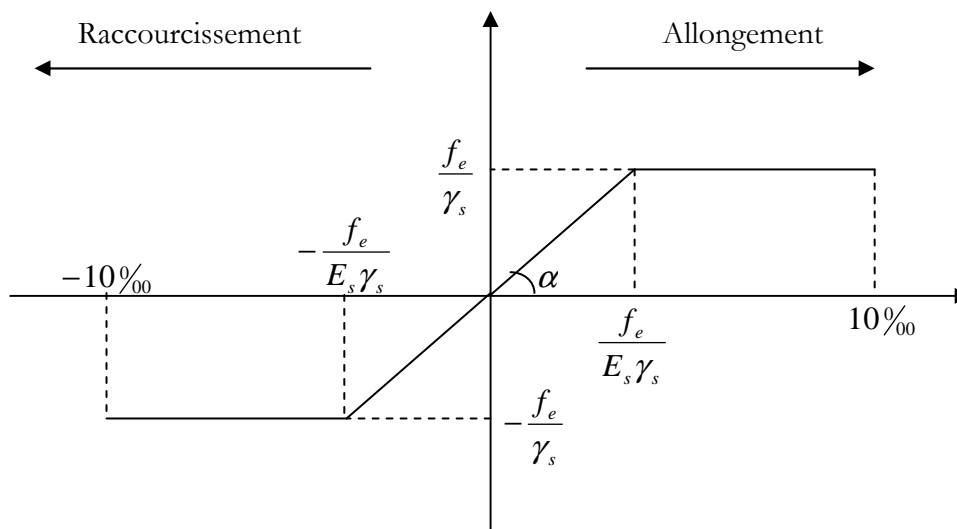


Figure X.2 : diagrammes des contraintes – déformations de l'acier.

➤ Béton :

- Poids volumique du béton $\gamma_b = 2,5 \text{ t/m}^3$.
- Résistance nominale à 28 jours :
 - ✓ A la compression $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$.
 - ✓ A la traction $f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times f_{c28} = 2,1 \text{ Mpa}$

- Résistance caractéristique f_{cj} :

$$f_{cj} = \frac{j}{4,76+0,83j} \times f_{c28} \quad \text{pour } f_{c28} \leq 40 \text{ MPa}$$

Et

$$f_{cj} = \frac{j}{1,4+0,95j} \times f_{c28} \quad \text{pour } f_{c28} > 40 \text{ MPa}$$

- Contrainte limite du béton $\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 f_{c28} = 0,6 \times 25 = 15 \text{ Mpa}$.

- Contrainte limite de compression ultime est :

$$f_{bu} = \frac{0,85 f_{cj}}{\theta \cdot \gamma_b}$$

θ : Coefficient qui est en fonction de la durée d'application des actions.

$\theta = 1$: si la durée d'application est > 24 heures.

$\theta = 0,9$: si la durée d'application est entre 1 heure et 24 heures.

$\theta = 0,85$: si la durée d'application est < 1 heure.

γ_b : Coefficient de sécurité qui a pour valeurs

$\gamma_b = 1,5$ dans le cas d'une situation courante.

$\gamma_b = 1,15$ dans le cas d'une situation accidentelle.

- Diagramme des contraintes - déformations du béton :

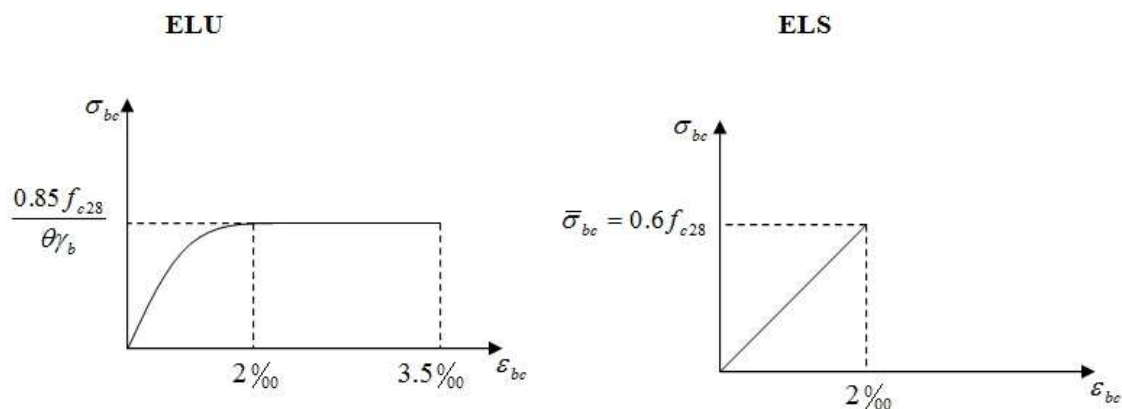


Figure X.3: diagramme des contraintes - déformations du béton.

$0‰ \leq \epsilon_{bc} \leq 2‰$: compression pure

Avec : ϵ_{bc} raccourcissement du béton.

$2‰ \leq \epsilon_{bc} \leq 3,5‰$: compression avec flexion.

- ✓ En compression pure : les déformations relatives du béton sont limitées à 2‰.
- ✓ En compression avec flexion : les déformations relatives du béton sont limitées à 3,5‰

- Déformations longitudinales du béton :

- ✓ Module de déformation longitudinale instantanée du béton à j jours :

Sous des contraintes normales d'une durée d'application inférieure à 24 heures, le module de déformation longitudinale instantanée à l'âge de « j » jours est donné par la formule suivante :

$$E_{ij} = 11000 (f_{cj})^{1/3} \text{ MPa.}$$

Pour $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$, $E_{ij} = 32164,2 \text{ MPa}$

- ✓ Module de déformation différée du béton à j jours :

$$E_{vj} = 3700 (f_{cj})^{1/3} \text{ MPa.}$$

Pour $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$, $E_{vj} = 10818,87 \text{ MPa}$.

- ✓ Module de déformation transversale:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

Avec :

E : Module de Young.

ν : Coefficient de poisson.

- Le coefficient de poisson est :

$$\begin{cases} \nu = 0,2 & \text{à l'ELS pour un béton non fissuré.} \\ \nu = 0 & \text{à l'ELU pour un béton fissuré.} \end{cases}$$

X.5. Principe de calcul des efforts et sollicitations :

a) Hypothèses sur les remblais :

- Pour le calcul des efforts et sollicitations dus aux remblais, nous avons un poids spécifique de $1,8 \text{ t/m}^3$.
- Le coefficient de poussée des terres sera : $K_a = \text{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)$
- Caractéristiques des remblais sont :

- ✓ L'angle de frottement interne $\varphi = 30^\circ$.

- ✓ La cohésion $C = 0 \text{ bar}$.

- ✓ $\delta = 2/3\varphi$.

- ✓ γ_r : poids spécifique des remblais.

$$K_a = \text{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{30}{2} \right) = 0,33.$$

b) charges appliquées sur les piédroits :

➤ **Poussée des terres :**

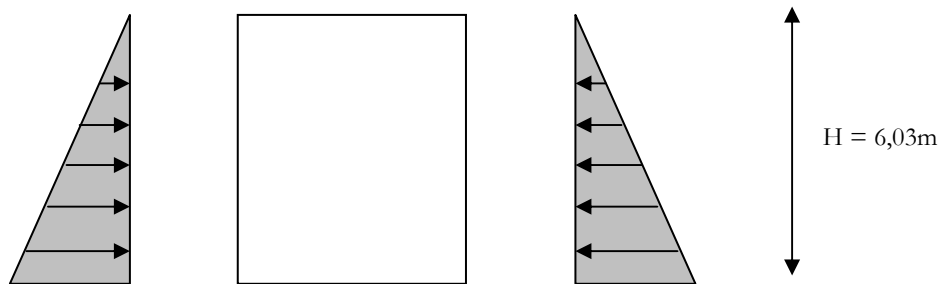


Figure X.4 : charge triangulaire due au poids propre du remblai.

La force des poussées des terres P_t est :

$$P_t = 1/2(k_a \times \gamma \times L \times H^2) = 1/2(0,33 \times 1,8 \times 50 \times (6,03)^2) = 540t.$$

$$P_t = 540t.$$

X.6. Calcul des charges et surcharges :

X.6.1. Charges permanentes : G

Les charges permanentes comprennent le poids propre de la structure porteuse, les éléments non porteurs et des installations fixes.(charges des trottoirs, Revêtement ; dispositif de sécurité).

a) Charges appliquées sur la dalle :

➤ **Poids propre de la dalle :**

$$P_1 = 2,5 \times 11,20 \times 50 \times 0,60 = 840t.$$

$$P_1 = 840t.$$

➤ **Poids de la chaussée :**

Elle est composée d'une de revêtement bitumineux de 8cm d'épaisseur, de densité 2,2 et d'une chape d'étanchéité de 0,5 cm d'épaisseur et de densité 2,2.

$$P_r = 2,2 \times 0,085 \times 11,20 \times 48 = 100,53t.$$

$$P_r = 105t.$$

➤ **Poids propre des trottoirs :**

$$P_{tr} = (v_{tr}) \times 2 \times \gamma_b = (1,68) \times 2 \times 2,5 = 8,4t.$$

$$P_{tr} = 8,4t.$$

➤ **Poids propre du garde corps :**

Le poids d'un garde corps est estimé à 0,1 t/ml ; donc :

$$P_{gc} = 2,24t.$$

➤ **Poids propre de terre-plein central :**

$$P_{tp} = (v_{tp}) \times \gamma_b = (4,36) \times 2,5 = 10,92t.$$

$$P_{tp} = 10,92t.$$

➤ **Poids propre des glissières :**

Les glissières dites souples standards sont les plus utilisées elles sont composées d'éléments glissants leurs poids est pris égal :

$$P_{gl} = 0,06 \text{ t/ml.}$$

$$P(2gli) \times 11,20 = 1,35t.$$

• **Poids total de la dalle :**

$$\begin{aligned} P_{Tot} = G &= P_1 + P_r + P_{tr} + P_{gc} + P_{tp} + P_{gl} \\ &= 840 + 100,53 + 8,4 + 2,24 + 10,92 + 1,35 \end{aligned}$$

$$P_{Tot} = G = 963,44t.$$

X.6.2. Calcul des surcharges routières :

• **La classe du pont:**

- ✓ $L_r \geq 7,00m$: pont de 1^{ère} classe.
- ✓ $5,50 \text{ m} < L_r < 7,00m$ Un pont de 2^{ème} classe
- ✓ $L_r \leq 5,50m$ Un pont de 3^{ème} classe

C'est un pont de première classe (largeur roulable = 10,5m par chaussée), nombre de voies:

$$N_v = [L_r/3]$$

Donc : $N_v = [10,5/3] = 3$ voies par chaussée.

Largeur d'une voie : $L_v = L_r/N_v$

Ce qui donne : $L_v = 10,5/3 = 3.5m.$

On distingue :

- La surcharge A(L) et B.
- La surcharge militaire Mc120 représente un poids de 110t.
- La surcharge exceptionnelle D240 représente un poids de 240t.
- La surcharge sur les trottoirs chargés : $P = 0,45t/ml.$

a) Effet de la surcharge A(L) :

La chaussée est encadrée par deux trottoirs, donc la largeur chargeable est confondue avec la largeur roulable.

La masse de A(L) exprimée en kg / m², est donnée en fonction de la longueur chargée L.

D'après le fascicule 61 titre II :(Programmes de Charges et Epreuves de Ponts-Routes).

$$A(L) = 230 + \frac{3600}{21+L} \quad (\text{kg/m}^2)$$

Avec :

L : portée chargée du pont L = 21 m

$$A(L) = 230 + \frac{3600}{21+12} = 1321 \text{ kg/m}^2 = 1,321 \text{ t/ m}^2.$$

En fonction de la classe du pont et du nombre de voies chargées, la valeur de A(L) est multipliée par le coefficient a₁.

Nombre de voies		1	2	3	4	≥5
Classe du pont	1 ^{ère}	1	1	0,9	0,75	0,7
	2 ^{ème}	1	0,9	-	-	-
	3 ^{ème}	0,9	0,8	-	-	-

Tableau X.2 : valeurs du coefficient a₁.

A_c = a₁ x a₂ x A (L): charge corrigée .

$$A(L)_i = a_1 \times a_2 \times A(L) \times L_c$$

Avec : L_c : est la largeur chargée.

Alors :

- **Pour une voie chargée :**

$$L_c = 3,5 \text{ m. } a_1 = 1$$

$$a_2 = L_0 / L_v \Rightarrow a_2 = 3,5 / 3,5 = 1$$

Avec : L₀ = 3,5 pour un pont de 1^{ère} classe.

L_v : largeur d'une voie.

$$A(L)_1 = 4,62 \text{ t/ml.}$$

- **Pour deux voies chargées :**

$$L_c = 7 \text{ m. } a_1 = 1$$

$$a_2 = v_0 / L_v \Rightarrow a_2 = 3,5 / 3,5 = 1$$

$$A(L)_2 = A(L)_1 \times 2 = 9,25 \text{ t/ml.}$$

- **Pour trois voies chargées :**

$$L_c = 10,5 \text{ m. } a_1 = 0,9$$

$$a_2 = v_0 / L_v \Rightarrow a_2 = 3,5 / 3,5 = 1$$

$$A(L)_i = a_1 \times a_2 \times A(L) \times L_c$$

$$A(L)_3 = 0,9 \times 1 \times 1,321 \times 10,5$$

$$A(L)_3 = 12,48 \text{ t/ml.}$$

b) Système B :

Le système de charges B comprend trois (3) types de systèmes distincts :

- ✓ Le système B_c qui se compose de camions types (30 t).
- ✓ Le système B_t se compose de groupes de deux essieux «essieux tandems (32t) ».
- ✓ Le système B_r se compose d'une roue isolée (10 t).

➤ **Surcharge B_c:**

Un camion type du système B_c comporte trois essieux, et répond aux caractéristiques suivantes :

- Masse portée par chacun des essieux arrière 12 t.
- Masse portée par l'essieu avant 6 t.
- Longueur d'encombrement 10,5 m.
- Largeur d'encombrement 2,5 m.
- Distance de l'essieu avant au premier essieu arrière 4,5 m.
- Distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu 2 m.

On dispose sur la chaussée autant de files ou convois de camions que la chaussée le permet, et on place toujours ces files dans la situation la plus défavorable pour l'élément considéré.

○ **Disposition dans le sens transversal :**

C'est le nombre maximum de files que l'on peut disposer égal au nombre de voies de circulation, il ne faut pas en mettre plus, même si cela est géométriquement possible, les files peuvent être accolées ou non.

○ **Disposition dans le sens longitudinal :**

C'est nombre de camions est limité à deux, la distance des deux camions d'une même file est déterminée pour produire l'effet le plus défavorable.

Le sens de circulation peut être dans un sens ou dans l'autre à condition que les deux camions circulent dans le même sens.

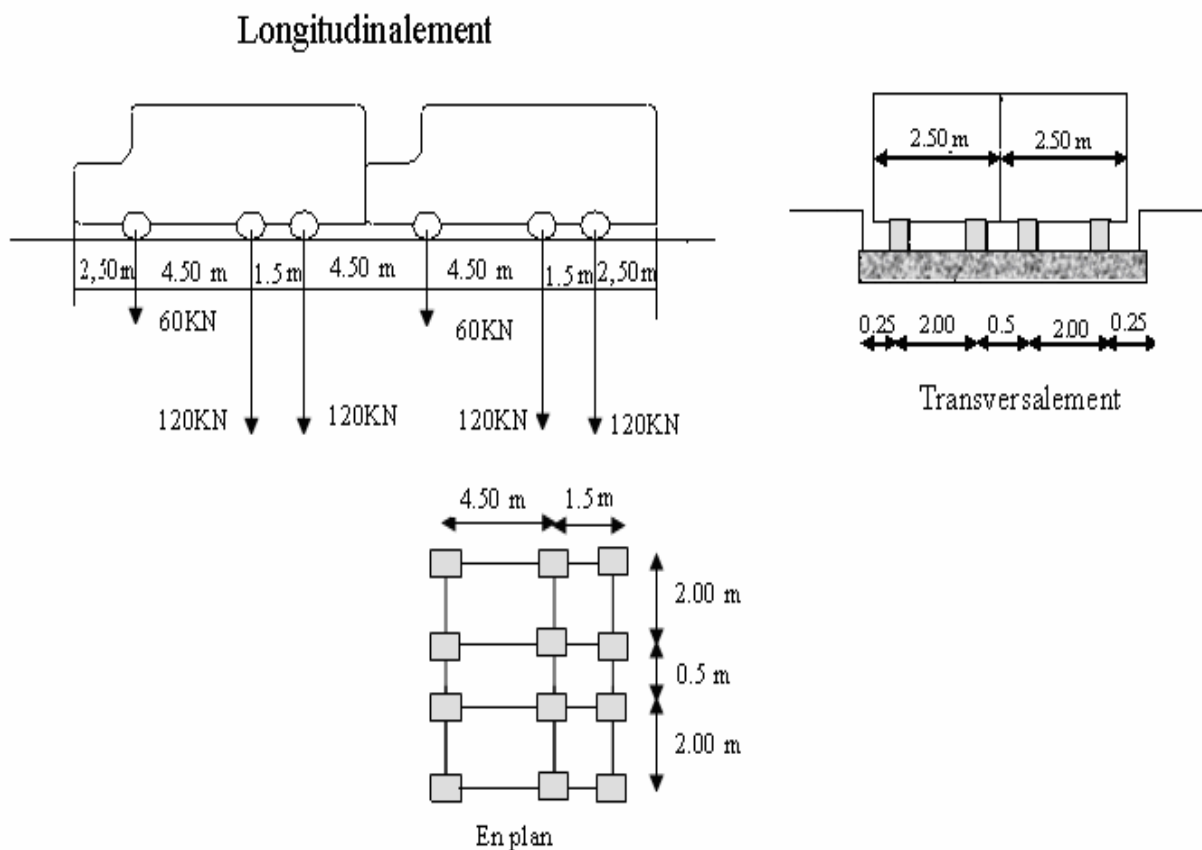


Figure X.6: dimensions du système Bc.

En fonction de la classe du pont et du nombre de files considérées, la valeur de la charges du système B_c prise en compte est multipliée par le coefficient b_c qui est donné dans le tableau suivant :

Classe du Pont	Nombre de files considérées				
	1	2	3	4	>5
1	1,2	1,1	0,95	0,8	0,7
2	1	1	//	//	//
3	1	0,8	//	//	//

Tableau X. 3: valeurs du coefficient b_c.

○ **Calcul des coefficients dynamiques :**

Les surcharges du système BC sont multipliées par des coefficients de majoration dynamique.

Ce coefficient est déterminé par la formule :

$$\delta = 1 + \alpha + \beta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times L} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}}$$

- **Pour une voie chargée :**

L = 11,20m : portée du pont suivant le sens longitudinal de la pénétrante (RN25).

G = 963,44t : charge permanente.

S : surcharge Bc maximale multipliée au préalable par bc.

$$bc = 1,2$$

2 camions dans le sens longitudinal.

$$S = 30 \times 2 \times 1,2 = 72$$

$$\delta = 1,134$$

- **Pour deux voies chargées :**

L = 11,20m : portée du pont.

G = 963,44t : charge permanente.

S : surcharge Bc maximale multipliée au préalable par bc.

$$bc = 1,1$$

$$S = 30 \times 4 \times 1,1 = 132$$

$$\delta = 1,143$$

- **Pour trois voies chargées :**

L = 11,20m : portée du pont.

G = 963,44t : charge permanente.

S : surcharge Bc maximale multipliée au préalable par bc.

$$bc = 0,95$$

$$S = 30 \times 6 \times 0,95 = 171$$

$$\delta = 1,148$$

Le système Bc est majoré par $\delta = 1,148$

➤ **Surcharge Bt :**

Un tandem du système Bt comporte deux essieux (2 x 16 t), à roues simples munies de pneumatiques.

Pour les ponts à une voie un seul tandem est supposé circuler sur la chaussée; pour les ponts

supportant au moins deux voies, deux tandems pas plus sont disposés sur le front de la chaussée, les deux bandes longitudinales qu'elles occupent pouvant être séparées de façon à obtenir la situation la plus défavorable pour l'élément considéré.

Chaque tandem est supposé circuler dans l'axe d'une bande longitudinale de 3,5m de large.

En fonction de la classe du pont, la valeur des charges du système Bt prise en compte est multipliée par le coefficient b_t qui est présenté dans le tableau suivant :

Classe du pont	1	2
b_t	1	0,9

Tableau X.4: valeurs de coefficient b_t .

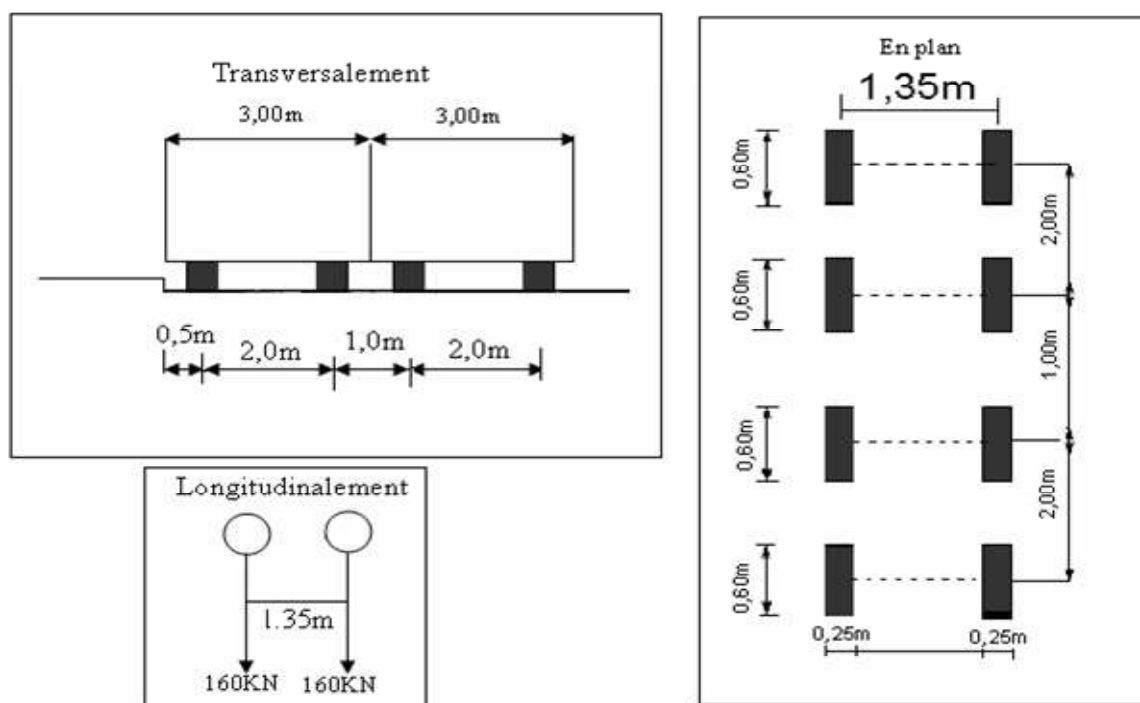


Figure X.7: dimensions du système Bt.

○ Calcul des coefficients dynamiques :

- Pour une voie chargée :

$L = 11,20\text{m}$: portée du pont.

$G = 963,44\text{t}$: charge permanente.

S : surcharge B_t maximale multipliée au préalable par b_t .

$$b_t = 1$$

$$S = 32 \times 1 \times 1 = 32$$

$$\delta = 1,128$$

- **Pour deux voies chargées :**

$L = 11,20\text{m}$: portée du pont.

$G = 963,44\text{t}$: charge permanente.

S : surcharge B_t maximale multipliée au préalable par b_t .

$$b_t = 1$$

$$S = 32 \times 2 \times 1 = 64$$

$$\delta = 1,133$$

Le système B_t est majoré par $\delta = 1,133$

➤ **Surcharge B_r :**

Ce système de charge est composé d'une roue isolée de 10t qui peut être placé n'importe où sur la largeur roulable pour avoir le cas le plus défavorable.

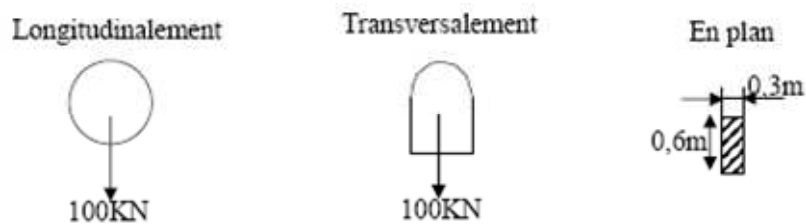


Figure X.8: dimensions du système B_r .

- **Calcul des coefficients dynamiques :**

$L = 11,20\text{m}$: portée du pont.

$G = 963,44\text{t}$: charge permanente.

S : Surcharge B_r maximal.

$$S = 10\text{t}$$

$$\delta = 1,125$$

Le système B_r est majoré par $\delta = 1,125$

c) Surcharges militaires M_c120 :

Les ponts doivent être calculés d'une manière à supporter les véhicules militaires du type M_c120 susceptibles d'être dans certains cas les plus défavorables que celles définies précédemment A et B.

Les véhicules M_c120 peuvent circuler en convois. Dans le sens transversal : un seul convoi

quelque soit la largeur de la chaussée. Dans le sens longitudinal : le nombre de convoi est limité.

Poids total : 110t.

Longueur d'une chenille : 6,10m.

Largeur d'une chenille : 1,00m.

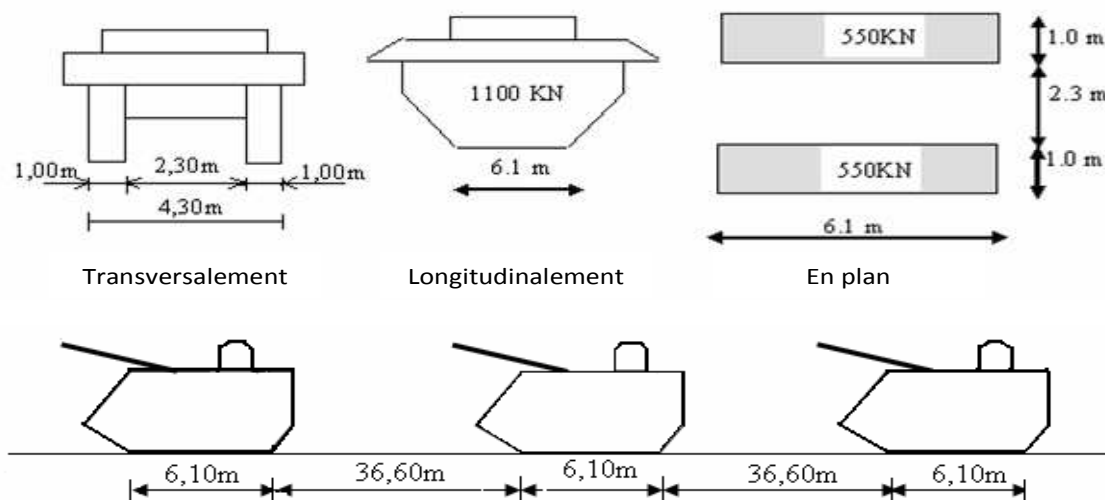


Figure X.9: dimensions du convoi Mc120.

$L = 11,20\text{m}$.

$G = 963,44\text{t}$.

$S = 110\text{t}$.

$\delta = 1,140$

Le système Mc120 est majoré par $\delta = 1,140$

d) Convoi exceptionnel (D240) :

Ce convoi comporte une remorque de trois éléments de 4 lignes à 2 essieux de 240t de poids total, ce poids est supposé réparti au niveau de la chaussée sur un rectangle uniformément chargé de 3,2m de large et 18,6m de long, le poids par mètre linéaire égal à 12,9 t/ml.

Ce type de convoi est à prendre seul (exclusif de toutes les autres charges). Cette surcharge n'est pas majorée par un coefficient dynamique.

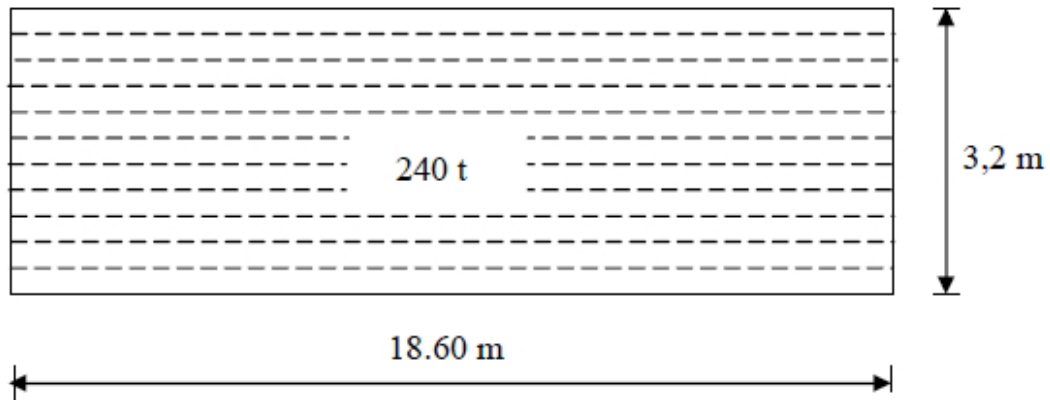


Figure X.10: dimensions du convoi D240.

X.6.3. Surcharges sur trottoirs :

Nous appliquons sur les trottoirs une charge uniforme de 150 kg/m^2 réservée exclusivement à la circulation des piétons et des cycles de façon à produire l'effet maximal envisagé.

Les deux trottoirs chargés : $P_t = 0,150 \times 1 \times 2 = 0,3 \text{ t/ml}$.

X.6.4. Vent :

Le vent souffle horizontalement dans une direction normale à l'axe longitudinal de la chaussée, la répartition des pressions exercées par celui-ci et les forces qui en résultent; dépendent de la forme et des dimensions de l'ouvrage.

En général; la valeur représentative de la pression dynamique du vent est égale à 2 N/m^2 selon le fascicule 61-titre II).

- > $P = 2 \text{ KN/ m}^2$ pour les ouvrages en service.
- > $P = 1,25 \text{ KN/ m}^2$ pour les ouvrages en cours de construction.

X.6.5. Température :

Le gradient thermique résulte d'un échauffement ou d'un refroidissement unilatéral de courte durée de la structure porteuse. La variation uniforme de température se réfère à la température moyenne du lieu, soit : Pour la région de Draa El Mizan $\Delta T = \pm 12^\circ\text{C}$.

X.6.6. Forces de freinage :

Pour la vérification de l'aptitude en service, la valeur à courte durée de la résultante totale de force de freinage vaut $30t$.

Les forces de freinage seront appliquées au niveau de la chaussée.

X.6.7. Le séisme :

Pour un séisme de probabilité d'occurrence donnée, le dommage conçu est dimensionné d'après les dispositions suivantes, situé n'importe où, ne devrait pas dépasser une limite établie. En premier lieu, il s'agit d'assurer la protection des vies humaines et par conséquent de garantir la sécurité structurale.

Le territoire national étant divisé en quatre zones de sismicité croissante définies comme suit :

Zone 0 : sismicité négligeable.

Zone I : sismicité faible.

Zone II a : sismicité moyenne.

Zone II b : sismicité élevée.

Zone III : sismicité très élevée.

Notre ouvrage est classé en zone IIa

X.7. Combinaisons de charges :

Les combinaisons sont obtenues en considérant une action prépondérante accompagnée d'actions concomitantes.

Un coefficient de majoration est affecté à chaque action en fonction de sa nature prépondérante ou concomitante.

Les coefficients des majorations sont mentionnés dans le tableau suivant :

Actions	ELU	ELS
Poids propre (G)	1,35	1
Surcharge A (L)	1,6	1,2
Système Bc	1,6	1,2
Mc120	1,35	1
D240	1,35	1
Température (ΔT)	0	0,5
Vent (W)	1,5	0
Surcharge de Trottoirs ST	1,6	1,2
freinage	1,6	1,2

Tableau X.4: valeurs des coefficients de majorations.

Dans les combinaisons suivantes on considère que celles qui apparaissent comme les plus défavorables.

Combinaisons de charges à L'E.L.U et à L'E.L.S.

Action prépondérante	Combinaisons	Numéro
A L'ELU	$1,35G+1,6(AL +ST)$	1
	$1,35G +1,6(B_c +ST)$	2
	$1,35G +1,35Mc120$	3
	$1,35G +1,35D240$	4
	$1,35G+1,5W$	5
A L'ELS	$G +1,2(AL +ST)$	6
	$G +1,2(B_c +ST)$	7
	$G + Mc120$	8
	$G + D240$	9
	$G +1,2(AL +ST) +0,5 \Delta T$	10
	$G +1,2(B_c +ST) +0,5 \Delta T$	11
	$G +W$	12
	$G +T$	13

Tableau X.5: tableau des combinaisons.

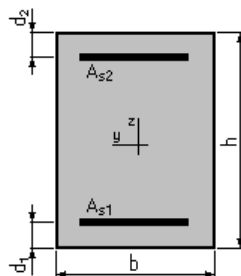
X.8. Modélisation :

X.8.1. Ferrailage de la dalle :

➤ **Béton:** $f_{c28} = 25,0$ (MPa) **Acier:** $f_e = 400,0$ (MPa)

- Fissuration préjudiciable
- Prise en compte des armatures comprimées
- Prise en compte des dispositions sismiques
- Calcul suivant BAEL 91

a) Section :



$$b = 100,0 \text{ (cm)}$$

$$h = 60,0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 5,0 \text{ (cm)}$$

$d_2 = 5,0$ (cm)

b) Moments appliqués:

	M_{max} (T*m)	M_{min} (T*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	138,60	48,47
Etat Limite de Service	102,67	36,08
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0,00	0,00

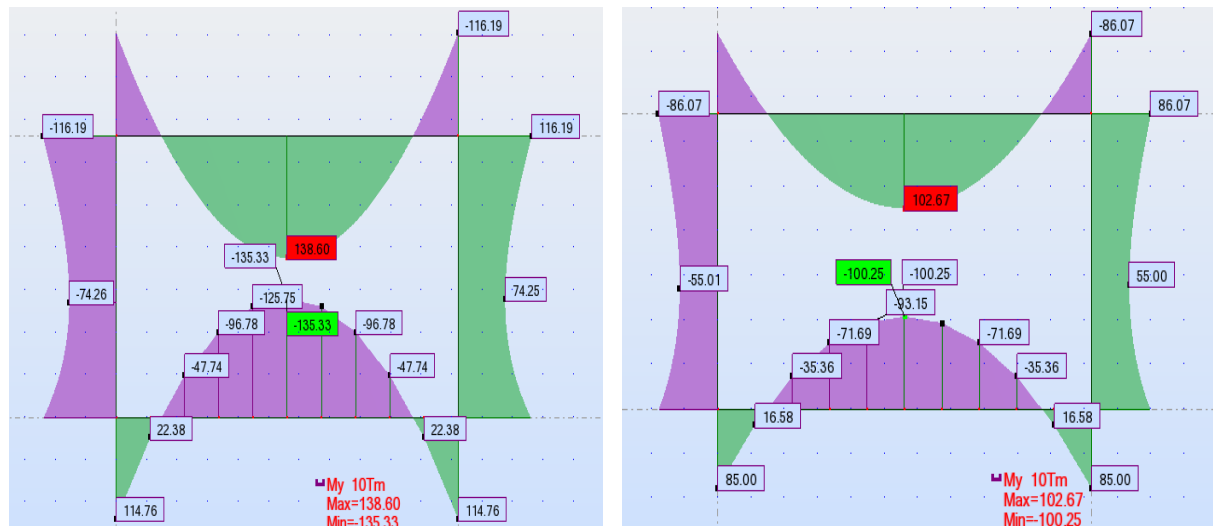


Figure X.11 : moments max à l'ELU et l'ELS.

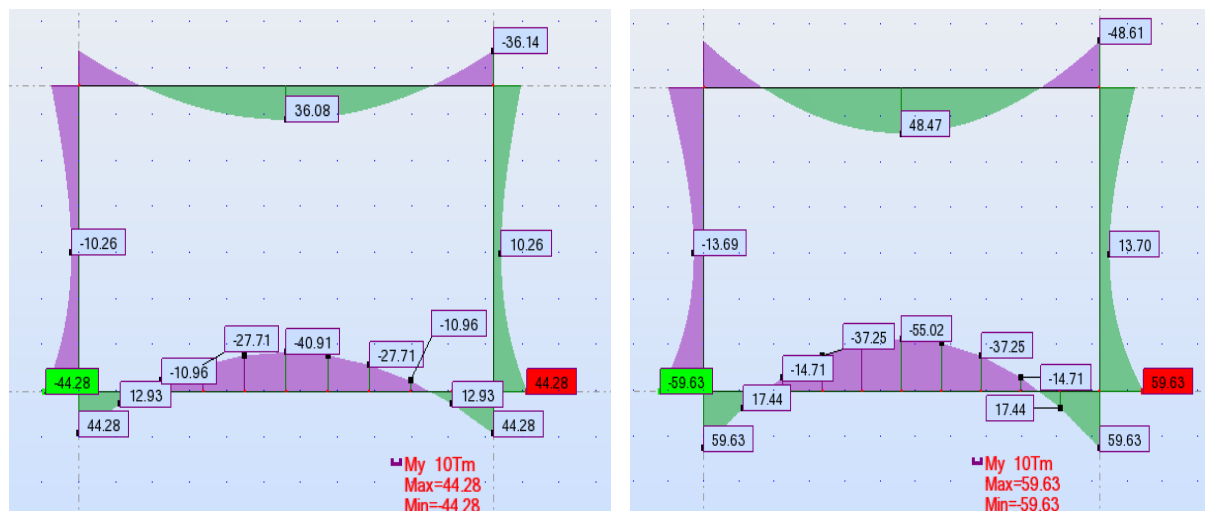


Figure X.12 : moments min à l'ELU et l'ELS.

c) Résultats:

➤ Sections d'Acier:

Section théorique $A_{S1} = 80,2 \text{ (cm}^2\text{)}$

Théorique $\rho = 2,05 \text{ (\%)}$

Minimum $\rho_{\min} = 0,12 \text{ (\%)}$

➤ Armatures longitudinales :

$A_{S1} = 80,2 \text{ (cm}^2\text{)} = 10\text{HA}32$, $E_s = 10 \text{ cm}$

$A_{S2} = 49,09 \text{ (cm}^2\text{)} = 10\text{HA} 25$, $E_s = 11 \text{ cm}$

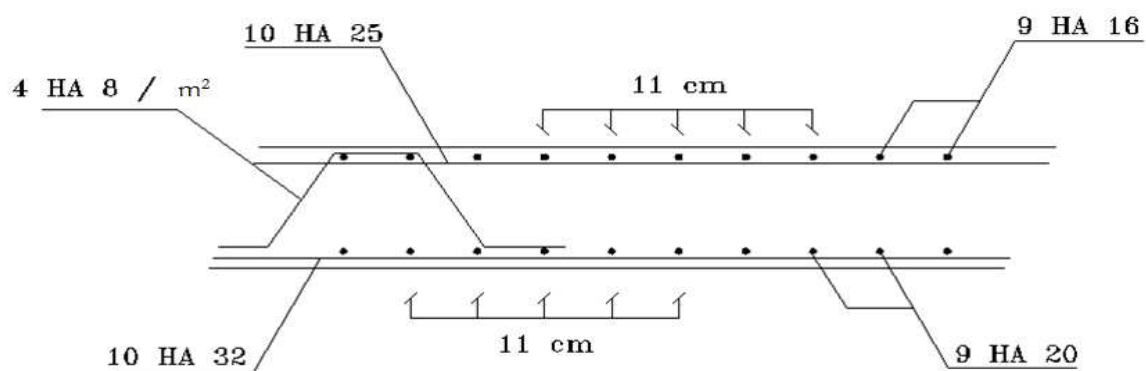


Figure X.13: armatures longitudinales de la dalle.

➤ Armatures transversales :

$A_{S1} = 26,73 \text{ (cm}^2\text{)} = 9\text{HA}20$, $E_s = 11 \text{ cm}$

$A_{S2} = 11,099 \text{ (c)} = 9\text{HA}16$, $E_s = 11 \text{ cm}$

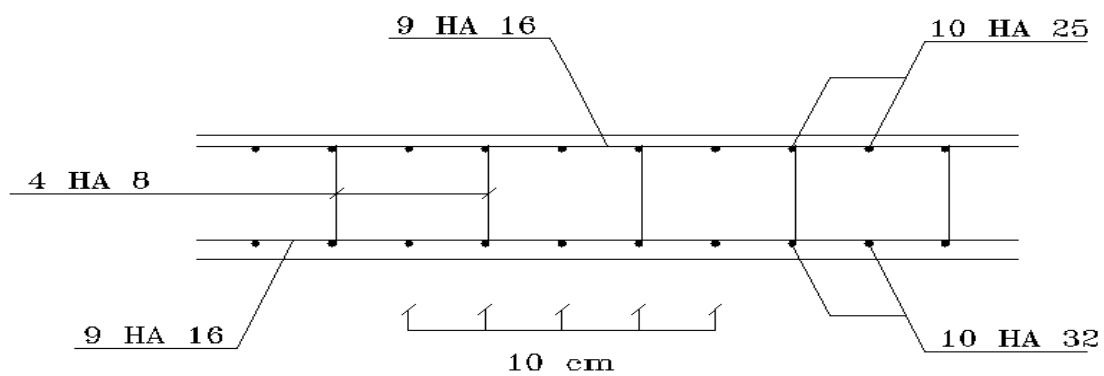


Figure X.14: armatures transversales de la dalle.

➤ **Analyse par Cas:**

Cas ELU $M_{\max} = 138,60$ (T*m) $M_{\min} = 48,47$ (T*m)

Coefficient de sécurité: 1,18 Pivot: B

Position de l'axe neutre: $y = 33,2$ (cm)

Bras de levier: $Z = 41,7$ (cm)

Déformation du béton: $\epsilon_b = 3,50$ (‰)

Déformation de l'acier: $\epsilon_s = 2,30$ (‰)

Contrainte de l'acier:

Tendue: $\sigma_s = 347,8$ (MPa)

Comprimée: $\sigma_s' = 347,8$ (MPa)

Cas ELS $M_{\max} = 102,67$ (T*m) $M_{\min} = 36,08$ (T*m)

Coefficient de sécurité: 1,00

Position de l'axe neutre: $y = 29,0$ (cm)

Bras de levier: $Z = 45,3$ (cm)

Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 5,3$ (MPa)

Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 15,0$ (MPa)

Contrainte de l'acier:

Tendue: $\sigma_s = 70,7$ (MPa)

Comprimée: $\sigma_s' = 65,4$ (MPa)

Contrainte limite de l'acier:

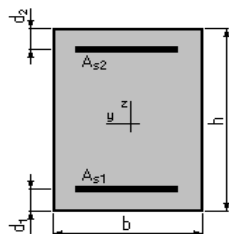
$\sigma_{s \text{ lim}} = 201,6$ (MPa)

X.8.2.Ferraillage des piédroits :

➤ **Béton: $f_{c28} = 25,0$ (MPa) Acier: $f_e = 400,0$ (MPa)**

- Fissuration préjudiciable
- Prise en compte des dispositions sismiques
- Calcul en poteau
- Calcul suivant BAEL 91

a) Section:



$b = 100,0$ (cm)

$h = 60,0$ (cm)

$d_1 = 5,0$ (cm)

$d_2 = 5,0$ (cm)

b) Efforts et moments appliqués:

Cas N°	Type	N (T)	M (T*m)
1.	ELU	104,43	116,00

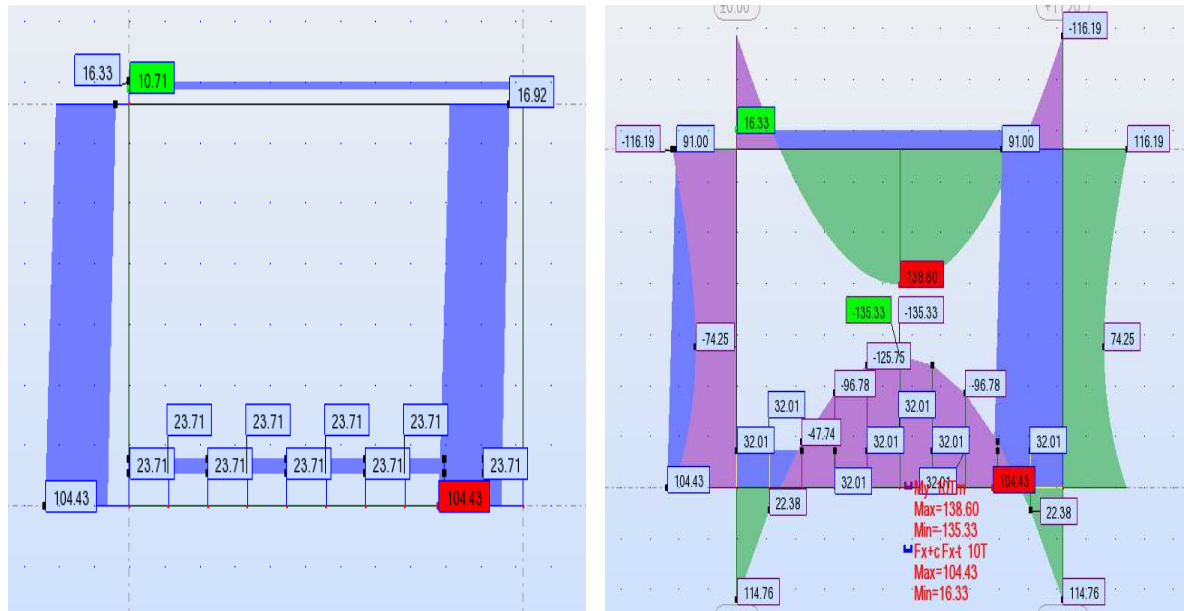


Figure X.15 : efforts et moments appliqués.

c) Résultats:

➤ Sections d'Acier:

Section théorique $A_{S1} = 50,4 \text{ (cm}^2\text{)}$

Maximum $\rho_{\max} = 5,00 \text{ (\%)}$

Minimum $\rho_{\min} = 1,00 \text{ (\%)}$

➤ Armatures longitudinales :

$A_l = 50,4 \text{ (cm}^2\text{)} = 11\text{HA}25$

$E_s = 9\text{cm}$

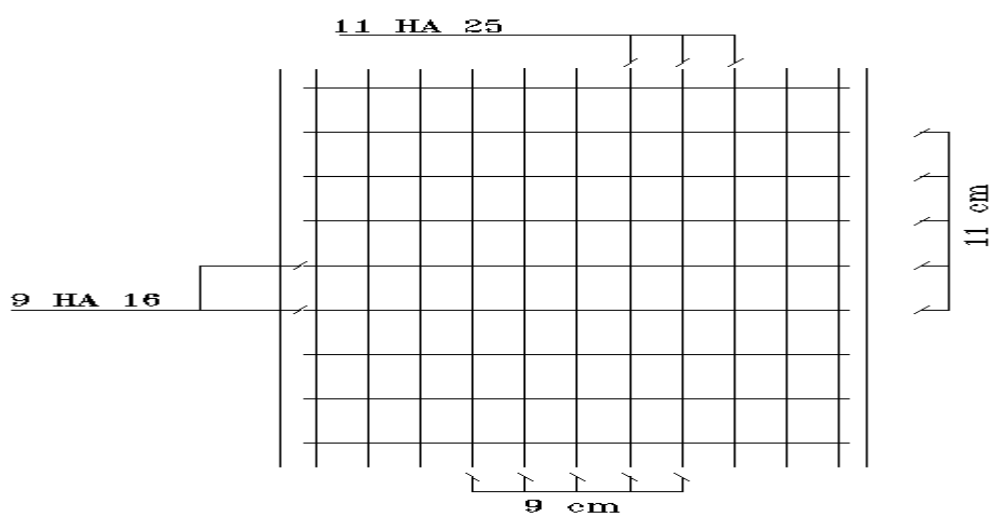


Figure X.16 : armatures longitudinales des pénétrations.

➤ Armatures transversales :

$$A_t = 16,8(\text{cm}^2) = 9\text{HA}16$$

$$E_s = 11 \text{ cm}$$

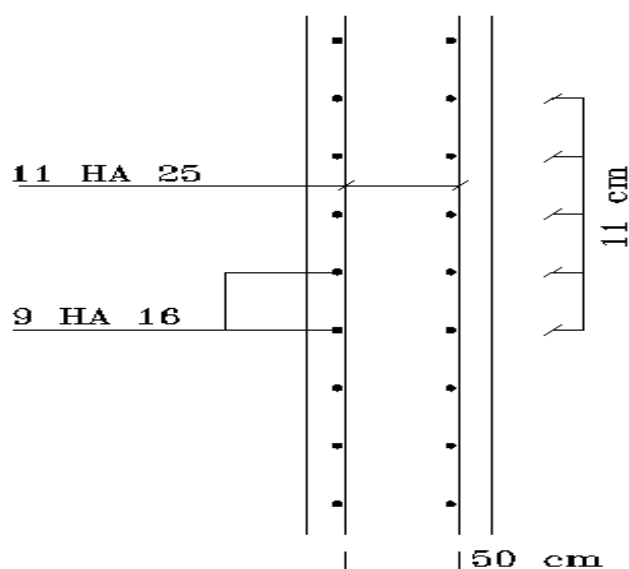


Figure X.17 : armatures transversales des pénétrations.

➤ Analyse par Cas:

Cas N° 1: Type ELU $N = 104,00 \text{ (T)}$ $M = 116,00 \text{ (T*m)}$

Coefficient de sécurité: 1,00 Pivot: A

Position de l'axe neutre: $y = 11,4 \text{ (cm)}$

Bras de levier: $Z = 50,4 \text{ (cm)}$

Déformation de l'acier: $\epsilon_s = 10,00 \text{ (‰)}$

Déformation du béton: $\epsilon_b = 2,62 \text{ (‰)}$

Contrainte de l'acier:

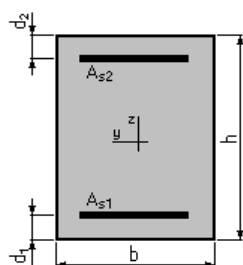
Tendue: $\sigma_s = 347,8 \text{ (MPa)}$ comprimée: $\sigma_s' = 293,8 \text{ (MPa)}$

X.8.3.Ferrailage de radier :

➤ **Béton:** $f_{c28} = 25,0$ (MPa) **Acier:** $f_e = 400,0$ (MPa)

- Fissuration préjudiciable
- Prise en compte des armatures comprimées
- Prise en compte des dispositions sismiques
- Calcul suivant BAEL 91

a) **Section:**



$b = 100,0$ (cm)
 $h = 60,0$ (cm)
 $d_1 = 5,0$ (cm)
 $d_2 = 5,0$ (cm)

b) **Moments appliqués:**

	M_{max} (T*m)	M_{min} (T*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	135,33	38,14
Etat Limite de Service	100,25	28,25
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0,00	0,00

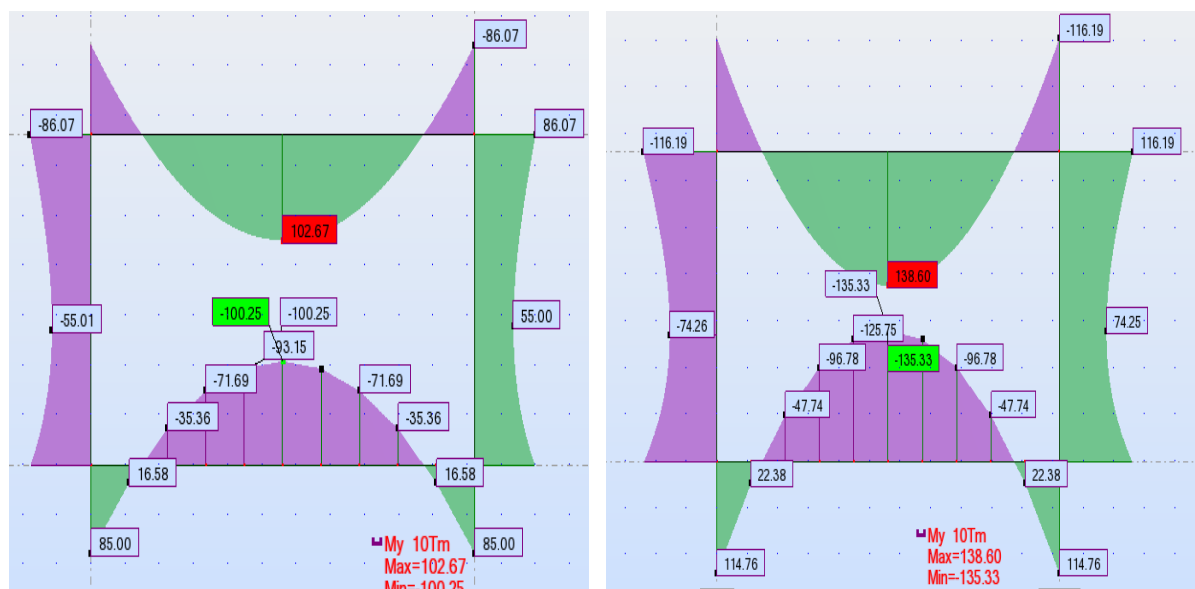


Figure X.18 : moments max à l'ELU et l'ELS.

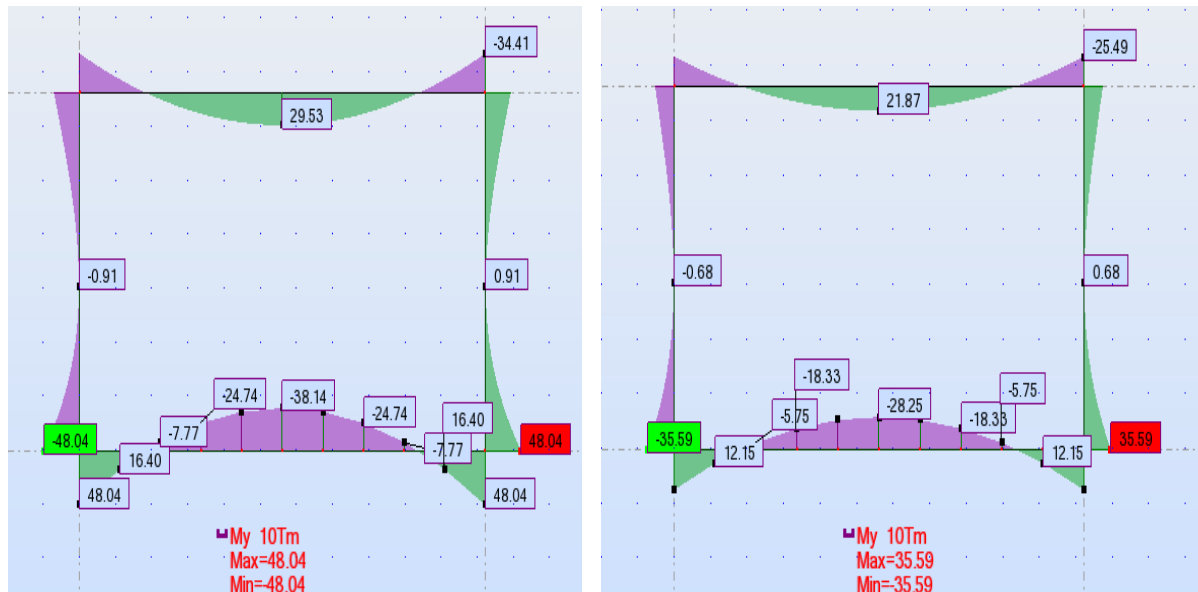


Figure X.19 : moments min à l'ELU et l'ELS.

c) Résultats:

➤ Sections d'Acier:

Section théorique $A_{S1} = 72,11(\text{cm}^2)$

Théorique $\rho = 1,96 (\%)$

Minimum $\rho_{\min} = 0,35 (\%)$

maximum $\rho_{\max} = 2,29 (\%)$

➤ Armatures longitudinales :

$A_{S1} = 72,11 (\text{cm}^2) = 9\text{HA}32$, $E_s = 11 \text{ cm}$

$A_{S2} = 44.181 (\text{cm}^2) = 9\text{HA} 25$, $E_s = 11 \text{ cm}$

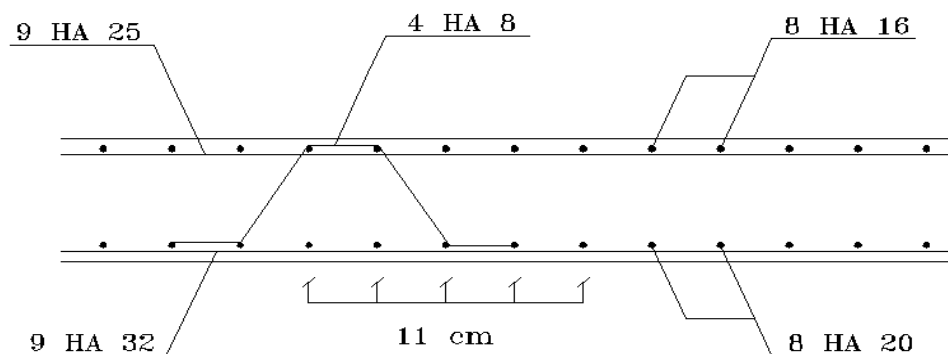


Figure X.20 : armatures longitudinales du radier.

➤ **Armatures transversales :**

$$A_{s1} = 24,03(\text{cm}^2) = 8\text{HA}20 \quad , E_s = 13 \text{ cm}$$

$$A_{s2} = 16,088 (\text{cm}^2) = 8\text{HA} 16 \quad , E_s = 13 \text{ cm}$$

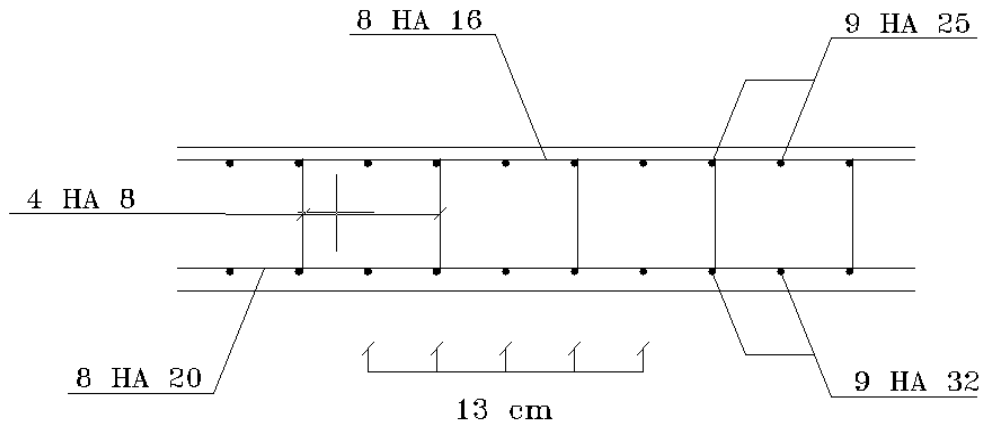


Figure X.21 : armatures transversales du radier.

➤ **Analyse par Cas:**

Cas ELU $M_{\max} = 135,33 \text{ (T*m)}$ $M_{\min} = 38,14 \text{ (T*m)}$

Coefficient de sécurité: 1,18 Pivot: B

Position de l'axe neutre: $y = 33,0 \text{ (cm)}$

Bras de levier: $Z = 41,8 \text{ (cm)}$

Déformation du béton: $\epsilon_b = 3,50 \text{ (‰)}$

Déformation de l'acier: $\epsilon_s = 2,33 \text{ (‰)}$

Contrainte de l'acier:

Tendue: $\sigma_s = 347,8 \text{ (MPa)}$

Cas ELS $M_{\max} = 100,25 \text{ (T*m)}$ $M_{\min} = 28,25 \text{ (T*m)}$

Coefficient de sécurité: 1,00

Position de l'axe neutre: $y = 29,0 \text{ (cm)}$

Bras de levier: $Z = 45,3 \text{ (cm)}$

Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 4,2 \text{ (MPa)}$

Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 15,0 \text{ (MPa)}$

Contrainte de l'acier:

Tendue: $\sigma_s = 56,8 \text{ (MPa)}$

Contrainte limite de l'acier:

$\sigma_{s \text{ lim}} = 201,6 \text{ (MPa)}$

A .SIGNALISATION :

XI.1. Introduction :

La signalisation routière joue un rôle important dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité).

Elle doit être uniforme, continue et homogène afin de ne pas fatiguer l'attention de l'utilisateur par une utilisation abusive de signaux.

XI.2. Objectifs de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour rôle de :

- ✓ Rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
- ✓ Rappeler certaine prescription du code de la route.
- ✓ Donner des informations relatives à l'utilisateur de la route.

XI.3. Type de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- ✓ Signalisation verticale
- ✓ Signalisation horizontale

XI.3.1. Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- ✓ Signalisation avancée.
- ✓ Signalisation de position.
- ✓ Signalisation de direction.

XI.3.2. Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur les chaussées qui sont employées pour régler la circulation. La signalisation horizontale se divise en deux types :

XI.3.2.1. Marque longitudinale :

- ✓ Lignes continues.
- ✓ Lignes discontinues (ligne d'avertissement, ligne de rive).

Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (en mètres)	Intervalle entre deux traits successifs (mètres)	Rapport plein vide
T ₁ T' ₁	3.00 1.50	10.00 5.00	1/3
T ₂ T' ₂	3.00 0.50	3.50 0.50	1
T ₃ T' ₃	3.00 20.00	1.33 6.00	3

Tableau XI.1 : modulations des lignes discontinues

XI.3.2.2. Marques transversales :

- ✓ Ligne STOP.
- ✓ Les flèches (rabattement, de sélection).
- ✓ Largeur des lignes.

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

U = 7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6 cm sur les routes et voies urbaines.

U = 5 cm sur les autres routes.

XI.4. Les critères de conception de la signalisation:

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- ✓ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- ✓ Cohérence avec les règles de circulation.
- ✓ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- ✓ Simplicité : elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'utilisateur.
- ✓ Eviter la publicité irrégulière

XI.5. Application au projet :

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

XI.5.1. Signalisation verticale :

- ✓ Panneau de signalisation d'avertissement de danger : type A
- ✓ Panneau de signalisation priorité : type B
- ✓ Panneau de signalisation d'interdiction ou de restriction : type C
- ✓ Panneau de signalisation d'obligation : type D
- ✓ Panneau de signalisation de pré signalisation : type E
- ✓ Panneau de signalisation de direction : type E /B
- ✓ Panneau de signalisation donnant des indications utiles pour la conduite des véhicules : type E
- ✓ Panneau de signalisation spéciale (panneau de confirmation de direction des échangeurs).

XI.5.2. Signalisation horizontale :

La largeur des lignes de signalisation horizontale elle est pour :

- ✓ La route : $U = 7.5 \text{ cm}$.
- ✓ Les bretelles et les voies d'accès : $U = 5 \text{ cm}$.

FLECHE DE SELECTION

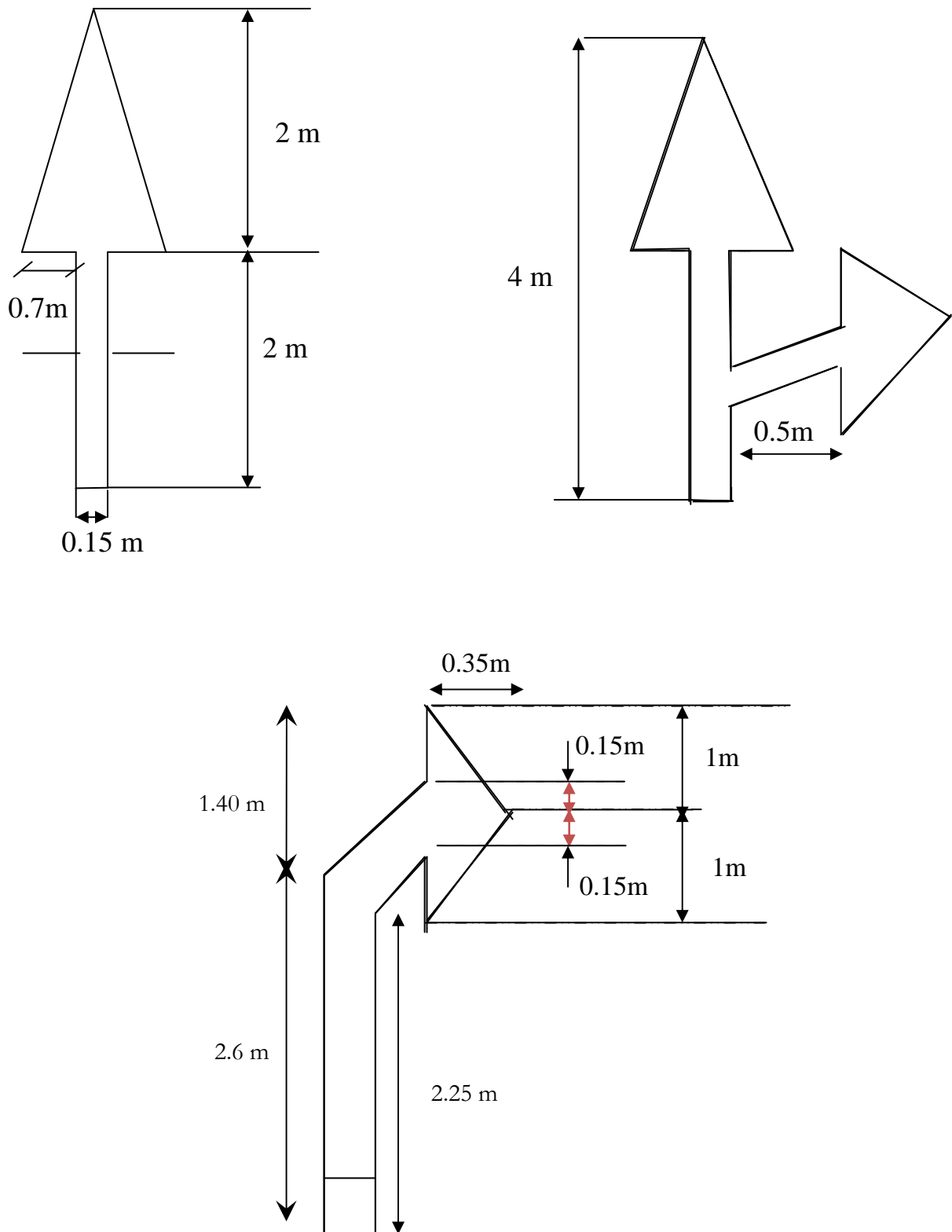


Figure XI.1 : flèches de sélection.

FLECHE DE RABATTEMENT

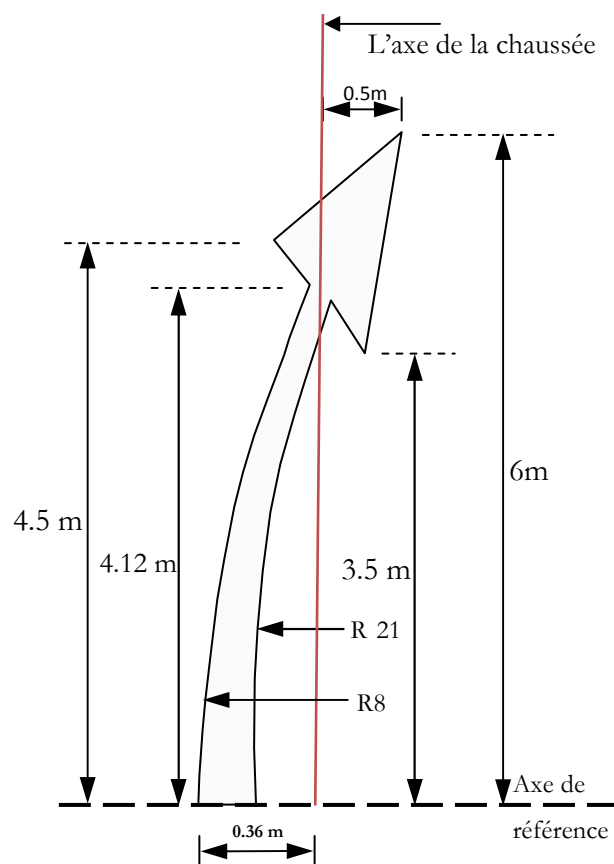
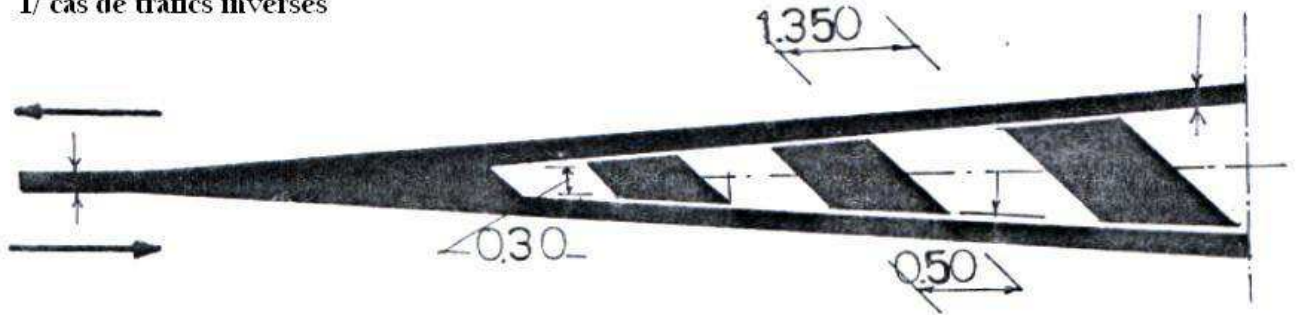


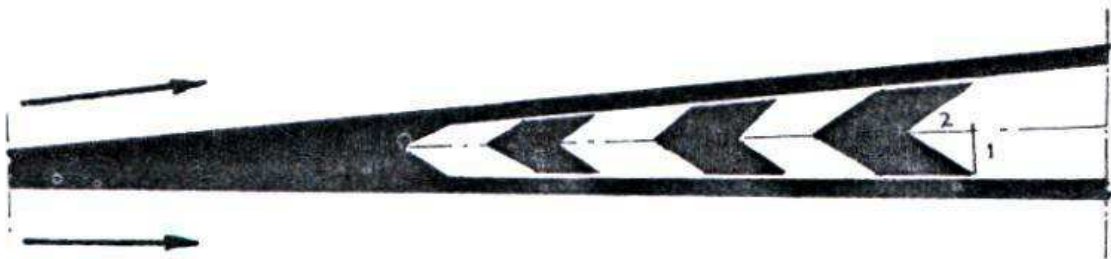
Figure XI.2 : flèches de rabattement.

shémas de marquage par hachures

1/ cas de trafics inverses



2/ cas de trafics divergents



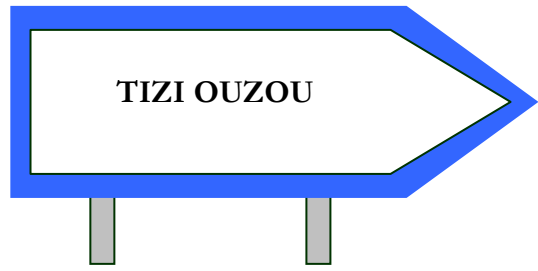
3/ cas de trafics convergents



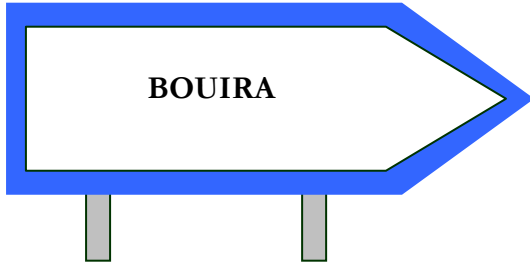
Figure XI.3 : schéma de marquage par hachures.



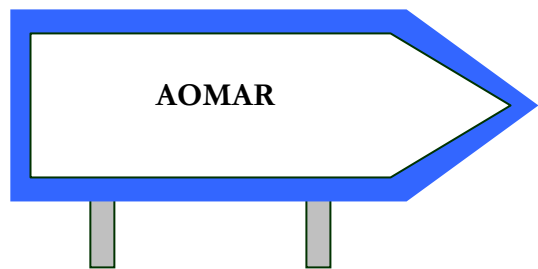
SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)



SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)



SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)

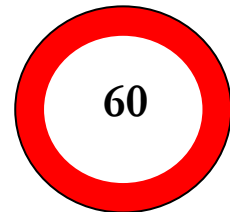
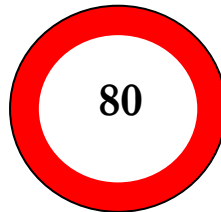


SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)

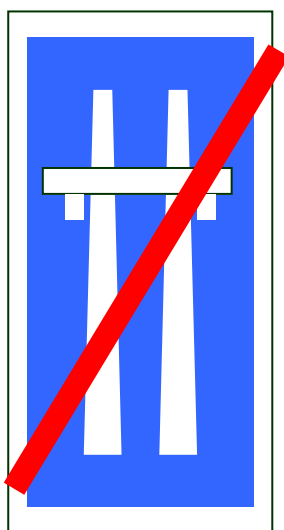
Signaux d'interdiction ou de restriction



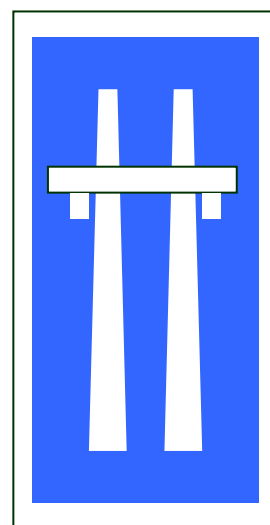
C5-HAUTEUR LIMITE GABARIE



VITESSES LIMITEES C11-a



SORTIE DE L'AUTOROUTE (E15)



ENTREE DE L'AUTOROUTE (E14)

B. ECLAIRAGE :

XI.1. Introduction :

Dans un trafic en augmentation constante, L'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

XI.2. Catégories d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- ✓ Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- ✓ Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- ✓ Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- ✓ Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

XI.3. paramètres de l'implantation des luminaires :

- ✓ L'espacement (e) entre luminaires: qui varie en fonction du type de voie.
- ✓ La hauteur (h) du luminaire: elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- ✓ La largeur (l) de la chaussée.
- ✓ Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support.
- ✓ L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

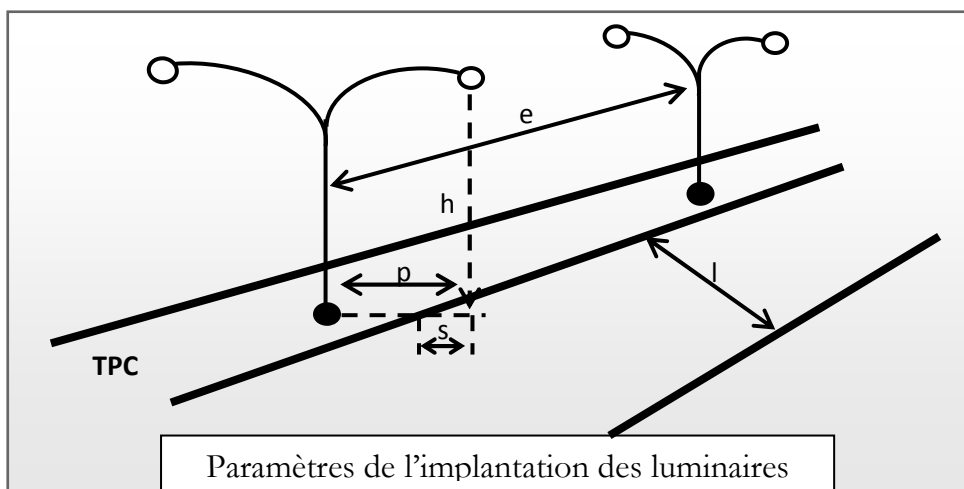


Figure XI.4 : Paramètres de l'implantation des luminaires

XI.4. Application au projet :

Eclairage de la voie (le long de la Pénétrante) :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairage se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre pénétrante (la voie express)

NOTA :

Deux foyers portés par le même support éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 20m.

Conclusion générale :

Ce projet de fin d'études a été pour nous, une opportunité pour concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

Nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, directives et recommandations liées au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route.

Notre étude d'un échangeur au niveau de l'intersection de la RN25 avec la RN68 en phase APD, présente les données liées à l'étude du trafic concernant la zone d'étude, en employant ces données, tout en respectant le règlement Algérien (B40), on a abouti aux caractéristiques suivantes sur la RN25 :

- Un accotement $2 \times 2\text{m} = 4\text{m}$
- Un terre-plein central 3m
- Deux chaussées de trois voies de 3,5m chacune $(3 \times 3,5) \times 2 = 21\text{m}$.

Ce qui fait que la largeur de la plate-forme soit égale à 28m.

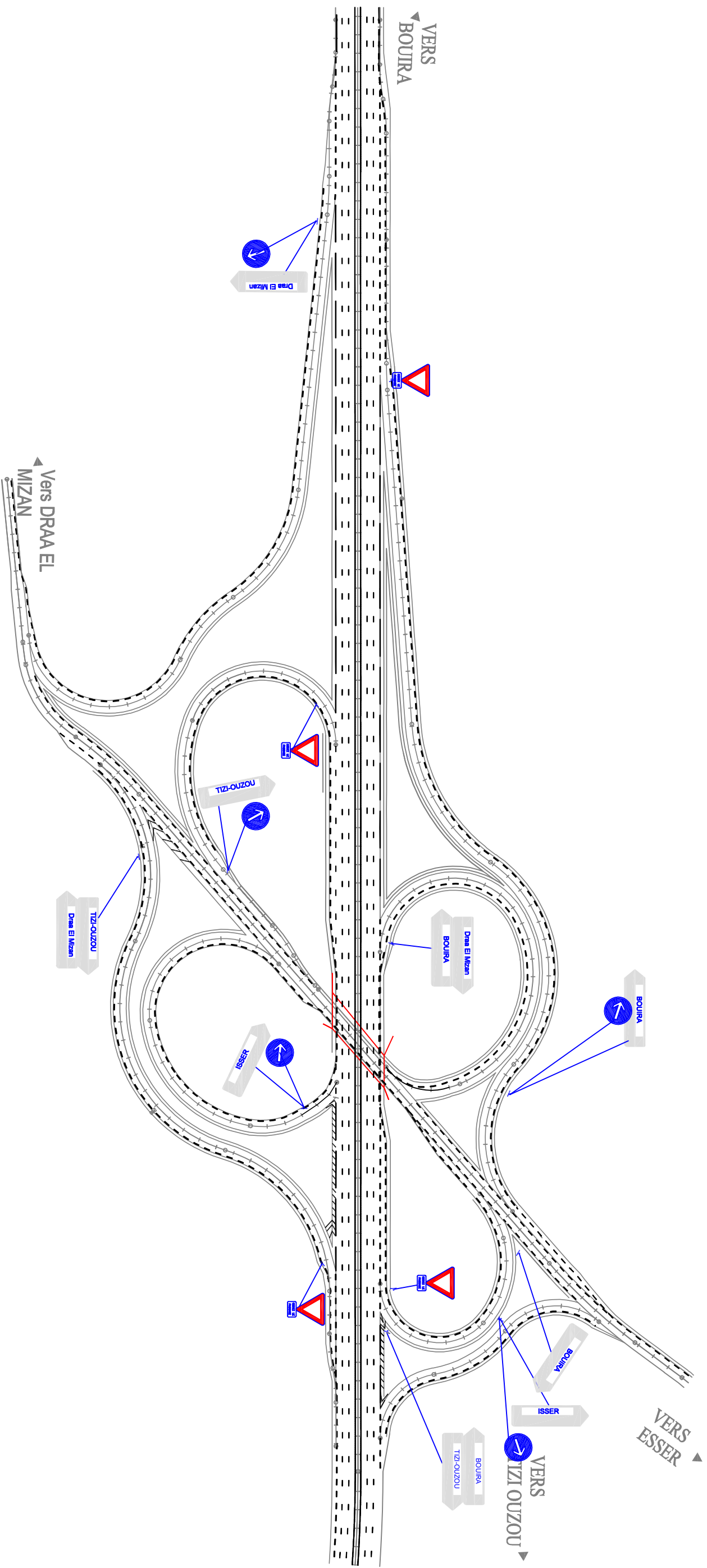
L'élaboration de ce projet nous a aidé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels Piste, Autocad et Robot Structural Analysis. Compte tenu de leur traitement rapide et exact des données, ces outils nous permettent d'éviter les contraintes existantes avec la détermination d'un meilleur tracé. Aussi, on a utilisé le logiciel Alizé qui nous a permis de vérifier les épaisseurs des différentes couches constituant le corps de chaussée de la RN25:

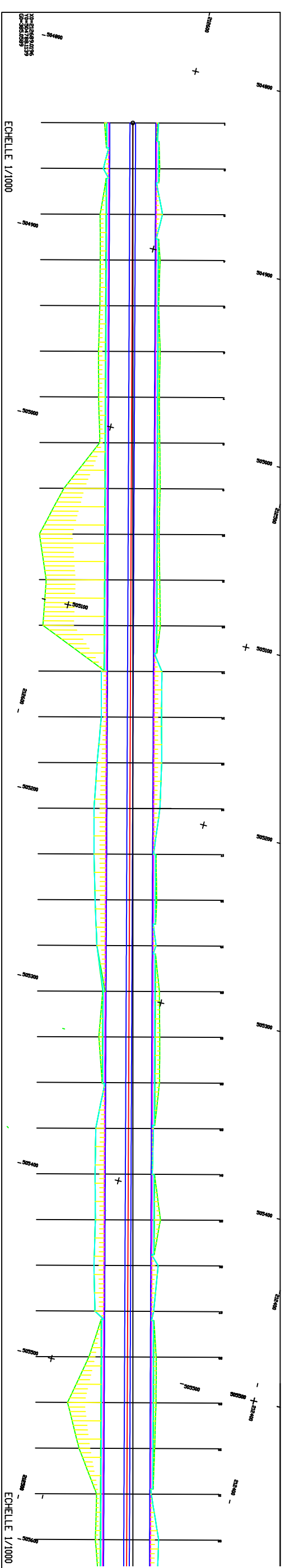
- Couche de roulement 06 cm en BB.
- Couche de base 20cm en GB.
- Couche de fondation 30cm en GNT.
- Couche de forme 40cm en Tuf.

Enfin, ce projet était l'occasion pour nous de tirer un profit de l'expérience des techniciens sur le terrain et d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet de travaux publics.

BIBLIOGRAPHIE

- **B40** (normes techniques d'aménagement des routes).
- **I.C.T.A.A.L** (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison).
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(**CTTP**).
- **I.C.T.A.R.N** (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des routes nationales avril 1970).
- **ARP** (aménagement des routes principales).
- SETRA (service d'études techniques des routes et autoroutes), publié en France Décembre 1992.
- B.A.E.L 91(béton armé aux états limites ultimes)
- Fascicule 61 titre II.
- Fascicule 62 Titre 1 – Section II.
- Le rapport géotechnique donné par la DTP de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- Le rapport de calcul de trafic sur les routes de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- La carte d'état-major.
- La carte géologique de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- Cours de routes de 1^{ère} année Master.
- Cours de ponts de 1^{ère} année Master.
- Cours de routes 4^{ème} et 5^{ème} année de ENTP
- Les cours de routes et le manuel de projet de routes de l'auteur Kalli Fatima Zohra.
- Thèses de fin d'études de l'UMMTO et l'ENTP.





RN 25

PLANCHE 1/ 2
ECHELLE EN S 1/ 1000
ECHELLE EN Z 1/ 100
PLAN DE COMPARAISON

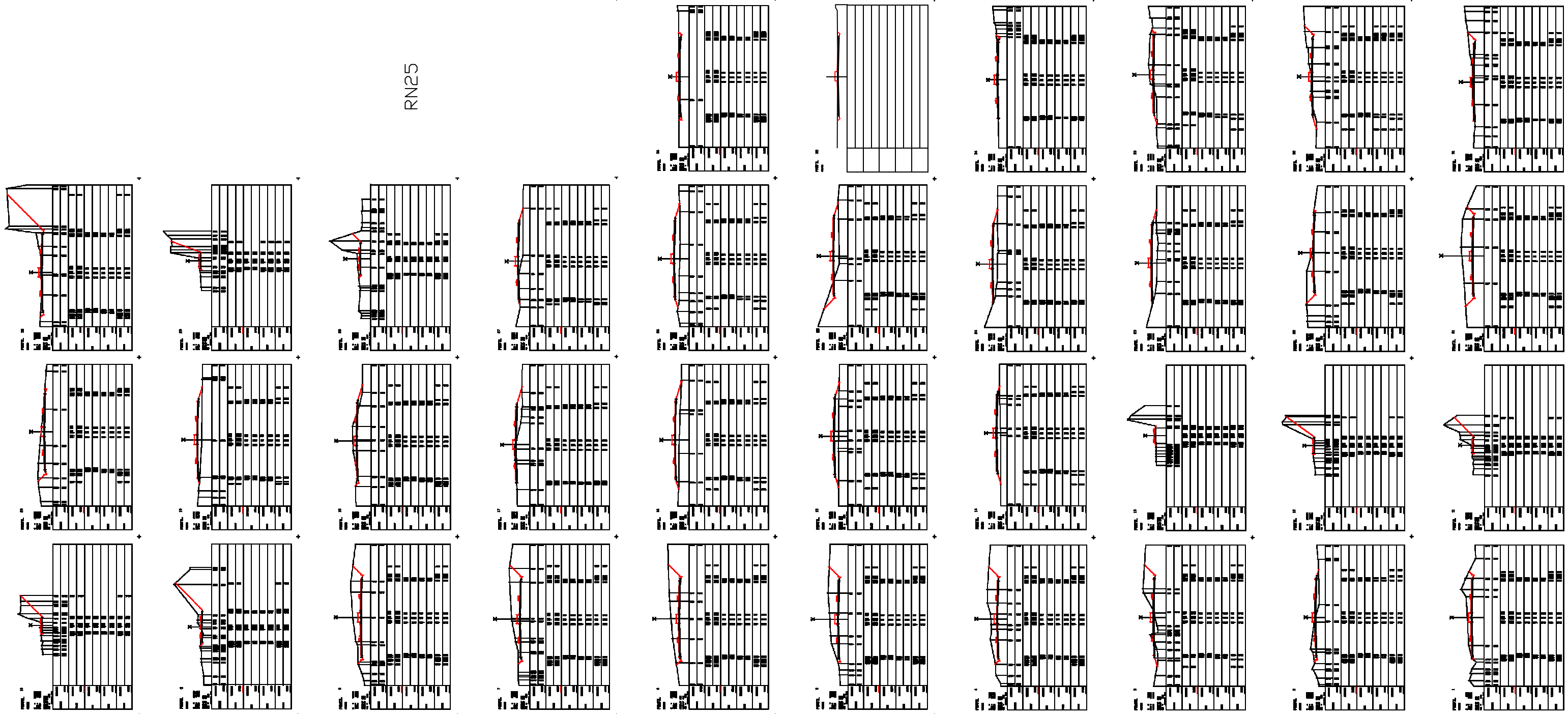
COTES TERRAIN		COTES PROJET		DISTANCES PARTIELLES	DISTANCES CUMULEES	COTES PROJET
Station	Elevation	Station	Elevation			
57.58	58.50	58.50	-1.24	0.00	0.00	58.50
57.59	58.51	58.51	0.26	25.00	25.00	58.51
57.60	58.53	58.53	0.77	50.00	50.00	58.53
57.61	58.54	58.54	-1.93	75.00	75.00	58.54
57.62	58.55	58.55	-2.60	100.00	100.00	58.55
57.64	58.56	58.56	-2.52	125.00	125.00	58.56
57.65	58.58	58.58	-2.57	150.00	150.00	58.58
57.66	58.59	58.59	-2.56	175.00	175.00	58.59
57.68	58.60	58.60	-1.26	200.00	200.00	58.60
57.72	58.64	58.64	-1.27	225.00	225.00	58.64
57.76	58.69	58.69	-3.10	250.00	250.00	58.69
57.81	58.73	58.73	0.19	275.00	275.00	58.73
57.82	58.78	58.78	1.48	300.00	300.00	58.78
58.82	58.82	58.82	1.64	325.00	325.00	58.82
58.87	58.87	58.87	1.71	350.00	350.00	58.87
58.91	58.91	58.91	1.64	375.00	375.00	58.91
58.96	58.96	58.96	0.05	400.00	400.00	58.96
59.00	59.00	59.00	-1.13	425.00	425.00	59.00
59.04	59.04	59.04	1.65	450.00	450.00	59.04
59.08	59.08	59.08	-1.79	475.00	475.00	59.08
59.12	59.12	59.12	-3.38	500.00	500.00	59.12
59.16	59.16	59.16	-0.27	525.00	525.00	59.16
59.20	59.20	59.20	2.09	550.00	550.00	59.20
59.24	59.24	59.24	1.90	575.00	575.00	59.24
59.28	59.28	59.28	2.21	600.00	600.00	59.28
59.32	59.32	59.32	2.19	625.00	625.00	59.32
59.36	59.36	59.36	1.42	650.00	650.00	59.36
59.40	59.40	59.40	-2.27	675.00	675.00	59.40
59.44	59.44	59.44	-2.57	700.00	700.00	59.44
59.48	59.48	59.48	-0.83	725.00	725.00	59.48
59.52	59.52	59.52	-0.41	750.00	750.00	59.52
59.56	59.56	59.56	0.19	775.00	775.00	59.56
59.60	59.60	59.60	-1.05	800.00	800.00	59.60
59.64	59.64	59.64	0.25	825.00	825.00	59.64
59.68	59.68	59.68	0.07	850.00	850.00	59.68
59.72	59.72	59.72	-0.01	875.00	875.00	59.72

ALIGNEMENTS ET COURBES

Alignement	Station	Longueur	Rayon
L=198.003	58.50	198.003	
L=222.817	59.00	222.817	
L=222.333	59.04	222.333	
L=216.649	59.20	216.649	
L=216.488	59.36	216.488	
L=202.305	59.60	202.305	
L=202.305	59.68	202.305	

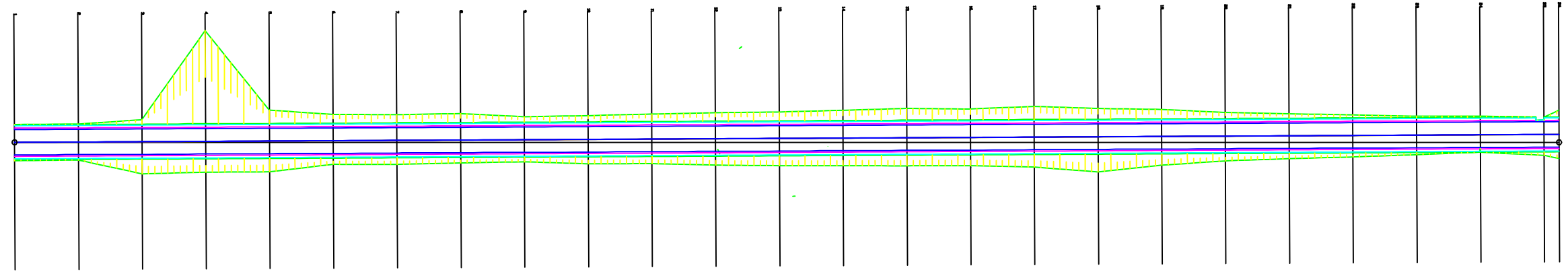
DEVERS GAUCHE
DEVERS DROIT
FOSSE GAUCHE
FOSSE DROIT

RN25



X0-212870.0222
Y0-305224.3832
G0-339.3376

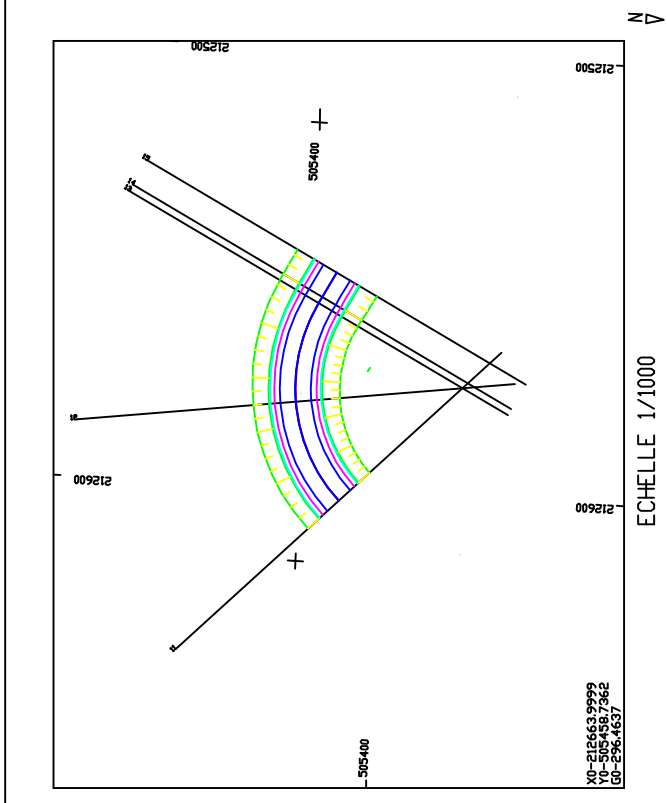
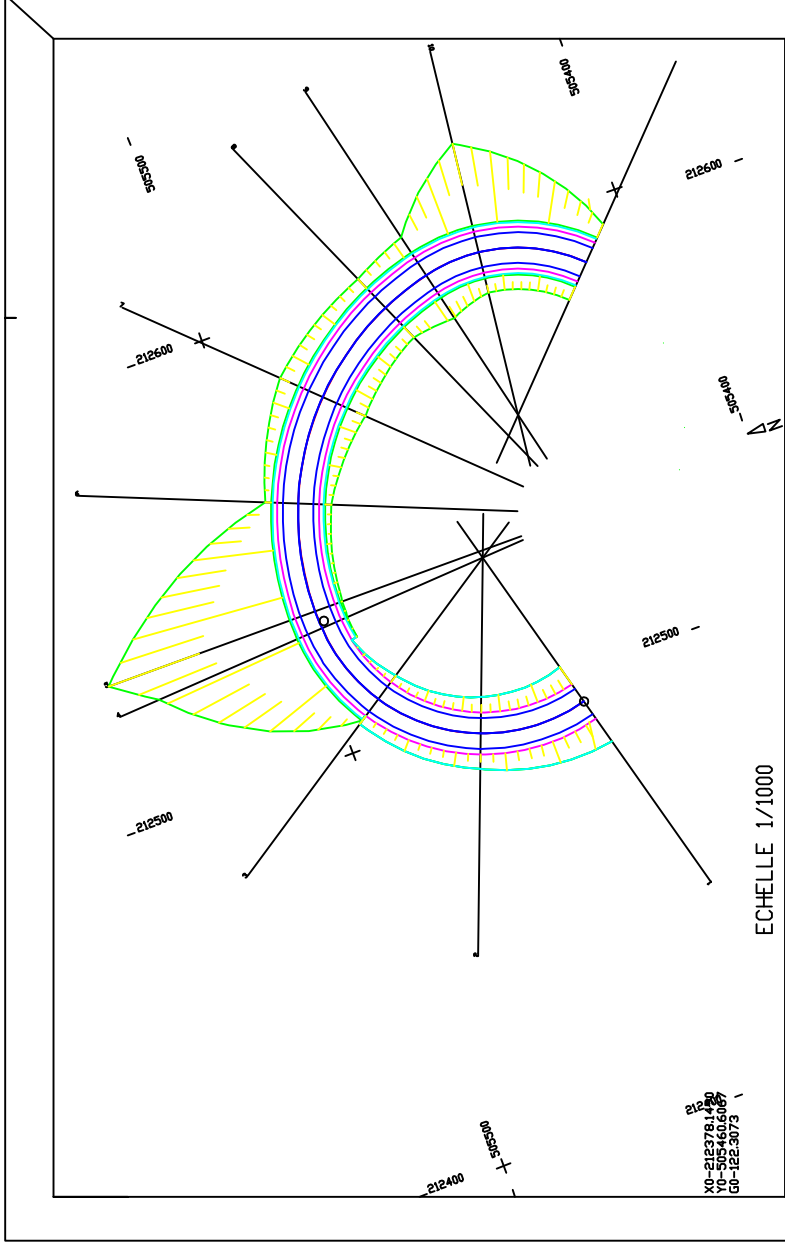
ECHELLE 1/1000



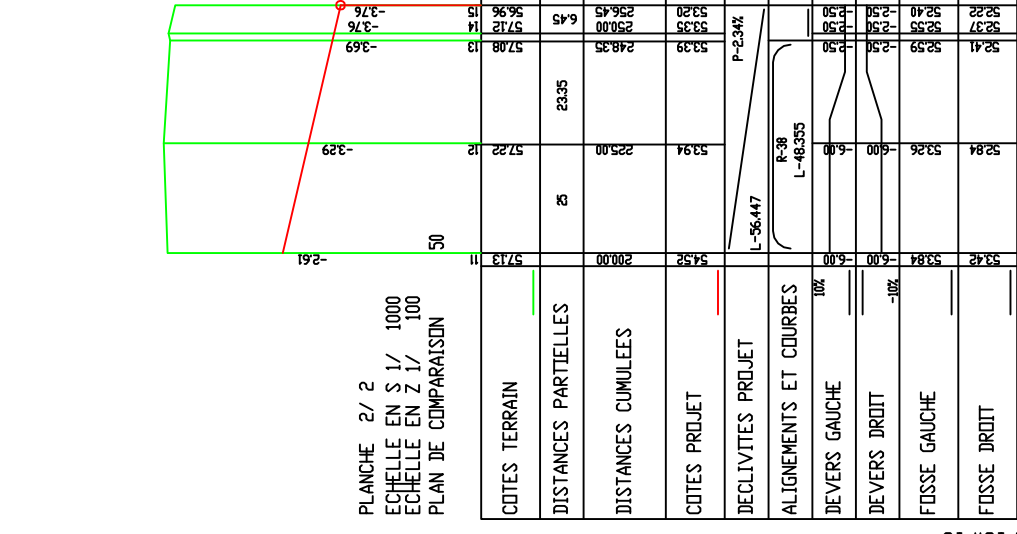
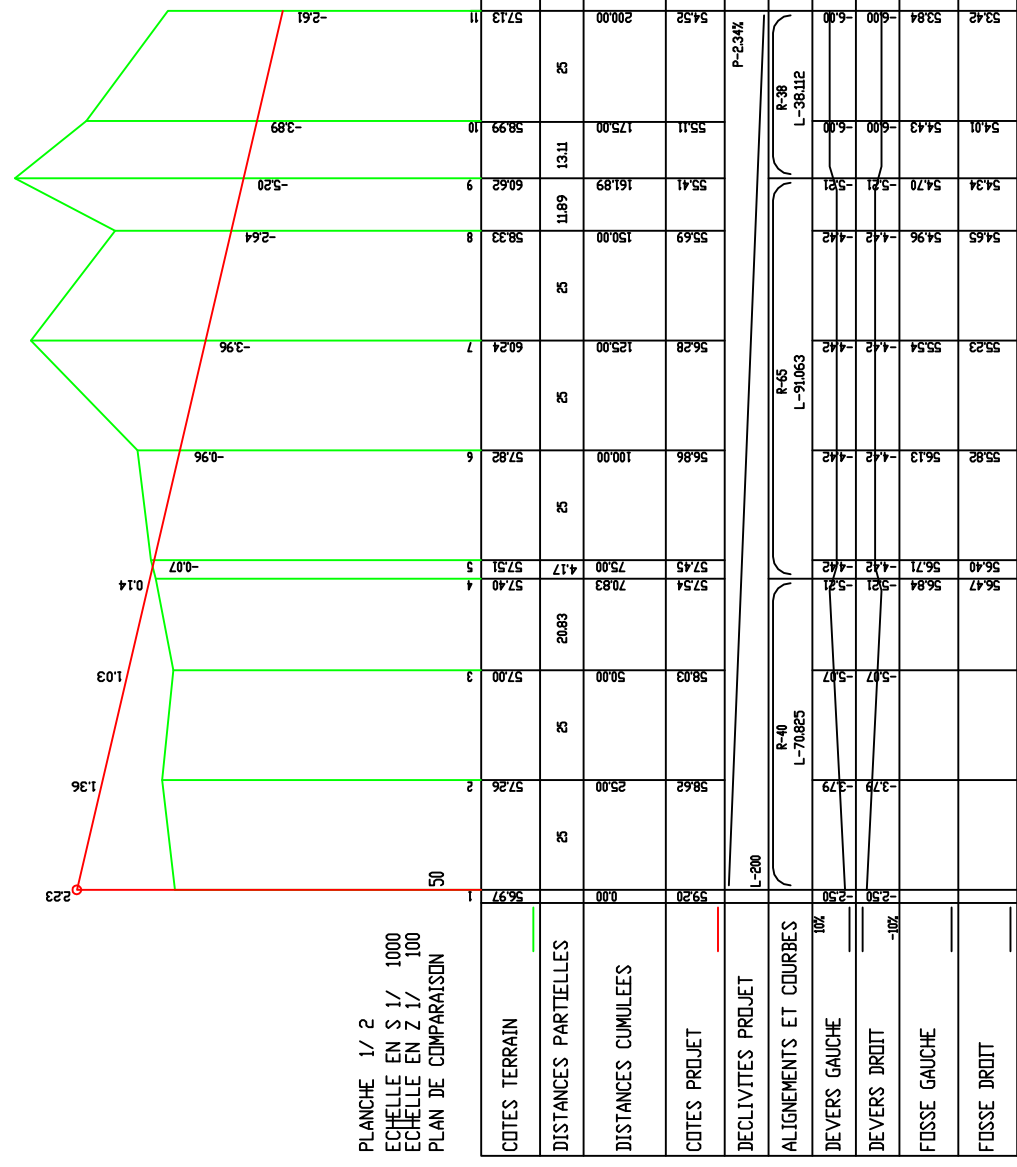
ECHT EN S 1/ 1000
ECHT EN Z 1/ 100
PLAN DE COMPARAISON

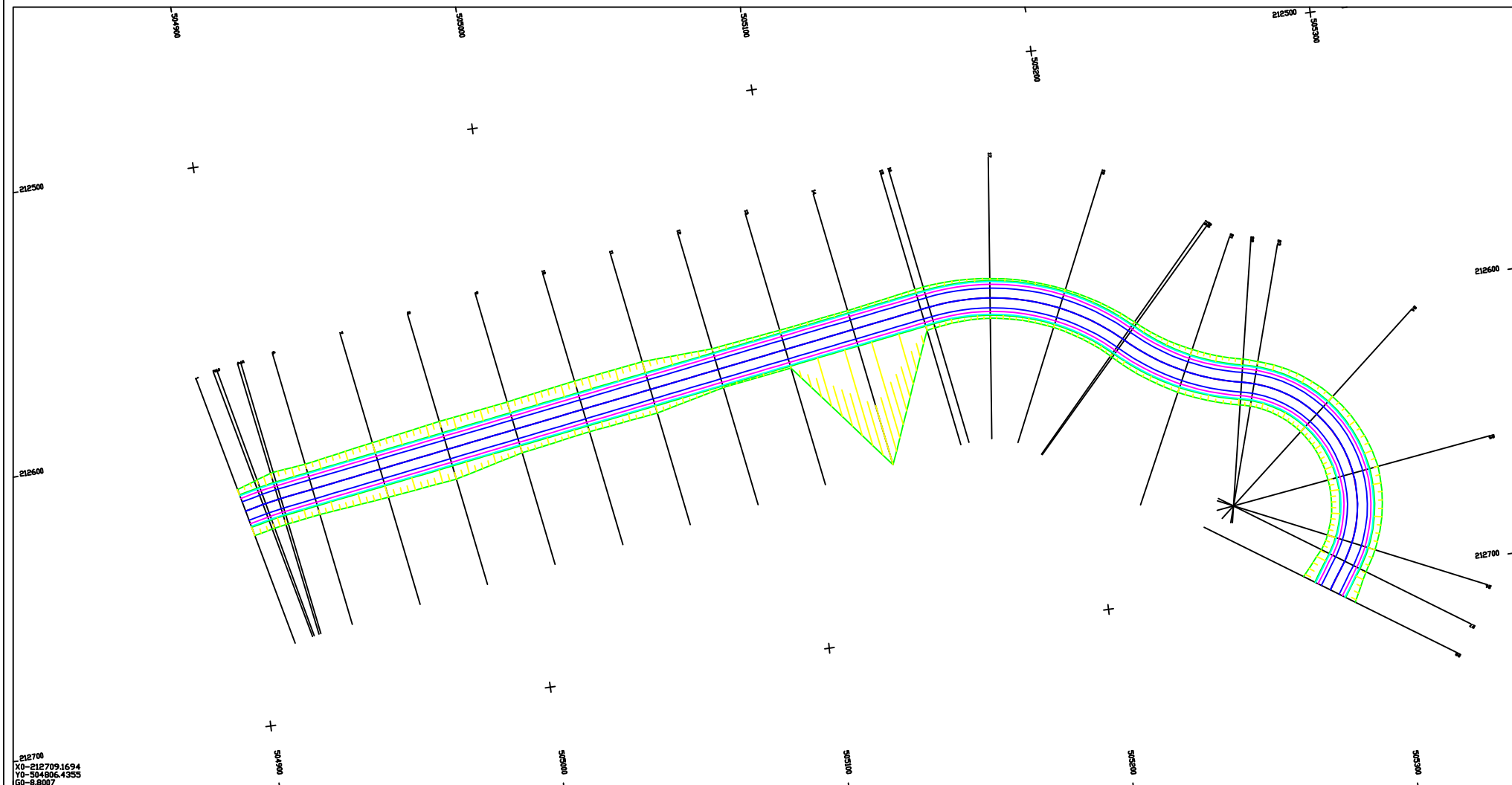


COTES TERRAIN	55.61	55.53	55.55	55.21	55.66	57.46	58.08	58.22	57.15	57.42	57.23	57.00	57.29	57.06	57.36	57.68	57.25	57.12	57.25	57.25	57.16	57.06	57.06	57.22	57.22	
DISTANCES PARTIELLES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DISTANCES CUMULEES	0.00	25.00	50.00	75.00	100.00	125.00	150.00	175.00	200.00	225.00	250.00	275.00	300.00	325.00	350.00	375.00	400.00	425.00	450.00	475.00	500.00	525.00	550.00	575.00	600.00	625.00
COTES PROJET	55.61	55.58	55.55	55.51	55.48	55.45	55.42	55.38	55.27	55.00	54.96	54.57	54.17	53.78	53.09	53.00	53.15	53.61	54.21	54.82	55.43	56.04	56.64	57.25	57.86	58.00
DECLIVITES PROJET	L-178.468							P-0.13%		R-3000 L-43.064		L-104.968			P-1.57%		R-3000 L-47		R-2000 L-48.572						L-181.596	
ALIGNEMENTS ET COURBES																										
DEVERS GAUCHE	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
DEVERS DROIT	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
FOSSE GAUCHE	54.82	54.80	54.77	54.74	54.71	54.67	54.64	54.61	54.50	54.18	53.79	53.40	53.01	52.62	52.22	52.22	52.27	52.83	53.44	54.05	54.65	55.26	55.87	56.48	57.08	57.22
FOSSE DROIT	54.82	54.80	54.77	54.74	54.71	54.67	54.64	54.61	54.50	54.18	53.79	53.40	53.01	52.62	52.22	52.22	52.27	52.83	53.44	54.05	54.65	55.26	55.87	56.48	57.08	57.22



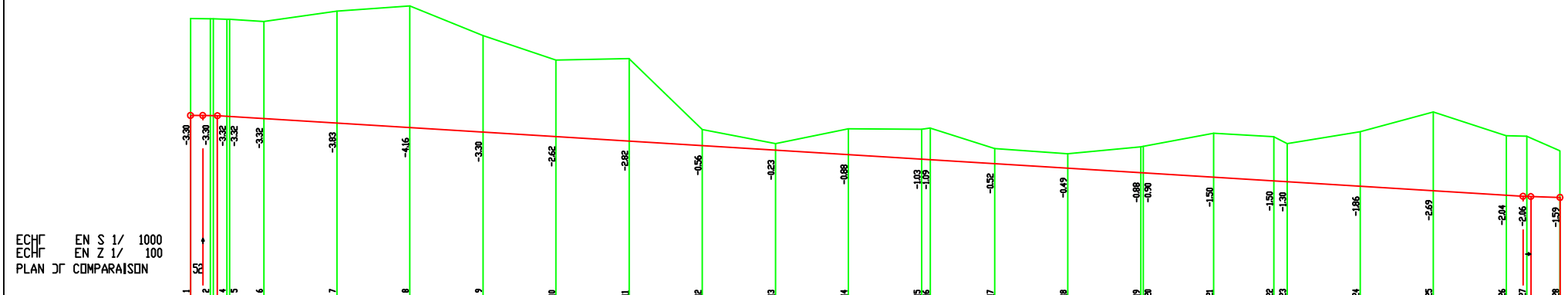
AXE 4





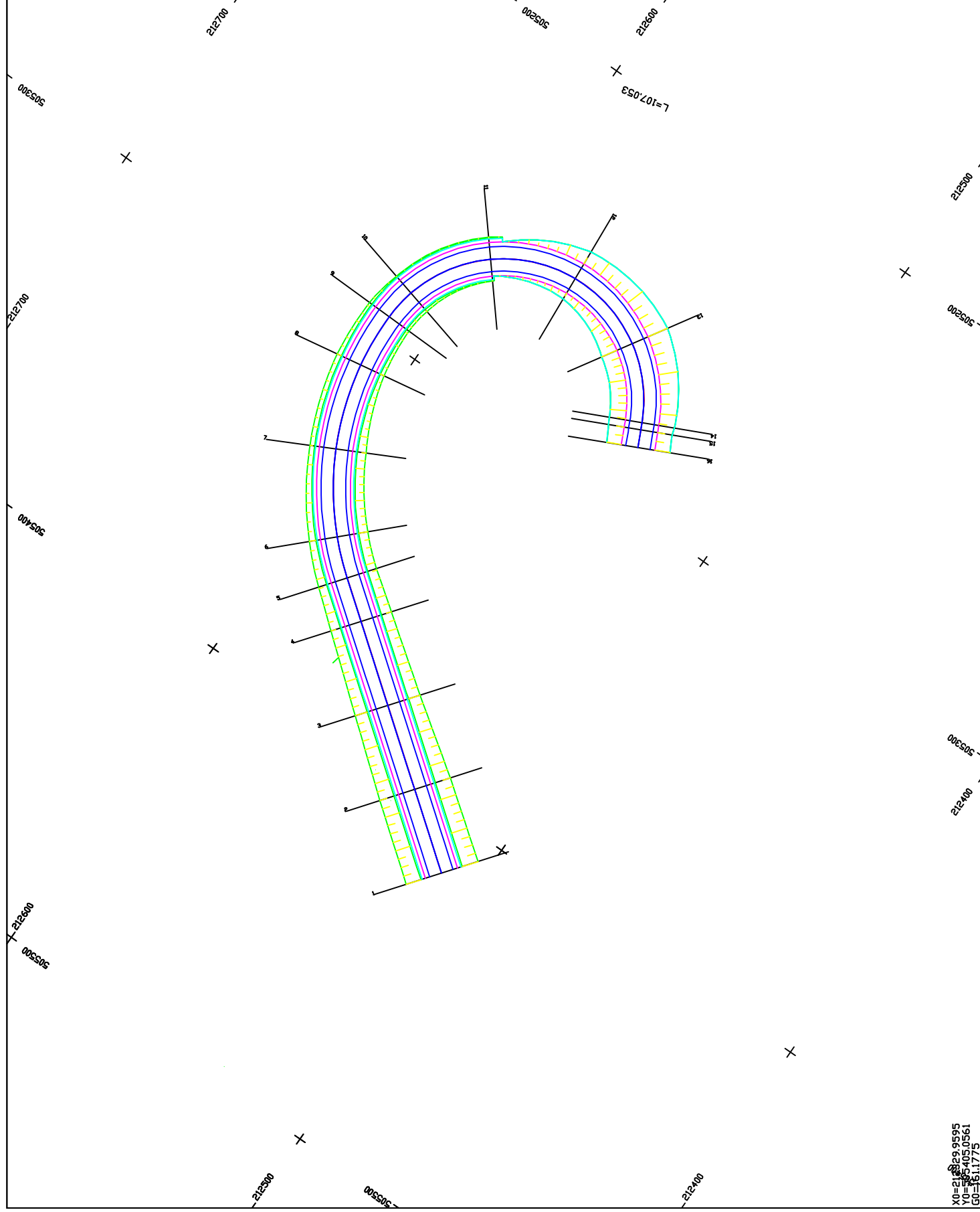
X0-212709.1694
 Y0-504806.4255
 G0-8.8897
 ECHELLE 1/1000

AXE 5



ECHT EN S 1/ 1000
 ECHT EN Z 1/ 100
 PLAN DE COMPARAISON

STATION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
COTES TERRAIN	61.98	61.52	61.52	61.52	61.53	61.47	61.81	62.00	60.98	60.13	60.13	57.78	57.78	57.73	57.73	57.73	57.12	56.91	57.18	57.19	57.64	57.92	57.92	57.69	58.37	57.56	57.54	57.48	57.84	
DISTANCES PARTIELLES		6.69	6.69	4.69	11.61											21.99				24.14							7.05	11.37		
DISTANCES CUMULEES	0.00	6.69	13.38	18.07	29.68		50.00	75.00	100.00	125.00	150.00	175.00	200.00	225.00	246.99	268.98	290.97	312.96	334.95	356.94	378.93	400.92	422.91	444.90	466.89	488.88	510.87	532.86	554.85	
COTES PROJET	58.25	58.25	58.22	58.21	58.14		57.99	57.83	57.68	57.53	57.37	57.22	57.06	56.91	56.74	56.57	56.60	56.43	56.29	56.29	56.14	56.01	55.99	55.83	55.68	55.52	55.48	55.48	55.45	
DECLIVITES PROJET		0.00%	-0.05%	-0.10%	-0.15%		-0.20%	-0.25%	-0.30%	-0.35%	-0.40%	-0.45%	-0.50%	-0.55%	-0.60%	-0.65%	-0.70%	-0.75%	-0.80%	-0.85%	-0.90%	-0.95%	-1.00%	-1.05%	-1.10%	-1.15%	-1.20%	-1.25%	-1.30%	
ALIGNEMENTS ET COURBES	R-44 L-44.661		R-80 L-72.841		R-80 L-44.661		R-44 L-86.53		R-80 L-72.841		R-80 L-44.661		R-44 L-86.53		R-80 L-72.841		R-80 L-44.661		R-44 L-86.53		R-80 L-72.841		R-80 L-44.661		R-44 L-86.53		R-80 L-72.841			
DEVERS GAUCHE	2.83	2.84	2.84	2.84	2.84		2.87	2.89	2.90	2.91	2.92	2.93	2.94	2.95	2.96	2.97	2.98	2.99	3.00	3.01	3.02	3.03	3.04	3.05	3.06	3.07	3.08	3.09	3.10	
DEVERS DROIT	2.83	2.84	2.84	2.84	2.84		2.87	2.89	2.90	2.91	2.92	2.93	2.94	2.95	2.96	2.97	2.98	2.99	3.00	3.01	3.02	3.03	3.04	3.05	3.06	3.07	3.08	3.09	3.10	
FOSSE GAUCHE	57.28	57.46	57.47	57.46	57.46		57.20	57.01	56.79	56.57	56.33	56.23	56.12	56.01	55.90	55.84	55.77	55.70	55.63	55.56	55.49	55.42	55.35	55.28	55.21	55.14	55.07	55.00	54.93	54.86
FOSSE DROIT	57.28	57.46	57.47	57.46	57.46		57.20	57.01	56.79	56.57	56.33	56.23	56.12	56.01	55.90	55.84	55.77	55.70	55.63	55.56	55.49	55.42	55.35	55.28	55.21	55.14	55.07	55.00	54.93	54.86



NO=2128009595
 XC=2128009595
 CO=18111775

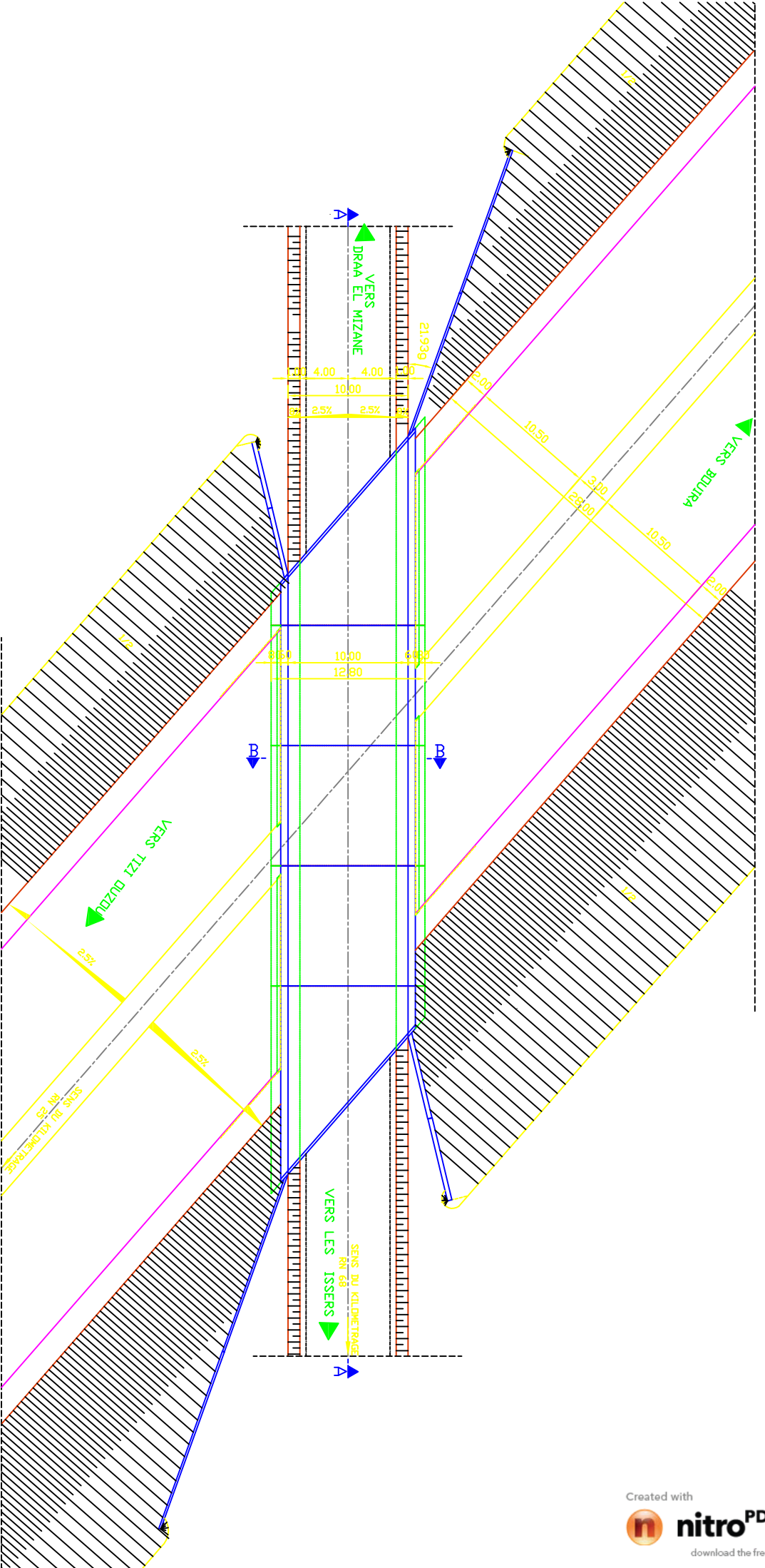
ECHELLE 1/1000

AXE 6

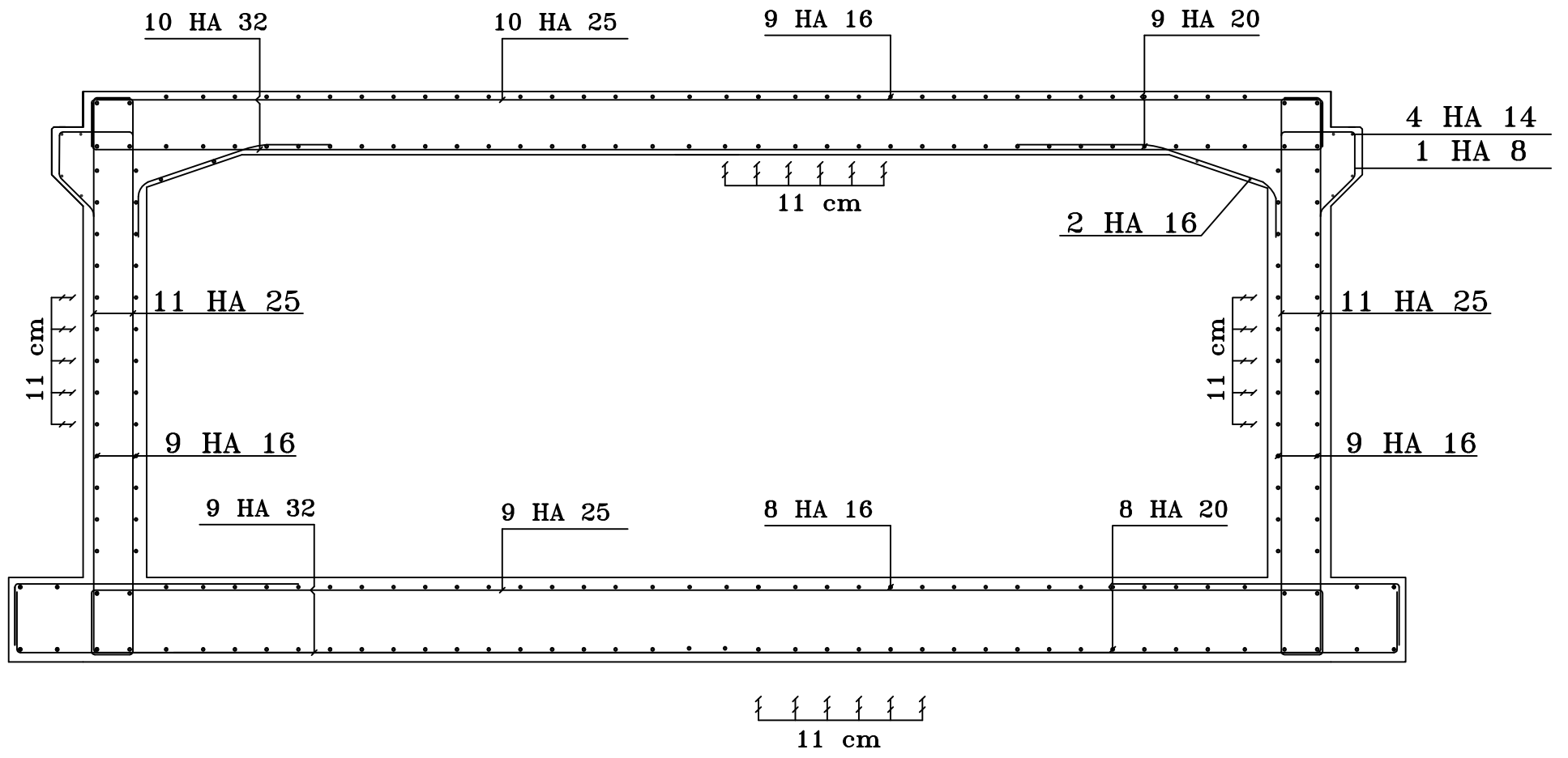
COTES TERRAIN	DISTANCES PARTIELLES	DISTANCES CUMULEES	COTES PROJET	DECLIVITES PROJET	ALIGNEMENTS ET COURBES	DEVERS GAUCHE	DEVERS DROIT	FOSSE GAUCHE	FOSSE DROIT
57.41	0.00	0.00	53.09	P=1.2%	R=600 L=211.123	2.50	2.50	2.50	2.50
57.16	21.12	21.12	53.35	P=2.49%	R=142.390 L=88.001	2.50	2.50	2.50	2.50
57.12	25.00	25.00	53.40			2.50	2.50	2.50	2.50
57.08	28.88	28.88	53.49			2.50	2.50	2.50	2.50
56.91	50.00	50.00	54.02			2.50	2.50	2.50	2.50
56.93	56.93	56.93	54.21			2.50	2.50	2.50	2.50
57.12	75.00	75.00	54.64			2.50	2.50	2.50	2.50
57.13	88.00	88.00	54.96			2.50	2.50	2.50	2.50
57.20	100.00	100.00	55.26			2.50	2.50	2.50	2.50
58.13	125.00	125.00	55.88			2.50	2.50	2.50	2.50
57.67	150.00	150.00	56.51			2.50	2.50	2.50	2.50
57.15	165.87	165.87	56.90			2.50	2.50	2.50	2.50
57.19	175.00	175.00	57.13			2.50	2.50	2.50	2.50
57.37	200.00	200.00	57.75			2.50	2.50	2.50	2.50
57.05	225.00	225.00	58.38			2.50	2.50	2.50	2.50
56.88	243.22	243.22	58.83			2.50	2.50	2.50	2.50
57.01	256.78	256.78	59.02			2.50	2.50	2.50	2.50
57.31	272.92	272.92	59.05			2.50	2.50	2.50	2.50
57.32	280.10	280.10	59.07			2.50	2.50	2.50	2.50
57.32	280.10	280.10	59.07			2.50	2.50	2.50	2.50
57.31	272.92	272.92	59.05			2.50	2.50	2.50	2.50
57.01	256.78	256.78	59.02			2.50	2.50	2.50	2.50
56.88	243.22	243.22	58.96			2.50	2.50	2.50	2.50
57.01	256.78	256.78	59.02			2.50	2.50	2.50	2.50
57.31	272.92	272.92	59.05			2.50	2.50	2.50	2.50
57.32	280.10	280.10	59.07			2.50	2.50	2.50	2.50

EC L I I I EN S 1/ 1000
 EC L I I EN Z 1/ 100
 PLAN DE COMPARAISON

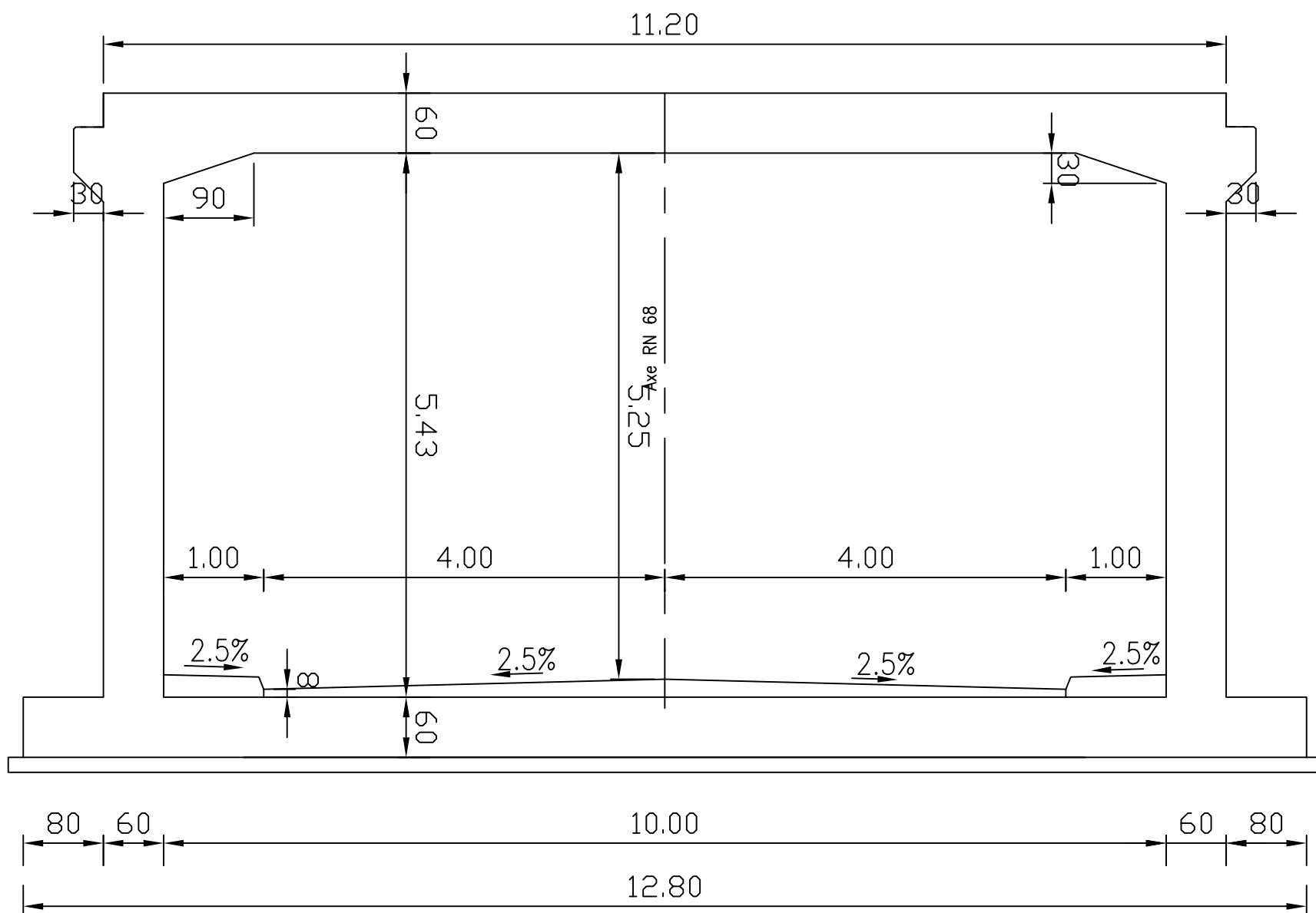
VUE EN PLAN



PLAN DE FERRAILAGE



coupe transversal B-B



EMPRISES AXE 6

N° PROF	EMPRISE GAUCHE	X_EMP GAUCHE	Y_EMP GAUCHE	Z_EMP GAUCHE	EMPRISE DROITE	_EMP ROITE	Y_EMP DROITE	Z_EMP DROITE
1	-10.48	212516.77	505423.45	56.96	10.92	212503.55	505406.62	57.40
2	-10.38	212536.37	505407.92	57.17	10.65	212523.38	505391.39	57.44
3	-9.72	212555.62	505391.96	57.14	9.60	212543.69	505376.77	57.00
4	-8.97	212574.82	505375.93	57.20	9.04	212563.69	505361.76	57.04
5	-8.49	212584.75	505367.53	57.11	8.76	212574.09	505353.96	57.02
6	-7.98	212594.16	505358.28	56.90	8.79	212582.00	505346.72	57.35
7	-7.44	212609.30	505335.66	56.97	8.62	212594.91	505328.54	57.81
8	-7.37	212617.48	505309.79	57.53	7.28	212603.00	505307.49	57.09
9	-6.86	212618.04	505292.59	57.41	6.93	212604.26	505293.05	57.14
10	-6.29	212615.92	505282.18	57.07	6.93	212603.15	505285.60	57.36
11	-6.32	212600.49	505258.25	57.73	6.15	212592.61	505267.92	57.20
12	-8.78	212574.10	505245.46	56.97	6.71	212573.18	505260.92	57.24
13	-10.95	212543.90	505251.13	56.85	9.48	212554.85	505268.38	57.04
14	-9.31	212526.43	505273.50	57.28	9.43	212543.45	505281.35	57.19
15	-8.95	212525.88	505275.53	57.38	9.29	212542.45	505283.17	57.23
16	-9.21	212523.51	505280.05	57.27	8.95	212540.01	505287.66	57.35

EMPRISES AXE 4

N° PROF	EMPRISE GAUCHE	X_EMP GAUCHE	Y_EMP GAUCHE	Z_EMP GAUCHE	EMPRISE DROITE	_EMP ROITE	Y_EMP DROITE	Z_EMP DROITE
1	-9.37	212668.78	505298.05	58.18	9.22	212680.40	505312.56	58.02
2	-9.86	212648.97	505313.30	58.70	8.39	212660.37	505327.54	57.16
3	-8.99	212638.25	505323.00	58.00	8.15	212648.96	505336.37	57.05
4	-8.18	212630.42	505330.39	57.32	8.30	212640.97	505343.05	57.29
5	-7.84	212611.75	505349.31	57.25	8.01	212624.14	505359.18	57.22
6	-7.53	212599.13	505374.34	57.18	7.60	212613.78	505378.08	57.01
7	-7.36	212597.68	505386.56	57.13	7.46	212612.50	505386.66	56.96
8	-7.23	212600.75	505403.30	57.12	8.03	212615.06	505397.99	57.67
9	-7.33	212601.16	505404.63	57.23	8.39	212615.74	505398.73	58.05
10	-9.93	212603.61	505425.82	59.97	11.57	212625.03	505423.96	61.51
11	-9.55	212602.46	505447.66	59.75	9.78	212621.29	505451.99	60.01
12	-9.11	212594.66	505468.23	59.47	9.76	212610.86	505477.91	60.29
13	-8.87	212580.70	505485.37	59.48	10.65	212593.56	505500.04	61.38
14	-7.03	212562.71	505498.88	57.94	7.72	212568.55	505512.42	58.60
15	-6.94	212540.72	505504.61	58.15	8.38	212542.17	505519.86	59.42
16	-6.93	212527.10	505504.64	58.32	8.90	212525.64	505520.41	60.03
17	-5.34	212516.27	505506.51	57.46	8.53	212518.26	505520.23	59.74
18	-5.67	212515.53	505506.29	57.36	8.46	212517.78	505520.24	59.67
19	-7.97	212489.00	505516.33	59.67	8.99	212499.86	505529.35	60.45
20	-8.59	212471.01	505537.62	60.50	10.09	212487.31	505546.73	61.79
21	-7.80	212461.42	505562.41	59.92	9.71	212478.08	505567.82	61.66
22	-7.11	212457.36	505578.48	59.33	9.72	212473.54	505583.09	61.80
23	-7.17	212454.91	505586.84	59.36	8.94	212470.40	505591.26	61.00
24	-7.94	212447.31	505610.67	59.99	8.07	212462.72	505615.06	60.05
25	-6.27	212442.07	505635.17	58.19	7.24	212455.06	505638.88	59.13
26	-6.96	212437.74	505647.84	58.81	7.02	212451.19	505651.68	58.87

PROFIL EN LONG RN25

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	58.500
D1	PENTE= 0.050 %	198.083		
			198.083	58.599
PA1	S= 196.5833 Z= 58.5987 R = 3000.00	3.833		
			201.917	58.603
D2	PENTE= 0.178 %	222.817		
			424.733	59.000
PA2	S= 430.0667 Z= 59.0043 R = -3000.00	0.533		
			425.267	59.000
D3	PENTE= 0.160 %	122.333		
			547.600	59.196
PA3	S= 552.4000 Z= 59.2000 R = -3000.00	4.800		
			552.400	59.200
D4	PENTE= 0.000 %	91.668		
			644.068	59.200
PA4	S= 644.0684 Z= 59.2000 R = -3000.00	11.863		
			655.932	59.177
D5	PENTE= -0.395 %	196.374		
			852.306	58.400
LONGUEUR DE L'AXE 852.306				

TABULATION AXE 3

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	56.972	59.200	212493.011	505446.513	85.040g	-2.50	-2.50
2	25.000	57.258	58.615	212494.916	505471.034	124.829g	-3.79	-3.79
3	50.000	56.997	58.030	212510.808	505489.806	164.618g	-5.07	-5.07
4	70.825	57.401	57.543	212530.507	505495.801	197.763g	-5.21	-5.21
5	75.000	57.512	57.445	212534.680	505495.814	201.851g	-4.42	-4.42
6	100.000	57.824	56.860	212558.920	505490.358	226.337g	-4.42	-4.42
7	125.000	60.239	56.275	212579.342	505476.206	250.822g	-4.42	-4.42
8	150.000	58.328	55.690	212592.962	505455.426	275.307g	-4.42	-4.42
9	161.888	60.616	55.412	212596.430	505444.072	286.951g	-5.21	-5.21
10	175.000	58.993	55.106	212596.853	505431.032	308.917g	-6.00	-6.00
11	200.000	57.132	54.521	212585.756	505409.132	350.800g	-6.00	-6.00
12	225.000	57.221	53.936	212563.583	505398.588	392.683g	-6.00	-6.00
13	248.355	57.076	53.389	212541.018	505402.983	31.810g	-2.50	-2.50
14	250.000	57.116	53.351	212539.574	505403.771	31.810g	-2.50	-2.50
15	256.447	56.963	53.200	212533.916	505406.860	31.810g	-2.50	-2.50

VOLUMES CHAUSSEE AXE 6

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	19.2	5.7	5.2	0.2	0.0
2	25.000	38.4	11.5	10.5	0.3	0.0
3	50.000	38.3	11.5	10.5	0.3	0.0
4	75.000	28.8	8.7	8.0	0.2	0.0
5	88.001	19.0	5.7	5.2	0.2	0.0
6	100.000	28.1	8.4	7.8	0.2	0.0
7	125.000	37.9	11.4	10.5	0.3	0.0
8	150.000	31.0	9.3	8.6	0.3	0.0
9	165.872	19.0	5.7	5.2	0.2	0.0
10	175.000	25.8	7.8	7.2	0.2	0.0
11	200.000	37.9	11.4	10.5	0.3	0.0
12	225.000	37.9	11.4	10.5	0.3	0.0
13	250.000	36.2	10.9	10.1	0.3	0.0
14	272.925	19.1	5.7	5.2	0.2	0.0
15	275.000	5.5	1.6	1.5	0.0	0.0
16	280.096	3.9	1.2	1.1	0.0	0.0
		426	128	118	3	0

VOLUMES TERRASSEMENT AXE 3

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	367.9	0.0	0.0	0.0
2	25.000	343.6	0.0	0.0	0.0
3	50.000	193.8	0.0	0.0	0.0
4	70.825	0.0	18574.9	0.0	0.0
5	75.000	0.0	17606.7	0.0	0.0
6	100.000	0.0	454.7	0.0	0.0
7	125.000	0.0	1816.5	0.0	0.0
8	150.000	0.0	848.0	0.0	0.0
9	161.888	0.0	1205.0	0.0	0.0
10	175.000	0.0	7734.1	0.0	0.0
11	200.000	0.0	1165.0	0.0	0.0
12	225.000	0.0	1435.1	0.0	0.0
13	248.355	0.0	843.8	0.0	0.0
14	250.000	0.0	276.6	0.0	0.0
15	256.447	0.0	226.9	0.0	0.0
		905	52187	0	0

VOLUMES TERRASSEMENT AXE 6

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	0.0	982.6	0.0	0.0
2	25.000	0.0	1711.2	0.0	0.0
3	50.000	0.0	1333.9	0.0	0.0
4	75.000	0.0	822.8	0.0	0.0
5	88.001	0.0	468.1	0.0	0.0
6	100.000	0.0	617.2	0.0	0.0
7	125.000	0.0	870.6	0.0	0.0
8	150.000	0.0	367.1	0.0	0.0
9	165.872	0.0	112.7	0.0	0.0
10	175.000	0.0	93.8	0.0	0.0
11	200.000	14.4	26.3	0.0	0.0
12	225.000	329.4	0.0	0.0	0.0
13	250.000	640.2	0.0	0.0	0.0
14	272.925	252.3	0.0	0.0	0.0
15	275.000	80.6	0.0	0.0	0.0
16	280.096	49.0	0.0	0.0	0.0
		1366	7406	0	0