

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

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

Thème

ETUDE DE L'EVITEMENT DE LA NOUVELLE VILLE
DE BOUINAN SUR 05 KM AVEC CONCEPTION
DE DEUX CARREFOURS

Proposé par :

M^r: SAIDANI ABDELKADER

Présenté par :

MEGUEDDEM MUSTAPHA

Promotion 2012

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Louange à Allah, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous voudrions exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur

Mr : SAIDANI ABDELKADER pour les orientations et les conseils qu'il a su nous prodiguer durant l'évolution de notre projet.

Nous voudrions aussi remercier tous les professeurs de l'ENSTP qui ont contribué à notre formation.

Merci aussi à tous les membres de la direction de travaux public de BLIDA pour leur soutien et leur aide .

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

بسم الله الرحمن الرحيم

الإهداء



الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الخلق وخاتم الأنبياء والمرسلين "محمد صلى الله عليه وسلم"

وعلى آله وصحبه أجمعين، أما بعد:

أهدي ثمرة دراستي وجهدي المتواضع:

إلى التي تعبت وربت وسهرت الليالي من اجلي إلى أُمي الحبيبة.

إلى الذي جعل مني رجلا إلى أبي الغالي.

إلى إخوتي الأعزاء: فاطمة، نصر الدين، فضيلة، زهراء، سعاد دون ان انسى كريمة واحمد وابنيهما يوسف ومريم

الى عمي الغالي عبد النبي

الى استاذي الغالي ربيعي المهدي

إلى كل أعمامي، أخوالي، خالاتي، و كل أبناءؤهم.

إلى عائلة مقدم وكل الأهل والأقارب.

كما لا أنسى أصدقائي: خليل، خالد، باعزيز، علي، عبد الله، نبيل، خياطي، عبد الوهاب، عبد الغاني، عبد الكريم، تيجاني، بكار، حسان، اسماعيل، الحبيب، رضوان، الصادق، حمودة، خالد، بو حفصي، ميلود، بو خشبة، عبد العالي، الطيب، قوميدي، يحي، سليمان، عبد السلام، بلقاسم، البشير، الياس، زكاريا، بوزيد، جمال وإلى كل من عرفتهم في مشواري الدراسي.

وإلى كل طلبة المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية و اخص بالذكر دفعة السنة الخامسة « 2012 »

إليك أنت أيها القارئ...

مقدم مصطفى



SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION GENERALE	01
CHAPITRE1. PRESENTATION GENERALE	
1.Généralités sur la nouvelle ville de bouinane.....	02
2.présentaion et justification du projet.....	03
3. contenu du projet	03
CHAPITRE2 CHOIX DE COULOIRES (avant projet sommaire)	
1.Introduction.....	05
2.la zone d' étude.....	05
3. choix de couloir(APS).....	06
4.conditions de traversées.....	11
5.identification et importance des critères retenus.....	13
6.choix de la variante.....	14
7.Conclusion.....	15
CHAPITRE3 ETUDE DE TRAFIC	
1.Introduction.....	16
2.vocabulaire a connaitre.....	16
3.Analyse des trafics existants.....	16
4.differents types de trafic.....	17
5.modeles de presentaion de trafic.....	17
6.la procedure de determination de nombre de voies.....	18
7.Application au projet.....	21
CHAPITRE4 TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG	
1.Introduction.....	23
2. tracé en plan.....	23
3profil en long.....	27
4.coordination du tracé en plan et du profil en long	30
CHAPITRE5 PROFIL EN TRAVERS	
1.introduction.....	31
2.Les éléments constitutifs du profil en travers.....	31
3. profil en travers type.....	32
CHAPITRE6 CUBATURES	
1.Introduction.....	33
2.Méthode de calcul	33
3.application	34
CHAPITRE7 ETUDE GEOTECHNIQUE	
1.Introduction.....	36
2.réglementation algérienne en géotechnique.....	36
3.les différents essais en laboratoire	36

4.les essais d'indentification	37
5.condition d' utilisation des sols en remblais.....	38
6.les moyens de reconnaissance.....	39

CHAPITRE8 DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEES

1.Introduction.....	40
2.principe de la constitution des chaussées.....	40
3.les differents types des chaussées.....	41
4. méthodes de dimensionnement.....	42
5.Application au projet.....	46
6.Conclusion	53

CHAPITRE9 CARRFOURS

1.Introduction.....	54
2.les types de carrefours	54
3.données a prendre en considération.....	55
4.Principes fondamentaux de conception	55
5. type d'aménagement des carrefour giratoires.....	56
6.caracteristiques geometriques de carrefour	57
7.Application au projet.....	61

CHAPITRE10 HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT

1.Introduction.....	64
2.Objectif de l'assainissement.....	64
3.drainage des eaux souterraines.....	64
4.quelques definitions.....	65
5.Dimensionnement de réseau d'assainissement a projeté.....	67
6.Application au projet.....	70

CHAPITRE11 SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

Signalisation.....	75
1.Introduction.....	75
2.l'objet de la signalisation routière.....	75
3.catégories de signalisation.....	75
4.règles à respecter pour la signalisation.....	75
5.Les types de signalisation.....	75
6.Application projet.....	77
1.Eclairage.....	79
1.Introduction.....	79
2.Catégories d'éclairage.....	79
3.Application au projet.....	79

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF.....	81
--	-----------

CONCLUSION GENERALE.....	82
---------------------------------	-----------

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

A La fin de chaque cycle de formation, l'école nationale supérieure des travaux publics (ENSTP), prévoit dans son programme du deuxième semestre de la cinquième année un travail de fin d'étude qui s'étale sur une durée de trois (03) mois environ.

L'objectif de ce travail, est d'étudier un projet réel afin de permettre de :

- compléter les connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation.
- s'intégrer au monde du travail.
- connaître les missions et les responsabilités d'un ingénieur d'état en travaux publics.

De ce fait l'élève ingénieur est appelé à fournir beaucoup d'effort, faire des observations; des remarques afin de présenter un travail qui est digne de son nom.

C'est dans ce cadre que la direction des travaux publics de Blida nous a proposé un projet de fin d'étude qui consiste en :

L'Etude de l'évitement de la nouvelle ville de bouinan 5(km) avec conception d'un carrefour.

Le projet consiste à contourner la nouvelle ville de bouinan, située sur l'axe (RN29) reliant la ville de chebli à celle de guerrouaou

Les avantages qui découlent de notre projet sont de deux ordres à savoir:

Les avantages directs : qui concernent principalement tous les usagers de la route : gain de temps et de confort, garantir la sécurité et l'économie de fonctionnement des véhicules. Ces avantages peuvent être mesurés en unités physiques (heures, nombre d'accidents, de morts de blessés, journées d'hospitalisation, carburants, ...)

Les avantages indirects : qui ne concernent pas directement les usagers de la route, mais la politique du transport et plus généralement, le développement économique national ou local et l'aménagement du territoire.

CHAPITRE 1
PRESENTATION
DE PROJET

PRESENTATION DE PROJET

1. Généralités sur la nouvelle ville de BOUINANE:


❖ Le contexte général :

➤ Situation géographique :

Poursuivant le programme de réalisation et d'édification de nouvelles agglomérations, tracé par les pouvoirs publics, à l'image de la ville nouvelle de Sidi Abdallah (Alger) ou de Boughezoul (Médéa), le projet tant attendu à voir le jour concernant la conception de la nouvelle ville de Bouinan située dans la wilaya de Blida, Cette nouvelle ville, située à 34 kilomètres au sud de la capitale, sera construite sur une surface de 350 hectares. Elle sera appelée à recevoir principalement des infrastructures de télécommunications, des infrastructures routières et ferroviaires, des équipements administratifs, des habitations et divers équipements collectifs ainsi que l'ensemble des réseaux publics d'infrastructures de base, La nouvelle agglomération de Bouinan, appelée à devenir un pôle économique et universitaire, Outre son impact sur le plan socio-économique.

Limitée au Nord par le Sahel d'Alger et au Sud par la chaîne de l'Atlas blidéen, et orientée Ouest - Est, jusqu'à la ville de Tassala El Merdja, et Est – Nord - Est, entre cette ville et sa limite littorale septentrionale.

La nouvelle ville de Bouinan, distante de 16 km de Blida, offrira à sa concrétisation une bouffée d'oxygène pour les wilayas d'Alger et de Blida qui s'avèrent actuellement saturées

Communes limitrophes de Bouinan		
Boufarik	Chebli	Chebli
Soumaa		Bougara
Chr�a	Hammam Melouane	Hammam Melouane

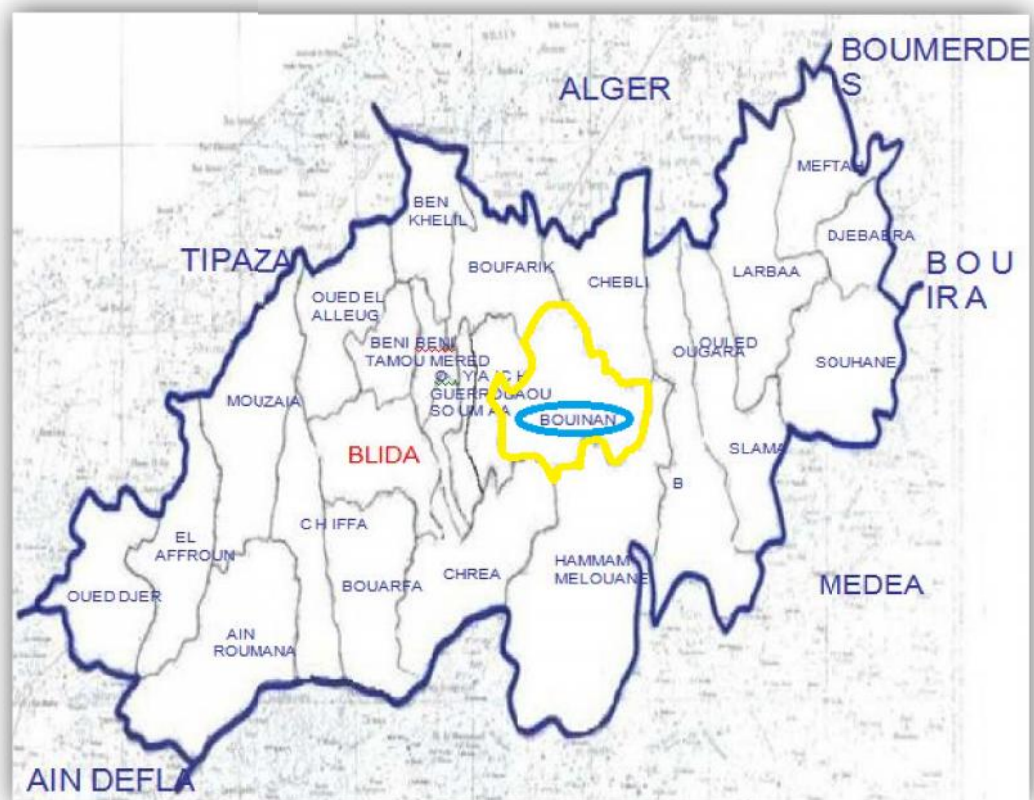


Figure -1- situation géographique de la nouvelle ville de BOUINANE

2. Présentation et justification du projet :

➤ Objectif du projet

- La présente étude d'aménagement des accès routiers de la ville nouvelle de Bouinan a pour but de concevoir un réseau routier permettant aux flux de trafic d'entrée et de sortie une facilité d'accès à la Ville Nouvelle grâce à une gestion efficace du volume de trafic induit par l'aménagement de ladite ville et ce afin de promouvoir l'économie locale d'une part et d'améliorer le cadre de vie des habitants.

3. Contenu du projet :

➤ Aperçu des tracés :

- Après la réalisation du projet de la ville nouvelle de Bouinan, le phénomène (*le problème*) de congestion pourrait se produire au niveau des routes avoisinantes en raison du trafic important provenant de la ville nouvelle. Ces accès routiers ont pour l'objet d'*alléger* la congestion de circulation sur le réseau routier autour de la ville nouvelle au moyen de traitement efficace du trafic en transit et d'affectation du trafic (meilleure répartition des *flux* sur le *réseau routier*) vers le réseau routier.

- Par l'aménagement et la réalisation du réseau routier efficace, il pourra aider au développement efficace des villes importantes avoisinantes et de la *métropole d'Alger* ainsi que la ville nouvelle de Bouinan.



- Au total, 4 axes sont déterminés dans le but de relier avec les autres routes principales telles que l'Autoroute Est/Ouest, la 2ème Rocade d'Alger et la 3ème, et d'améliorer la mobilité et ainsi l'accessibilité.
- Le présent rapport traite des études (APS, APD) de la priorité N°3, 3ème axe défini par ordre de priorité.
- Voici le tableau récapitulatif des traits saillants de chacune des priorités.

Priorité	Caractéristiques
Priorité N°3	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement en tracé neuf qui se connecte aux différents réseaux(CW 116, et CW111) • Linéaire: L= 5 Km (2×2) • Carrefour: 2 Carrefours

CHAPITRE 2
CHOIX DE
COULOIRES(APS)

CHOIX DU COULOIR(APS)

1. Introduction :

Dans cette phase(APS) on va étudier deux variantes afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

2. La zone d'étude :

La zone nord de la Nouvelle Ville de Bouinan ou notre tracé passe est un terrain a relief plat, un espace agricole. Il franchit une zone rurale, peu peuplée.

2.1. Types des contraintes :

L'investigation sur site nous permet de constater que le relief du présent tronçon est plat, les conditions géologiques sont simples, il n'y a pas de risques géologiques très marqués et il n'y a pas de points sensibles qui influencent le tracé non plus. Les principales contraintes sur ce tronçon sont comme suit.

- Les chemins de wilaya sur le long du tracé.
- Les réseaux (électricité, conduites d'eau, gazoducs, oléoducs, conduites d'irrigations etc.
- Les vergers plantés d'orangers.
- l'oueds et cours d'eau.
- Généralement la zone concernée par le projet est une zone agricole.

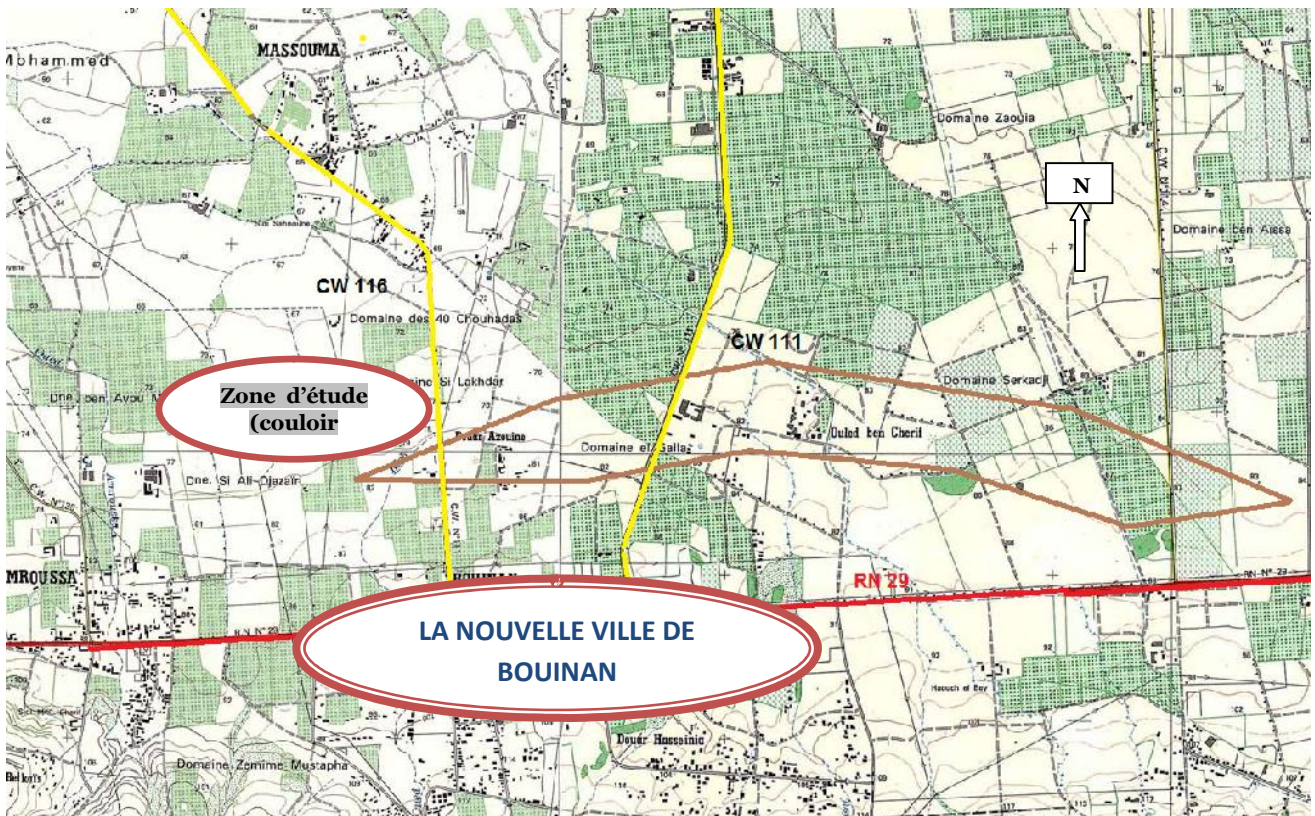


Figure -1- schéma synoptique représentant le fuseau retenu

3. Choix de couloir (APS) :

3.1. Présentation des variantes :

Dans cette phase, on va étudier deux variantes qui passent au nord de la Ville Nouvelle de Bouinan afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

➤ La variante « 1 » :

Ce tracé est le plus court et le plus proche de la ville de la Ville Nouvelle de Bouinan, il traverse un relief plat et évite certaines habitations.

Elle franchit :

- Le C.W 111 (reliant Nouvelle Ville de Bouinan à CHEBLI).
- Le C.W 116 (reliant Nouvelle Ville de Bouinan à BOUFARIK)
- Des Terres cultivées.

↘ La variante « 2 » :

Cette variante passe aussi au nord de la ville de la Ville Nouvelle de Bouinan, elle franchit les mêmes obstacles que la variante 1 (C.W111 C.W116).

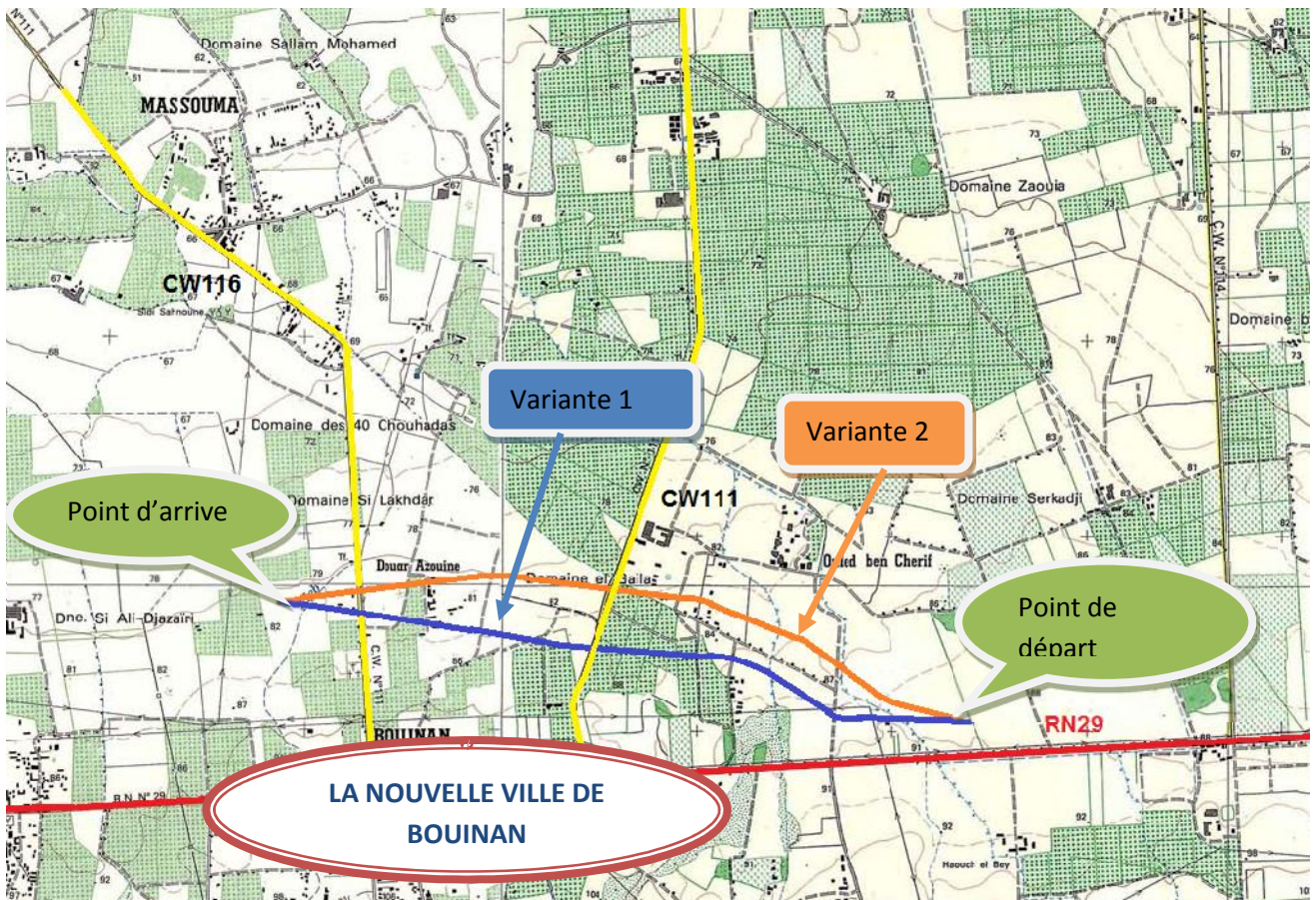


Figure 2 la Variante « 1 » et « 2 »

.Les différentes contraintes :

La projection d'un tracé routier doit tenir compte de son impact sur les différentes contraintes et réseaux existants. Minimiser le nombre de ces contraintes fait partie des critères de choix d'une variante de tracé car il est directement lié au coût du projet et surtout au délai de sa réalisation.

. Contraintes et réseaux divers

L'aménagement en tracé neuf pour la priorité la Ville Nouvelle de Bouinan affecte des contraintes et réseaux divers à l'intérieur de l'emprise du tracé.

Dans le cadre du présent projet, les contraintes et réseaux divers tels que poteau et ligne électrique, conduite d'eau, conduite de assainissement, conduite de refoulement, conduite de gaz

3.2 Poteaux et lignés électriques

L'emplacement des poteaux et des réseaux électriques affectés par le tracé du dédoublement sont donnés dans le tableau suivant. Ces réseaux électriques sont susceptibles d'être déplacés ou surélevés sur place pour l'exécution des travaux de réalisation du dédoublement.

Les différents réseaux électriques rencontrés le long de cette section sont :

Ligne électrique de haute tension (HT)

Ligne électrique de moyenne tension (MT)

Ligne électrique de basse tension (BT)

Lampadaires.



BT à déplacer



MT à Surélever



BT à déplacer



MT à déplacer



MT à déplacer



MT à déplacer



MT à déplacer



MT à Surélever



MT à Surélever



1 MT à déplacer



MT à déplacer



BT à déplacer



MT à déplacer



MT à déplacer



MT à déplacer

Emplacement des réseaux électriques affectés

N°	TYPE DE RESEAU	POTEAUX TOUCHES	MESURES A PRENDRE
1	Ligne MT	6	Displacer
2	Lampadaire	1	Déplacer ou à supprimer

▪ **Conduite d'eau d'AEP et d'assainissement**

Ce réseau est récapitulé dans le tableau suivant :

Localisation des conduits (eau et assainissement) affectées

N°	Type de conduite	Mesures à prendre
1	AEP Ø63	Protéger
2	assainissement Ø600	Protéger
3	Ø200 PEHD	Protéger
4		Déplacer
5		Protéger
6	assainissement	Protéger
7	AEP	Protéger
8		Protéger
9		Protéger
10		Protéger

▪ **Canalisation Gazoduc**

N°	Type de conduit	Mesures à prendre
1	GAZ	Protéger
2	GAZ	Protéger

4. Conditions de traversées

➤ **lignés électriques**

Les conditions générales à respecter pour la traversée des lignes électriques sont :

- Une distance minimale de 10m entre le poteau et l'accotement du dédoublement. Cette distance représente la hauteur moyenne du pylône. Elle est préconisée du fait que lorsqu'il y a une chute éventuelle du poteau perpendiculairement sur la route, ce dernier ne doit pas constituer une gêne pour les usagers.
- Une hauteur minimale par rapport à la chaussée (gabarit) de 8m pour les lignes de moyenne et basse tension et de 9.5m pour les lignes de haute tension

➤ Conduite de Gaz

L'exécution des travaux au niveau de la zone concernée, doit répondre aux précautions suivantes :

La circulation des engins doit être réglementée de manière à éviter toute charge supplémentaire sur le gazoduc.

La réalisation d'une gaine de réserve en béton armé de diamètre supérieur ou égale à 500 mm dont le positionnement est tributaire d'un avis technique sur site.

La réalisation de deux jalons aux extrémités de la gaine de réserve.

La réalisation de deux reniflards aux extrémités du caniveau en béton armé

Obstruction des deux extrémités du caniveau et la gaine de réserve par des briques

. **ANALYSE MULTICRITERES :**

L'analyse multicritères permet de décrire les enjeux du projet et constitue un outil permettant de révéler des préférences selon un certain nombre de critères.

Cette analyse permettra d'apprécier l'intérêt global de cet axe et d'éclairer le choix entre les variantes de tracé définies au regard des critères retenus. Ces derniers seront affectés d'un coefficient de pondération traduisant l'importance et le poids accordé à chacun d'entre eux.

A travers ces coefficients, le maître d'ouvrage accordera l'importance qu'il juge au bien fondé de sa démarche, le décideur quant à lui disposera au final d'un outil où l'importance accordée à ces coefficients de son point de vue lui permettra de faire son appréciation propre et de tester la fiabilité des résultats finaux.

Les principaux critères retenus sont les suivants :

- a. La longueur du tracé ;
- c. Les différentes constructions à démolir ;
- d. Traversée des terrains agricoles à fort rendement ;
- e. La Traversée des différents réseaux (énergie, AEP, assainissement, fibre optique).

5. Identification et importance des critères retenus :

Les préoccupations s'expriment en critères. Ils ont été identifiés comme pertinents pour l'analyse en vue d'opérer un choix et de dégager la variante optimale, destinées à l'étude en phase d'APS. Ces critères fournissent également un ordre de grandeur des effets du projet.

a. Caractéristiques techniques de l'infrastructure :

- La géométrie de l'infrastructure exprimée en longueur ;
- Le relief traversé par l'infrastructure exprimée en volumes de terrassements.

b. L'intégration de l'infrastructure à son environnement physique et humain :

L'intégration de l'infrastructure dans son environnement, se traduit par l'atteinte aux éléments sensibles du milieu physique et humain :

Le milieu physique :

L'atteinte apportée au milieu physique se traduit par le franchissement d'oueds et d'écoulements.

Le milieu humain :

- Les différentes habitations à démolir;
- La traversée des différents réseaux : réseau de transport d'énergie, réseau d'AEP, réseau d'assainissement.
- Les critères de choix définis plus haut, entreront dans la comparaison des variantes proposées assorties de leur coefficient de pondération (importance du critère).

6 . Choix de la variante :

L'intérêt du tableau multicritères sera de montrer la place relative obtenue par chaque variante suivant chaque critère, et de pouvoir déterminer la variante la plus optimale au vue des critères et de la pondération adoptée.

Le tableau suivant reprend les quantités estimées des variantes proposées :

Tableau 10 : Analyse multicritère

Critères		Var 1	Var 2
Linéaire (km)		5.00	4.99
Croisement de piste (u)		8	10
Ouvrage de protection (u)		5	7
Habitations à démolir (u)		0	0
Conduite d'eau (u)		4	6
Réseau d'énergie	Conduite gaz (HP)	3	3
Franchissement d'oued (u)		1	1
Franchissement d'écoulement (u)		4	5

L'analyse multicritère des deux(02) variantes, nous a permis d'opter pour la variante N°1 qui présente les critères techniques les plus avantageuses .

7. CONCLUSION :

L'étude APS a abouti à l'élaboration de plusieurs compte les orientations de l'aménagement urbain de la Nouvelle Ville de Bouinan , et des différentes contraintes environnementales (milieu humain, milieu physique).

Au regard des résultats auxquels nous sommes parvenus, il s'avère que les variantes 1 présentent les meilleurs critères techniques et financiers, ainsi que la meilleure adaptation au plan d'aménagement.

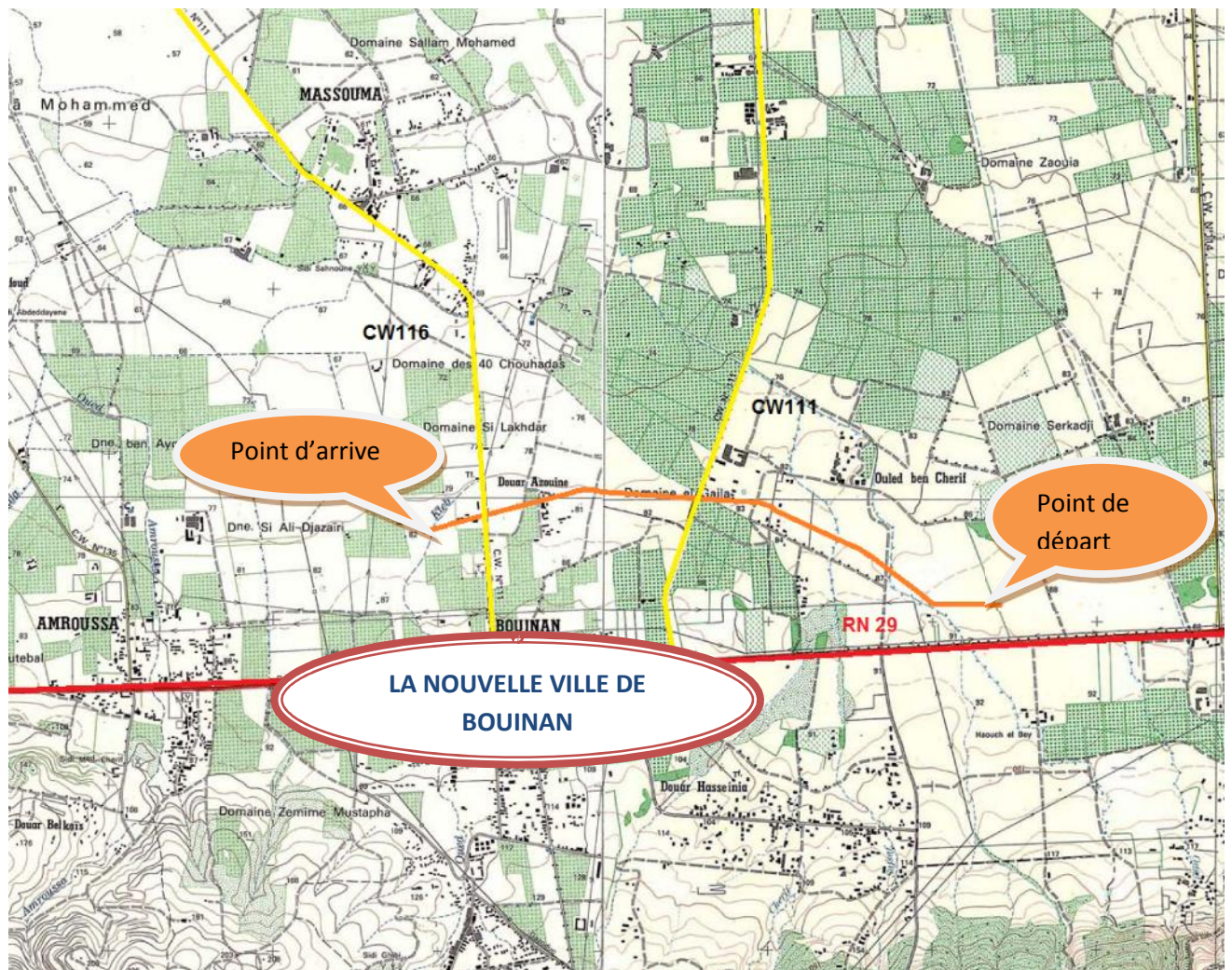


Figure -4- schéma que représenté la variante retenu

CHAPITRE 3

ETUDE DE

TRAFIC

ETUDE DE TRAFIC

1- INTRODUCTION

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit par défaut, soit par insuffisance. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions, d'en quantifier précisément les composantes. C'est le champ des études de circulation.

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale, au travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés.

L'étude de trafic est une donnée nécessaire aux réflexions sur le développement des infrastructures de transport. Elle influera directement sur le choix des caractéristiques des voies à créer ainsi que les chaussées.

Dans ce registre on peut citer des choix possibles:

- Nécessité ou non d'une déviation d'agglomération,
- Choix du tracé par rapport aux zones bâties,
- Position des échangeurs,
- Géométrie des carrefours,
- Dimensionnement des chaussées en fonction des trafics poids-lourds cumulés.

2- VOCABULAIRE A CONNAITRE

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 vis versa (important pour définir les points d'échange),
- **Trafic local:** trafic qui se déplace seulement à l'intérieur de la zone étudiée.

3- L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS

Plusieurs méthodes permettent de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics. On veille, cependant, à adapter le niveau de connaissances aux besoins.

Le coût des investigations conduit à limiter celles-ci à ce qui est nécessaire mais on s'attache à disposer aussi de l'ensemble des éléments permettant de décider en toute connaissance de cause.

Il est également nécessaire de choisir l'outil de mesure susceptible de fournir les informations nécessaires. Enfin, on peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner l'étude de trafic au fur et à mesure de l'avancement de l'étude de l'ensemble du projet.

Les méthodes utilisées peuvent être classées en deux catégories :

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : **les comptages** (automatiques, manuels).
- Celles qui permettent en outre d'obtenir des renseignements qualitatifs : **les enquêtes de circulation**.

4- DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS

On distingue quatre types de trafics :

- **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.
- **Trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens pour atteindre la même destination.
- **Trafic induit** : C'est le trafic qui résulte de :
 - Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
 - Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due à la facilité apportée par le nouvel aménagement routier.
- **Trafic total** : Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié

5- MODELES DE PRESENTATION DE TRAFIC

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constituent des ensembles homogènes, en matière d'évolution ou d'affectation.

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

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

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé.

On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic « T_n » à l'année « n » sera :

$$T_n = T_0 \times (1+\tau)^n$$

Soit : T_0 : Le trafic à l'arrivée pour origine (à l'année zéro).
 T_n : Le trafic à l'année horizon,
 τ : Étant le taux de croissance annuel du trafic.
- **Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :**

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

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

➤ **Modèle gravitaire :**

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

➤ **Modèle de facteur de croissance :**

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

- Le taux de motorisation des véhicules légers et utilisation.
- Le nombre d'emploi.
- La population de la zone.

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

Conclusion:

Pour notre pénétrante, nous utilisons la première méthode **prolongation de l'évolution passée**, parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

6-LA PROCEDURE DE DETERMINATION DE NOMBRE DE VOIES

Le choix du nombre de voie résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation.

Le **Trafic Moyen Journalier Annuel (T.M.J.A)** égal au trafic total de l'année divisé par le nombre de jour ; on l'exprime en **véhicules par jour**.

➤ **Trafic à un horizon donné (T.J.M.A_h) :**

Du fait de la croissance annuelle du trafic, le **TJMA** évolue d'une année à l'autre.

Soit **TJMA_h** le trafic à l'année horizon.

Soit **TJMA₀** le trafic à l'année zéro.

On a:
$$\text{TJMA}_h = \text{TJMA}_0 \times (1 + \tau)^n$$

τ , n sont définies précédemment.

➤ **Trafic effectif (T_{eff}):**

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (**uvp**) en fonction de type de routes et de l'environnement (en plaine, vallonné ou montagneux).

Pour cela, on utilise des coefficients d'équivalence (**P**) pour convertir les **PL** en **uvp** (tableau ci-dessous).

Le trafic effectif est donné par la relation :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] \cdot TJMA_0$$

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon, en (**uvp/j**)

Z : pourcentage de poids lourds.

P : coefficient d'équivalence. Pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route.

Valeurs de P :

Environnement	E1	E2	E3
Routes de bonnes caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Routes étroites	3-6	6-12	16-24

➤ **Débit de pointe horaire normal :**

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon h. Il est donné par la formule :

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

En général, on retient $(1/n) = 0,12$.

Soit : $Q = 0,12 \times T_{\text{eff}} \quad (\text{UVP/h})$

➤ **Débit horaire admissible :**

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

$$Q_{\text{adm}} = K1 \times K2 \times C_{\text{th}} \quad (\text{UVP/h})$$

Valeurs de K_1 :

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.90à0.95

Valeurs de K_2 :

	Catégorie de la route				
environnement	1	2	3	4	5
E_1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E_2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E_3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

C_{th} : La capacité théorique pour des conditions normales de trafic prend les valeurs moyennes suivantes :

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

➤ **Calcul du nombre de voies :**

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :**

On compare Q à Q_{adm} ,

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

- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**

Le nombre de voie par chaussée est le nombre entier :

$$n = S \times Q / Q_{adm}$$

Avec :

S : coefficient traduisant la dissymétrie dans la répartition du trafic, en général égale à $2/3$.

7 - APPLICATION AU PROJET

➤ Données de trafics :

Le trafic à l'année 2010 $TJMA_{2010} = 9850$ v/J

- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$
- Le pourcentage de poids lourds $P_L = 12.1\%$
- L'année de mise en service 2016
- durée de vie de la route 20 ans.

➤ Application numérique :

- Calcul de TJMA horizon :

$$TJMA_{2016} = (1 + \tau)^n \times TJMA_{2010}$$

$$TJMA_{2016} = (1 + 0.04)^6 \times 9850$$

$$TJMA_{2016} = 12463 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2036} = (1 + 0.04)^{20} \times 12463$$

$$\text{Donc } TJMA_{2036} = 27308 \text{ v/j}$$

- Calcul des trafics effectifs :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + P \cdot Z] T J M A_h$$

Avec :

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon.

Z : pourcentage de poids lourds (12.1%)

P : coefficient d'équivalence

$P = 3$ (route de bonnes caractéristiques, E_1)

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0.121) + (3 \times 0.121)] \times 27308$$

$$T_{\text{eff}} = 33916 \text{ uvp/j.}$$

- Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon h , il est exprimé en uvp/h

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

Avec :

(1/n) coefficient de pointe prise égale 0.12

$$Q = (1/n) T_{\text{eff}} = 0.12 \times T_{\text{eff}}$$

$$Q = 0.12 \times 33915$$

$$Q = 4070 \text{ uvp/h}$$

- **Calcul du Débit admissible :**

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

D'après les tableaux de valeur K_1 et K_2 , on a $K_1 = 0.75$ et $K_2 = 1$

Capacité théorique C_{th} (uvp/h)

Donc :

$$C_{th} \geq 4152 / (0.75 \times 1) = 5536 \text{ uvp/h}$$

$$C_{th} = 5536 \text{ uvp/h}$$

On est dans le cas de Route à **chaussées séparées**.

La capacité d'une chaussée dans ce cas doit être : $1500 < C_{th} < 1800 \text{ uvp /h/sens}$

Si on prend $C_{th} = 1800$, le débit horaire admissible sera donc :

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800 = 1350 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{adm} = 1350 \text{ uvp/h}$$

- **Détermination de nombre de voies par sens :**

$$N = (2/3) \times (Q/Q_{adm})$$

$$N = (2/3) \times (4070/1350) = 1.98$$

Donc : $N = 1.98 \approx 2$ voies /sens.

Donc le profil de la pénétrante est **2×2 voies**

CONCLUSION

Les résultats des calculs sont représentés dans le tableau suivant :

TJMA ₂₀₁₀ (v/j)	TJMA ₂₀₁₆ (v/j)	TJMA ₂₀₃₆ (v/j)	T _{eff 2031} (uvp/j)	Q (uvp/h)	N nombre de voie par sens
9850	12463	27308	33916	4070	2

CHAPITRE 4
TRACE EN PLAN
ET PROFIL EN
LONG

TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG

1.Introduction :

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent à garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort adaptées à chaque catégorie d'autoroute.

S'il en résulte une économie sensible ou une meilleure insertion dans le site, il est possible de dissocier les deux chaussées par leur profil en long ou leur tracé en plan.

2. Tracé en plan :

Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

2.1.Valeurs des rayons :

Les rayons en plan doivent respecter les valeurs minimales résumées dans le tableau 5.1.

Tableau 1 Valeurs minimales des rayons du tracé en plan

Catégorie		R80
Rayon minimal	Rm (m)	240
Rayon minimal déversé	Rdm (m)	650
Rayon minimum sans courbe de transition	Rnd(m)	900

2.2.Valeur des dévers

Les courbes de rayon supérieur ou égal à Rnd ne sont généralement pas déversées vers l'intérieur du virage et conservent un profil en toit.

Les courbes de rayon compris entre Rnd et Rdm (rayon au dévers minimal) sont déversées vers l'intérieur du virage avec une pente de 2,5 %.

Les courbes de rayon R inférieur à Rdm sont déversées vers l'intérieur du virage avec une pente transversale dont la valeur est fixée par interpolation linéaire en fonction de $1/R$ entre 2,5 % pour Rdm et 7 % pour le rayon minimal Rm .

En cas de contrainte particulière le dévers peut être limité à 5 %, même au rayon minimal.

Ce tableau présente les valeurs courantes des devers Route de catégorie R 80

Valeur du rayon	Sens du dévers	Valeur du dévers (%)
240 m	vers l'intérieur du virage	7%
Compris entre 240 et 650 m	vers l'intérieur du virage	-0,13+ 1712,2/R
650 m	vers l'intérieur du virage	2,5%
Compris entre 650 et 900 m	vers l'intérieur du virage	2,5 %
900 ni ou plus	en toit	2.5 %

2.3.VISIBILITE

Un conducteur a besoin de temps pour anticiper les événements qui vont se produire sur sa route (présence d'un virage, d'un autre usager, etc.) : il lui faut les percevoir, les analyser, et modifier éventuellement son comportement pour s'y adapter. Compte tenu des vitesses relativement élevées pratiquées en rase campagne, ce temps nécessaire à l'anticipation se traduit par la nécessité de distances de visibilité parfois importantes (90 km/h correspondent à 25 m par seconde).

La bonne conception d'un projet, dans le sens de la sécurité, suppose donc une vérification des conditions de visibilité.

La démarche préconisée est la suivante :

- conception de la trace (tracé en plan, profil en long, profil en travers, selon les indications, implantation et type des carrefours.
- déduction des vitesses pratiquées en chaque point du tracé, et des exigences de distances de visibilité qui en découlent,
- comparaison avec les distances de visibilité effectivement offertes (du fait des masques latéraux, du profil en long, etc.), détection des insuffisances éventuelles et modifications éventuelles du tracé. L'estimation des vitesses pratiquées démarche peut être effectuée manuellement, moyennant quelques simplifications et approximations, mais elle est plus commodément menée à l'aide d'outils informatiques.

2.4. Vitesses

La connaissance des distances de visibilité nécessaires en un point suppose la connaissance des vitesses.

Pour rendre compte des vitesses effectivement pratiquées par les usagers, on utilise, conventionnellement et conformément aux pratiques internationales, la vitesse V85 (parfois notée V85) en dessous de laquelle roulent 85 % des usagers, en conditions de circulation fluide (véhicules dits "libres").

Cette vitesse peut être estimée, en fonction des principales caractéristiques géométriques du site, à partir des fonctions ou des abaques ci-dessous qui traduisent les résultats d'études sur les relations géométrie / vitesse

2.5. Visibilité sur un virage

Le conducteur doit disposer à l'approche du virage d'une visibilité telle qu'il puisse percevoir le virage et Modifier son comportement (trajectoire, éventuellement vitesse) à temps.

La distance nécessaire peut être estimée dans les cas courants à une distance correspondant à 3 secondes Parcourues à la vitesse V85 pratiquée en amont du virage (au point considéré), soit $3 \times V85$ si V85 est exprimée en m/s (l).

Point d'observation : hauteur 1 m, situé à 2 m du bord droit de la chaussée.

Point d'observationné : hauteur 0 m, situé sur l'axe de la chaussée, au début de la partie circulaire du virage.

2.6. Visibilité dans un carrefour plan ordinaire ou dans un accès

L'usager de la route non prioritaire ou de l'accès doit disposer du temps nécessaire pour s'informer de la présence d'un autre usager sur la route prioritaire, décider de sa manœuvre, démarrer et réaliser sa manœuvre de traversée, avant qu'un véhicule prioritaire initialement masqué ne survienne.

Il est nécessaire pour cela qu'il voit à une distance correspondant à 8 secondes (de préférence, sinon 6 s constitue un minimum impératif) à la vitesse V85 pratiquée sur la route principale. Soit $8 \times V85$, ou à défaut $6 \times V85$, la vitcs.se V85 étant exprimée en m/s.

Sur une route à 3 voies, ou à deux fois deux voies comportant un aménagement central (d'une largeur n'excédant pas 5 ou 6 m), ces valeurs sont à porter respectivement à 9 et 7 secondes).

Point d'observation : hauteur 1 m, situé sur la route secondaire en retrait de 4 m par rapport au bord de la chaussée principale.

Point observé : hauteur 1 m, situé sur la route principale sur l'axe de la voie concernée (voie de gauche par rapport au sens de circulation si la route principale est bidirectionnelle avec autorisation de dépasser).

Pour les véhicules en tourne-à-gauche vers la route secondaire, une distance de visibilité équivalente doit être offerte, vis-à-vis du trafic de sens opposé sur la route principale.

2.7.Exemple de calcul de tracé en plan :

→ Les points du tracé en plan :

$$P_1 (X = 501645.5794 \quad Y = 4043493.6865)$$

$$P_2 (X = 501292.5458 \quad Y = 4043623.1488)$$

$$P_3 (X = 501221.4756 \quad Y = 4043658.2013)$$

$$R = 1000 \text{ m.}$$

Pour notre projet on a :

$$R_m = 600 \text{ m} \Rightarrow d = 7\%,$$

$$R_{nd} = 1000 \Rightarrow d = 2.5\%$$

→ Calcul des gisements :

$$\begin{cases} |\Delta x_{12}| = |x_{P_2} - x_{P_1}| = 353.0336 \text{ m} \\ |\Delta y_{12}| = |y_{P_2} - y_{P_1}| = 129.462 \text{ m} \end{cases}$$

$$G_{P_1}^{P_2} = 322.37 \text{ grade}$$

$$\begin{cases} |\Delta x_{23}| = |x_{P_3} - x_{P_2}| = 71.702 \text{ m} \\ |\Delta y_{23}| = |y_{P_3} - y_{P_2}| = 35.053 \text{ m} \end{cases}$$

$$G_{P_2}^{P_3} = 329.17 \text{ grade}$$

$$\begin{cases} |\Delta x_{13}| = |x_{P_3} - x_{P_1}| = 424.1038 \text{ m} \\ |\Delta y_{13}| = |y_{P_3} - y_{P_1}| = 164.515 \text{ m} \end{cases}$$

$$G_{P_1}^{P_3} = 323.55 \text{ grade}$$

Remarque :

Les calculs d'axe sont faits à l'aide du logiciel **PISTE 5.06** et sont joints dans l'annexe.

3.Profil en long :

Par convention, la ligne de référence du profil en long de l'autoroute est l'axe de la plate forme si le T.P.C est revêtu ou sinon, celui du bord gauche des chaussées.

Sauf difficulté d'insertion dans le site, un profil en long en remblai, adapté à la réalisation des terrassements, des chaussées et au maintien des écoulements naturels, est préférable à un profil en long rasant.

La conception du profil en long dépend des conditions d'assainissement, notamment dans la zone inondable.

L'optimisation du profil en long a été réalisée en parallèle avec l'étude d'assainissement et avec la conception des ouvrages courants

1.Valeurs limites :

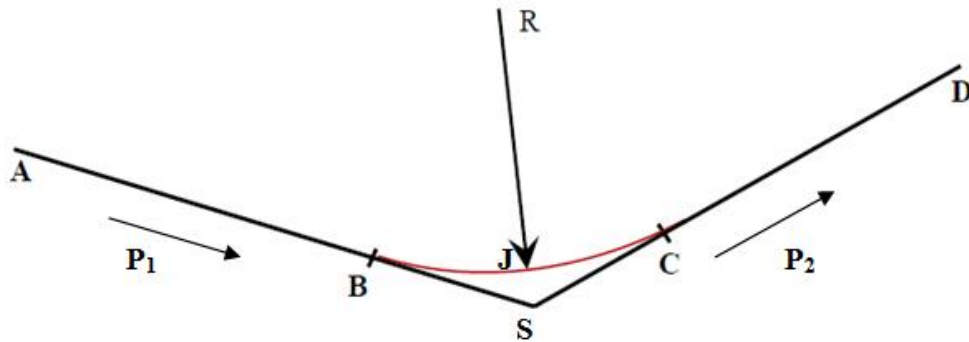
Les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau

Tableau 2 Valeurs limites des paramètres du profil en long

Catégorie	R80
Déclivité maximale (%)	6
Déclivité minimale (%)	0.2 a 0.5
Rayon minimal en angle saillant $R V^{\wedge}$ (m)	3000
Rayon minimal en angle rentrant $R V_{\vee}$ (m)	2200

L'utilisation de rayons supérieurs aux rayons minimaux est préconisée si cela n'induit pas de surcoût sensible.

Exemple de calcul de profil en long (Cas d'un rayon concave) :



→ Les points du profil en long :

$$A \begin{cases} X = 0.000 \\ Z = 85.9078 \end{cases}$$

$$S \begin{cases} X = 379.8499 \\ Z = 84.0846 \end{cases}$$

$$D \begin{cases} X = 689.6991 \\ Z = 83.1035 \end{cases}$$

Rayon $R=10000$ m.

→ Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{Z_S - Z_A}{X_S - X_A} \Rightarrow P_1 = -0.48\%$$

$$P_2 = \frac{Z_D - Z_S}{X_D - X_S} \Rightarrow P_2 = -0.32\%$$

→ Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} \times (|P_1| + |P_2|) \Rightarrow T = 8.17 \text{ m}$$

→ Calcul de la flèche B_X :

$$B_X = \frac{T^2}{(2 \times R)} \Rightarrow B_X = 0.003 \text{ m}$$

→ **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T & \Rightarrow X_B = 371.683 \text{ m} \\ Z_B - Z_S + T \times |P_1| & \Rightarrow Z_B = 84.124 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \mathbf{B(371.683; 84.124)}$$

$$C \begin{cases} X_C = X_S + T = 388.017 \text{ m} \\ Z_C = Z_S - T \times |P_2| = 84.059 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \mathbf{C(388.017; 84.059)}$$

→ **Calcul de la longueur de raccordement:**

$$L=2 \times T \Rightarrow L=16.334 \text{ m}$$

→ **Calcul des coordonnées du point J :**

$$\begin{cases} X_{J/A} = R \times P_1 = 48 \text{ m} \\ Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{(X_{J/A})^2}{2 \times R} = 0.1152 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_j = X_B + X_{\frac{J}{A}} & \Rightarrow X_j = 419.683 \text{ m} \\ Z_j = Z_B - Z_{\frac{J}{A}} & \Rightarrow Z_j = 84.239 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \mathbf{J(419.683; 84.239)}$$

Remarque :

Les calculs sont faits à l'aide du logiciel **PISTE 5.06** et sont joints dans l'annexe.

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, le respect des règles de visibilité et, autant que possible, un certain confort visuel ; ces objectifs incitent à :

- associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :
R vertical > 6R horizontal, pour éviter un défaut d'inflexion.
- supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible ; lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

Les résultats de calcul sont joints en annexe

CHAPITRE 5
PROFIL EN
TRAVERS

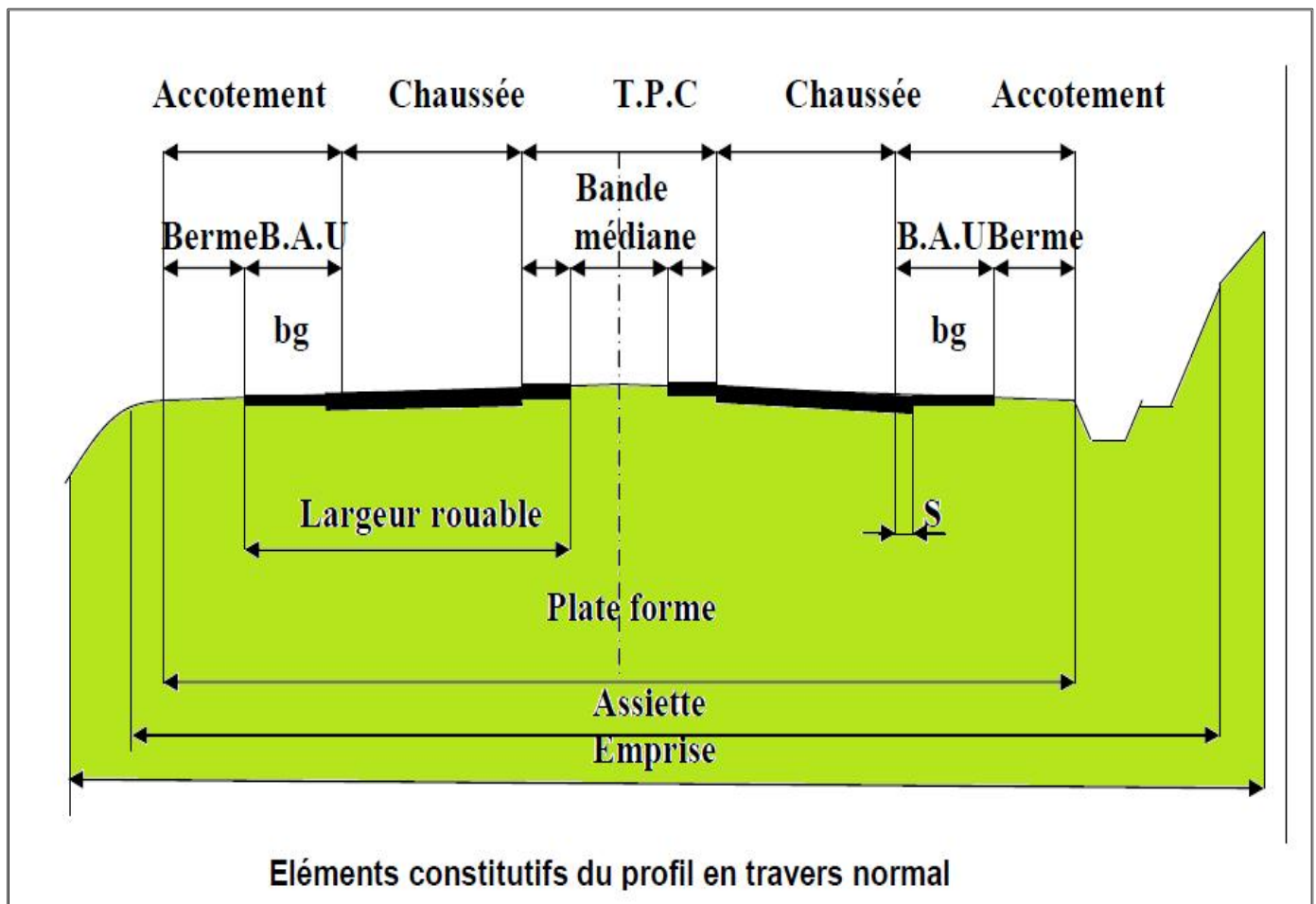
PROFIL EN TRAVERS:

1.INTRODUCTION :

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

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, etc....).

2.Eléments Constitutifs Du Profil En Travers :



➤ **Emprise :**

C'est la surface de terrain appartenant à la collectivité et affectée à la route ou ses dépendances, elle coïncide généralement avec le domaine public.

➤ **Assiette :**

Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

➤ **Plate forme :**

C'est la chaussée, elle comprend la ou les deux chaussées, les accotements et éventuellement les terres plein centrales.

➤ **Chaussée :**

Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.

➤ **Accotement :**

Se sont les zones latérales de la plate forme que borde extérieurement la chaussée, elles peuvent être dérasées ou surélevées.

➤ **Fossés :**

Ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus)

➤ **berme :**

Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, et généralement engazonnée.

➤ **Sur largeur S :**

Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

➤ **Terre plein central**

Pour éviter les mouvements de traverser des véhicules et les mouvements de tourne a gauche vers les accès éventuels.

3.Profil En Travers Type :

Après l'étude de trafic le profil en travers type retenu sera composé d'une chaussée unidirectionnelle.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- **La chaussée de 2*2voies =2*2*3.5=14 m**
- **Accotement de 3m**
- **TPC : 3 m**

CHAPITRE 6

CUBATURES

CUBATURES

1) Introduction

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

2) Méthode de calcul :

Les méthodes qui nous allons utiliser sont celle de la moyenne des aires, c'est une méthode simple mais elle présente un inconvénient de donnés des résultats avec une marge d'erreurs, pour être en sécurité on prévoit une majoration des résultats.

❖ Description de la méthode de la moyenne des aires

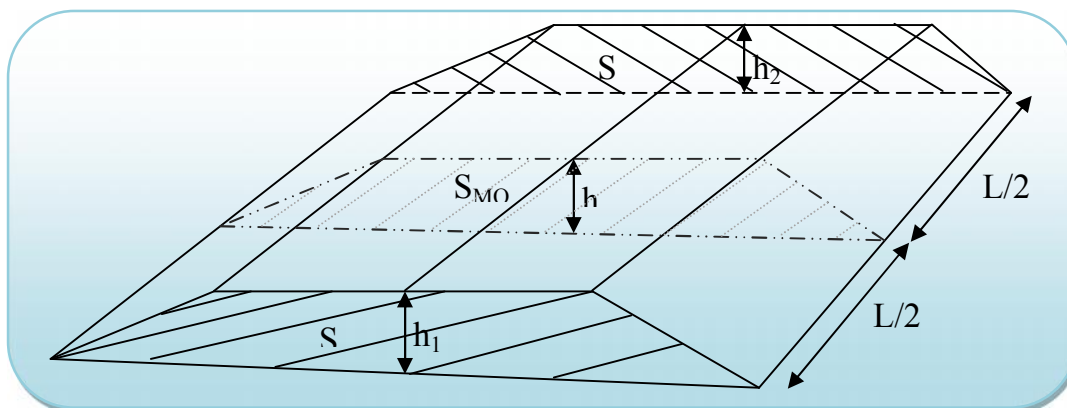
Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :

$$V = \frac{H}{6} \cdot (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

H : hauteur entre deux profils.

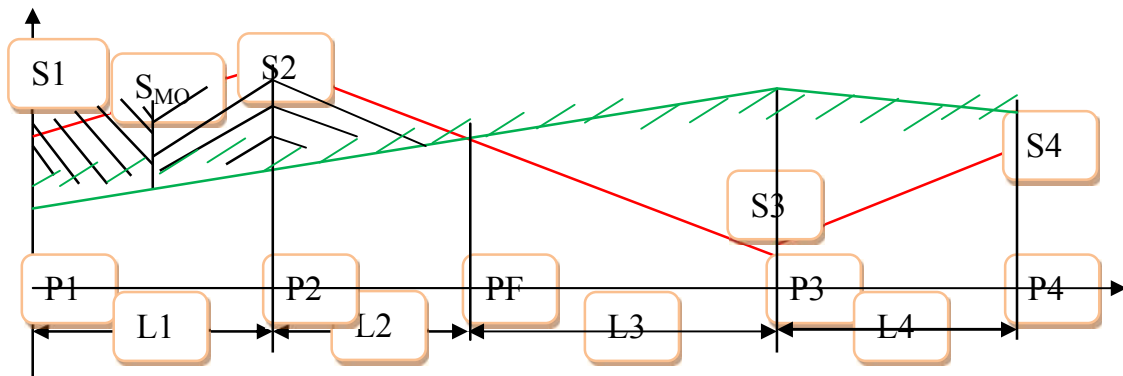
S₀ : surface limitée à mi- distance des profils.

S₁, S₂ : surfaces des deux profils



3) Application :

La figure ci dessous représente le profil en long d'un tracé donné.



PF: profil fictif, surface nulle.

Si: surface du profil en travers P_i .

Li : distance entre ces deux profils .

S_{moy} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance L_i).

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

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

Pour un calcul plus simple on a considéré que : $S_{moy} = \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

$$\text{D'où : } V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

$$\text{Entre } p_1 \text{ et } p_2 : V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

$$\text{Entre } p_2 \text{ et } pf : V_2 = L_2 \cdot \frac{(S_2 + 0)}{2}$$

$$\text{Entre } pf \text{ et } p_3 : V_3 = L_3 \cdot \frac{(0 + S_3)}{2}$$

$$\text{Le volume total } V: V = \left(\frac{L_1}{2}\right) \cdot S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) \cdot S_2 + \left(\frac{L_2 + L_3}{2}\right) \cdot 0 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) \cdot S_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) \cdot S_4$$

Remarque:

Dans cette méthode on distingue deux différentes sous méthodes de calcul dont la première est celle dite de **GULDEN** où les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit du profil. Mais dans l'autre méthode classique les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe (indépendant de la courbure).

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel « Piste » .

Les résultats obtenus sont en annexe mais ici (ci-dessous) nous donnons les résultats final du volume de remblais et deblais et Decapages :

Volumes	Remblais (m³)	Deblais (m³)	Decapages (m³)
Pénétrante	45962	58271	49716

Les résultats de calcul sont joints en annexe

CHAPITRE 7
ETUDE
GEOTECHNIQUE

ETUDE GEOTECHNIQUE

1. Introduction:

La reconnaissance de sol utilisant différents équipements et instrumentation sur terrain ou au laboratoire est un moyen pour le géotechnicien, afin de mieux connaître les sols et surtout le massif de sol étudié appelé à supporter dans des bonnes conditions le projet.

La géotechnique routière est la branche de la géotechnique qui traite des problèmes intéressant la route, dans toutes ses parties. Elle étudie notamment : les remblais, les fondations de chaussée, la construction des diverses couches de la chaussée.

La géotechnique routière a pour objectif :

- De définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour le corps de Chaussée.
- Établir le projet de terrassement.
- Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de chaussée.

2. Réglementation algérienne en géotechnique :

La géotechnique couvre un grand champ qui va de la reconnaissance des sols au calcul et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais de sols en Laboratoire ou en place (in situ).

Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sol couramment réalisés en laboratoire dans le cadre des Études géotechnique, par exemple :

- les essais en place (essais pressiométrique, pénétromètre statique ou dynamique... etc.)
- les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification.

3. Les différents essais en laboratoire :

Les essais faits en laboratoire sont :

- Analyse granulométrique.
- Equivalent de sable.
- Limites d'atterberg.
- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angles.
- Assai Micro Deval.

Le calcul de l'épaisseur des chaussées souples nécessitera des Prélèvements destinés à des essais CBR en laboratoire.

Les essais seront fait à différentes teneurs en eau 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.

4. Les essais d'indentification :

➤ Analyse granulométrique :

Est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite sur un graphique, cette analyse se fait en générale par un tamisage.

➤ Equivalent du sable:

Le but de l'essai de l'équivalent est de déterminer la qualité d' impureté (ou pour déterminer le pourcentage d'impureté dans un échantillon) soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

➤ Limites d'atterberg:

Limite de plasticité (WP) et limite de liquidité (WL), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

WP sépare l'état solide de l'état plastique et WL sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui représentent des limites d'Atterberg voisines, c'est-à-dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité.

$IP = WL - WP$, est donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

➤ Essai Proctor:

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

➤ **Essai C.B.R :**

C'est un essai qui a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner le corps de 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 modifier) avec 3 énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant 4 jours.

➤ **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 « Los Angeles ».

➤ **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.

5. Condition d'utilisation des sols en remblais :

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- -Pierre de dimension > 80 mm
- -Matériaux plastique IP > 20% ou organique.
- -Matériaux gélifs.

On évite les sols à forte teneur en argile.

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

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

6. 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 –site »
- Les essais de laboratoire.

NOTA: A défaut de ne pas avoir eu le rapport géotechnique nous n'avons pas pu traiter la partie géotechnique à l'application de notre projet.

CHAPITRE 8
DIMENSIONNEMENT
DU CORPS DE
CHAUS

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

1. INTRODUCTION :

On entend par dimensionnement des chaussées l'épaisseur à donner à un corps chaussée, Elle doit être suffisante pour qu'elle ait une durée convenable, et non Surabondante pour éviter les dépenses superflues.

Pour cela la qualité de la construction des chaussées, passe d'abord par une Bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, lui permettant de résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges D'exploitation.

La chaussée doit permettre la circulation des véhicules dans les conditions de confort et de sécurité voulue. Si le corps de chaussée se repose sur un sous-sol présentant une portance insuffisante. On est donc amène à apporter sur le sol naturel une épaisseur quelque fois importante de matériaux choisis dont la qualité va croitre au fur et a mesure qu'on se rapproche de la surface de la chaussée car les matériaux seront soumis a pression fort au fur et a mesure qu'il se rapproche de la surface de roulement.

Le calcul et la justification des épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée retenue, sont fixes en fonction des paramètres fondamentaux qui sont :

- ✚ L'environnement de la route.
- ✚ Le trafic.
- ✚ La nature du sol support.
- ✚ Les matériaux choisis.
- ✚ La durée de vie de la chaussée.

VIII.2. PRINCIPE DE LA COSTITUTION DES CHAUSSEES :

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, surement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

- De la charge des véhicules.
- Des chocs.
- Des intempéries.
- Des efforts cisaillements.

3. LES DIFFERENTS TYPES DES CHAUSSEES :

Il existe trois types de chaussée:

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

➤ **les chaussées souples :**

Dans une chaussée souple, on distingue, en partant du haut vers le bas, les couches suivantes :

- La couche de surface ou couche de roulement ;
- La couche de base ;
- La couche de fondation ;
- La couche de forme.

➤ **Couche de surface :**

La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillements provoqués par la circulation. Elle est en générale composée d'une couche de roulement qui a pour rôle :

- ❖ D'imperméabiliser la surface de chaussée.
- ❖ D'assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort des usages (diminution de bruit, bon uni).

La couche de liaison a, pour rôle essentiel, d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général entre **6** et **8** cm.

➤ **Couche de base:**

La couche de base est formée en générale de grave concassée ou de grave bitume, tuf, sable gypseux,...

Elle a pour rôle essentiel de prendre les efforts verticaux et de répartir les contraintes normales qui en résultent sur la couche de fondation sans se déformer ni se dégrader.

La couche de base est constituée avec beaucoup de soin elle doit porter de meilleurs matériaux car les contraintes sont plus élevées vers la surface qu'au fond. L'épaisseur de la couche de base varie entre **10** et **25** cm.

➤ **Couche de fondation:**

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

➤ **Couche de forme:**

La couche de forme est constituée généralement des matériaux disponibles sur le chantier ou localement, elle sera constituée généralement des matériaux sableux ou graveleux Propres. Elle a pour rôle d'améliorer et d'uniformiser certains sols fins non traitée possédant des caractéristiques géotechniques médiocres Actuellement, on tient compte d'améliorer la portance du sol support à long terme, par la couche de forme. L'épaisseur de la couche de forme est en générale entre 40 et 70 cm.

- **les chaussées semi-rigides ;**
- **les chaussées rigides .**

4. METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

Toutes les méthodes existantes de dimensionnement du corps de chaussée s'appuient sur la force portante du sol, le trafic et les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches. Notre corps de chaussée sera dimensionné avec les deux méthodes suivantes :

- **Méthode CBR.**
- **Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTPP.**

Trafic :

Un comptage est effectué en **2010** par le service concerné de la DTP de BLIDA, pour estimer le trafic à l'horizon, on fait une projection jusqu'à l'an **2035**, tout en sachant que la durée de vie de notre projet estimer à **20 ans**, et sa mise en service est prévue pour l'année **2016**.

la valeur du trafic est donnée dans le tableau suivant(2010):

TJMA (v/j)	% PL
9850	12.1

4.1. Methode C.B.R (California – Bearing – Ratio):

C'est une méthode (Semi-Empirique) qui est basée sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90-100) % de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau de moins de 15 (cm). Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon.

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{100+150 \sqrt{P}}{I_{\text{CBR}}+5}$$

➤ I_{CBR} : indice CBR.

En tenant compte de l'influence du trafic, la formule suivant :

$$e = \frac{100 + \sqrt{P} \times [75 + 50 \times \log(\frac{N}{10})]}{I_{\text{CBR}}+5}$$

- N : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide.
- P : charge par roue $P = 6.5$ t (essieu 13 t).
- Log : logarithme décimal.
- e : Epaisseur équivalent.

Notion de l'épaisseur équivalente:

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches, et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient « a » appelé coefficient d'équivalence. L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des équivalents des couches :

$$E_{\text{eq}} = \sum e_i (\text{réel}) \times a_i$$

e_1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.

e_2 : épaisseur réelle de la couche de base.

e_3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.

a_1, a_2, a_3 : sont Les coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches e_1, e_2, e_3 .

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence 'a'
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe e_1 et e_2 et on calcul e_3 , généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB : 6-8 GB : 10-20cm GC : 15-30cm TVO: 30cm et plus

4.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :

Afin de faciliter la tâche à l'ingénieur routier 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 la mise en service.
- **Portance du sol support (Si) :** selon l'indice CBR (voir le tableau).
- **Climat :** l'Algérie est divisée en trois zones (humide, semi aride, aride).

4.3. Méthode du catalogue des structures des chaussées neuves (B60-B61) :

Le catalogue des structures type neuf est établi par « SETRA » .il distingue les structures de chaussée suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB). Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 (véh/j).

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation. Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds à la 20^{ème} année T_i .
- Les caractéristiques du sol (Si).

Détermination de la classe du trafic :

Le trafic est caractérisé par le nombre de poids lourds de charge utile supérieur à 50 (Km) par jour la voie la plus chargée.

Classe de 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	$T > 4 \times 10^7$

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 :

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

TPL : trafic poids lourds à l'année de mise en service.

n : durée de vie (n = 20 ans).

T : 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 par le tableau suivant :

Classe du sol	Indice C.B.R
S1	25 à 40
S2	10 à 25
S3	5 à 10
S4	< 5

Classe de sols.

5. APPLICATION AU PROJET :

5.1. Méthode C.B.R :

$$e = \frac{100 + \sqrt{P} \times [75 + 50 \times \log(\frac{N}{10})]}{I_{CBR} + 5}$$

- **P** : Charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 (t)).
- **Log** : Logarithme décimal.
- **e** : Epaisseur equivalent.

On a :

$$Z = \% PL = 12.1\% ; \quad I_{CBR} = 4.07 ; \quad P = 6.5 (t).$$

$$TJMA_{2016} = 12463 (v/j) \quad \Rightarrow \quad TJMA_{2016/sens} = (12463/2) = 6231 (v/j/sens).$$

$$N_{pl2016} = \% PL \times TJMA_{2016} \quad \Rightarrow \quad N = 0.121 \times 6231 \quad \Rightarrow \quad N_{pl2016} = 754(pl/j).$$

Poids lourd à l'année (2035) pour une durée de vie de 20 ans.

$$N_{pl2035} = 754 (1 + 0,04)^{20} = 1652 (v/j/sens).$$

Donc :

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \times [75 + 50 \cdot \log(\frac{1652}{10})]}{(4.07 + 5)} = 63.28 (cm) \quad \Rightarrow \quad e = 64 (cm).$$

Avec : $E_{eq} = a_1 \cdot e_1 + a_2 \cdot e_2 + a_3 \cdot e_3$

- **e1** : épaisseur réelle de la couche de roulement.
- **e2** : épaisseur réelle de la couche de base.
- **e3** : épaisseur réelle de la couche de fondation.

➤ Calcule l'épaisseur e3 :

$$e_1 = 8 \text{ cm en béton bitumineux (BB)} \quad \Rightarrow \quad a_1 = 2.0.$$

$$e_2 = 14 \text{ cm en grave bitume (GB)} \quad \Rightarrow \quad a_2 = 1,5.$$

$$e_3 = \text{épaisseur en grave non traité (GNT)} \quad \Rightarrow \quad a_3 = 1,0.$$

$$E_{eq} = 8 \times 2 + 14 \times 1,5 + 1,0 \times e_3 = 64(cm).$$

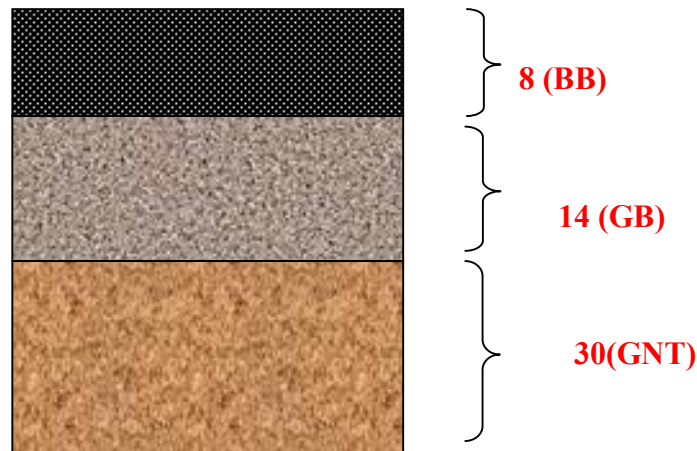
$$\text{Donc :} \quad e_3 = 27(cm).$$

ON PRENT : e3 = 30(cm).

Donc la structure proposée :

$$8 (BB) + 14 (GB) + 30 (GNT) = 52 \text{ cm}$$

Comme indique la figure suivante :



Corps de chaussée méthode CBR.

5.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

➤ **Détermination du type de réseau:**

On a: $TJMA=9850 > 1500 \text{ v/j} \Rightarrow$ Donc le réseau principal est de niveau 1 (RP1).

➤ **Choix des structures types par niveau de réseau principal: (RP1)**

D’après le catalogue de dimensionnement notre choix se fixe sur une structure de type : GB/GNT.

➤ **Détermination de la classe de trafic TPL_i pour RP1:**

- Le projet à la nouvelle ville BUINENE alors la Zone climatique : **Zone I**
- Durée de vie : 20 ans.
- Taux de d’accroissement: 4 (%).
- $TJMA_{2016} = 12463 \text{ (véh/j)}$.

$$TPL = \left[\frac{TJMA_{2016} \times Z}{2} \right] \times 0.8$$

$$TPL = \left[\frac{12463 \times 0.121}{2} \right] \times 0.8 \Rightarrow TPL_{2016} = 603 \text{ (Pl / j /sens)}.$$

D’après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en **TPL5**.

	TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/J/sens				150	300	600	1500	3000
Pour (RP1)	–	–	–	a	a	a	a	a
				300	600	1500	3000	6000

Classe de trafic.

➤ Détermination de la portance de sol support de chaussée:

Le sol doit être classé selon la valeur de CBR de densité Proctor modifier maximal les différentes catégories sont données par le tableau indique les classes de sols:

CBR = 4.07 .D'après le catalogue, l'ordre de portance de sol est de: **S4**.

Classe de sol	indices
S1	25-40
S2	10-25
S3	5-10
S4	<5

Classe du sol.

➤ Amélioration de la portance du sol support:

Dans notre cas on a un sol faible portance S4, alors l'utilisation d'une couche de forme d'épaisseur 60 cm en 2 couches de TUF permet un sur classement de portance du sol qui sera d'une classe S2.

Comme suit :

Classe de portance de sol terrassé (s _i)	Matériau de couche de Forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (s _j)
< S4	Matériaux non traités	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	Matériaux non traités	35cm	S3
S4	Matériaux non traités	60cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	70cm (en 2 couches)	S1

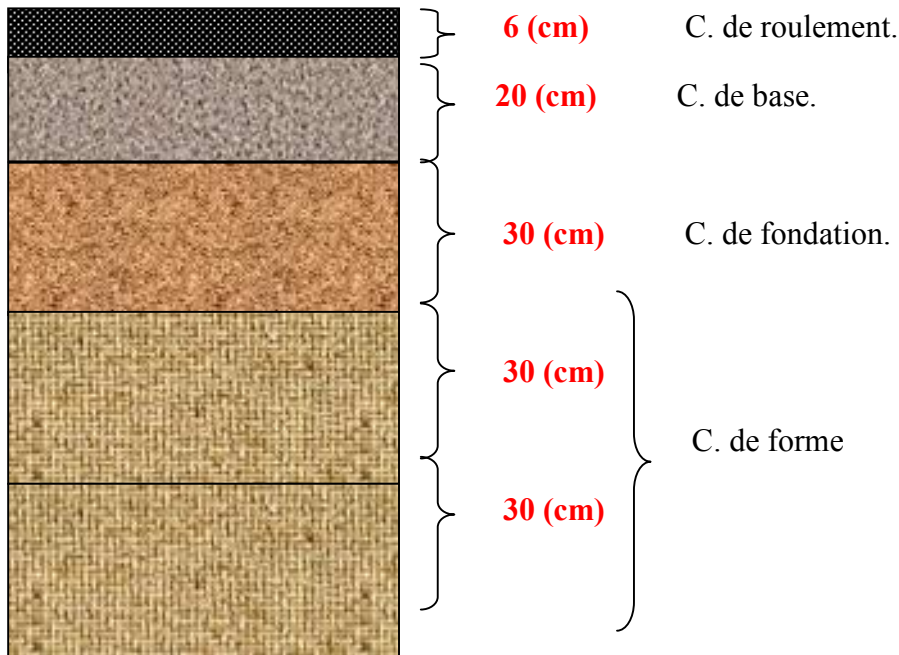
Amélioration de la portance du sol support.

D'après le catalogue des structures on trouve la structure suivant :

Structure rigide (R, fiche no 7) donc on a sol S2 et T5.

- 6cm : couche de roulement en (B.B) : béton bitumineux.
- 20 cm : couche de base en (G.B) : grave bitume.
- 30 cm : couche de fondation en (GNT) : grave non traité.

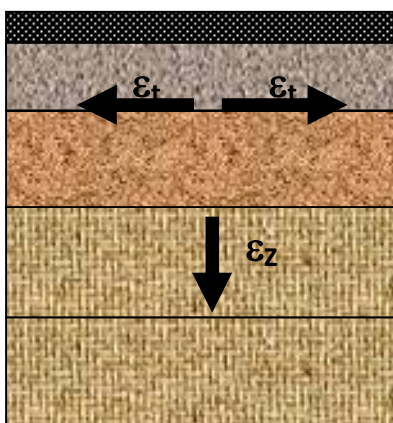
Structure proposée : **6 BB + 20 GB + 30 GNT+ 60 TUF= 116 (cm).**



Corps de chaussée méthode catalogue

➤ **Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :**

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées a l'aide d'alizé III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculée c'est-à-dire respectivement a $\epsilon_{t, adm}$ et $\epsilon_{z, adm}$.



$$\epsilon_z < \epsilon_{z,adm} \text{ et } \epsilon_t < \epsilon_{t,adm}$$

➤ **Calcul de trafic cumule des poids lourds (TCi) :**

$$TC_{2035} = 603 \times 365 \times ((1+0,04)^{20}-1) / (0,04) = 6.55 \times 10^6 \text{ (pl/j/sens).}$$

Niveau de réseau principal (RP _i)	Type 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 : GB/GC, GB/TUF, GB/GC	1

Valeurs du coefficient d'agressivité A.

➤ **Calcul de trafic cumule équivalent :**

$$TCE_i = TC_i \times A$$

$$TCE_{2035} = 6.55 \cdot 10^6 \times 0,6 = 3.93 \times 10^6 \text{ (pl/j/sens).}$$

➤ **Calcul de sollicitations admissibles :**

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ C, 25Hz) \times \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\left[\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})} \times 10^{-t \cdot b \cdot \delta} \times k_c\right]}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235}$$

Température équivalentes	Zone climatique		
	I et II	III	IV
	20	25	30

Choix des températures équivalentes.

Matériau x	E (30°C, 10Hz)	E (25°C, 10Hz)	E (20°C, 10Hz)	E (10°C, 10Hz)	$\epsilon_6(10^\circ C, 25Hz) (10^{-6})$	$\frac{-1}{b}$	S _N	S _h	v	K _C
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

Performances mécaniques des matériaux bitumineux.

Alors d'après catalogue de dimensionnement des chaussées neuves et les tableaux ci-dessus on résume les paramètres suivants :

- θ_{eq} : températures équivalents ($\theta_{eq} = 20C^\circ$) $\Rightarrow E(20^\circ, 10Hz) = 7000Mpa$.
- Classe de trafic (TPL5).
- Risque adoptés pour réseau RP1 ($R\% = 10$).
- C : coefficient égal à 0.02.
- t : **fractile** de loi normal, en fonction de risques adoptés ($t = -1.282$).

$$\delta = \sqrt{\left[S_N^2 + \left(\frac{C}{b} \times S_h \right)^2 \right]}$$

$$\delta = \sqrt{\left[0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3 \right)^2 \right]} \quad \Rightarrow \quad \delta = 0.60$$

Application:

Déformations admissibles verticales :

$$\varepsilon_{z.adm} = 22 \times 10^{-3} \times (3.93 \times 10^6)^{-0.235} \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_{z.adm} = 6.2 \times 10^{-4}$$

Déformations admissibles de traction :

$$\varepsilon_{t.adm} = 10^{-4} \times \left(\frac{3.93 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0.146} \times 10^{-(1.282 \times 0.60 \times 0.146)} \times 1.3 \times \sqrt{\left[\frac{12500}{7000} \right]}$$

$$\Rightarrow \quad \varepsilon_{t.adm} = 1.09 \times 10^{-4}$$

➤ Vérifications avec ALIZE III :

```

BLIDA
POSITION DE LA VALEUR MAXIMALE POUR UN JUMELAGE
A SOUS UNE ROUE SIMPLE
B SOUS UNE DES ROUES DU JUMELAGE
C AU CENTRE DU JUMELAGE
A= 12.500 D= 37.500 Q= 6.620
NOMBRE DE COUCHES 5

*****
* * * * *
* Z * * * * * EPSILON * SIGMA * EPSILONZ * SIGMAZ *
* * * * *
* .00 * * .107E-03C * .953E+01B * -.870E-04C * .662E+01A *
* * * * * E= 40000. * * * * *
* * * * * NU= .35 * * * * *
* * * * * H1= 6.00 * * * * *
* 6.00 * * .484E-04C * .558E+01B * -.532E-04C * .602E+01B *
* ----- COLLE -----
* 6.00 * * .484E-04C * .733E+01B * -.561E-04C * .602E+01B *
* * * * * E= 70000. * * * * *
* * * * * NU= .35 * * * * *
* * * * * H2= 20.00 * * * * *
* 26.00 * * -.941E-04C * -.886E+01C * .874E-04B * .395E+00B *
* ----- COLLE -----
* 26.00 * * -.941E-04C * -.236E+00C * .157E-03B * .395E+00B *
* * * * * E= 3125. * * * * *
* * * * * NU= .25 * * * * *
* * * * * H3= 10.00 * * * * *
* 36.00 * * -.115E-03C * -.370E+00C * .137E-03C * .262E+00C *
* ----- COLLE -----
* 36.00 * * -.115E-03C * -.955E-01C * .242E-03C * .262E+00C *
* * * * * E= 1250. * * * * *
* * * * * NU= .25 * * * * *
* * * * * H4= 20.00 * * * * *
* 56.00 * * -.117E-03C * -.137E+00C * .181E-03C * .161E+00C *
* ----- COLLE -----
* 56.00 * * -.117E-03C * -.226E-01C * .342E-03C * .161E+00C *
* * * * * E= 500. * * * * *
* * * * * NU= .25 * * * * *
* * * * * H5=INFINI * * * * *
* * * * *
*****
* D * * 50.63MM/100 * * R*D *
* R * * 815.33M * * 41281.95M*MM/100 *
*****

MODULES ET CONTRAINTES EN BARS
    
```

➤ **Résultats de la simulation :**

	Déformations calculées	Déformations admissibles
ε_z sol support	0.342×10^{-4}	6.2×10^{-4}
ε_t à la base de GB	0.941×10^{-4}	1.09×10^{-4}

La structure **6 BB + 20 GB + 30 GNT + 60 TUF** est donc vérifiée, car :

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

➤ **Résumé :**

L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants :

méthode CBR

méthode C.T.T.P

8(BB) +14 (GB) +30 (GNT) 6 (BB) + 20 (GB) +30 (GNT) +60 (TUF)

Récapitulatifs des résultats.

6. CONCLUSION :

D'après le tableau ci-dessus, on remarque bien que la méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante et uniforme pour l'ensemble du tracé, alors que la méthode dite CBR nous propose une structure de chaussée avec des épaisseurs nettement moins importantes et différentes selon l'indice portant du sol support.

La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, nous nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes.

- Augmentation de la longévité de la route.
- Disponibilité de crédit d'investissement à court terme pour éviter les fluctuations dans le cas d'un investissement différé à long terme.
- Minimiser les coûts d'entretien.
- Expérimentation de la méthode pour avoir un retour d'expérience suffisant pour sa généralisation et son adoption ou bien à sa révision selon les observations qui seront faites.
- Un meilleur comportement à l'orniérage.

CHAPITRE 9

CARREFEUR

CARREFOURS

1-INTRODUCTION

Un carrefour est un lieu d'intersection de deux ou plusieurs routes en même niveau. Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité des usagers (piétons et véhicules) sont indispensables.

2-TYPES DES CARREFOURS URBAINS

Les principaux types de carrefour que présentent les zones urbaines sont :

➤ **Carrefour en T (type T) :**

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires unique et orthogonale, ou aussi ($\pm 20^\circ$), à l'axe principal. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

➤ **Carrefour en Y (type Y) :**

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°)

➤ **Carrefour en croix :**

C'est un carrefour plan à quatre branches où celles là sont alignées deux à deux formant une intersection en forme de croix.

➤ **Carrefour giratoire ou rondpoint:**

C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinture par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique.

Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

La circulation se fait à sens unique autour d'un anneau (circulaire ou ovale). Aucune intersection ne subsiste ; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°).

En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.

3- DONNÉES À PRENDRE EN CONSIDÉRATION

Les données ci-dessous sont généralement à prendre en considération lors d'une étude de conception ou d'aménagement d'un carrefour existant. Toutes ces informations ne doivent pas, pour autant, faire l'objet d'un recueil de données systématique a priori.

Les données les plus importantes à examiner sont les suivantes :

- La fonction des itinéraires et la nature du trafic qui les emprunte.
- L'intensité et la composante des différents courants.
- Les vitesses d'approche pratiquées ;
- Les informations concernant le nombre, le type, l'emplacement et la cause des accidents qui ont pu se produire au carrefour considéré avant l'aménagement ;
- Les conditions topographiques, notamment la visibilité en plan et en profil en long.

4- PRINCIPES FONDAMENTAUX DE CONCEPTION

La conception des carrefours doit prendre en compte dans les différentes étapes de sa démarche, qu'il s'agisse de la conception générale ou de la conception géométrique, les principes fondamentaux suivants :

- Le respect de la **compatibilité avec le type de route, et les comportements** que ce type induit.
- **L'intégration** et homogénéité des aménagements, contribution au rythme et au sectionnement de l'axe.
- **La lisibilité** de l'aménagement, en favorisant une reconnaissance facile, rapide et non ambiguë du fonctionnement du carrefour abordé.
- **L'optimisation des conditions de sécurité** pour tous les flux de trafic, y compris pour les courants très secondaires.
- Le respect d'un **niveau élevé de fluidité des flux prioritaires.**
- **La prise en compte des usagers particuliers** (piétons, cyclistes, transports en commun, poids lourd).
- **La visibilité :**

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possible, à cet effet il est préconiser d'atteindre des vitesses d'approche à vide

En cas la visibilité insuffisante il faut prévoir :

- Une signalisation appropriée dont le but est d'imposer une réduction de vitesse ou de changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlots séparateurs ou débouché les voies non prioritaires).

5- TYPE D'AMENAGEMENT DES CARREFOURS GIRATOIRES

Les giratoires sont généralement moins coûteux que les intersections à niveau mais ils requièrent une grande surface de terrain et un îlot central de grandes dimensions, en plus, ils se prêtent mal à la circulation des piétons dont il faut prévoir des traversés appropriés.

La priorité dans les giratoires est généralement à gauche (priorité au giratoire).

➤ **Les avantages et les inconvénients du carrefour giratoire :**

• **Les avantages :**

- ✓ Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise l'espace,
- ✓ Modération de la vitesse,
- ✓ Amélioration de la sécurité,
- ✓ Accroissement de la capacité,
- ✓ Diminution des nuisances,
- ✓ Faciliter d'insertion d'un grand nombre des branches,
- ✓ Economie de régulation et d'exploitation,
- ✓ Permet d'autre par des demi-tours.

• **Les inconvénients :**

- ✓ Empiètement d'emprise important,
- ✓ Entretien de l'îlot central et éventuellement les îlots séparateurs.
- ✓ Traversée difficile des piétons,
- ✓ Absence de régulation du trafic, par le non-respect par les usagers de la route du régime de priorité.

➤ **Principaux critères de choix:**

• **La sécurité :**

C'est un critère prioritaire sur une route principale, le giratoire présente toujours un meilleur niveau de sécurité qu'un carrefour plan ordinaire : le nombre et la gravité des accidents sont en générale beaucoup plus faibles.

Il faut cependant noter que le réaménagement d'un carrefour plan ordinaire (voie de tourne à gauche, îlot sur la route secondaire, par exemple) peut permettre d'améliorer très sensiblement le niveau de sécurité (parfois à coût modéré).

• **Le Coût :**

Les coûts des carrefours plans sont très variables selon les contraintes locales, la réutilisation plus ou moins importante de la chaussée existante (dans le cas de réaménagement), leur niveau d'équipement, la réalisation de voies rabattement, etc.

Certains éléments de l'aménagement (éclairage, aménagements paysagers, choix des matériaux ...) peuvent majorer très sensiblement le coût du projet. En outre, il convient de tenir compte des coûts de fonctionnement (l'entretien, éventuellement la consommation électrique due à l'éclairage).

- **Le temps perdu :**

Ce critère est également important sur les axes où circule un trafic de longue ou moyenne distance (rarement prédominant mais que l'on peut décider de privilégier). Il faut aussi tenir compte du trafic d'intérêt local sur les axes d'importance secondaire.

Le temps perdu comprend, en substance, deux composantes dont la part respective varie en fonction des niveaux de trafic en présence :

Le retard lié au trafic, dit retard de congestion, il est dû au non priorité et aux intersections entre les véhicules. Il peut être assimilé au temps d'attente en file et en tête de file.

Le retard géométrique. C'est le retard subi par un véhicule en franchissant l'aménagement, en l'absence de toute gêne due au trafic. En effet un carrefour impose à certains flux des ralentissements

Pour un giratoire, le temps d'attente sont en générale négligeable en rase compagnie.

6-CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE CARREFOUR GIRATOIRE

6-1-Forme et dimension de l'îlot central :

- **La forme :**

L'îlot central est circulaire (la sécurité étant meilleur), plusieurs études de sécurité ont montré un taux d'accidents anormalement élevé sur les giratoire de forme non circulaires (ovales ou autres).

- **Les Dimensions :**

Le diamètre de l'îlot central d'un carrefour giratoire diffère d'un type à l'autre. Certaines généralités peuvent cependant être élaborées.

Le diamètre de l'îlot central d'un carrefour à entrecroisement dépendra de la distance disponible pour l'entrecroisement ainsi que du **débit** et de la **vitesse** de circulation souhaitée. Ainsi, plus on cherche à atteindre des débits élevés et une circulation rapide, plus la longueur d'entrecroisement doit être grande.

Ce qui engendre une augmentation du diamètre de l'îlot central, et donc de l'emprise nécessaire pour l'aménagement du carrefour.

Ce type de carrefour est donc utilisé principalement aux entrées et sorties des autoroutes, surtout en milieu périurbain ou rural, là où l'espace est largement disponible.

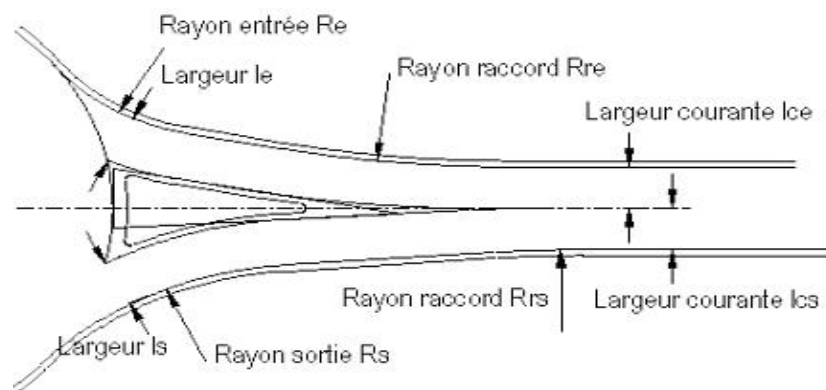
- **Dévers :**

Le dévers de l'anneau de 1 à 2% est dirigé vers l'extérieur, pour les trois raisons suivantes:

- Amélioration de la perception de la chaussée annulaire
- Absence de la rupture dans le raccordement des dévers sur les voies d'entrées et de sorties.
- Facilité de gestion et d'écoulement des eaux de surface.

Récapitulatif des différents paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie.

	Notions	Paramétrage	Valeur courantes (m)			
Rayon du giratoire	Rg	$12 \leq Rg \leq 25m$	12	15	20	25
Largeur de l'anneau	la	$6 \leq la \leq 9m$	7	7	7	8
Sur largeur franchissable	Sl _f	1.5m si $Rg \leq 15m$	1.5	1.5	-	-
Rayon intérieur	Ri	$Rg - la - Sl_f$	3.5	6.5	13	18
Rayon d'entrée	Re	$10 \leq Re \leq 15m$ et $\leq Rg$	12	15	15	15
Largeur de la voie entrante	le	le 4m	4	4	4	4
Rayon de sortie	Rs	$15 \leq Rs \leq 30m$ et $> Ri$	15	20	20	20
Largeur de la voie sortante	ls	$4m \leq ls \leq 5m$	4	4	4.5	5
Rayon de raccordement	Rr	$Rr = 4Rg$	48	60	80	100



6-2-Îlots séparateurs :

- **Fonctions :**

Les îlots séparateurs remplissent 6 fonctions principales :

- Favoriser la perception du carrefour en situation d'approche ;
- Servir de refuge aux piétons, leur permettant de traverser en deux temps ;
- Éviter des collisions entre les deux sens de circulation des branches (surtout lorsque les rayons de sortie sont faibles), en séparant les courants entrants et sortants ;
- Favoriser la capacité, en permettant aux conducteurs en attente devant la ligne d'effet du CEDEZ LE PASSAGE de discriminer plus tôt les véhicules sortants et ceux auxquels ils devront céder la priorité ;
- Permettre l'implantation de la signalisation de direction ; limiter le risque de « prise à contresens » de l'anneau.

- **Aménagement de l'îlot séparateur**

L'îlot séparateur doit être ceint de bordures basses, de préférence rétrofléchis sautés. Le marquage de rive des voies d'entrée et de sortie longent les bordures de l'îlot séparateur à une distance de 0,50 m (5 u au minimum), y compris le marquage de 3 u.

Il ne doit pas supporter d'élément (de décor, de balisage ou de signalisation superflue) dans la zone de visibilité.

La couleur de la surface des îlots séparateurs est de préférence claire, et doit présenter un contraste suffisant (de jour comme de nuit) avec la surface de la chaussée.

Pour les branches très secondaires, il est possible de matérialiser l'îlot séparateur par un simple marquage.

Les courbes qui permettent d'évaser la base de l'îlot sont respectivement parallèles aux bords droits des voies d'entrée et de sortie.

Construction des îlots séparateurs sur les branches des giratoires.

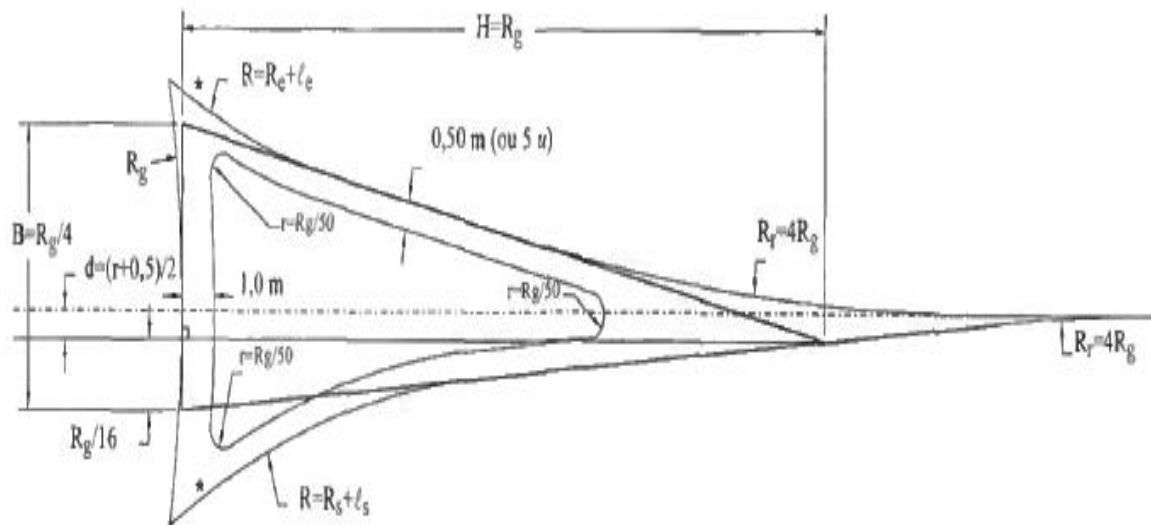


Tableau récapitulatif des différents paramètres de construction des îlots séparateurs

	notatio n	paramétrage	Values courantes (m)			
			$R_g < 1$ 5	$R_g = 1$ 5	$R_g = 2$ 0	$R_g = 25$
Rayon giratoire	R_g					
Hauteur du triangle de construction	H	$H = R_g$	12 à 15	15	20	25
Base du triangle de construction	B	$B = R_g / 4$	3 à 3.7 5	3.75	5.00	6.25
Départ de l'îlot sur l'axe	d	$d = (0.5 + R_g / 50) / 2$ ou 0	0	0.40	0.45	0.50
Rayon de raccordement des bordures	r	$r = R_g / 50$	0.25	0.30	0.40	0.50

7-APPLICATION AU PROJET

Le dévers de l'anneau de 2% est dirigé vers l'extérieur.

➤ **Géométrie de l'entrée :**

Les valeurs pour le dimensionnement du couloir d'entrée sont les suivantes :

Rayon d'entrer de 15 à 20 m, largeur de 4m.

En tout cas, il ne doit pas dépasser le rayon extérieur du giratoire.

Pour notre cas on prend un rayon de 15m avec une largeur d'entrée de 4m. Pour notre carrefour.

➤ **Géométrie de sortie :**

La sortie est généralement limitée à une seule voie .la largeur de cette voie est comprise entre 4 et 5m.

Les valeurs pour le dimensionnement du couloir de sortie sont les suivantes :

Un rayon de sortie de 20 m

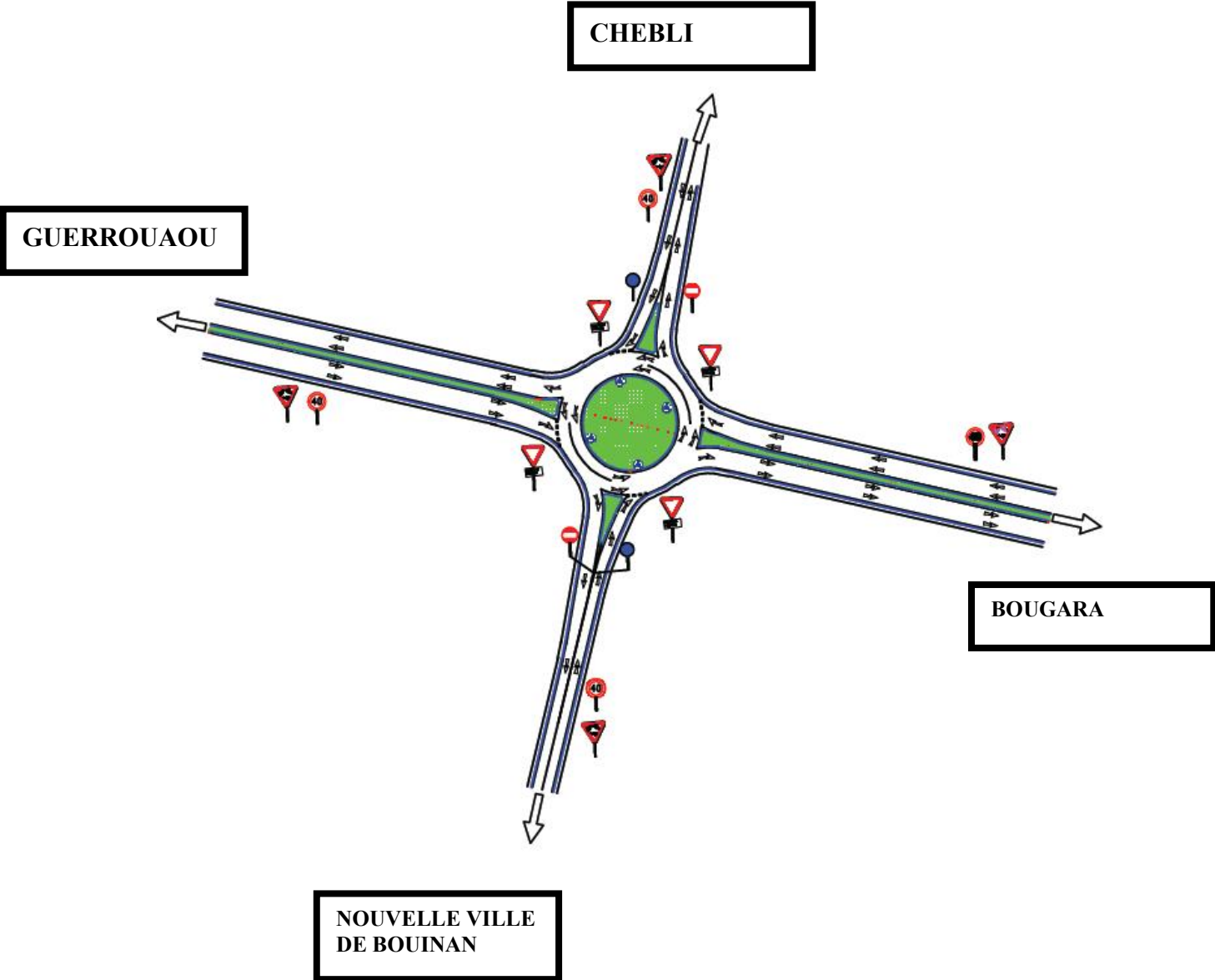
Une largeur de sortie de 5 m

La visibilité :

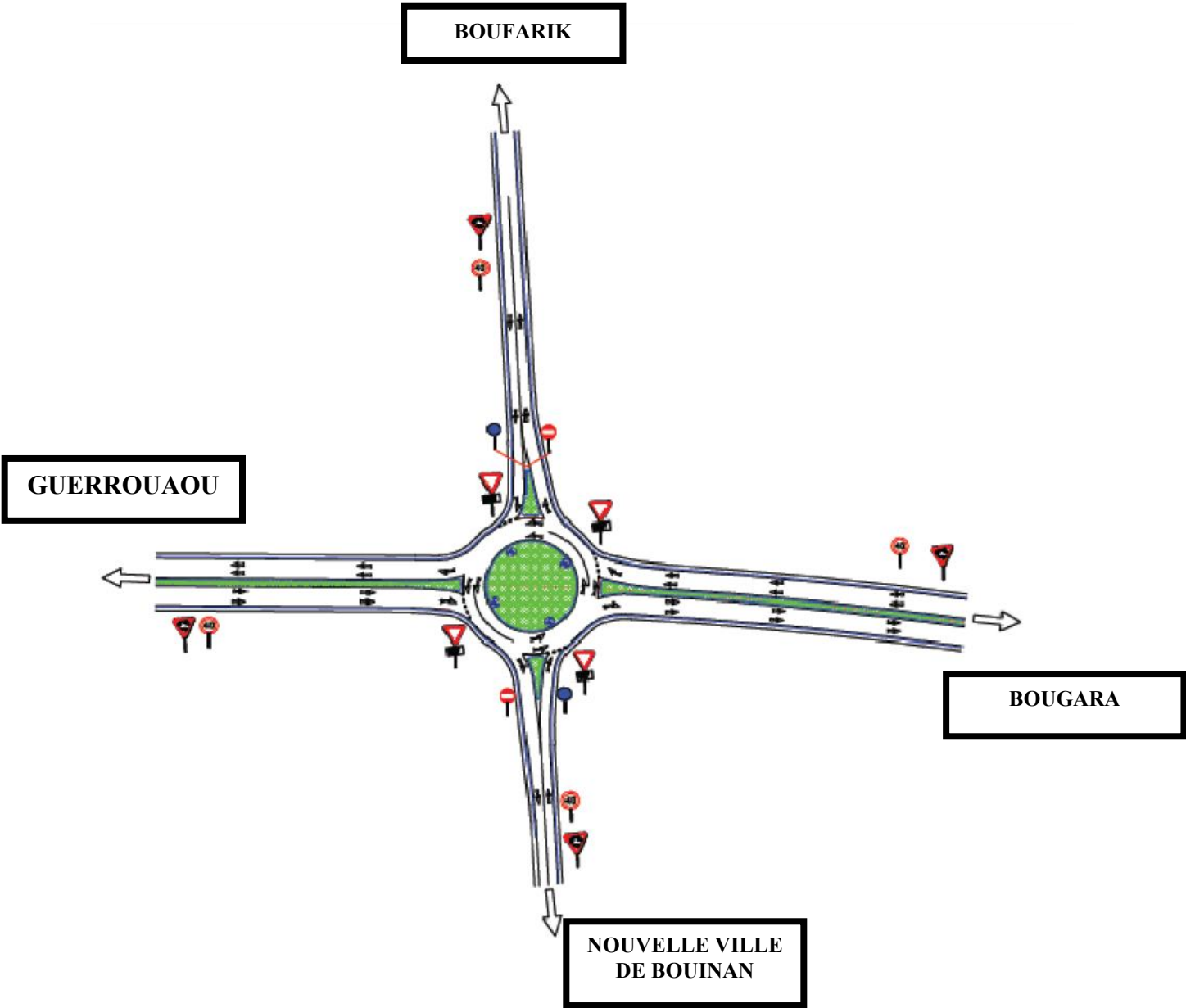
En milieu interurbain, pour donner la visibilité sur le véhicule prioritaire et pour assurer une vision suffisamment, il est utile de maintenir dégagée la zone suivante.

La zone ainsi définie doit être dégagée de tout obstacle à la vue de plus de 1m de hauteur, on peut admettre cependant un obstacle visuel (arbre isolé)

CARREFOUR GIRATOIRE PK 1+650



CARREFOUR GIRATOIRE PK 2+964



CHAPITRE 10

ASSAINISSEMENT

ASSAINISSEMENT

1. Introduction :

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

L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, etc....

Les drainages : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainant et canalisations drainant).

Les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...)

2. Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps d' chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).

3. Drainage des eaux souterraines :

➤ Nécessité du drainage des eaux souterraines :

Les eaux souterraines comprennent d'une part, les eaux de la nappe phréatique et d'autre part, les eaux d'infiltrations. Leurs effets sont nocifs si ces eaux détrempe la plate-forme, ce qui peut entraîner une baisse considérable de la portance du sol.

Il faut donc veiller à éviter :

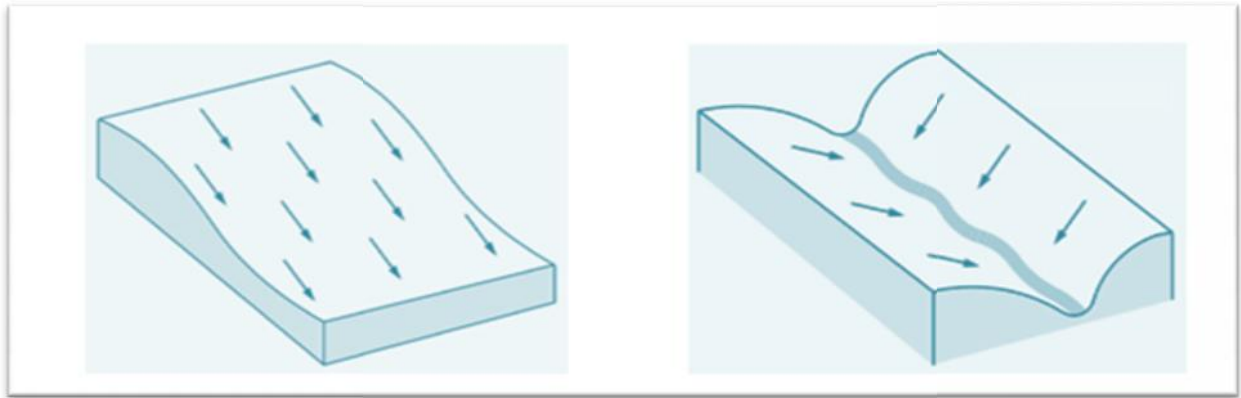
La stagnation sur le fond de forme des eaux d'infiltration à travers la chaussée.

La remontée des eaux de la nappe phréatique ou de sa frange capillaire jusqu'au niveau de la fondation.

4. Quelques définitions :

➤ **Bassin versant :**

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de rencontre des versants vers le haut, où la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré.



➤ **Collecteur principal (canalisation):**

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites collecteurs.

Secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

Les collecteurs sont constitués par des tuyaux enterrés alignés, entre les regards avec un diamètre et une pente constante.

➤ **Chambre de visite (cheminée):**

Ouvrages placés sur les canalisations pour permettre le 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 successives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

➤ **Sacs:**

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

➤ **Fossés de crêtes :**

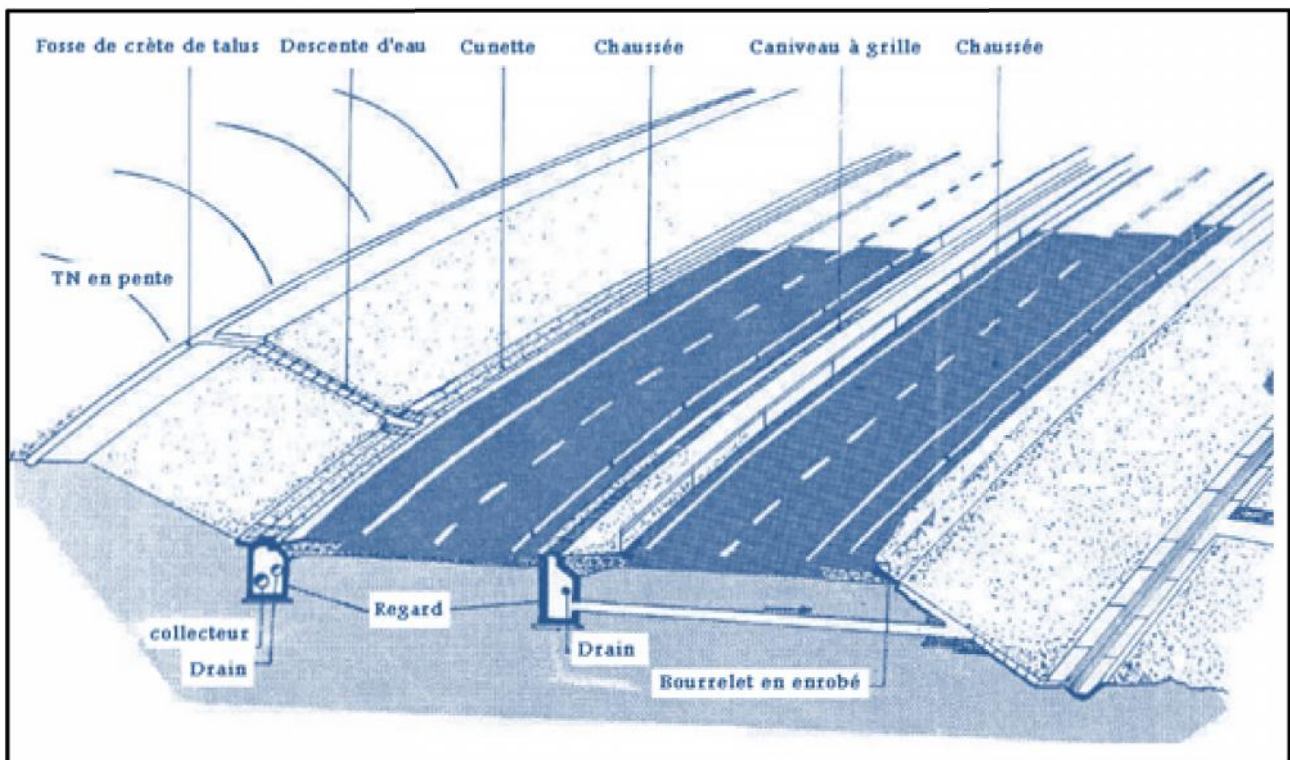
Outil construit afin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des puits.

➤ **Descente d'eau:**

Draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

➤ **Le regard:**

Il est constitué 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.



5. Dimensionnement de réseau d'assainissement à projeter :

Pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par un exutoire, on peut employer la méthode appelée La méthode Rationnelle dont nous rappelons très sommairement le principe:

$$Q_a = Q_s$$

Q_a : débit d'apport en provenance du bassin versant (m³/s).

Q_s : débit d'écoulement au point de saturation (m³/s).

➤ Débits d'apports :

Le débit d'apport est calculé en appliquons la méthode Rationnelle :

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

Avec :

K : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s).

I : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).

C : coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (m²).

Remarque importante :

D'après SETRA: cette formule est empirique elle a été faite pour les unités suivantes :

Q_a en (m³/s) valable pour : i en (mm/h) ; A en (km²) ; $K= 0.278$

Ou

Q_a en (L/s) valable pour : i en (mm/h) ; A en (ha) ; $K= 2.78$

➤ Coefficient de ruissellement 'C' :

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau tombe sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

Tableau -1- Coefficient de ruissellement 'C'

➤ Calcul de précipitation :

La précipitation P_j (%) est obtenue par la formule suivante :

$$P_j(10\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}} \text{ Avec}$$

- P_j : pluie moyenne journalier (mm).
- C_v : coefficient de variation climatique.
- U : variation de Gauss, donnée par le tableau ci-dessus.

- La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie t minute et une période de retour de 10 ans, 50ans, 100 ans. Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en Fonction de la fréquence :

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

Tableau -2- les valeurs de en fonction de la fréquence

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

- Détermination de l'intensité :
- Calcul de la fréquence d'averse

Elle est déterminée par la formule suivante :

$$P_t (\%) = P_j (10\%) (t_c/24)^b$$

P_t : hauteur de pluie de durée t (mm).

b : l'exposant climatique de la région.

t_c : temps de concentration.

- **Le tems 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, Giandoth, comme suit :

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

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$$

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

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$

- Lorsque : $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$:
- Tel que :

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

- T_c : Temps de concentration (heure).
- A : Superficie du bassin versant (km^2).
- L : Longueur de bassin versant (km).
- P : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).
- H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale(m).

➤ débit de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de MANNING STRICKLER :

$$Q_s = S \cdot K \cdot R^{2/3} \cdot j^{1/2}$$

Tel que :

S : section mouillée.

K : coefficient de STRICKLER qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage

Avec :

- K=30 : Paroi en terre.
- K =70 : Paroi en bétons (dalots).
- K =80 : Paroi en bétons (buses préfabriquées).

R : rayon hydraulique (m).

J : pente longitudinale du fossé.

6. Application au projet :

Voici les données hydrologiques de la zone d'étude :

- Les précipitations moyennes de 24h : $P_{24} = P_j = 64.73 \text{ mm}$
- Le coefficient de variation de la région considérée $C_v = 0.32$
- L'exposant climatique de la région $b = 0.32$

Calcul des précipitations maximales journalières de fréquence donnée P(%) :

$U = 1.282$, $C_v = 0.32$, $P_{jmoy} = 64.73 \text{ mm}$.

$$P_j(10\%) = \frac{64.73}{\sqrt{0.32^2 + 1}} \cdot e^{1.282 \cdot \sqrt{\ln(0.32^2 + 1)}} \Rightarrow P_j(10\%) = 92 \text{ mm}$$

Pendant 50 ans :

$U = 2.057$, $C_v = 0.32$, $P_{jmoy} = 64.73 \text{ mm}$.

$$P_j(2\%) = \frac{64.73}{\sqrt{0.32^2 + 1}} \cdot e^{2.057 \cdot \sqrt{\ln(0.32^2 + 1)}} \Rightarrow P_j(2\%) = 117.18 \text{ mm}$$

- L'intensité horaire I:

$$I = \frac{P_j(10\%)}{24}$$

$$I(10\%) = \frac{59.93}{24} \quad I(10\%) = 3.83 \text{ mm/h}$$

$$I(2\%) = \frac{59.93}{24} \quad I(2\%) = 4.88 \text{ mm/h}$$

a- Calcul de la surface du bassin versant:

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnés pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée et l'accotement et le talus.

$$A_c = 0.007 \times 860 \cdot 10^{-3} = 0.00602 \text{ Km}^2$$

$$A_{BAU} = 0.002 \times 860.10^{-3} = 0.00172 \text{ KM}^2$$

$$A_B = 0.001 \times 860.10^{-3} = 0.00086 \text{ KM}^2$$

b- Calcul des débits d'apport :

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

Le débit apporté par la chaussée :

$$C = 0,95 \quad P = 2,5 \%, \quad I (10\%) = 3.83 \text{ mm/h } A = 0.00602 \text{ Km}^2$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0.00602}{0,025}} \Rightarrow t_c = 0.0623 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.83 \times \left(\frac{0,0623}{24}\right)^{0,32-1} \Rightarrow I_t = 219.664 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{chaussée}} = 0.278 \times 0,9 \times 219.664 \times 0.00602 \\ \Rightarrow (Q_a)_{\text{chaussée}} = 0.33085 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit apporté par LA BAU :

$$C = 0,95 \quad P = 2,5 \%, \quad I (10\%) = 3.83 \text{ mm/h } A = 0.00172 \text{ Km}^2.$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0.00172}{0,025}} \Rightarrow t_c = 0.033 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.83 \times \left(\frac{0.033}{24}\right)^{0,32-1} \Rightarrow I_t = 336.312 \text{ h}$$

$$(Q_a)_{BAU} = 0.278 \times 0,9 \times 336.132 \times 0.00172 \\ \Rightarrow (Q_a)_{BAU} = 0.0064 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit apporté par l'accotement :

$$C = 0,4 \quad P = 4\% \quad I (10\%) = 3.83 \text{ mm/h } A = 0.00086 \text{ Km}^2$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0.00086}{0.04}} \Rightarrow t_c = 0.0131 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.83 \times \left(\frac{0.0131}{24}\right)^{0,32-1} \Rightarrow I_t = 632.184 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{accotement}} = 0.278 \times 0,4 \times 632.184 \times 0.00086$$

$$(Q_a)_{\text{accotement}} = 0.0604 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dimensionnement des fossés :

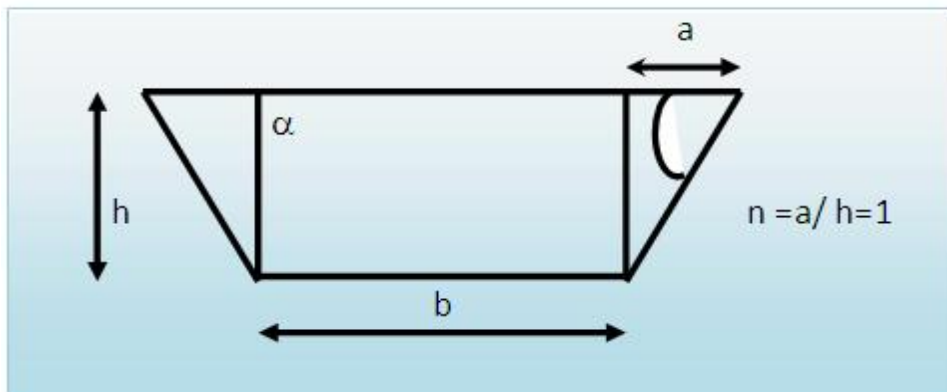
A partir des résultats obtenus précédemment :

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

$$J = 2\% \quad K_{ST} = 70, \quad b = 0,5 \text{ m}$$

$$1,56 = 70 \cdot h \cdot (0,5 + 1 \cdot h) \cdot \left[\frac{h \cdot (0,5 + 1 \cdot h)}{0,5 + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + 1^2}} \right]^{2/3} \cdot (0,02)^{1/2}$$

J'ai obtenue par calcul itératif : $h \approx 0,38$, donc je propose $h = 0,5 \text{ m}$



Cas d'un dalot :

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle. Les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

La section transversale des dalots peut avoir de diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de forme rectangulaire.

-
- **Recherche les dimensions des dalots :**

Le dimensionnement des dalots est en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées, Pendant le temps de concentration (t_c).

Dans notre projet les dalots sont en béton armé qui nous donne un coefficient de rugosité $K_{st}=70$.

-Calcul de débit Q_a :

$$\text{On a : PK : } 04+520 \text{ m} \quad A=9.32 \text{ ha} \quad It=16.759 \text{ mm}$$

$$Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A = 2,78 \cdot 0,2 \cdot 16.759 \cdot 9.32 = 8.684 \text{ m}^3/\text{s}$$

La surface mouillée :

$$S_m = 0.8H \times B$$

Le périmètre mouillé :

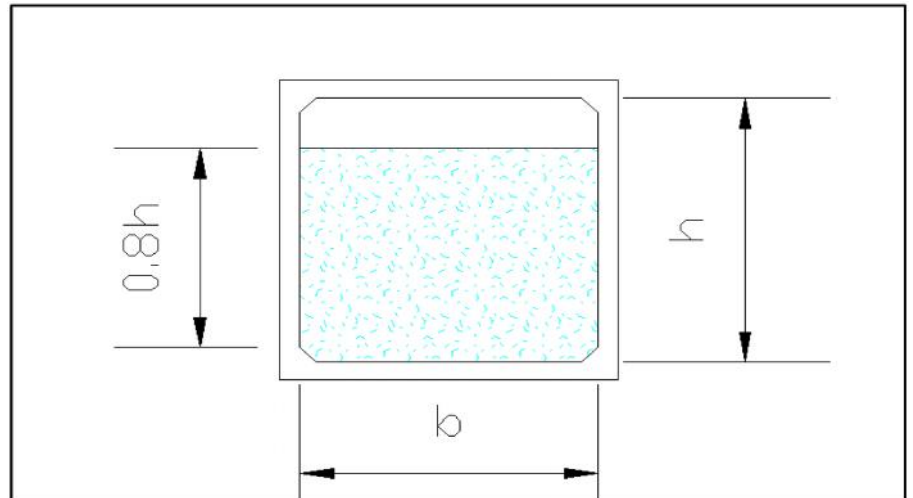
$$P_m = 1.6H + B$$

Le rayon hydraulique :

$$R = \frac{0.8H \times B}{1.6H + B}$$

$$Q_a = Q_s = K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot S \cdot R^{2/3}$$

J=pente de radier de dalot en (%).



$$H = \frac{1}{0.8B} \left(\frac{Q_a}{K_{st} \cdot J^{1/2}} \right)^{3/5} (1.6H + B)^{2/5}$$

Et par calcul itérative on tire la valeur de H qui vérifie cette inégalité.

On fixe b=1,5m et on trouve : H=1,5m.

Tableau récapitulatif des débit :

Localisation	Les débits
PK:3+771	9,01898099
PK:5+975	5,13106941
PK:6+760	7,74473218
PK:7+348	4,1371689
PK:7+558	4,99042221

Tableau récapitulatif des ouvrages courants :

Localisation	Les ouvrages
PK: 3+771	Dalot (1,5*1,5)
PK: 5+975	Dalot (2,*2,5)
PK: 6+760	Dalot (2.5*2)
PK: 7+348	Dalot (1,5*1,5)
PK: 7+558	Dalot (1,5*1,5)

CHAPITRE 11

SIGNALISATION

SIGNALISATION

1. Introduction :

La signalisation routière enquire une importance de plus en plus grande au fur et à mesure que la circulation se développe et que la vitesse des véhicules augmente.

Le but de la signalisation est de rendre plus sur et facile la circulation et d'assurer aux usagers la sécurité totale.

Le gabarit réduit ainsi que les caractéristiques du profil en long nécessitent une signalisation particulière.

Les problèmes que cette signalisation doit résoudre sont les suivants :

- Annoncer la proximité du passage souterrain et de son gabarit réduit, et indiquer clairement quelle file de circulation y mène.
- Faire ralentir (éventuellement) les véhicules qui sont engagés dans la file menant au souterrain.

2. L'objet de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

3. Catégories de signalisation :

On distingue :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

4. Règles à respecté pour la signalisation:

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.

5. Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

❖ Signalisation horizontale :

Le marquage des chaussées doit indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

Les marquages horizontaux se divisent en trois types :

❖ Marquages longitudinaux :

- Lignes discontinues de type T1, T2 ou T3.
- Lignes mixtes : lignes continues doublées par ligne discontinue du type T1 dans le cas général.

❖ Marquages transversaux :

- Ligne STOP : c'est une ligne qui oblige les usagers de marquer un arrêt et elle est continue
- Ligne «cédez le passage » (T1, 5U).
- Ligne «effet des signaux » (T2, 3U).

❖ Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

❖ Signaux de danger :

- Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).
- Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

❖ Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction.
- L'obligation.
- La fin de prescription.

Catégories de panneaux :

Panneaux de danger ; (type A) triangle équilatéral, pointe en haut.

Signaux de réglementation, se subdivisent en :

- signaux de priorités (type B)
- signaux d'intersection ou de restriction (type C)
- signaux d'obligation (type D)

Signaux d'indication

6.Application au projet:

La signalisation de notre projet est basée sur les points suivants:

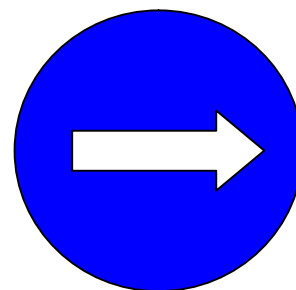
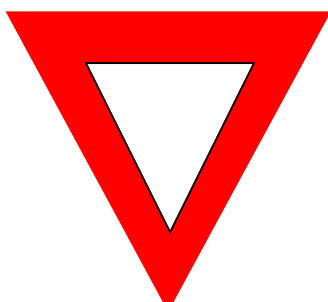
- ❖ **Marquage peint**
- ❖ **Signalisation verticale**

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de pré signalisation (type G1).
- Panneaux de signalisation type (E₃, E₄).
- Panneaux donnant les indications utiles pour les conduites de véhicules (Type E₁₄, E₁₅).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).

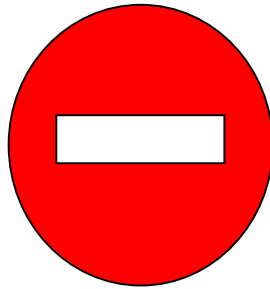


VITESSE LIMITEE

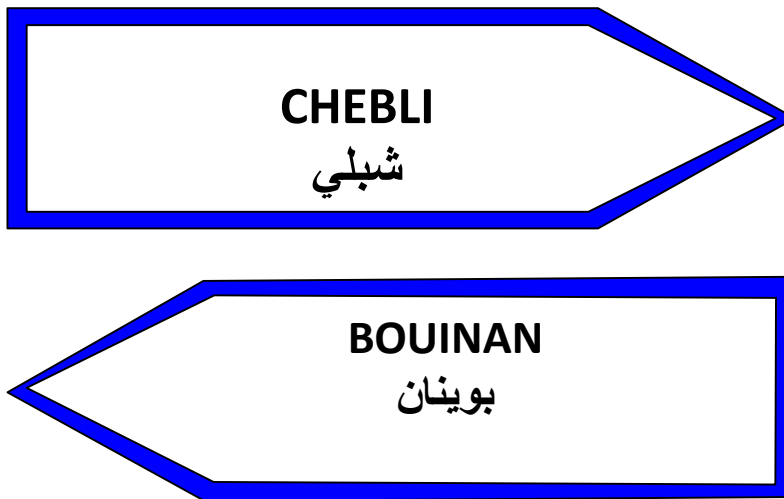


SENSE OBLIGATOIRE

SENSE INTERDIT



SIGNALISATION DE DIRECTION (type E4)



(E4)

ECLAIRAGE :

1.Introduction :

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement.

Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentiels.

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.

3. Application au projet :

❖ Le giratoire :

La bordure du trottoir doit être parfaitement visible ; on adopte à cet effet des dispositifs réfléchissants ou lumineux. On place en retrait de sa bordure, un foyer (A) dans l'alignement de chacune des voies aboutissantes (appareils défilés).

❖ Le croisement des autres routes :

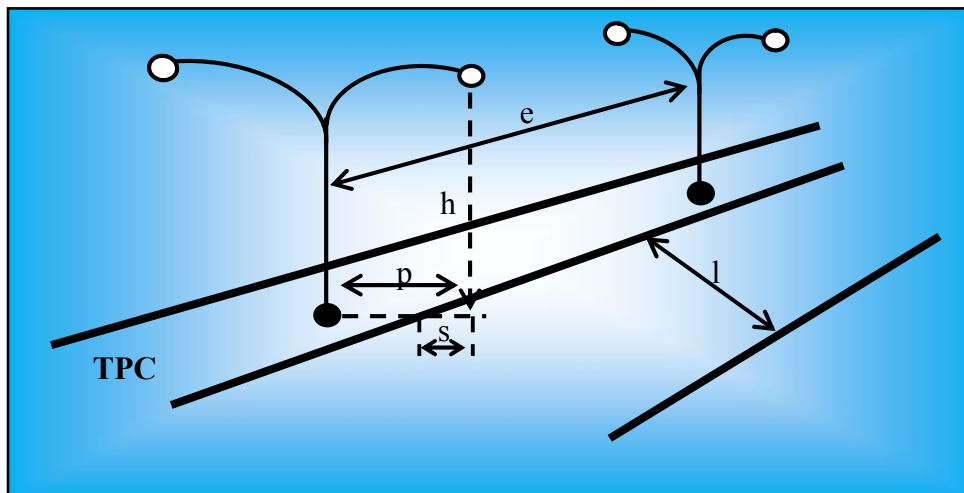
La bordure du trottoir doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs réfléchissants ou lumineux on place ensuite des foyers de l'ordre de 12m de hauteur de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour différents sens.

Croisement de deux éclairages :

Il ne faut pas créer un point lumineux au centre du croisement car il se produirait à l'entrée du carrefour une zone très éclairée qui rendait moins visible la zone du carrefour proprement dit.

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.



❖ Eclairage de la voie (le long de la route) :

Pour l'éclairage de la voie (le long de la route) des lampadaires sont implantés du part et d'autre de la voie espacés de 20 m l'un par rapport à l'autre.

❖ Eclairage de giratoire :

- Puisque l'îlot central est important pour le giratoire en place :
- 3 luminaires (A), installés sur des mats droits d'une hauteur de 12 m.
- 3 luminaires (B), installés sur des mats droits d'une hauteur de 10 m.
- Ensemble de 3 appareils d'éclairage (C), installés sur des mats droits d'une hauteur de 15 m.

CHAPITRE 12
DEVIES
QUANTITATIF

DEVIES QUANTITATIF

designation	unite	prix unitaire (en DA)	quantité	montant
1) Acquisition de terrain	M2	2000	120272	240544000
total(1)=		240544000		
2) L'installation de chantier et repliement	F	3% du total (3+4+5)		
Total(2)=		10721763,48		
3) préparation de terrain				
Débroussaillage d'arbre	m2	250	40	10000
Déplacement des poteaux électriques	Unité	300000	5	1500000
Total(3)=		1510000		
4) Terrassement				
Décapage de terre végétale épaisseurs de 20 a 30 cm	M3	80	46682	3734560
déblais mis en remblais	M3	450	0	0
déblais mis en dépôts	M3	240	53259	12782160
remblais d'emprunt	M3	600	34078	20446800
Total(4)=	36963520			36963520
5) chaussée				
Accotement en TUF	M3	820	2444	2004080
Couche de fondation en GNT	M3	2000	31507	63014000
Couche de base en grave bitume GB	T	4200	43296	181843200
Couche d'imprégnation en émulsion 700 à 800 g/m2	T	100000	90,2	9020000
Couche d'accrochage dosée 200à 300g/m2	T	78800	8,77	691076
Couche de roulement en béton bitumineux BB	T	4800	12988,8	62346240
Total(5)=	318918596			318918596
6) Ouvrage d'art	M2	52000	0	0
Total(6)=	0			
7) Ouvrage d'art courant et assainissement	F	10% du total (3+4+5)		
Total(7)=	35739211,6			
8) Impact sur l'environnement	F	1% du total (3+4+5)		
Total(8)=	3573921,16			
9) Déviation des réseaux	F	3% du total (3+4+5)		
Total(9)=	0			
10) Eclairage: signalisation et équipements routiers	F	5% du total (3+4+5)		
Total(10)=	17869605,8			
11) Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	F	2% du total (3+4+5)		
Total(11)=	7147842,32			
TOTAL (HT)	672988460,4			
TVA 17% (TOTAL(HT))	114408038,3			
TTC TOTAL(HT) + TVA	787396498,62			

Sept cent quatre-vingt sept millions trois cent quatre-vingt seize mille quatre cent quatre-vingt dix huit Dinars Algérien et soixante deux centime.

CONCLUSIN GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La bonne conception de la route s'appuie sur la conformation des caractéristiques à normes routières.

Tout d'abord, nous avons essayé dans ce projet de respecter toutes les normes existantes qu'on ne peut pas négliger et qu'on a pris en considération, le confort, la sécurité des usagers puis l'économie.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation.

Cette étude d'APD nous a permis de cerner tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet routier.

Elle était l'occasion pour nous de tirer profit de l'expérience de personnes du domaine, et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour l'élaboration d'un projet de travaux publics.

Encore une fois, ce modeste travail nous a poussé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels: **Piste+5.06** et **AUTOCAD**, vue leur traitement rapide et la précision de leur résultats.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- Cours de routes de 4^{ème} année ENSTP
- Cours de routes de 5^{ème} année ENSTP
- Cours d'hydraulique de 4^{ème} année ENSTP
- A.R.P(aménagement des routes principales)
- Catalogue de dimensionnement des chaussées Neuves(c .t.t.p)
- Les signaux routiers(SETRA)
- ENSTP : anciennes mémoires de fin d'étude