



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem
كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie



Département de Génie Civil

N° d'ordre : M...../GCA/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTERACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Voie et Ouvrages d'Art

Thème

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE LA VILE DE BENI SAF
SUR 6 km**

Présenté par :

- GUEMIRI Baghdad

Soutenu le 23/06/2022 devant le jury composé de :

Président: ZELMAT Yacine

Examineur: AYAD Tayeb

Encadrant : REZIGUA Ahmed.

Année Universitaire : 2021 / 2022

Résumé :

Le réseau de la voirie de la ville de Beni Saf ne possède qu'une seule voie de dégagement à partir du centre ville et atteint un degré de saturation très avancé qui s'accroît d'avantage en période estivale.

L'étude envisagée a pour objet la recherche d'un tracé évitant la ville de Béni Saf dans sa partie sud, à partir du route national 96 vers localité : beni khaled et permettant de soulager la ville du trafic de transit. En outre, ce contournement devra servir de dégagement complémentaire à partir de la ville de Beni Saf.

Notre projet de fin d'étude comporte l'étude de l'évitement de la ville de Beni Saf sur 6 km et présente une lecture des normes du tracé routier, les méthodes de dimensionnement de chaussée, les aménagements routiers adéquats et les ouvrages de drainage nécessaires pour la préservation des routes.

Mots clés : Evitement ; Trafic ; tracé ; dimensionnement ; aménagement routier ; ouvrage de drainage

Abstract

The network in Beni-Saf city has only escape route from its center, witch reached a very advanced level of saturation that accentuates advantage in summer.

The study aims to search for a route for a route avoiding in Beni-Saf city at its southern part, from the national road number 96 to Beni-Khaled location and to relieve the traffic in the city. In addition this workaround should be used as further release from Beni-Saf city.

Our final project of studies involves investigating an avoidance in Beni-Saf city for 6 km of linear and allows a reading about different norms of conception and design of roads, improvement and adequate drainage structures witch are necessary for the preservation of preservation of routes.

Key words: Avoidance; traffic; route; sizing; road construction; work; drainage

ملخص

إن شبكة الطرق لمدينة بني صاف لا تحوي إلا على طريق اجتنابي مما أدى بشبكة المواصلات إلى الوصول لمستوى متقدم من التشبع خاصة في موسم الاصطياف
تهدف الدراسة المقترحة إلى الوصول إلى طريق اجتنابي كحل للإفراج عن شبكة الطرق و التخفيف من حدة حركة المرور داخل المدينة و ذلك انطلاقا من الطريق الوطني رقم 96 إلى حي بني خالد.
ينطوي هذا المشروع المقدم على دراسة لطريق اجتنابي لمدينة بني صاف على مسافة 6 كم أين يسمح لنا بقراءة واضحة لمعايير انجاز الطرق مع احترام سبل اختيار التصاميم المناسبة للطرق و ضرورة إيجاد الهياكل اللازمة من جل الحفاظ على هذه المنشأة القاعدية كاتجاز شبكات صرف المياه على سبيل المثال.

الكلمات المفتاحية. طريق اجتنابي ; حركة المرور ; الطريق ; الهياكل ; التصاميم ; شبكات صرف المياه

sommaire

Chapitre 1	Introduction	1
Chapitre 2	Présentation Du Projet	
	1. Définition De La Route :	2
	2. Le Réseau Routier Algérien :	2
	3. Situation Du Projet :	2
	4. Présentation De La Ville De Beni Saf :	2
	5. Les Etablissements Chargés Des Travaux Publics Dans La Wilaya :	3
	6. Réseau Routier :	3
	7. Cadre De L'étude :	3
	8. Description De L'évitement :	4
	9. Objectif Du Projet :	4
Chapitre 3	Impacts Sur L'environnement	
	1. Introduction :	5
	2. Cadre Juridique :	5
	3. Impact Sur L'agriculture :	5
	4. L'impact Sur La Nature :	6
	5. L'impact Sur Les Habitants :	6
	6. Conclusion :	7
Chapitre 4	Etude Cinématique	
	1. Les Paramètres Géométriques	8
	1.1. Classification Des Routes :	8
	1.2. Environnement De La Route :	9
	1.3. Vitesse De Référence :	10
	1.4. Application Au Projet :	10
	2. Les Paramètres Cinématiques	11
	2.1. Distance Minimale De Freinage :	11
	2.2. Temps De Perception Et Réaction :	11
	2.3. Distance D'arrêt	12
	2.4. Distance De Perception :	12
	2.5. Distance De Sécurité Entre Deux Véhicules :	13
	2.6. Distance De Visibilité Et Manœuvre De Dépassement :	13
	2.7. Application Au Projet :	14
Chapitre 5	Etude De Trafic	
	1. Introduction :	15
	2. Analyse Du Trafic :	15
	3. Différents Types De Trafic :	15
	4. Modèles De Présentation De Trafic :	16
	5. Calcul De La Capacité :	17
	6. La Procédure De Détermination De Nombre De Voies :	17
	7. Application Au Projet :	18

Chapitre 6	Etude géométrique	
	Trace En Plan	
	1. Introduction :	20
	2. Définition :	20
	3. Règles A Respecter Dans Le Tracé En Plan :	20
	4. Les Eléments Du Tracé En Plan :	21
	5. Application Au Projet :	22
	6. Les Raccordements Progressifs :	23
	7. Les Conditions De Raccordement :	24
	8. Les Paramètres Du Raccordement Circulaire :	25
	9. Combinaison des éléments de tracé en plan	26
	10. Application Au Projet :	27
	Profil En Long	
	1. Définition :	30
	2. Combinaison Des Alignements Et Des Courbes En Profil En Long :	30
	3. La Ligne Du Projet (Ligne Rouge) :	30
	4. Limitation Des Déclivités :	31
	5. Raccordement En Plan Vertical :	32
	6. Calcul Des Eléments Constituant Un Raccordement Parabolique :	32
	7. Différents Cas De Raccordement :	32
	8. Coordination Du Tracé En Plan Et Du Profil En Long :	34
	9. Application Au Projet :	34
	Profil En Travers	
	1. Définition :	36
	2. Les éléments du profil en travers :	36
	3. Profil en travers des routes nationales :	38
	4. Largeur des voies circulations :	38
	5. Eléments de sécurité liés au profil en travers :	39
	6. Pentes transversales en alignement (et courbe non déversée) :	40
	7. Pentes transversales et dévers en courbe :	40
	8. Transition du profil en toi jusqu'au profil à pente unique	41
Chapitre 7	Dimensionnement Du Corps De Chaussée	
	1. Introduction :	43
	2. Principe De La Constitution Des Chaussées	43
	3. La Chaussée :	44
	4. Les principaux rôles des couches :	46
	5. Les différents facteurs déterminants pour les études de dimensionnement de chaussée :	46
	6. Différentes méthodes de dimensionnement :	47
	7. Application Au Projet :	51
Chapitre 8	Calcul Des Cubatures	
	1. Introduction:	54
	2. Définition :	54
	3. Méthode De Calcule Des Cubatures :	54
	4. Application Au Projet	56

Chapitre 9	Etude Du Carrefour	
	1. Introduction :	57
	2. Données Apprendre Pour L'aménagement D'un Carrefour :	57
	3. Principe Généraux D'aménagement D'un Carrefour : [9]	58
	4. Type Des Carrefours :	59
	5. Type De Conflit Dans Un Carrefour :	60
	6. Type D'aménagement :	61
	7. Caractéristiques Géométriques De Carrefour Giratoire : [12]	63
	8. Application Au Projet :	65
Chapitre 10	Ouvrage D'art	
	1. Introduction :	66
	2. Présentation De L'ouvrage :	66
	3. Choix Du Type D'ouvrages :	66
	4. Conclusion :	68
Chapitre 11	Assainissement	
	1. Introduction	69
	2. Objectif De L'assainissement	69
	3. Assainissement De La Chaussée :	69
	4. Choix Des Ouvrages D'évacuation :	69
	5. Dimensionnement Des Ouvrages D'évacuation :	70
	6. Calcul Hydraulique :	72
Chapitre 12	Signalisation	
	1. Introduction :	80
	2. L'objet De La Signalisation Routière :	80
	3. Types De Signalisation :	80
	4. Les Critères De Conception De La Signalisation :	81
	5. Application Au Projet :	81

Introduction

Le réseau routier occupe une place stratégique dans notre système de transport, puisqu'il supporte plus de 85% du volume de transport de marchandises et de voyageurs.

C'est par conséquent un élément fondamental dans le processus de développement du pays.

En vue de préserver ce patrimoine routier, l'état alloue annuellement des sommes qui, certes sont considérables mais restent toujours insuffisantes au vu de l'état actuel du réseau (ancienneté des routes et des techniques de construction utilisées, saturation du réseau...)

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 saturation. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Ceci pousse à mener des études de dédoublement et création des évitements des villes.

L'objectif principal de ce projet routier est de contourner la ville de Béni saf, sur un linéaire total de 12 Kms en reliant la RN 96 et la RN 22 passant par le sud de la ville.

La présence importante du poids lourds et l'augmentation du trafic qui transite cette ville nous a mené à chercher une solution appropriée permet de répondre aux contraintes exigées, et de proposer un travail rationnel qui sera économiquement rentable qui puisse satisfaire aux attentes de la population de cette ville.

Notre projet de fin d'études s'inscrit dans le cadre de la réalisation d'un évitement sud-ouest de Beni Saf allant de Sidi Sohbi à Beni Khaled sur 06 km. Après la présentation du projet, nous avons proposé une étude cinématique et géométrique du projet. Un aperçu sur le calcul des cubatures est ensuite proposé ainsi qu'une étude de pré-dimensionnement d'un ouvrage d'art et des ouvrages d'assainissement.

Enfin nous avons proposé une revue bibliographique sur les carrefours et les équipements routiers (signalisation, éclairage).

Présentation du projet

1. Définition de la route :

La route est l'une des voies de communication la plus utilisée au monde, elle permet de relier tous les points d'un territoire. La route est également définie comme une vaste plate-forme bien dégagée comportant deux ou plusieurs voies, devant résister aux efforts statiques et dynamiques des véhicules (légers, poids lourds) et dont les caractéristiques géométriques correspondent à une réglementation et normes bien définies.

2. Le réseau routier algérien :

110 125 km de routes assurant près de **90 %** du volume des échanges, dont le plus important est enregistré sur le réseau économique de base. Cela reflète la prédominance du mode de transport routier par rapport aux autres modes. [1]

Le réseau routier national se concentre principalement dans le nord du pays, il se décompose comme suit :

- **927 Km** d'autoroutes comportent 60 ouvrages d'arts. [1]
- **29 573 Km** de routes nationales dont **23000 Km** revêtus. [1]
- **24 109 Km** de chemins de wilaya dont **18400 Km** revêtus. [1]
- **60 420 Km** de chemins communaux dont **24800 Km** revêtus. [1]
- **6285** Ouvrages d'Art (O.A). [1]

3. Situation du projet :

Notre projet se situe dans le sud de la ville de *Beni Saf* au nord-ouest de la wilaya de *Aïn Témouchent*.

4. Présentation de la ville de Beni Saf :

Beni Saf est une commune et ville côtière d'*Algérie* dans la wilaya d'*Aïn Témouchent*, qui doit son existence au minerai de fer que l'on trouve depuis l'Antiquité jusqu'à nos jours.

Le territoire de la commune de *Beni Saf* se situe à l'ouest de la wilaya d'*Aïn Témouchent*, à environ 30 km à l'ouest d'*Aïn Témouchent* et 120 km au sud-ouest d'*Oran*. [2]

4.1. Population

La population est estimée à **42284 habitants**, à l'année 2008. [2]

4.2. Economie

La cimenterie de Béni Saf, située au nord-ouest de la commune, modernisée en 2011, est une des cimenteries les plus importantes d'Algérie.

Le gazoduc sous-marin Medgaz, d'une longueur de 210 km et passant sous la Méditerranée à une profondeur de 2 000 m, a pour origine Béni Saf et pour terminaison Almería en Espagne. [2]

4.3. Tourisme

La ville est connue pour ses activités halieutiques et de construction navale. Par sa plage, à l'ouest du port de pêche, c'est également une petite station balnéaire nommée Madrid.

Béni Saf dispose d'un aquarium qui fait l'objet d'un projet de rénovation en 2011. [2]

4.4. Enseignement

L'École de formation des techniques de la pêche et d'aquaculture (EFTPA) est installée à Béni Saf. [2]

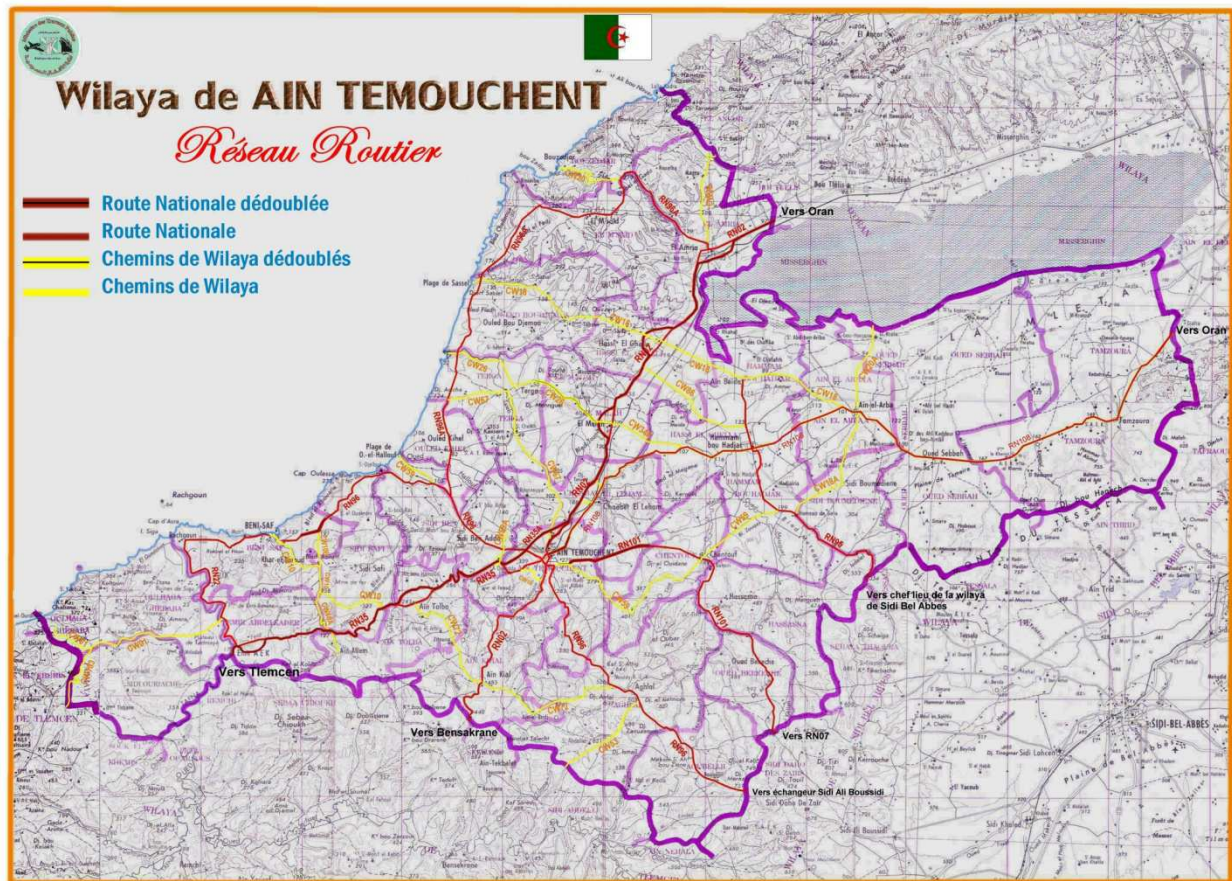


Figure 2.1. Carte du réseau routier de la wilaya de Ain Temouchent

5. Les établissements chargés des travaux publics dans la wilaya :

Une direction des travaux publics subdivisés en 6 unités.

Des maisons cantonnières avec 10 maisons opérationnelles.

Parmi les travaux quinquennale de ces établissements la réhabilitation et l'entretien de 200 Km de RN, le dédoublement de 65 Km de RN, la réhabilitation et la réfection de 600 Km de CC et la réalisation de 09 ouvrages d'arts et d'un abri de pêche à Madagh.

6. Réseau routier :

Le réseau routier de la wilaya est très riche avec **1416 Km** de route dont **328Km** de routes nationales (09 RN) les plus parcourue sont : RN02, RN22, RN35, RN35A, RN95, RN 96, RN96A, RN 101, RN 108 dont 86 Kms sont en double voie et **235 Km** chemins de wilaya et **570 Km** chemins communaux recensé par la direction des travaux publics, de plus 02 ports de pêches. Ce réseau comporte 147 ouvrages d'arts. [3]

7. Cadre de l'étude :

Notre étude a pour but de concevoir en phase APD (avant projet détaillé) l'évitement de la ville de **Beni Saf** située à 30 km de la wilaya de **Ain Temouchent**. Cet évitement est situé sur la partie Sud de la ville de **Beni Saf** d'une longueur de **6 Km**.

8. Description de l'évitement :

Lors de la visite du site, nous n'avons pas manqué de faire les constatations suivantes et qui nous ont permis de déterminer les points d'intersections du début et fin de l'évitement avec la route nationale 96 et la route nationale 22:

- Notre évitement prend naissance à proximité du giratoire de la cimenterie avant l'entrée de la Ville de **Beni Saf** et ce pour éviter le passage du poids lourds par le centre ville.
- Notre évitement épouse le **CW 10** dans son tracé sur un linéaire d'environ **600 m**.
- Notre évitement rejoint l'agglomération de Beni Khaled afin de prendre en charge le trafic de cette dernière ainsi que tout le trafic qui veut accéder soit de la **RN 96** soit de la **RN 22** les autres quartiers frontaliers tels Ghar el Baroud et boukourdan.

9. Objectif du projet :

Le but essentiel de notre projet est de créer une liaison assurant le transfert d'une grande partie du trafic circulant entre les deux routes nationales la **RN 96** et la **RN 22** en évitant l'agglomération de la ville de **Béni Saf**, décongestionnant ainsi cette dernière. Par ailleurs, cet évitement aura des retombées certaines sur un aspect économique et environnemental de la région. On citera les points suivants :

- ✓ Gains sur les frais d'exploitation : économie sur la consommation de carburant.
- ✓ Gains du temps : réduction du temps de parcours surtout pour le poids lourds venant de la RN 22 qui veut rejoindre la RN 96 vers les différents zones industriels à l'est de Béni saf.
- ✓ Sécurité et confort de l'utilisateur de la route : ces facteurs sont assurés par la fluidité du trafic et la suppression des points noirs (réduction des accidents) surtout pour les estivants venant de la RN96 qui veulent rejoindre la RN 22 vers la bande côtière ouest de Béni Saf.
- ✓ Environnement : préservation de l'environnement par la réduction des gaz d'échappement des véhicules.

Impacts sur l'environnement

1. Introduction :

Le terme "environnement" est à prendre ici au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain. Le code de l'environnement a été récemment introduit l'obligation d'y ajouter l'évaluation de l'impact du projet sur la santé de l'homme.

Il sera alors nécessaire pour chaque thème étudié, de définir le périmètre pertinent. Les effets spatiaux sont différents en fonction du paramètre affecté et des effets indirects en raison des relations fonctionnelles entre les divers compartiments du milieu.

2. CADRE JURIDIQUE :

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1978, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- une analyse détaillée du projet.
- une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.
- les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

3. IMPACT SUR L'AGRICULTURE :

Il est incontestable que l'agriculture est une activité économique principale et inépuisable. De ce fait elle doit se faire octroyer un grand intérêt.

3.1. Les impacts :

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut se regrouper en trois éléments qui sont :

- L'effet de la substitution du sol à vocation agricole, et la diminution des superficies exploitées.
- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche de la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture de cheminements).
- L'effet de modification du régime agricole.

3.2. Les remèdes :

Les mesures visant à remédier à ces préjudices sont classées en deux catégories :

Mesures préventives :

Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, si non on aura recours aux mesures curatives.

Mesures curatives :

Comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles.

4. L'impact sur la nature :

4.1. La faune :

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route il y a la présence d'animaux sauvages et domestiques sur les abords.

4.2. La flore :

Les études de rectification menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les regroupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage. Les espèces végétales indigènes sont ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant.

4.3. L'eau :

Les phases de travaux donnent lieu à la mise en œuvre de toutes les dispositions adaptées pour pallier les inconvénients mis en évidence lors des études de conception.

Les ouvrages d'assainissement sont ainsi largement dimensionnés par rapport aux crues les plus importantes et des aménagements spéciaux sont réalisés pour parer aux effets dévastateurs des écoulements torrentiels.

5. L'IMPACT SUR LES HABITANTS :

5.1. La destruction :

Les projets d'aménagement routier nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

Les impacts de destruction concernent :

Les populations situées sur l'emprise du projet, et qui seront obligés de se déplacer.

Les populations situées au périmètre d'accueil.

Ces impacts sont d'ordre :

Economique : modification des systèmes de production.

Socioculturel : désorganisation des communautés, et modification culturelle.

Naturel : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.

5.2. Les bruits :

Les impacts :

La construction d'un évitement au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :

- Perte de sommeil.
- La fatigue
- Baisse de l'acuité auditive.

Les remèdes :

- Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.
- Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs, cette dernière consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à proximité.

- Agir sur les façades des bâtiments concernés ; dans le cas d'immeubles de grande hauteur, ces dispositifs sont incapables de protéger les étages supérieurs.

6. CONCLUSION :

Le projet a une taille modérée certes, mais vu sa localisation dans une région très sensible à l'environnement et les incidences environnementales difficilement maîtrisables ; nous recommandons aux autorités concernées de mettre un accent particulier sur l'évaluation des conditions environnementales menée pendant les visites par la mise en œuvre des mesures appropriées afin d'atténuer les impacts négatifs sur l'environnement.

Etude cinématique

1. Les paramètres géométriques

1.1. Classification des routes :

Les routes peuvent être classées selon plusieurs critères, les plus utilisés sont : [4]

Critère administratif :

Dans la classification administrative, on distingue :

- **Les chemins communaux** : qui relèvent de la compétence de la commune (impôts locaux), et qui s'occupent de l'entretien du réseau routier à leur charge.
- **les chemins de willaya** : qui sont aménagés et entretenus par la willaya et avec l'aide de l'état.
- **les routes nationales** : représentent les voies de grandes communications et d'intérêt commun pour le pays, elles supportent un grand trafic. Ces routes sont construites, aménagées et entretenues au frais de l'état.
- **les autoroutes** : ce sont des routes nationales d'une catégorie spéciale, elles sont réservées à la circulation mécanique rapide. Elles comportent en général, deux chaussées unidirectionnelles qui sont établis en fonction de grandes vitesses de référence.

Classification par catégorie de route : [4]

- **Route exceptionnelle** : ce sont des routes avec deux chaussées unidirectionnelles séparées, on admet que leurs tracés comportent quelques points de croisement plant
- **Route de 1^{ère} catégorie** : correspondant au cas d'un terrain facile et peu accidenté avec quelques agglomérations.
- **Route de 2^{ème} catégorie** : leur tracé est développé en terrain accidenté, sortant du cadre de la première catégorie.
- **Route de 3^{ème} catégorie** : correspondant à une section transversale difficile, dans un terrain avec un relief accidenté.
- **Route de 4^{ème} catégorie** : représente des sections très difficiles, où leurs reliefs ne permettent pas de passer ou de réaliser les routes de catégories supérieures.

Le tableau ci-dessous indique les vitesses selon les catégories citées ci-après :

Catégorie	Exceptionnelle	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}
Vitesse Vr (Km/h)	120	100	80	60	40

Tableau 4-1 : Vitesse en fonction de catégories de route [4]

Classification selon la vitesse de circulation : Certaines normes classant les routes en six classes selon leur vitesse de circulation.

V (Km/h)	140	120	100	80	60	40
Classe	1	2	3	4	5	6

Tableau 4-2 : Classe selon la vitesse [4]

Catégorie selon les normes Algérienne B40 : [5]

Selon le B40 (Norme Technique d'Aménagement Routier), les routes sont classées en cinq catégories fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives.

Les cinq catégories de la route sont :

Catégorie 1 : Liaison entre les grands centres économiques et les industries lourdes

Catégorie 2 : Liaison entre centres d'industrie de transformation et industries légères.

Catégorie 3 : Liaison entre des chefs lieux de wilaya et de daïra non desservis par le réseau de Catégorie 1 et catégorie 2.

Catégorie 4 : Liaison des centres de vie non reliés au réseau des Catégories 1,2 et 3.

Catégorie 5 : Routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

1.2. Environnement de la route :

L'environnement est par définition l'état actuel du relief, c'est à dire la nature du relief (facile, moyen, difficile) et il est fonction de deux caractéristiques géométriques du terrain : [5]

-La dénivelée cumulée moyenne h/l .

-La sinuosité moyenne (σ).

La dénivelée cumulée moyenne :

La dénivelée cumulée est la somme des dénivelées cumulées le long de l'itinéraire, rapportée à la longueur de cet itinéraire. Elle permet de mesurer la variation longitudinale du relief. [5]

$$h = h_1 + h_2 \quad (4.1)$$

$$h_1 = \sum_{P_i > 0} p_i \cdot l_i \quad (4.2)$$

$$h_2 = - \sum_{P_i < 0} p_i \cdot l_i \quad (4.3)$$

Avec : P : pente du terrain

$L = L_1 + L_2 + \dots + L_N$: longueur de l'itinéraire.

Cette dénivelée cumulée moyenne nous permet de connaître la nature du terrain comme indique le tableau 3 :

N° de code	1	2a	2b	3
Classification	Plat	Plat mais inondable	Vallonné	Montagneux
h/l dénivelée cumulée moyenne	$h/l < 1.5\%$	$h/l = 1.5\%$	$1.5\% < h/l < 4\%$	$h/l \geq 4\%$

Tableau 4-3 : Déterminant la nature du terrain. [5]

La sinuosité (σ):

La sinuosité d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L_S et la longueur totale de l'itinéraire, la longueur sinueuse L_S est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m .Le tableau suivant nous permet de connaître la sinuosité d'un itinéraire à l'aide du paramètre σ calculé. [5]

$$\sigma = \frac{L_S}{L_T} \quad (4.4)$$

L_T : longueur totale de l'itinéraire.

N° de code	1	2	3
Classification	sinuosité faible	sinuosité moyenne	Forte sinuosité
Sinuosité (σ)	$\sigma \leq 0.1$	$0.1 < \sigma \leq 0.3$	$\sigma > 0.3$

Tableau 4-4 : Classification de la sinuosité. [5]

En fonction de la dénivelée cumulée moyenne et la sinuosité cité précédemment on pourra conclure l'environnement d'un itinéraire d'après le tableau 5 :

Sinuosité \ Relief	Faible	Moyenne	Forte
1. Plat	E1	E2	/
2. a Plat inondable	E2	E2	E3
2. b Vallonné			
Montagneux	/	E3	E3

Tableau 4-5 : Classification d'environnement en fonction de la dénivelée moyenne et de la sinuosité. [5]

1.3. Vitesse de référence :

Elle est déterminée en fonction de l'importance de la liaison assurée par cette section de route ainsi que les conditions topographiques et elle correspond à la qualité moyenne du tracé. Elle nous permet de définir les caractéristiques géométriques de cette route et diminue le coût des travaux.

On détermine la vitesse de référence (V_r) d'après le tableau 6 :

E \ Catégorie	E1	E2	E3
1	120/100/80	100/80/60	80/60/40
2	120/100/80	100/80/60	80/60/40
3	120/100/80	100/80/60	80/60/40
4	120/100/80	80/60/40	60/40
5	80/60/40	60/40	40

Tableau 4-6 : Vitesse de référence. [4]

1.4. Application au projet :

Catégorie de la route

le projet en étude peut être classé dans une catégorie fonctionnelle, correspondant au finalité économique et administratives assignées par la politique d'aménagement du territoire et faisons la Liaison des centres de vie non reliés au réseau des Catégories 1,2 et 3, qui se résume dans notre projet est de catégorie 4.

Environnement :

La dénivelée cumulée :

$$h_1 = \sum p_i l_i = 1069,80$$

$$h_2 = \sum p_i l_i = 1275,55$$

$$h = h_1 + h_2 = 2345,35$$

$$h/l = 0.46 = 46\% \Rightarrow \text{terrain montagneux}$$

La sinuosité :

Vue la topographie variable du terrain et la présence des lacets sur les pistes existante, on a classé notre itinéraire de forte sinuosité.

Conclusion :

D'après le tableau 2-5 on a un environnement caractérisé par un terrain montagneux et une forte sinuosité, donc le projet est classé (E_3).

D'après le tableau 2-6 on a une vitesse de référence $V_r = 60$ Km/h.

Une vitesse de poids lourd $V_{PL} = 30$ Km /h.

2. Les Paramètres Cinématiques

Ce sont des paramètres relatifs à la considération du mouvement des véhicules sur la route, Ces paramètres déterminent les distances nécessaires au tracé du projet.

2.1. Distance minimale de freinage :

La distance de freinage d_0 est la distance parcourue pendant l'action de freinage, le véhicule passe durant cette distance d'une vitesse V à une vitesse nulle ($V = 0$). La distance de freinage d_0 varie en fonction de la pente longitudinale et de la chaussée. Dans des conditions normales de freinage avec de bon pneumatique (gonflés) et sur une chaussée sèche. [4]

$$d_0 = (4/1000)*V^2/(F_L(v) \pm i) \quad (4.5)$$

V_r : étant la vitesse de référence en km /h,

i : la déclivité

$F_L(V)$: le coefficient de frottement longitudinale qui dépend de la vitesse V_r (tableau 1)

$V_r(\text{Km/h})$		40	60	80	100	120	140
$F_L(V)$	Catégorie 1-2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
$F_L(V)$	Catégorie 3-4-5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	/

Tableau 4.7 : le coefficient de frottement longitudinal. [5]

En alignement droit

$i = 0\%$ c'est le cas purement théorique.

$$d_0 = 4*V^2/1000*F_L(v) \quad (4.6)$$

2.2. Temps de perception et réaction :

Selon que l'obstacle est prévisible ou imprévisible et l'état du conducteur, ce dernier a besoin d'un certain temps pour réaliser la nature de l'obstacle et du danger qu'il représente. Le temps de réaction diffère d'une personne à une autre et varie en fonction de l'état physique et psychique du conducteur. Sa durée est conditionnée par la réaction du conducteur et face aux trois cas possibles : [4]

La perception.

L'évitement.

Le freinage.

De nombreuses études sur le comportement des conducteurs ont montré que le temps de perception et de réaction est en moyenne dans une attention concentrée de : [6]

Le temps perception –réaction est composé de deux temps :

Le temps physiologique de perception réaction du conducteur pour apercevoir, comprendre et agir soit 1.3 s à 1.5 s. [6]

Le temps d'inertie des organes mécaniques du véhicule ; course de la pédale de freins et demi temps de mise en pression du dispositif de freinage soit 0.5 s. [6]

- $t = 1.2$ s dans le cas d'un obstacle imprévisible.
- $t = 0.6$ s dans le cas d'un obstacle prévisible.

La moyenne de réaction est de 0.9 s, mais en pratique on prend toujours : [6]

- $t = 2$ s cas des vitesses < 100 Km/h (conducteur peu concentré)
- $t = 1.8$ s cas des vitesses ≥ 100 Km/h (conducteur concentré)

Le mouvement étant considéré comme un mouvement uniforme où v est la vitesse en m/s et t le temps de perception et de réaction moyen. La distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction est donc:

$$d_1 = V_r * t \quad (4.7)$$

2.3. Distance d'arrêt :

C'est la distance parcourue par les véhicules à partir du moment où le conducteur aperçoit l'obstacle jusqu'à l'arrêt complet du véhicule, elle est donnée par la formule suivante :

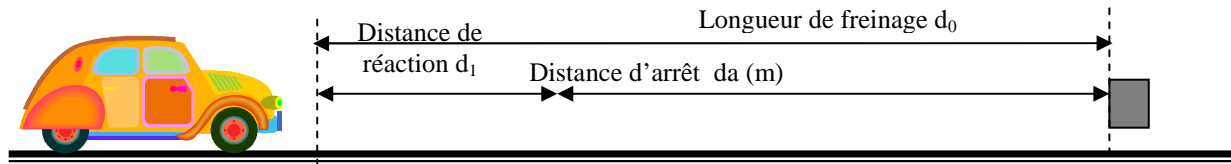


Figure 4.1 : distances d'arrêt de véhicule

$$d = d_1 + d_0 \quad (4.8)$$

En alignement droit :

Pour $V_r < 100$ Km/h et quand $t = 2$ s

$$d = d_0 + 0.55 \times V_r \quad (4.9)$$

Pour $V_r \geq 100$ Km/h et quand $t = 1.8$ s

$$d = d_0 + 0.50 \times V_r \quad (4.10)$$

En courbe

Dans les raccords courbes, le freinage est moins énergique afin de ne pas perdre le contrôle de véhicule, la distance de freinage est majorée de 25 %.

Pour $V < 100$ Km/h et $t = 2$ s

$$d = 1.25 d_0 + 0.55 \times V_r \quad (4.11)$$

Pour $V \geq 100$ Km/h et quand $t = 1.8$ s

$$d = 1.25 d_0 + 0.50 \times V_r \quad (4.12)$$

2.4. Distance de perception :

Il s'agit de la distance maximale à laquelle certains points particuliers de la route doivent être perçus pour laisser suffisamment le temps au conducteur afin qu'il prenne un choix d'effectuer telle ou telle manœuvre. Cette distance est appelée distance de perception et noté d_p . Cette distance équivaut à la somme de la distance d'arrêt d_a et de la distance parcourue pendant 3 fois le temps de réaction (soit 6 secondes). [4]

$$d_p = d_a + (6/3.6) V_r \quad (4.13)$$

V_r est exprimée en Km/h

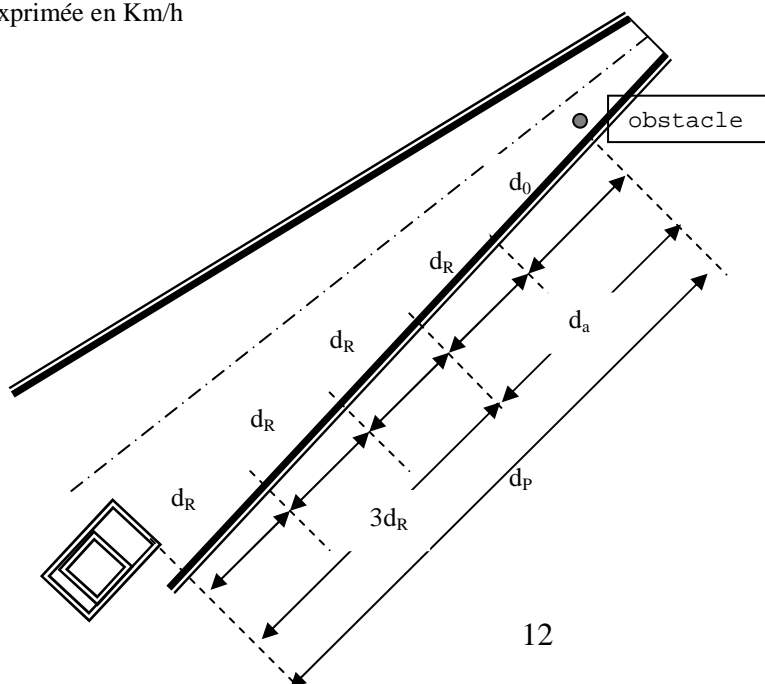


Figure 4.2 : Distance de perception

2.5. Distance de sécurité entre deux véhicules :

C'est la distance de sécurité minimale entre deux véhicules qui circulent sur la même voie, dans le même sens et avec des vitesses très proches. L'espacement de sécurité nécessaire pour que si la première voiture freine brusquement le conducteur du second véhicule a le temps de réagir et freiner à son tour sans risque de rentrer en collision avec le premier véhicule. [4]

La distance de freinage d_1 ne change pas mais par contre la distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction du second véhicule augmente d'une durée $(t+t')$. [4]

t' : étant le temps de réaction du second véhicule à la vue des feux de stop arrière du premier véhicule allumés. L'espacement de sécurité sera donc théoriquement exprimé par :

$$d'_2 = d_2 + v \times t' + l \quad (4.14)$$

d_2 : étant la distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction de premier véhicule.

l : la longueur moyenne du véhicule.

En générale on prend $t' = 0.75$ s et En pratique on prend $t' = 3$ second

La distance de sécurité sera donc :

$$d'_2 = (t + t') v + l \quad (4.15)$$

t, t' : étant exprimé en secondes et v en m/s.

Soit E_s l'espacement supplémentaire de sécurité :

$$E = v \times t' + l \quad (4.16)$$

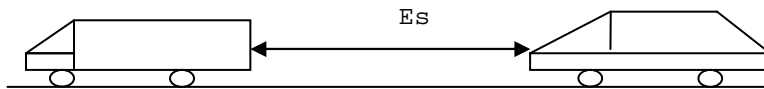


Figure 4.3 : Espacement entre deux véhicules

Catégorie	V	40	60	80	100	120	140
1 - 2	$E_1 - E_2 : V > 80 \text{ km/h} \quad D_s = \square 0,5 V + 8$	30	41	52	58	68	78
	$: V \leq 80 \text{ km/h} \quad D_s = \square 0,5 V + 8$						
	$E_3 : D_s = 0,5 V + 8$	28	38	48	58	68	78
3 - 4 - 5	$V > 60 \text{ km/h} \square D_s = 0,5 V + 8$	30	38	48	58	58	78
	$V \leq 60 \text{ km/h} \square D_s = 0,5 V + 8$						

Tableau 4.8 : distance de sécurité en fonction du catégorie de la vitesse de référence. [5]

2.6. Distance de visibilité et manœuvre de dépassement :

Distance de visibilité de dépassement minimal d_m : [4]

Elle correspond à la longueur parcourue par le véhicule qui effectue une manœuvre de dépassement court qui duré 7 à 8 secondes pour des véhicules disposent d'une réserve de puissance suffisante.

La valeur de d_m est calculée pour environ 15 secondes elle est donner par la relation suivante :

$$d_m = 4. V \quad \text{pour} \quad v > 90 \text{ km /h} \quad (4.17)$$

d_m sert au calcul de rayon en profil en long R_{VM} .

Distance de visibilité de dépassement normale d_N : [4]

Elle correspond à la longueur parcourue pendant une manœuvre de dépassement normale qui duré environ 11 à 12 secondes pour les vitesses en dessous de 90Km/h et dont la durée croit linéairement au delà de 90Km/h pour atteindre environ 12.8s à 140Km/h.

$$D_N \text{ (m)} = 6 \cdot V \quad \text{pour} \quad V \leq 90 \text{ km / h} \quad (4.18)$$

Distance de visibilité de manœuvre de dépassement d_{MD} : [4]

Qui est la distance de visibilité permettant en sécurité aux véhicules dépassant d'abandonner en freinant ou de poursuivre en accélérant une manœuvre de dépassement amorcée dans l'hypothèse où le véhicule adverse freine.

Le dépassement court pour $V \leq 90 \text{ km/h} = 7.2 \text{ s}$.

$$d = 2 \cdot V \cdot t \quad (4.19)$$

Le dépassement normal pour $V \leq 90 \text{ km/h} = 10.8 \text{ s}$.

$$d = 2 \cdot V \cdot t \quad (4.20)$$

Catégorie	V (km/h)	40	60	80	100	120
	Paramètres					
Toutes catégories	Distance de visibilité de dépassement					
	- minimale d_m (m)	160	240	320	500	600
	- normale d_n (m)	240	360	480	700	840
	Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	70	120	200	300	425

Tableau 4.9 : distances de visibilité [5]

2.7. Application au projet :

Distance d'arrêt :

Distance de freinage

$$f = 0.46$$

$$d_0 = 4 \cdot V^2 / 1000 \cdot (F_L \pm i) \quad d_0 = 36 \text{ m} \Rightarrow$$

Dans le cas où l'alignement est droit

$$d_0 = 4 \cdot V^2 / 1000 \cdot F_L \quad d_0 = 31 \text{ m} \Rightarrow$$

On prend $d_0 = 36 \text{ m}$

Distance d'arrêt

D'après le B40, on a une vitesse $V_r = 60 \text{ Km/h}$

$$d_a = d_0 + 0,50 \cdot V_r$$

Donc:

$$d_a = 66 \text{ m}$$

Distance de perception:

$$d_p = d_a + (6/3.6) \cdot V_r = 166 \text{ m}$$

Distance de sécurité:

$$D_s = 0.5 V_r + 8 = 38 \text{ m}$$

Distance de visibilité:

Distance de visibilité de dépassement minimale

$$D_m = 4 \cdot V_r = 4 \cdot 80 = 240 \text{ m}$$

Distance de visibilité de dépassement normale

$$D_n = 6 \cdot V_r = 6 \cdot 80 = 360 \text{ m}.$$

Distance de visibilité de manœuvre de dépassement

D'après le tableau du B40 avec $V_r = 60 \text{ Km/h}$

$$D_{md} = 120 \text{ m}$$

Etude de trafic

1. Introduction :

Les déplacements sont un reflet de l'organisation de l'espace et des liens entre les activités et les hommes, aussi en amont de toute réflexion relative à un projet d'aménagement, est-il nécessaire d'entreprendre une démarche systématique visant la connaissance des trafics.

L'étude du trafic constitue une étape fondamentale en amont de toute réflexion relative à l'aménagement qui convient et la caractéristique à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

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

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

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

2. Analyse du trafic :

Pour connaître en un point et à un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage. Ces derniers nécessitent une logistique et une organisation appropriées.

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés. [7]

Les éléments de ces analyses sont multiples :

- Statistiques générales.
- Comptages sur routes (manuels, automatique).
- Enquêtes de circulation.

3. Différents types de trafic : [7]

3.1. Trafic normal :

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

3.2. 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 d'atteindre la même destination.

3.3. 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 une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

3.4. Trafic total :

Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie.

4. Modèles de présentation de trafic : [7]

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

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic sont :

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

4.1. Prolongation de l'évolution passée :

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

Le trafic T_n à l'année n sera : [6]

$$T_n = T_0 (1 + p)^n \quad (5.6)$$

Ou : T_0 : est le trafic à l'année de base.

p : est le taux de croissance.

4.2. Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :

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

- Produit national brut (PNB).
- production des carburants.

4.3. Modèle gravitaire :

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

4.4. Modèle de facteurs 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.

Remarque :

Pour notre cas, nous utilisons la première méthode, c'est à dire la méthode « prolongation de l'évolution passée » vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

5. Calcul de la capacité :

5.1. Définition de la capacité :

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

6. La procédure de détermination de nombre de voies :

Le choix de nombre de voies 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.

Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation.

6.1. Calcul de TJMA horizon :

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

$$T_n = T_0 (1 + p)^n \quad (5.7)$$

T_0, p , n : sont définies précédemment.

6.2. Calcul des trafics effectifs:

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de :

Type de route et de l'environnement

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).

Le trafic effectif donné par la relation : [7]

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] \cdot T_n \quad (5.8)$$

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j)

Z : pourcentage de poids lourds (%).

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route et de l'environnement comme indiquant le tableau ci_ dessous

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

Tableau 5.2 : valeur du coefficient d'équivalence pour le poids lourds [7]

6.3. Débit de point horaire normal :

Le débit de point horaire normal est une **traction** du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule : [7]

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}} \quad (5.9)$$

$\left(\frac{1}{n}\right)$: Coefficient de pointe prise égale 0.12.

Q : est exprimé en UVP/h.

6.4. Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule : [7]

$$Q_{\text{adm}} (\text{uvp/h}) = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}} \quad (5.10)$$

K_1 : coefficient lié à l'environnement.

K_2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Avec :

Valeurs de K1 :

Les valeurs de K_1 sont inscrites dans le tableau.

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau 5.3 : valeur du coefficient lié à l'environnement [7]

Valeurs de K2 :

Les valeurs de K_2 sont inscrites dans le tableau.

Environnement	Catégorie de la route				
	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

Tableau 5.4 : valeur du coefficient de réduction de capacité [7]

Valeurs de Cth :

Les valeurs de la Capacité théorique du profil en travers en régime stable sont données dans le tableau 5.5.

	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

Tableau 5.5 : valeur de la capacité effective du profil [7]

6.5. Calcul de nombre de voies :

Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

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

Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport $S \cdot Q / Q_{adm}$ Avec :

S : coefficient dissymétrie en général = 2/3

Q_{adm} : débit admissible par voie

7. Application au projet :

Données

- Le trafic journalier moyen annuel sur la RN 96 (entré Beni Safi) à l'année 2012 est de 6296 veh/j soit un trafic rentrant vers Beni Saf TJMA = 3473 veh/J
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $p = 3\%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_r = 60 \text{ Km/h}$
- Le pourcentage de poids lourds $PL = 35\%$
- Celle ci est mise en service en l'année 2015

- Vue que l'évitement une fois réalisé, va servir les quartiers frontaliers de la ville de Beni Saf, tel que Beni Khaled, Ghar El Baroud, et Boukourdan, en plus du trafic d'échanges et de transit venant de la RN96 vers la RN22 ou le contraire, ou a proposé que 50% de ce trafic empreinte l'évitement, soit un TJMA = 1737 veh/j.
- On suppose que la répartition de poids lourd reste constante toute la durée de vie de la route (20 ans).

Pour le calcul du nombre de voie de notre route nous avons calculé :

Le trafic moyen journalier annuel de l'année 2035

$$TJMA_{2035} = T (1+P)^n = 1737 (1+0,03)^{23} = 3428 \text{ veh /j}$$

Le trafic effectif :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] \cdot T_n = [(1 - 0,35) + 16 \times 0,35] \cdot 3428 = 21\,425 \text{ u.v.p}$$

Débit de pointe horaire normal :

$$Q = 0,12 \times T_{\text{eff}} = 2\,571 \text{ u.v.p/h}$$

Débit admissible :

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}} = 0,90 \times 0,96 \times 2000 = 1\,728 \text{ u.v.p /h}$$

Détermination de nombre de voies

$$N = (2/3)(Q/Q_{\text{adm}}) = 0,99$$

Donc : n = 1 voies par sens

Trace en plan

1. Introduction :

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain. On tenant compte des obligations suivantes : [7]

- Une obligation de sécurité, liée au tracé, à la qualité des véhicules admis et à l'adhérence de la surface de roulement.
- Une obligation de confort, pour diminuer la fatigue des usagers et la nuisance.
- Une obligation d'économie globale, en vue de réduire le coût social des accidents et d'exploitation.
- Dans le cas de l'étude de projet routiers, il faudrait tenir compte des variations considérables relatives aux caractéristiques des véhicules admis aux conditions de surface de la chaussée et aux conditions ambiantes (Météologie, visibilité ...etc.).

Les projets seront donc basés sur un certain nombre de paramètres physiques moyens choisis de telle sorte que la sécurité et le confort soient assurés dans des conditions normales d'utilisation.

2. Définition :

L'élaboration du tracé en plan s'appuie sur les études préliminaires et en particulier les données recueillies au cours des études d'environnement sous forme de contraintes.

Autrefois, le tracé d'une route n'était arrêté qu'en fonction des normes de l'époque et de la topographie. Puis la recherche de l'équilibre des terres déblais-remblais a été intégrée, ensuite le trafic, et en fin l'économie.

Aujourd'hui, c'est l'environnement : faune, flore, sources, forêts, esthétique et bruit, toutes ces considérations sont à prendre en compte dès le début de l'étude, ce qui conduit à travailler par approches successives, en affinant les échelles au fur et à mesure des dossiers, depuis l'inscription jusqu'au projet détaillé.

De ces éléments se dégagent 5 aspects essentiels :

- L'Aspect Génie Civil : c'est l'art du Volume.
- L'Aspect Fonctionnel : c'est l'art de la Surface.
- L'Aspect Economique : c'est l'art du Compromis.
- L'Aspect Environnement : c'est l'art de l'Ouverture.
- L'Aspect Politique : c'est l'art du Réalisme. [7]

3. Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour faire un bon tracé dans les normes avec un minimum de coût, on doit respecter certaines conditions à savoir : [4]

- L'adaptation du tracé au terrain naturel afin d'éviter les grands mouvements de terre (les terrassements important).
- Se raccorder au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles, zones forestiers, zones touristiques, sites protégés....
- Chercher le meilleur tracé possible évitant le maximum les ouvrages existants (usines, habitations, propriétés privées,...).
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire éviter les ouvrages biais.

- Eviter les sites qui sont sujet à des problèmes géologiques (présence de failles ou des matériaux présentant des caractéristiques très médiocres)
- Eviter le passage à proximité des zones d'habitation denses afin de réduire les nuisances (sonores, pollution,...).

4. Les éléments du tracé en plan :

4.1. Les Alignements droits :

Une longueur minimale d'alignement l_{\min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles. [4]

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

La longueur maximale l_{\max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{\min}=5V \quad \text{avec } V \text{ en (m/s)} \quad (6.1)$$

$$L_{\max}=60V \quad \text{avec } V \text{ en (m/s)} \quad (6.2)$$

4.2. Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

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

On essaye de choisir le plus grand rayon possible en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé. [4]

4.3. Les Rayon en plan :

Les rayons et leurs dévers doivent permettre au minimum à un véhicule roulant à la vitesse de référence V_r de ne pas dérapier. [4]

Rayon minimal absolu (RHm) :

Ce rayon correspond à la plus faible valeur admissible pour un tracé et il ne faut pas descendre en dessous de RHm. [4]

Ce rayon correspond au dévers $d_{\max} = 7\%$

$$RHm = \frac{V_r^2}{127x(f_t + d_{\max})} \quad (6.3)$$

Rayon horizontal normal (RHn) :

Il doit permettre à des véhicules dépassant V_r de 20 km/h de rouler en sécurité, il correspond à des valeurs de dévers de 6% et 5%. [4]

$$RHn = \frac{(V_r + 20)^2}{127x(f_t + d)} \quad (6.4)$$

Avec $d = d_{\max} - 2$ pour les catégories (1, 2, 3, 4)

$d = d_{\max} - 3$ pour la catégorie (5)

Rayon déversé (RHd) :

Ce rayon est calculé pour un dévers $d_{\min} = 3\%$ [4]

$$RHd = \frac{V_r^2}{127x(f_t + d_{\min})} \quad (6.5)$$

Rayon non déversé (RHnd) :

Ce rayon permet à la route de conserver son profil en toit dont le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation. [4]

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127x(f_t - d_{min})} \quad (6.6)$$

Vr (Km/h)	40	60	80	100	120	140
f_t	0.25	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09

Tableau 6.1 : f_t en fonction de la vitesse [4]

4.4. Dévers :

Le dévers de la route est par définition la pente transversale de la chaussée il permet l'évacuation des eaux pluviales et il assure la stabilité des véhicules en courbe. [4]

- Pour RHm < R < RHn, le dévers est donné par la formule :

$$d = [d_{max} - (d_{max} - 2) \left[\frac{\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right)}{\left(\frac{1}{RHn} - \frac{1}{RHd} \right)} \right]] + d_{min} \quad (6.7)$$

- Pour RHn < R < RHd :

$$d = [(d_{max} - 2) - d_{min}] \left[\frac{\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right)}{\left(\frac{1}{RHn} - \frac{1}{RHd} \right)} \right] + d_{min} \quad (6.8)$$

4.5. Sur-largeur :

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

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement. [4]

$$S = L^2 / 2R \quad (6.9)$$

L : longueur du véhicule (valeur moyenne L = 10 m)

5. Application au projet :

Notre étude porte sur une route de catégorie **C4**, dans un environnement **E3** et vu la complexité du site on a opté pour deux vitesse de référence **60 km/h** pour l'ensemble du tracé et **40 km/h** où la géomorphologie du terrain ne nous permet pas d'insérer notre tracé avec les rayons minimaux. Les deux tableaux ci_ dessous indiquent les différents rayons en plan associé au projet et les sur largeurs dans le tracé.

Les paramètres du tracé en plan	L'axe	
Vitesse de base V_r(km/h)	60	40
Longueur minimale d'alignement L_{min} (m)	80	55,55
Longueur maximale d'alignement L_{max} (m)	1000	666,66
RHm (m) (devers associe %)	115 (7 %)	40 (7 %)
RHn (m) (devers associe %)	230 (5 %)	115 (5 %)
RHd (m) (devers associe %)	450 (3 %)	200 (3 %)

RHnd (m) (devers associe %)	650 (-3 %)	280 (-3 %)
------------------------------------	------------	------------

Tableau 6.2 : Tableau récapitulatif de Lmin, Lmax d'alignement droit et les dévers associes pour chaque rayon [5]

Rayons en plan(m)	Sur-largeurs(m)
650	0,0769
115	0,4348
200	0,25
230	0,2174
60	0,8333
40	1,25
100	0,5

Tableau 6.3 : les sur largeurs dans chaque rayon du tracé [5]

6. Les raccordements progressifs :

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (passant de la courbure 0 (R = infini) à l'extrémité de l'alignement à la courbure 1/R au début du cercle du virage), pour assurer : [4]

- La stabilité transversale de véhicule
- Le confort des passagers de véhicule
- La transition de la chaussée
- Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

6.1. Types de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont la condition désiré d'une variation continue de la courbure, on a retenu les trois courbes suivantes : [4]

Parabole cubique :

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

Lemniscate :

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

Clothoïde :

La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul.

La courbure de la clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

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

Expression de la clothoïde :

La courbe est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc)

$$A = \sqrt{RL} \quad (6.10)$$

c-a-d que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.

Les éléments de la clothoïde :

- A : Paramètre de la clothoïde
- M : Centre de cercle
- R : Rayon de cercle
- KA : Origine de la clothoïde
- KE : Extrémité de la clothoïde
- L : longueur de la branche de la clothoïde
- ΔR : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)
- Xm : Abscisse du centre du cercle
- τ : Angle des tangentes
- X : Abscisse de KE
- Y : ordonnées de KE
- γ : Angle polaire (angle de corde avec la tangente)

Tous ces éléments sont représentés sur la figure suivante :

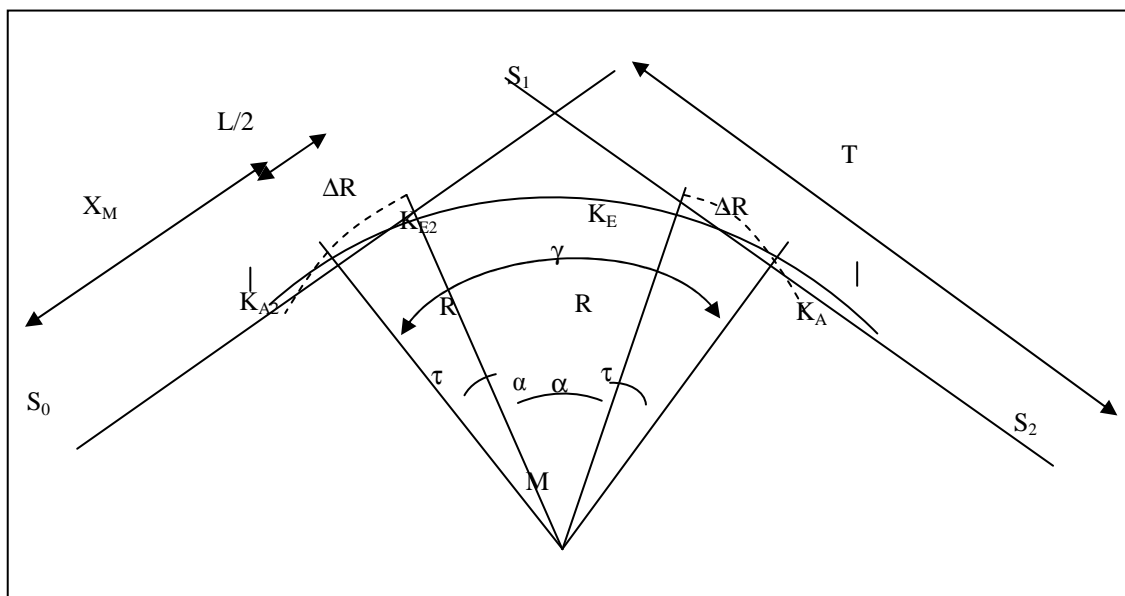


Figure 6.1 : Les éléments de La clothilde

7. Les conditions de raccordement :

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes : [4]

7.1. Condition de confort optique :

C'est une condition qui permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil

- ◆ $R \leq 1500\text{m}$ $\Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m)

$$L = \sqrt{24R\Delta R} \tag{6.11}$$

- ◆ $1500 < R \leq 5000\text{m}$

$$L \geq R/9 \tag{6.12}$$

- ◆ $R > 5000\text{m}$ $\Delta R = 2.5\text{ m}$

$$L = 7.75 \sqrt{R} \tag{6.13}$$

7.2. Condition de confort dynamique :

Le passage d'un véhicule de l'alignement droit vers une courbe créera des chocs qui résultant d'un changement de dévers qui provoquera une accélération centrifuge pour cela on doit introduire une condition de confort pour éviter le balancement de véhicule qui prolongera la longueur de raccordement .

On adopte

$$L = \frac{Vr^2}{18} \left(\frac{Vr^2}{127R} - \Delta d \right) \quad (6.14)$$

V_R : vitesse de base (Km/h)

R : rayon en mètre (m)

7.3. Condition de gauchissement :

La demi-chaussée extérieure au virage de raccordement est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule, le raccordement doit assurer un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers.

Nous avons :

$$L = \frac{b(i + d)}{100} Vr \quad (6.15)$$

b : largeur de chaussée

d : dévers maximal en courbe

i : pente transversale

V_R : vitesse de référence

8. Les paramètres du raccordement circulaire :

Le paramètre de la clothoïde est calculé par la formule : [6]

$$A = \sqrt{L * R} \quad (6.16)$$

Ainsi que :

$$\begin{cases} L = \frac{A^2}{R} \text{ (m)} \\ \tau = \frac{L}{2R} \text{ (rad)} \end{cases} \quad (6.17)$$

La flèche est calculée par les formules suivantes :

$$B = \frac{y_0}{\cos \frac{\alpha_t}{2}} - R \quad \text{Raccordement avec clothoïde} \quad (6.18)$$

$$B = \frac{R}{\cos \frac{\alpha_t}{2}} - R \quad \text{Raccordement sans clothoïde} \quad (6.19)$$

La longueur de la courbe circulaire est donnée par : [6]

$$L_C = R (\alpha_t - 2\tau) \quad (6.20)$$

α_t : angle de déviation en radians

τ : angle du raccordement parabolique en radians

La tangente T est la distance entre le sommet considère et l'extrémité du raccordement elle est calculée ainsi : [6]

$$T = X_0 + Y_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha_t}{2} \quad (6.21)$$

La longueur totale de développement est égale à : [6]

$$D=2L_{MAX} +L_C \tag{6.22}$$

Les coordonnées de la courbe progressive dans le repère local sont données par les formules suivantes.

$$\begin{cases} X = L - \frac{L^5}{40A^4} + \frac{L^9}{2456A^8} \\ Y = \frac{L^3}{6A^2} - \frac{L^7}{336A^6} + \frac{L^{11}}{42240.A^{10}} \end{cases} \tag{6.23}$$

Les coordonnées du cercle dans le repère local sont données par les formules suivantes : [8]

$$\begin{cases} x_0 = X - R \sin \tau \\ y_0 = Y + R \cos \tau \end{cases} \tag{6.24}$$

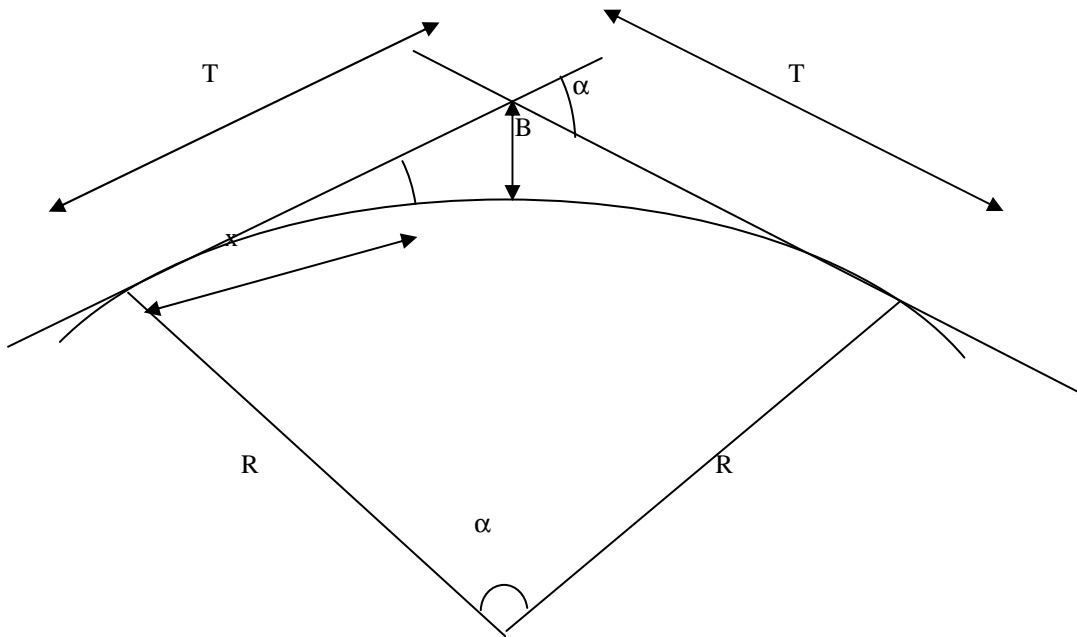


Figure 6.2 : Raccordement circulaire

9. Combinaison des éléments de trace en plan :

La combinaison des éléments de tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite : [4]

9.1. Courbe en S : qui est par définition la courbe constituée de deux arcs de clothoïde de concavité opposée tangents en leurs points de courbure nul et raccordant deux arcs de cercle.

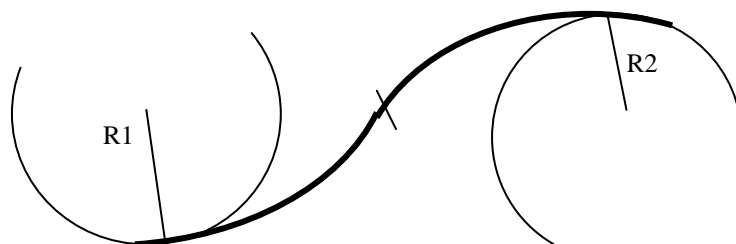


Figure 6.3 : la courbe en S

9.2. Courbe à sommet :

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

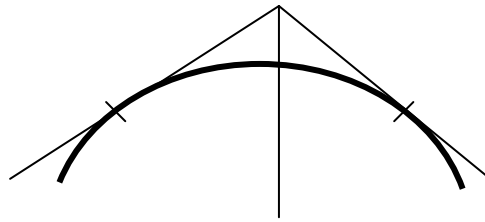


Figure 6.4 : courbe à sommet

9.3. Courbe en C :

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

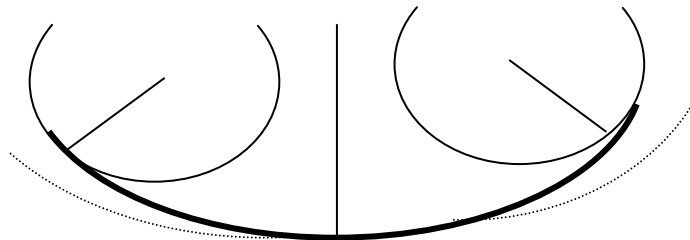


Figure 6.5 : courbe en C

9.4. Ove :

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

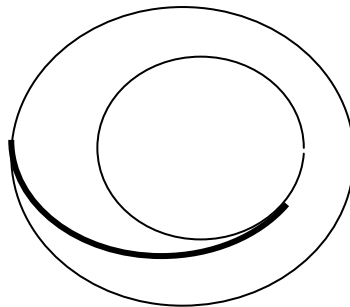


Figure 6.6 : courbe ove

10. Application au projet :

Exemple de calcul : R= 230 m

1. Détermination de L :

Condition optique :

$$L_1 = \sqrt{24 R \Delta R}$$

On a R = 230 m < 1500 m $\Rightarrow \Delta R = 1$

$$\Rightarrow L = 74,297 \text{ m}$$

Condition de confort dynamique :

$$L = \frac{Vr^2}{18} \left(\frac{Vr^2}{127R} - \Delta d \right)$$

$$RH = 230 \text{ m} \Rightarrow d = 5 \% \quad \Rightarrow L_2 = 20,65 \text{ m}$$

Condition de gauchissement :

$$L = \frac{b(i + d)}{100} Vr \quad \Rightarrow L_3 = 66,667 \text{ m}$$

2. Détermination de A :

$$L_{\max} = \max (L_1, L_2, L_3) = 74,297 \text{ m}$$

$$A = 130,72 \text{ m}$$

$$\tau = 10,29 \text{ grad}$$

Les cordonnées du point final de raccordement :

$$X = 74,1032 \text{ m}$$

$$Y = 3,9925 \text{ m}$$

Les cordonnées du cercle :

$$X_0 = 37,117 \text{ m}$$

$$Y_0 = 230,99 \text{ m}$$

$$\Delta R = 0,99 \text{ m}$$

3. Calcul de la tangente :

$$T = -37,70 \text{ m}$$

4. Calcul de la flèche :

$$B = -472,81 \text{ m}$$

5. Calcul de la longueur de développement :

$$D = 4265,61 \text{ m}$$

Les résultats de calcul des paramètres des clothoïdes des six rayons déversées avec une vitesse de référence $V_r = 60$ km/h sont présentés sur le tableau récapitulatif suivant :

sommet	S1	S2	S3	S4	S5	S6
X_C (m)	41,489	34,606	41,489	41,489	34,606	37,117
Y_C (m)	117,504	200,999	117,504	117,504	200,999	230,99
R (m)	115	200	115	115	200	230
ΔR (m)	2,504	0,99	2,504	2,504	0,99	0,99
α (rad)	0,2139	1,0783	0,2193	0,2066	0,01693	0,2138
Devers (%)	7	5,3	7	7	5,3	5
L_1 (m)	52,536	69,28	52,536	52,536	69,28	74,297
L_2 (m)	41,298	23,75	41,298	41,298	23,75	20,65
L_3 (m)	83,333	66,667	83,333	83,333	66,667	66,667
L_{choi} (m)	83,333	69,28	83,333	83,333	69,28	74,397
τ (rad)	0,3623	0,1732	0,3623	0,3623	0,1732	0,1615
A (m)	97,89	117,71	97,89	97,89	117,71	130,72
B (m)	3,1796	34,2248	3,2143	3,1341	1,0061	2,3253
T (m)	54,1029	154,8591	54,4239	53,6692	36,308	61,9045
D (m)	107,9318	284,942	108,5528	107,0923	72,668	123,4707

Les résultats de calcul des paramètres des clothoïdes des cinq rayons déversés avec une vitesse de référence $V_r = 40$ km/h sont présentés sur le tableau récapitulatif suivant :

sommet	S7	S8	S9	S10	S11
X_C (m)	24,799	26,222	27,362	24,799	24,446
Y_C (m)	61,718	115,998	43,1603	61,718	100,998
R (m)	60	115	40	60	100
ΔR (m)	1,717	0,99	3,160	1,717	0,998
α (grad)	0,0966	0,0200	0,6229	0,0899	0,8606
Devers (%)	5,97	5	7	5,97	5,16
L₁ (m)	16,017	52,536	37,947	16,017	9,279
L₂ (m)	49,878	7,960	16,017	49,878	45,333
L₃ (m)	37,947	44,444	49,878	37,947	48,990
L_{choi} (m)	49,878	52,54	49,88	49,878	48,990
τ (grad)	26,474	14,549	26,474	26,474	15,602
A (m)	54,705	77,73	54,70	54,705	69,993
B (m)	1,7891	1,0039	5,3416	7,9074	11,1282
T (m)	27,7821	27,3825	41,5267	53,1260	70,8027
D (m)	55,674	54,8357	80,4716	101,514	135,0498

Profil en long

1. Définition :

C'est une coupe longitudinale du terrain suivant un plan vertical passant par l'axe de la route. Il se compose de segments de droite de déclivité en rampe et en pente et des raccordements circulaires, ou paraboliques. Ces pentes et rampes peuvent être raccordées entre elles soit par des angles saillants ou par des angles rentrants. La courbe de raccordements les plus courants utilisés est le parabolique qui facilite l'implantation des points du projet. [10]

Les principaux paramètres du choix d'un profil en long sont :

- Un bon écoulement des eaux pluviales
- Une limitation des déclivités suivant les normes
- Un rayon de courbure minimum (condition de confort pour les angles rentrants et condition de visibilité pour les angles saillants)

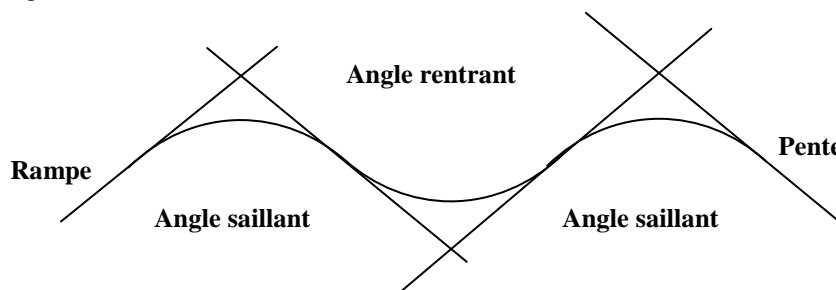


Figure 6.7 : Profil en long

2. Combinaison des alignements et des courbes en profil en long :

Eviter les lignes brisées constituées par plusieurs segments de voisines, en les remplaçant par un cercle unique, ou une combinaison de cercle et d'arc à courbure progressive de très grand rayon. [10]

- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes de paysage

3. La ligne du projet (Ligne rouge) :

Le profil en long donne une idée sur la forme du terrain naturel qui permet de choisir la ligne du projet de façon à tenir en compte de : [10]

- Equilibrer les surfaces des remblais et des déblais en évitant les grands terrassements.
- Assurer une bonne visibilité
- Assurer un confort dynamique pour l'utilisateur
- Permettre l'évacuation des eaux en adoptant des déclivités supérieures ou égales à 0,5 %.

4. Limitation des déclivités :

Les études ont établi que d'un point de vue économique, il sera souhaitable de ne pas dépasser une déclivité de 4 % sur des rampes de longueur supérieure à 500 m, surtout quand cette dernière est parcourue par une circulation importante de poids lourds.

Dans un relief difficile pour des routes non exposées à la neige et au verglas ou fermées en hiver on peut admettre d'atteindre 10 % de pente.

En cas d'impossibilité de maintenir des rampes assez faibles et si le trafic le justifie, on peut créer une voie supplémentaire principalement affectée à la montée des poids lourds. [10]

5. Raccordement en plan vertical :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort.

On distingue deux types de raccordements : [10]

5.1. Raccordements convexes (angle saillant) :

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

On distingue deux rayons verticaux ; un rayon minimale et un rayon normal.

Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts. Il faut que deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

Les rayons de raccordement sont donnés par les formules suivantes :

Le rayon vertical minimal :

$$R_{vn} = \frac{d^2}{2(h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 h_2})} \quad (6.25)$$

d : distance de manœuvre de dépassement pour une chaussée bidirectionnelle et distance de visibilité d'arrêt pour les chaussées unidirectionnelle.

h₁ : hauteur théorique de l'œil du conducteur.

h₂ : hauteur théorique de l'obstacle sur chaussée

on prend pour h₁ et h₂ les valeurs suivantes :

h₁ = 1.1 m toute catégories à chaussée bidirectionnelle et unidirectionnelle.

h₂ = 1.2 m toute catégories à chaussée bidirectionnelle.

h₂ = 0.15 m catégories 1 et 2 à chaussée unidirectionnelle.

h₂ = 0.2 m catégories 3, 4,5 à chaussée unidirectionnelle.

Pour le rayon vertical normal :

$$R_{vn} = \frac{d'^2}{2(h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 h_2})} \quad (6.26)$$

5.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :

Condition de visibilité :

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

$$R_v' = \frac{d_1^2}{2(h_s + tg\alpha)} \quad (6.27)$$

Avec :

α : l'inclinaison du fuseau lumineux de la voiture égale à 1 °.

h_s : hauteur du phare égale à 0.75 m

Condition de confort :

lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération insupportable, qu'elle est limitée à $(0.3 \text{ m/s}^2 \text{ soit } g/40)$, le rayon de raccordement à retenir sera donc égale à :

$$V^2/R_v < g/40 \text{ avec } g= 10\text{m/s}^2$$

D'où :

$$R_{vm} = CV^2 \tag{6.28}$$

Tel que :

R_v : c'est le rayon vertical (m)

V : vitesse de référence (Km/h)

C = 0.3 : catégories 1 et 2

C = 0.23 : catégories 3, 4 et 5

$$R_{vn} = R_{vm} (Vr + 20) \tag{6.29}$$

6. Calcul des éléments constituant un raccordement parabolique : [8]

6.1. Les tangentes :

$$T = T_1 = T_2$$

$$T = (R/200) * (P_1 \pm P_2) \tag{6.30}$$

6.2. La flèche :

$$f = \frac{X^2}{2R} \tag{6.31}$$

On assimile l'arc de cercle de rayon R à une parabole d'équation :

$$y = \frac{X^2}{2R} \tag{4.32}$$

7. Différents cas de raccordement : [8]

7.1. Les deux déclivités de même sens :

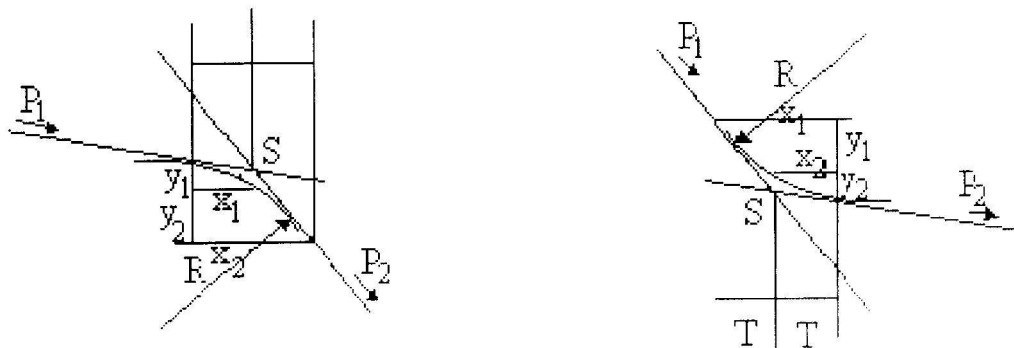


Figure 6.8 : cas des deux pentes

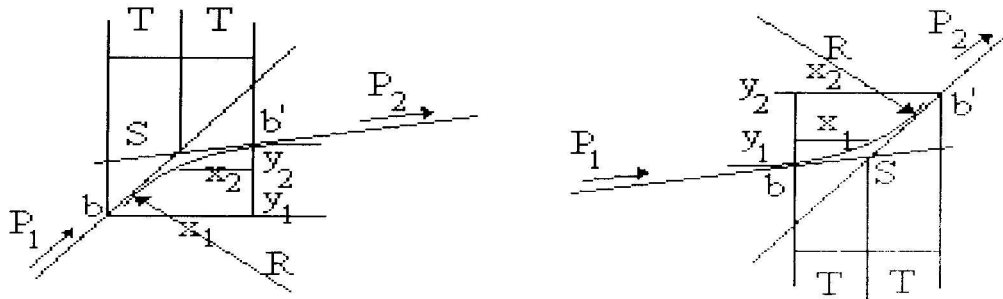


Figure 6.9 : cas de deux rampes

$$T \begin{cases} x_1 = P_1 R \\ y_1 = \frac{x_1^2}{2R} = \frac{P_1^2 R}{2} \end{cases} \quad (6.34)$$

$$T \begin{cases} x_2 = P_2 R \\ y_2 = \frac{x_2^2}{2R} = \frac{P_2^2 R}{2} \end{cases} \quad (6.35)$$

7.2. Les deux déclivités sont de sens contraire :

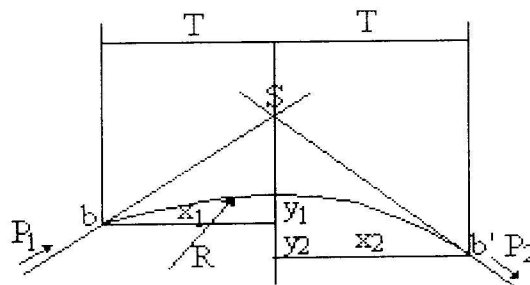


Figure 6.10 : cas d'une rampe et une pente

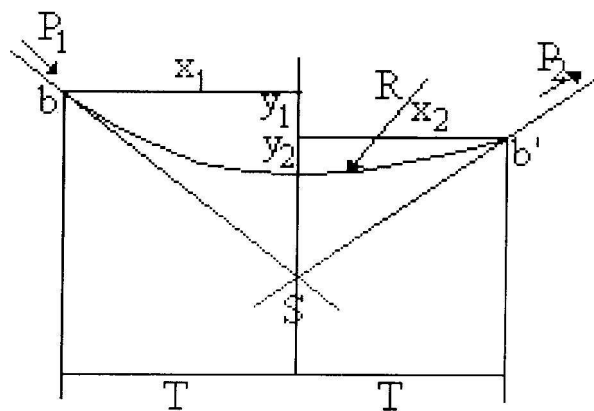


Figure 6.11 : cas d'une pente et une rampe

$$T \begin{cases} x_1 = P_1 R \\ y_1 = \frac{x_1^2}{2R} = \frac{P_1^2 R}{2} \end{cases} \quad (6.34)$$

$$T \begin{cases} x_1 = P_2 R \\ y_1 = \frac{x_2^2}{2R} = \frac{P_2^2 R}{2} \end{cases} \quad (6.35)$$

8. Coordination du tracé en plan et du profil en long :

Le tracé en plan et le profil en long doivent faire l'objet d'une étude d'ensemble assurant leur coordination d'une manière à permettre à l'usage de : [10]

- ✓ Distinguer la chaussée et les obstacles qu'il pourrait trouver sur son chemin suffisamment à l'avance (condition de visibilité)
- ✓ Distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, des bifurcations, des aires de services)
- ✓ Prévoir de loin l'évolution du tracé sans tromper par des effets d'optique ou gêner par les brisures ou les discontinuités.
- ✓ Implanter dans la mesure du possible, les carrefours et les aires de repose dans les zones de bonne visibilité (éviter les points hauts et les courbes en plan de faible rayon de courbure)
- ✓ Eviter de faire coïncider les zones de basculement de chaussées ou les devers est nul avec les sommets du profil en long (évacuation des eaux)
- ✓ Construire la chaussée en léger remblai pour améliorer la visibilité et la perception des paysages et faciliter l'écoulement des eaux et le drainage de la plate forme.
- ✓ Eviter au maximum les pertes de tracer, c'est-à-dire, les zones où la route disparaît (en point bas du profil) tout en réapparaissant plus loin dans le champ de vision.

9. Application au projet :

Notre étude porte sur une route de catégorie **C4**, dans un environnement **E 3**. Les deux tableaux ci-dessous indiquent les rayons verticaux minimaux tirés du B40 et les différents rayons verticaux associés au projet et leurs longueurs et points kilométriques.

Les paramètres du tracé en plan		L'axe	
Vitesse de base V_r (km/h)		60	40
Angle Saillant			
Minimale absolu	RVm	800	250
Minimale normal	RVN	2000	800
Angle Rentrant			
Minimale absolu	RVm	1 100	500
Minimale normal	RVN	1 600	1 100
R assurant dm	RVD	5 000	2 300
Déclivité max	P maxi	8 %	8 %

Tableau 6.4 : tableau des rayons verticaux minimaux selon B40

Pantes et rampes	L (m)	P (%)	Pk début	PK fin
raccor Progressive	L (m)	R (m)		
Rampe	295.84	1.86 %	0+000	0+300
RP	76.55	1000	0+3000	0+380
Pente	755.44	-5.79 %	0+380	1+130
RP	135.54	5000	1+130	1+260
Pente	519.67	-3.09 %	1+260	1+800
RP	61.17	2000	1+800	1+840
Pente	600.23	-6.14	1+840	2+445
RP	141.37	2300	2+445	2+590
Rampe	79.79	3 %	2+590	2+665
RP	55.46	1500	2+665	2+720
Rampe	326.58	3.70 %	2+720	3+050
RP	86.98	2300	3+050	3+135
Rampe	237.84	7.47 %	3+135	3+375
RP	79.72	800	3+375	3+450
Pente	349.21	-2.48 %	1689,54	1596,04
RP	73.27	1000	3+802	3+870
Rampe	224.06	4.18%	3+870	4+094
RP	118	2000	4+094	4+212
Pente	54	-0.34%	4+212	4+266
RP	179.8	2000	4+266	4+446
Rampe	236.5 +333.7	8%	4+446	5+016
RP	119	2000	5+016	5+135
Rampe	158	2.7%	5+135	5+293
RP	64	2000	5+293	5+357
Pente	48.5	-0.5%	5+357	5+405

Tableau 6.5 : tableau des pantes et rampes et rayons verticaux du projet

PROFIL EN TRAVERS

1. Définition :

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

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun des leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc...). [8]

On distingue trois types de profile

- Profil en déblai
- Profil en remblai
- Profil mixte

2. Les éléments du profil en travers :

2.1. Chaussée

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

Au sens structurel : c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges.

Ses caractéristiques géométriques sont « une largeur, une sur largeur, une pente transversale, un dévers dans les virages ».

2.2. La largeur rouable

C'est la bande de la plate forme accessible sans dommage aux véhicules roulants normalement sur la chaussée. Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée, la bande d'arrêt et la bande dérasée.

2.3. Assiette :

Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai. En zone urbaine, elle est limitée par le parement des habitations ou leurs clôtures.

2.4. Emprise :

C'est la surface de terrain appartenant à la collectivité et affectée à la route ou ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....) elle coïncidant généralement avec le domaine public

2.5. Accotements :

Se sont les zones latérales de la plate forme que borde extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasé ou sur élevés. Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une sur largeur de chaussée. (Bande de guidage)
- Une bande d'arrêt.
- Une berme extérieure engazonnée.
- Ils assurent la transition avec les fossés, les talus ou les murs et le terrain naturel.
- Ils assurent les fonctions suivantes :
- Augmenter le dégagement latéral pour les arrêts d'urgences, marge de manœuvre en cas de perte de contrôle du véhicule, etc.....
- Augmenter la visibilité en courbe.

- Permettre la mise en place de la signalisation routière et les équipements de sécurité.
- Protéger le corps de chaussée des infiltrations d'eaux, etc.....

Les accotements sont au même niveau que le bord de chaussée inclinée de 4 à 5 % vers l'extérieur pour permettre l'écoulement instantané des eaux vers les fossés.

Les accotements doivent être réalisés avec des matériaux sélectionnés puisqu'ils sont occasionnellement circulés.

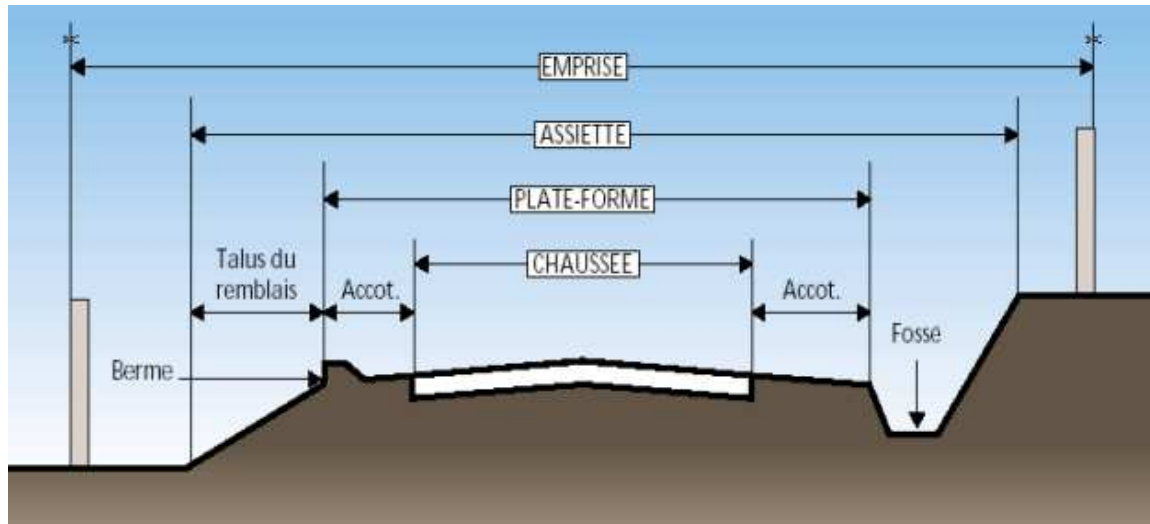


Figure 6.12 : Profil en travers à 2x1 voies

2.6. Terre plein central (T.P.C) :

La terre pleine centrale, s'étend entre les limites intérieures de deux chaussées (au sens géométrique), du point de vue structural, il comprend :

- ✓ Les deux sur largeurs de chaussées supportant les bandes de guidages.
- ✓ Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

Son rôle est triplé :

Rôle de séparation :

C'est la raison essentielle du T.P.C lorsque sa largeur est inférieure à 12 m il comporte des dispositifs de sécurité qui peuvent souple ou rigide. [8]

Rôle d'environnement :

Le T.P.C supporte les éventuelles plantations qui ont un rôle d'embellissement et participe à la sécurité de l'utilisateur. Les terres pleines centrales ne comportent pas systématiquement de plantation, elles sont par fois pour des raisons d'économies entièrement revêtues, mais seulement lorsque cette largeur est inférieure à 5 m. [8]

Rôle de drainage :

Le T.P.C comporte dans les zones déversées un dispositif de drainage permettant la récupération des eaux de Fossé. [8]

2.7. Fossé :

Le fossé est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus). Il peut être revêtu (béton, maçonnerie, etc....) ou non. On peut le trouver sous forme triangulaire ou sous forme trapézoïdal

Le dimensionnement d'un fossé doit tenir compte de :

- ❖ La quantité d'eaux à évacuer.
- ❖ L'emplacement des exutoires.
- ❖ La pente du profil en long.
- ❖ La nature du sol.

2.8. Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) :

C'est une partie de l'accotement, contiguë à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclut la sur largeur structurelle de la chaussée.

2.9. Bande dérasée de gauche (B.D.G) :

Les bandes dérasées sont situées de part et d'autre de la chaussée et s'y raccordent sans dénivellement. Elles sont dégagées de tout obstacle et destinée en particulier à éviter à l'usager un effet de paroi très gênant à haute vitesse.

Elles sont constituées à partie de bord géométrique de la chaussée par une sur largeur de 0.25 m ou de 0.50 m suivant que cette structure est en béton de ciment ou en béton bitumineux.

2.10. Sur largeur S :

Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive. Elle porte une bande de guidage de 0.25 m (à partie de bord de la chaussée) ; réalisée en peinture ou par tout autre procédé assurant une bonne visibilité de nuit et une bonne durabilité.

2.11. Berme :

Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, et généralement engazonnée. Elle a une largeur de 0.70 m pour les catégories 1 et 2, 1 m pour la catégorie exceptionnelle. Elle supporte d'éventuels panneaux de signalisation et équipement.

2.12. Bande médiane :

Partie non rouable du terre-plein central comprise entre les deux bandes dérasées de gauche.

2.13. Les glissières de sûreté

Sont des ouvrages placés sur certain accotement, près de la limite de la chaussée, pour amener sur celui-ci les véhicules qui s'en écarteraient.

3. Profil en travers des routes nationales :

L'étude du trafic a mentionné qu'il était nécessaire d'avoir un profil en travers à 2 x 2voies de 3.5m de largeur de chaque voie avec un accotement de 1.5m et un terres -plein central de 3m revêtu et une bande d'arrêt de 2.5m.

4. Largeur des voies circulations :

Les véhicules circulant occupent une voie de circulation de la chaussée en un sens de circulation. La largeur des voies du point de vue pratique dépend de :

- ❖ Gabarit admis des véhicules.
- ❖ La vitesse de référence.

La largeur du gabarit des véhicules étant 2.5 m constitue un minimum pour la largeur d'une voie de circulation automobile. A cause de la conduite imparfaite des véhicules, il est nécessaire d'aménager entre la voie de la circulation et l'accotement et entre les deux voies de circulation des bandes de sécurités. Ainsi la largeur d'une voie de circulation est supérieure à celle des véhicules. Nous indiquons sur la figure .2 les paramètres de calcul de la largeur de la voie de circulation

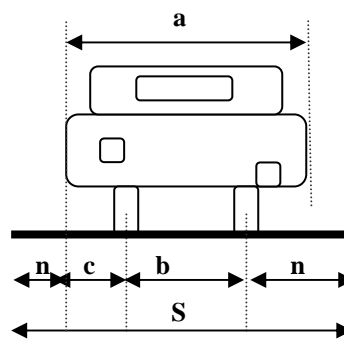


Figure 6.13: Largeur d'une chaussée

Avec :

S : Largeur de la voie en m

a : Gabarit du véhicule ($a_{\max} = 2.50m$)

c : Distance entre axes des roues et bord de la carrosserie ($c=0.15m$).

n : Largeur de la bande de sécurité (n dépend de la vitesse)

La largeur d'une voie est donnée par la formule suivante :

$$S = a - 2c + 2n \quad (6.36)$$

L'influence de la vitesse sur la bande de sécurité est donnée par la formule empirique suivante :

$$n = 0.036 + 0.0038 \times V \quad (6.37)$$

$$m = 1.11 + 0.0034 \times (V_1 + V_2) \quad (6.38)$$

Avec V, V₁ et V₂ en Km/h

V (Km/h)	60	80	100
m	1.62	1.75	1.96
n	0.59	0.67	0.74

Tableau6.6 : Paramètre du profil en travers

La largeur des routes en rase campagne est de 3.50 m.

- ❖ Pour les routes à 2voies 5 m est une limite minimale admise.
- ❖ Pour les chaussée à sens unique largeur minimale 3.00 m.

5. Eléments de sécurité liés au profil en travers :

La problématique de la sécurité routière revêt un caractère multidimensionnel. Les causes des collisions peuvent relever de facteurs attribuables au conducteur, au véhicule ou à une défectuosité des infrastructures routières.

Dans une perspective dynamique, les interactions entre ces trois composantes du système homme – véhicule - infrastructure engendrent des événements d'exposition au risque qui peuvent entraîner des accidents.

Concernant le profil en travers, il faut vérifier :

- ❖ Le nombre de voies.
- ❖ Le profil du terre-plein (surélevé ou creux).
- ❖ La largeur du terre-plein.
- ❖ La présence ou non de glissière de sécurité.

Le nombre de voies :

Dans les régions accidentées, il faut prévoir une 3^{ème} voie pour éviter des dépassements hasardeux dès que le trafic devient important (5000 véh/Jour) Si une 3^{ème} voie est utilisée, elle doit être affectée à l'un des deux sens de circulation chaque fois que la visibilité est insuffisante pour doubler dans de très bonnes conditions.

De plus la 3^{ème} voie ne doit pas être un facteur d'augmentation des vitesses et elle doit être affectée à la monter dès que les pentes dépassent 3 ou 4 %.

Les problèmes de sécurité liés à l'affectation de la 3^{ème} voie apparaissent dans 3% des accidents sur route nationale.

Les accotements :

Leur mauvais aménagement constitue un facteur aggravant dans 9% des accidents sur la route nationale. Si les capacités de stationnement sont insuffisantes, il peut y avoir une perte de contrôle sur l'accotement.

Pour des itinéraires de 2 x 2 voies, il faut prévoir des accotements stabilisés de 3 m.

En montagne, il prévoit des accotements stabilisée de 2 m. De plus, par tout ou c'est possible il faut construire des accotements de 1.5 à 2 m.

L'inconvénient des accotements larges : ils sont parfois utilisés comme des voies supplémentaires et peuvent inciter à l'augmentation des vitesses.

Pour limiter ce phénomène, on peut prévoir un revêtement de couleurs différentes de celle de la chaussée.

Glissières de sécurité et arbres

La pose des glissières doit, par ailleurs, être envisagée dans plusieurs cas :

- ❖ Sur route à 2x2 voies sur les T.P.C dès qu'ils sont inférieurs à 12 m et à l'extérieur des courbes des rayons inférieur à $1.5 R_{Hm}$.
- ❖ En remblai de hauteur supérieur à 4 m (ou 1 m en cas de dénivellation brutale).
- ❖ Dès qu'il y a un obstacle à moins de 4 m du bord de la chaussée (10 m sur 2x2 m).
- ❖ Sur les sections plantées du réseau, les arbres représentent 20% des accidents et 36% des tués. Pour diminuer ce pourcentage il faut :
- ❖ Supprimer complètement les arbres proches de la chaussée (moins de 1.5 m)
- ❖ Les placer au-delà du fossé à 4 ou 5 m du bord de la chaussée

Si c'est impossible, il faut placer des glissières distantes de l'arbre de 1.2 m à 1.6 m.

6. Pentas transversales en alignement (et courbe non déversée) :

6.1. Les chaussées

Le profil de la chaussée est constitué par deux versants plans raccordés sur l'axe, sauf pour les chaussées unidirectionnelles qui comportent un seul versant dirige vers l'extérieur.

La pente transversale de la chaussée est de 2.5% (3% dans notre cas) orientée vers l'extérieur de la route. Sur les autoroutes cette valeur peut être ramenée à 2% dans le cas de grands ouvrages ou une telle mesure peut en faciliter la conception.

6.2. Les bandes dérasées et la B.A.U

Sur les autoroutes, Les bandes dérasées et la partie des Bandes d'Arrêt d'Urgence présente une pente de 4 %.

6.3. La berme

La pente des bernas est égale à 8 % orientée vers l'extérieure de la route, vers le fossé ou talus.

6.4. La T.P.C

Les B.D.G ont la même pente que les versants des chaussées adjacentes, la bonde médiane de la TPC présente un profil qui permet d'évacuer les eaux en dehors des chaussées.

7. Pentas transversales et dévers en courbe :

Les dévers dans les courbes et les raccordements progressifs sont traités dans les chapitres précédents. La sur largeur de chaussée portant la bande de guidage a la même pente que le versant de la chaussée qu'elle jouxte.

Pour la bande dérasée de droite stabilisée ou revêtue, non comprise la sur largeur de la chaussée, on adaptera les règles suivantes :

- ❖ Tant que le dévers de la chaussée ne dépasse pas 4%, les pentes des bandes dérasées sont les qu'en alignement, c'est-à-dire vers l'extérieur de la chaussée.
- ❖ Quand le dévers est supérieur à 4%, la pente de la bande dérasée situe du coté intérieur du virage est égale au dévers de la chaussée et la pente de la bande dérasée situe du coté extérieur du virage et de sens opposé au dévers est égale à 1.5% (si la bande dérasée n'est pas revêtue, on prend 2.5%). La berme a une pente de 8 % vers l'extérieur de la chaussée. Les B.D.G ont la même pente que la chaussée adjacente.

8. Transition du profil en toi jusqu'au profil à pente unique

Élévation du bord de la chaussée hauteur total (h)

$$h = (b/2) * (d+i) \tag{6.39}$$

Avec : b : largeur de la chaussée

d : devers de la chaussée en courbe

i : pente transversale

Devers partielle dn % :

$$d_n \% = \frac{h_1 - h_{Xn}}{b/2} \tag{6.40}$$

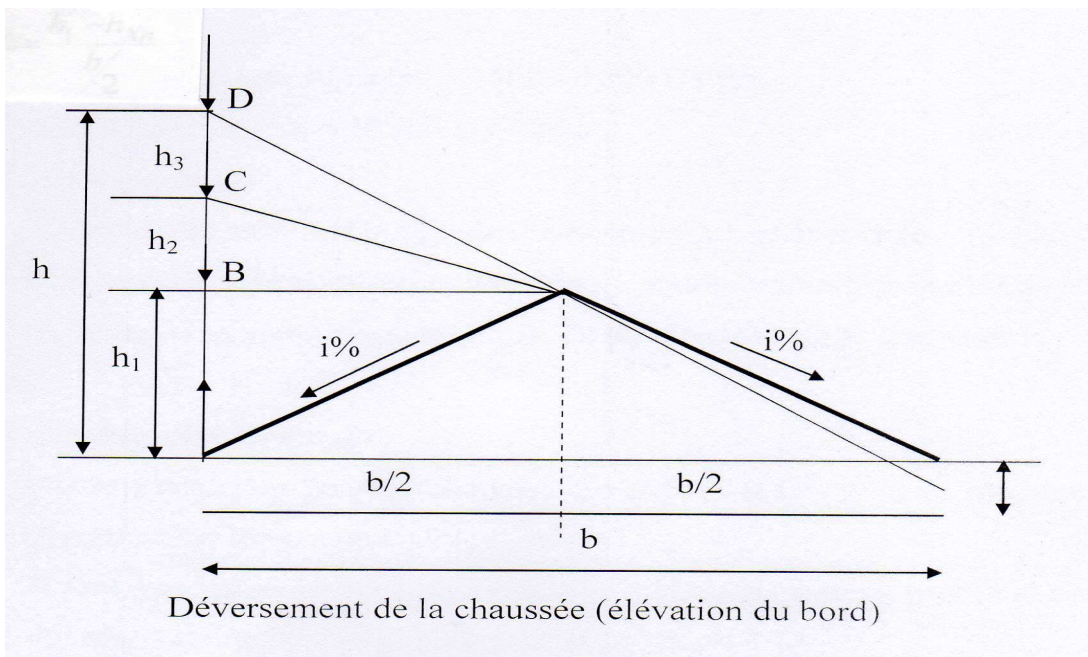
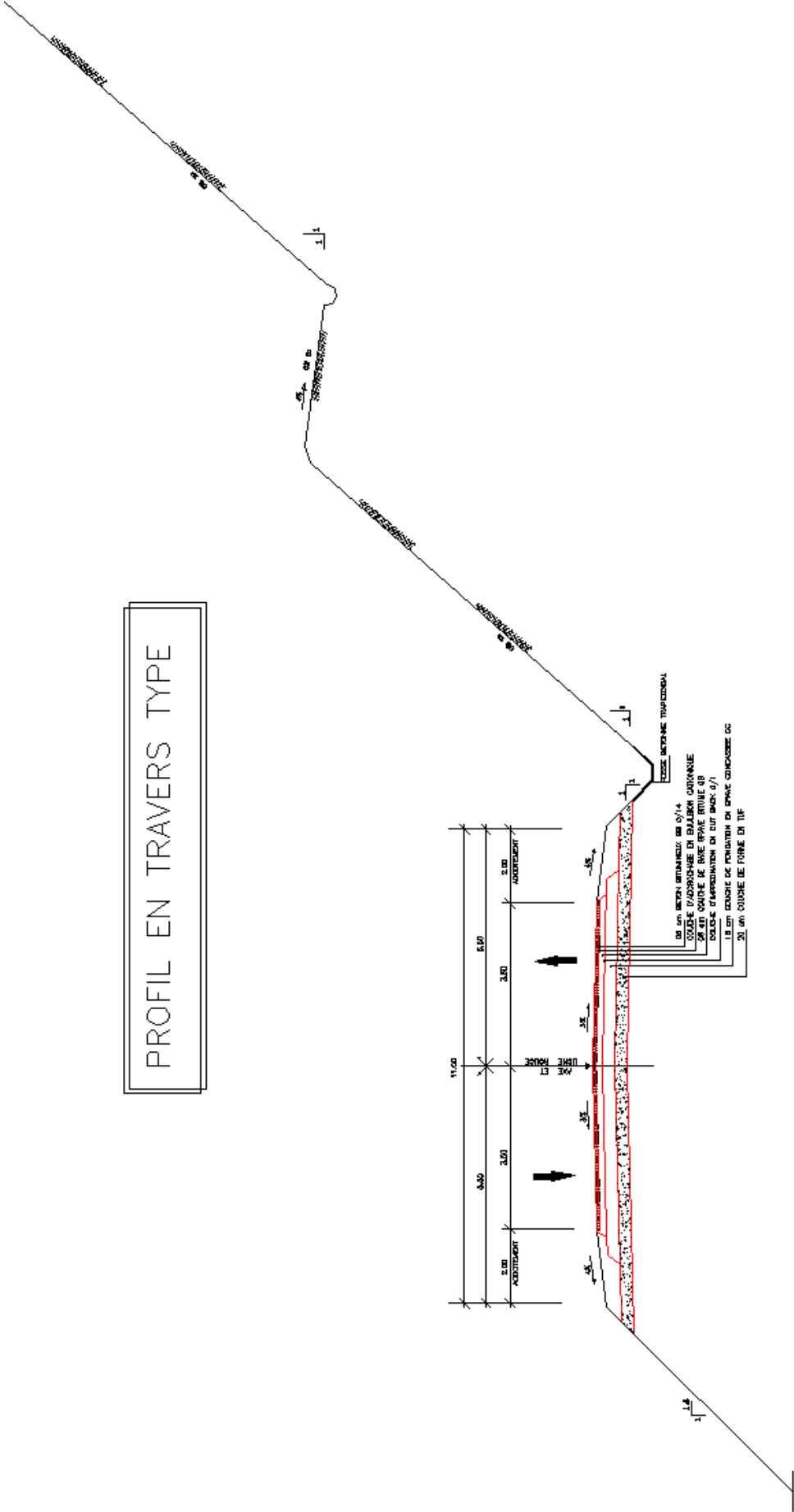


Figure 6.14 : élèvement du bord

PROFIL EN TRAVERS TYPE



Dimensionnement du corps de chaussée

1. Introduction :

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois la conception géométrique terminée, la route projetée devra résister aux agressions des agents extérieurs et particulièrement aux surcharges d'exploitations : action des essieux des différents types de véhicules et notamment les poids lourds.

Sans oublier de tenir compte de la qualité des matériaux qui devront aussi résister aux gradients thermiques, pluie, neige, verglas Pour cela il faudra non seulement assurer à la route des bonnes caractéristiques géométriques mais aussi au corps de chaussée des bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettent de résister à toutes les charges pendant toute la durée de vie de la route.

La qualité des matériaux et la technique de construction de la chaussée joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support, un bon dimensionnement du corps de chaussée et un choix judicieux des matériaux destinés à la réalisation.

Le dimensionnement de la structure de la chaussée constitue une étape importante dans le projet d'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants : le trafic, l'environnement de la route (le climat essentiellement), le sol support.

2. Principe de la constitution des chaussées

Le corps de chaussée est un ouvrage destiné essentiellement à la répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation (sol). La chaussée doit permettre la circulation des véhicules dans de bonnes conditions : rapidité, sûreté et sans usure exagérée du matériel roulant. Il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet : [9]

2.1. De la charge des véhicules

La charge maximale autorisée par un jumelage isolé est de 65 KN (6,5 tonnes) soit un essieu standard de 130 KN (13 t). Il arrive également que cette charge maximale soit dépassée à cause du phénomène de surcharge.

2.2. Des intempéries

Les variations de la température peuvent engendrer dans les solides élastiques des champs de contrainte et créer aussi les effets de gel et dégel, d'autre part l'ensoleillement joue sur la déformation des mélanges bitumineux, et aussi sur le vieillissement du bitume.

2.3. Des efforts tangentiels

Lorsqu'un véhicule est en mouvement des efforts horizontaux apparaissent du fait :

- ❖ De la transmission de l'effort moteur aux roues ou frottement des pneumatiques sur la chaussée lors du freinage.
- ❖ De l'entraînement (mise en rotation) des roues non motrices.
- ❖ De la réaction due à la résistance aux efforts transversaux.
- ❖ Toutes ces actions tangentielles s'accompagnent de frottement dans lesquels se dissipent de l'énergie et qui usent les pneumatiques et la couche de surface de la chaussée.

3. La chaussée :

3.1. Définition :

Au sens géométrique :

La surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. [10]

Au sens structurel :

L'ensemble des couches de matériaux superposées qui permettent la reprise des charges. [10]

3.2. Les différentes catégories de chaussée :

- les chaussées classiques (souples et rigides)
- les chaussées inverses (mixtes ou semi-rigides)

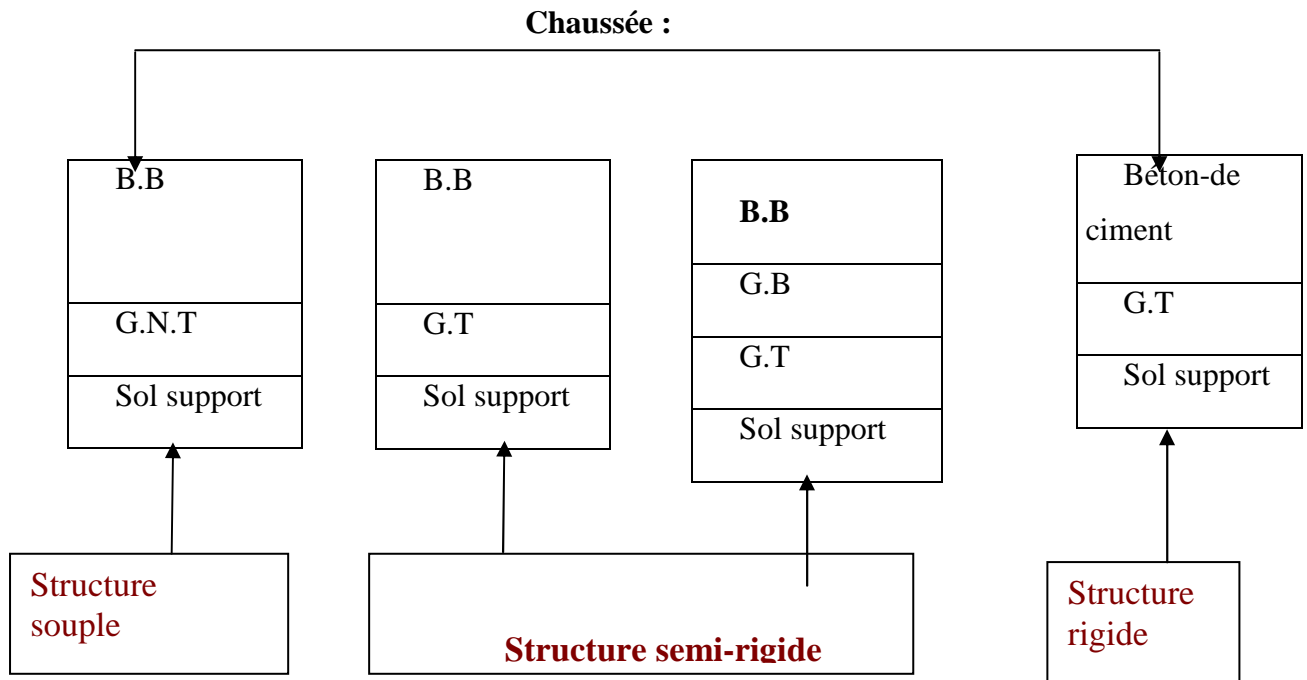


Figure 7.1 : les différentes couches des chaussées

BB : béton bitumineux

GB : grave bitume

GT : grave traité

G.N.T : grave non trait.

Chaussée souple

La chaussée souple est constituée par un empilage de matériaux granulaires recouverts d'un revêtement plus ou moins épais à base de bitume, généralement, elle est caractérisée par une grande flexibilité et une diffusion localisée des charges. Elle constitue la majorité des routes actuelles dans le monde. [9]

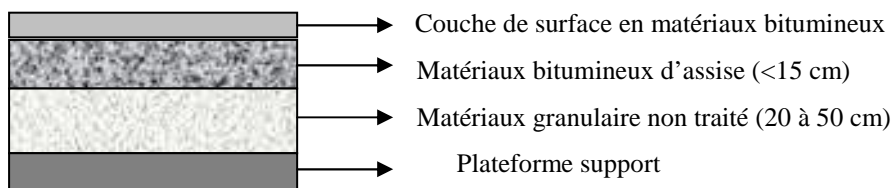


Figure 7.2 : chaussée souple

➤ **Couche de roulement (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 cisaillement provoqué 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.

➤ **Couche de base :**

Elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

➤ **Couche de fondation :**

Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

➤ **Couche de forme :**

Elle est prévue pour reprendre à certains objectifs à court terme.

- **Sol rocheux** : joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- **Sol peu portante (argileux à teneur en eau élevée)** : Elle assure une Portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

Actuellement, on tient compte d'améliorer de la portance du sol support à long terme, par la couche de forme.

Chaussée semi-rigide

On distingue : [9]

- Les chaussées comportant une couche de base (quelquefois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (Ciment, chaux hydraulique,...)
- La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelquefois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé, son épaisseur minimale stricte doit être de 15 cm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.
- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

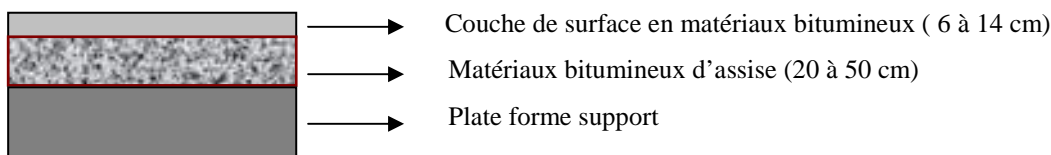


Figure 7.3 : Chaussée semi-rigide.

Chaussée à structure mixte

Ce sont des chaussées qui sont constituées d'une couche de surface en matériaux bitumineux, reposant sur une couche d'assise traitée au liant bitumineux, la couche de base et parfois aussi la couche de fondation est en matériaux traités aux liants hydrauliques et qui repose sur une plateforme support. [9]

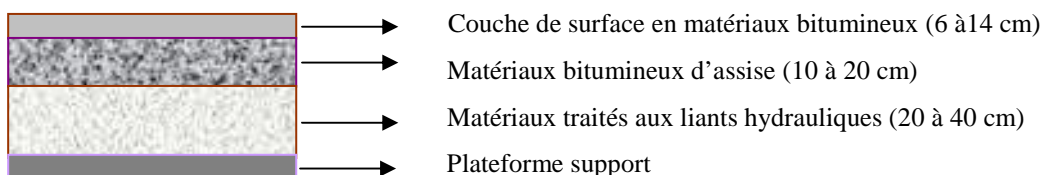


Figure 7.4 : Chaussée à structure mixte

Chaussée rigide

La couche supérieure est constituée d'une dalle de béton, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface des chaussées souples) reposant sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisée mécaniquement (grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques). Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie. [9]

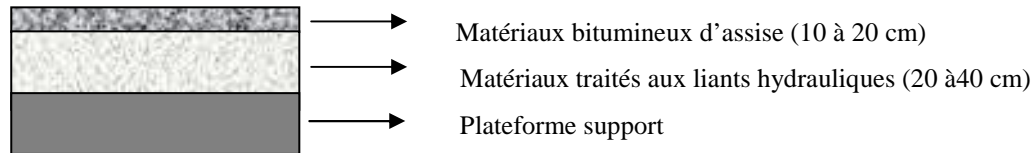


Figure 5.5 : Chaussée rigide

4. Les principaux rôles des couches :

4.1. Couche de surface :

Cette couche est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. Elle est composée d'une couche de roulement et d'une couche de liaison, la couche de roulement a pour rôles :

- D'imperméabiliser la surface de la chaussée.
- D'assurer la sécurité et le confort des usagers.

La couche de liaison a pour rôle essentiel d'assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides. [10]

4.2. Couche de Base :

La couche de base a pour rôle essentiel de reprendre les efforts verticaux de répartir les contraintes normales qui résultent sur les couches sous-jacentes. [10]

4.3. Couche de fondation :

Le rôle de la couche de fondation est identique à celui de base : elle reprend les contraintes normales et les répartit sur le sol-support (ou la couche de forme est éventuellement). [10]

La couche de fondation et la couche de base forment le "corps de chaussée".

4.4. Couche de forme :

Est général généralement prévu pour répondre à certains objectifs de la nature du sol-support :

-Sur un sol rocheux, la couche de forme aura un rôle de nivellement afin d'aplanir la surface avant de mettre en œuvre la couche de fondation.

-Sur un sol peu porteur (argileux à teneur en eau élevée, la couche de forme est mise en œuvre essentiellement pour assurer une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

-Actuellement, on tient de plus en plus compte du rôle de portance à long terme apporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation des structures de chaussée. [10]

5. Les différents facteurs déterminants pour les études de dimensionnement de chaussée :

Toutes les méthodes de dimensionnement basées sur la connaissance d'un certains paramètres fondamentaux liés au : [12]

5.1. Trafic :

Le trafic principalement le trafic poids lourds, est l'un des paramètres prépondérants dans la conception des structures. Il intervient en fait d'abord dans le choix des matériaux puis dans le dimensionnement proprement dit de façon plus détaillée, le trafic gouverne les choix suivants :

1-Choix d'un niveau de service qui se traduira notamment par le choix de la couche de surface.

2-Choix de l'épaisseur des structures qui implique la fixation d'un niveau de risque.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes ; de trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T \cdot A \cdot C \quad (7.1)$$

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul :

$$C = [(1 + \tau)^p - 1] / \tau \quad (7.2)$$

τ : Taux de croissance du trafic.

p : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

5.2. Environnement :

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

5.3. Le sol support :

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

Les plates formes sont définies à partir :

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

5.4. Matériaux :

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

6. Différentes Méthodes de dimensionnement :

Nous avons deux grandes familles de méthodes : [10]

- ✓ Celles qui transforment la structure de la chaussée par un modèle mécanique le but est de déterminer les contraintes et les déformations qui résultent sous l'effet des charges, ces méthodes sont appelés des méthodes *rationnelles*.
- ✓ D'autres méthodes qui sont basés sur l'observation du comportement de différents corps de chaussée sous l'effet du trafic (réelles ou expérimentales) et d'en déduire les règles pratiques de dimensionnement sous forme d'abaques, ces méthodes sont dites *méthodes empiriques*.

Le manque de modèles parfait pouvant donner des résultats satisfaisant a poussé beaucoup de pays à adopter le deuxième type de méthodes, en élaborant des catalogues de dimensionnement. L'Algérie s'est doté aussi d'un catalogue élaboré par le Contrôle Technique des Travaux Publics (CTTP) en 2002, ce catalogue fait l'objet actuellement d'une mise à jour.

Nous présenterons dans ce qui suit les principales méthodes de dimensionnement élaborées dans le cadre des méthodes rationnelles et parfois combinés aux méthodes empiriques.

6.1. Méthod C.B.R (California – Bearing – Ratio) :

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

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale de charge répartie tirée de la théorie de BOUSSINESQ soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice C.B.R. L'épaisseur est donnée par la formule suivante : [9]

$$e = \frac{100+150\sqrt{p}}{I_{CBR}+5} \quad (7.3)$$

I_{CBR} : indice CBR

En tenant compte de l'influence du trafic, la formule suivante : [9]

$$e = \frac{100 + (\sqrt{p}) (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \quad (7.4)$$

Avec :

N qui désigne le nombre moyen de véhicules (camions) de plus 1500 kg de charge à vide, P la charge par roue.

P = 6,5 tonnes (poids de l'essieu le plus chargé).

Log est le logarithme décimal.

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

$$e = \sum a_i e_i \quad (7.5)$$

a_i : étant les coefficients d'équivalences de chacun des matériaux à utiliser d'épaisseur e_i .

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

Matériaux utilisées	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux – enrobé dense	2.00
Grave bitume	1.50
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse – T.V.O	0.75
Sable	0.50
Tuf	0.7 à 0.8

Tableau 7.1 : les coefficients d'équivalence des matériaux [9]

6.2. Méthode A.A.S.H.O :

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales.

Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs :

- L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- L'équivalence entre les différents types de charge par essai.
- L'influence des charges et de leur répétition. [9]

6.3. Méthode d'ASPHALT INSTITUTE :

Basée sur les résultats obtenus par des essais «AASHO » on prend en considération le trafic composite par échelle de facteur d'équivalence et utilise un indice de structure tenant compte de la nature des diverses couches.

L'épaisseur sera déterminée en utilisant l'abaque de l'asphalte institue. [9]

6.4. Méthode du catalogue des structures :

Catalogue des structures type neuf est établi par «SETRA » Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).

Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 Vé/h/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 cumule de poids lourds à la 20^{ème} année Tj.

Les caractéristiques de sol (Sj). [9]

Détermination de la classe de trafic :

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumule sur 20 ans
T ₁	$T < 7.3 \cdot 10^5$
T ₂	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T ₃	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T ₄	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T ₅	$T > 4 \cdot 10^7$

Tableau 7.2 : les classes des trafics [9]

Le trafic cumulé est donné par la formule suivante : [5]

$$Te = Tpl [1 + (1+Z)n + 1 / Z \cdot 365] \quad (5.6)$$

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

Z : taux d'accroissement annuel.

Détermination de la classe du sol :

Classe de sol	Indice C.B.R
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

Tableau 7.3 : les classes des sols [9]

6.5. La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) :

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression : [5]

$$Teq = [TJMA. a [(1+p)^n -1] . 0.75. z. 365] / [(1+p) -1] \quad (5.7)$$

Teq = trafic équivalent par essieu de 13t.

TJMA = trafic à la mise en service de la route.

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

p = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

z = pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente **e** (en fonction de Teq, I_{CBR}) à partir de l'abaque L.C.P.C.

L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base.

6.6. Méthode du Catalogue des Structures Algérien :

Cette méthode découle du règlement algérien en B60 – B61, et elle consiste à déterminer la classe du trafic des poids lourds à la 20^{ème} année et de la classification du sol support. Une grille combinant ces deux paramètres permet au projecteur de trouver le type de chaussée qu'il devine suivant la disponibilité des matériaux aux environs. [9]

6.7. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée. [9]

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelles qui se base sur deux approches : [9]

- Approche théorique.
- Approche empirique.

La démarche catalogue est schématisé ci -dessous : [9]

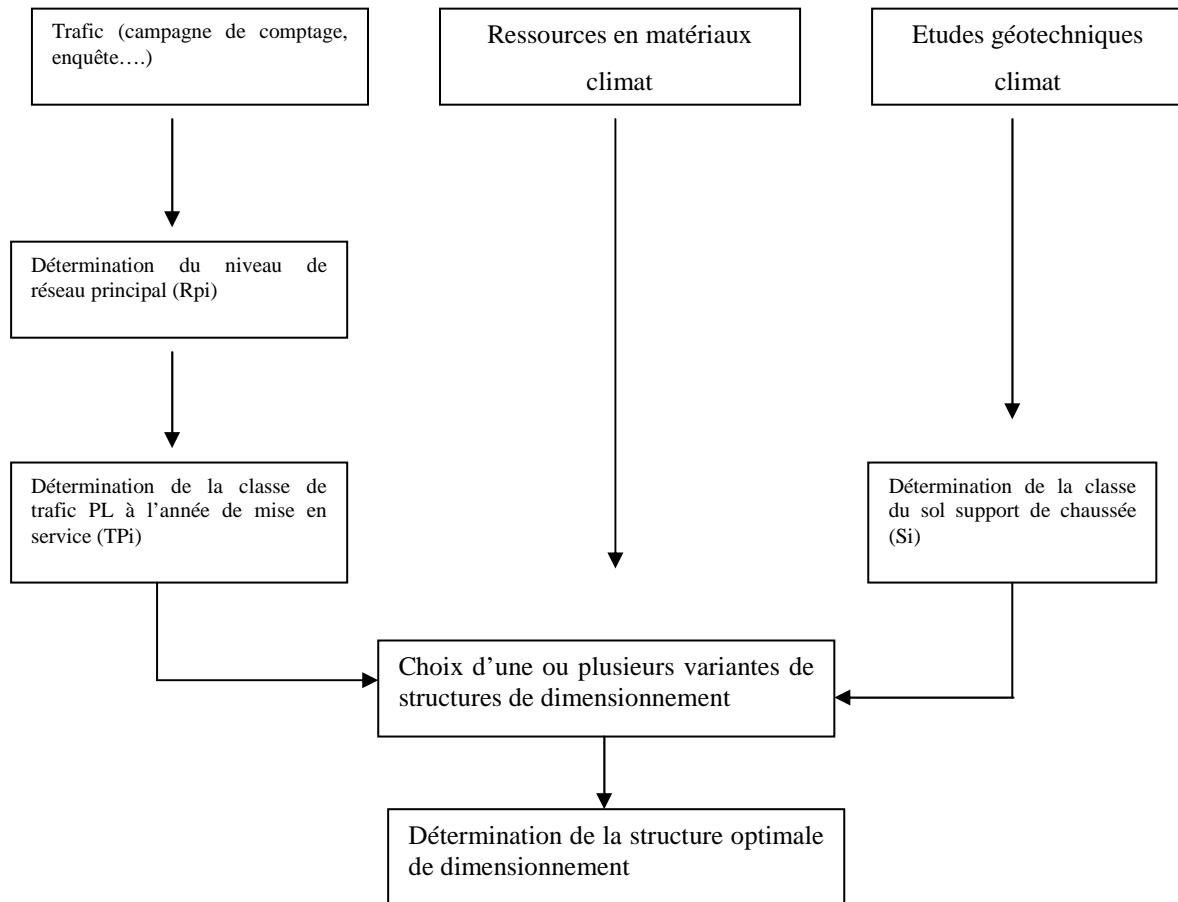


Schéma 5.1 : la démarche du catalogue

7. Application Au Projet :

7.1. La méthode (A.A.S.H.T.O) : American Association Of State Highway and Transportation Officials:

Données :

D'après les informations recueillies au niveau de la direction des travaux publics de Sidi Bel Abbas le trafic journalier moyen est l'environ de 5000 veh/j

$$TMJA_{2012} = 1737 \text{ veh/j}$$

- Calcule du trafic :
- Le trafic à la mise en service en 2012

$$N_{2015}^T = N_{2012}^T * (1+p)^{(2015-2012)}$$

$$= 1737 * (1+0.03)^3$$

$$N_{2015}^T = 1898 \text{ veh /j}$$

- Le trafic PL prévu en 2015

$$N_{2015}^{PL} = N_{2015}^T * Z$$

$$= 1898 * 0.3$$

$$N_{2015}^{PL} = 664 \text{ PL/j}$$

- Le trafic de PL prévu en 2035

$$N_{2035}^{PL} = 664 (1+0.03)^{20} = 1\,199 \text{ PL/j}$$

- Le trafic de PL annuel en 2014

$$T^A = 664 * 365 = 242\,360 \text{ PL/j}$$

- Le trafic cumulé du PL en 2035

$$S_{2035} = T_{2035}^A \frac{(1+p)^t - 1}{p}$$

$$S_{2035} = 242\,360 * \frac{(1+0.03)^{20} - 1}{0.03} = 6\,512\,304 \text{ PL}$$

- Conversion le nombre d'essieu

$$N_E = S_{2035} * 2.25 = 6512604 * 2.25$$

$$N_E = 14\,652\,684 \text{ essieux}$$

- Facteur d'équivalence T pour N(8.2t)

$$T = 7 * 10^6$$

Cette valeur est en fonction du pourcentage de différent type d'essieux et du nombre de passage de chaque essieu et de leur coefficient d'équivalence.

On a proposée que IC.B.R = 10%

D'après le abaque de la méthode $e = 37 \text{ cm}$.

7.2. La méthode CBR :

Données de base :

On a: P = 6.5 t (poids de l'essieu le plus chargé)

PL = 35 % $\tau = 3\%$ CBR = 10

TJMA = 1898 veh/j (année de mise de service)

$$N_{PL} = 1898 * 35 \% = 664 \text{ PL/j}$$

A la vingtième année d'exploitation:

$$N_{PL} = 664 * (1 + 0.03)^{20} = 1200 \text{ PL/j.}$$

Donc:

$$e = \frac{100 + (\sqrt{P})(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \Rightarrow e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{1200}{10})}{10 + 5} \approx 37 \text{ cm}$$

Lorsque le corps de chaussée est composé par des différents matériaux, on utilise le coefficient d'équivalence de chaque matériau :

$$e = \sum_{i=1}^n a_i . e_i$$

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche

- Couche de roulement $a_1 = 2$: béton bitumineux
- Couche de base $a_2 = 1.5$: grave bitume
- Couche de fondation $a_3 = 1$: grave concassée

$$e = 6 \times 2 + 1.5 \times 8 + 1 \times 16 = 40 \text{ cm}$$

Donc l'épaisseur réelles est de $6 (BB) + 8 (GB) + 16 (GC) = 30 \text{ cm}$

Calcul des cubatures

1. Introduction:

La réalisation d'un ouvrage génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers.

Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai.

Soit par excavation des terres existantes au dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre se trouve entre le tracé du projet et celui du naturel.

Ce calcul s'appelle ((les cubatures des terrassements))

2. Définition :

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.

Le calcul des volumes des terrassements est très compliqué et très long donc on doit accepter quelques petites erreurs, le calcul des cubatures est réduit à des calculs d'intégrales qui nécessite une géométrie descriptive pour chaque profil. [10]

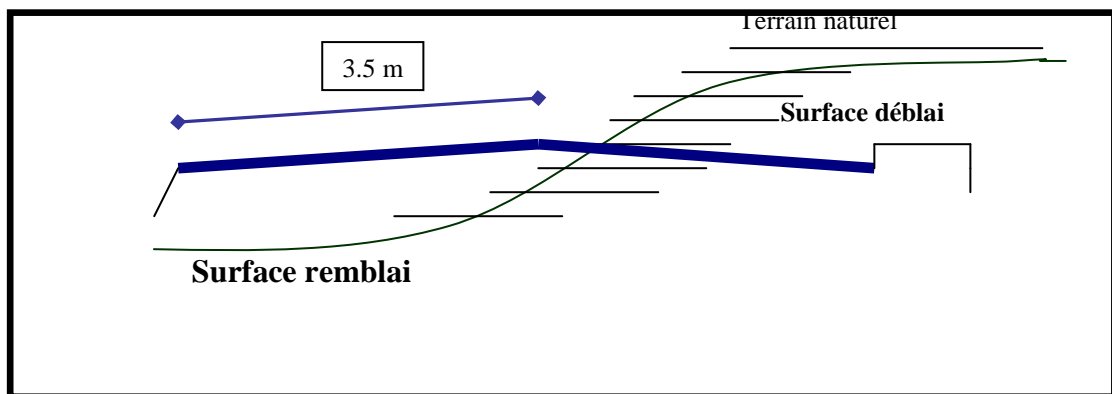


Figure 8.1 : Coupe transversale d'une chaussée. [10]

3. Méthode de calcul des cubatures :

On a décomposé les profils en travers en surfaces géométriques simples.

L'évolution du volume compris entre les surfaces qui définissent d'une part le terrain naturel et d'autre part le projet, constitue les cubatures de terrassements. Pour le calcul de notre cubature nous avons tenu compte d'une couche de terre végétale d'épaisseur 0.20 m.

Notre corps de chaussée est d'une épaisseur de 52 cm, décomposé en trois couche sont les suivantes :

- Une couche de roulement : 12 cm
- Une couche de base : 21 cm
- Une couche de fondation : 28 cm

La méthode pratique de calcul de ces cubatures consiste à découper les figures qui se présentent en profil en travers en figure géométrique calculable, ensuite calculer les surfaces de ces figures, puis multiplier la somme totale des surfaces par la longueur d'application de chaque profil afin d'avoir le volume suivant le cas où se trouve notre profil. [7]

3.1. Calcul de la surface:

$$S_c = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7 + S_8 \quad (8.1)$$

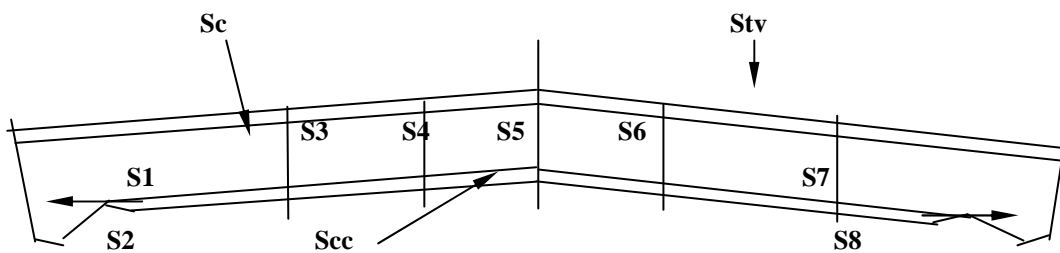


Figure 6.2 : les surfaces de terrassement.

La surface exacte égale à :

$$S_u = S_c + S_{cc} - S_{tv} \quad (8.2)$$

Avec : S_c : surface calculée

S_u : surface utilisable

S_{cc} : surface de corps de chaussée

S_{tv} : surface de la terre végétale

$$S_{tv} = Lch \times 0.20 \quad (8.3)$$

Calcul du volume :

$$V = S_c \times D \quad (8.4)$$

Avec S_u : surface utilisable

D : la longueur d'application

Cas de déblai :

Pour déterminer la surface utile du déblai, il faut ajouter à la surface calculée, la surface de corps de chaussée et enlever la surface de la terre végétale.

$$S_u = S_c + S_{cc} - S_{tv} \quad (8.5)$$

Cas de remblai :

Dans le cas de remblai, pour déterminer la surface utile, il faut ajouter la surface de la terre végétale et enlever la surface de corps de chaussée

$$S_u = S_c + S_{tv} - S_{cc} \quad (8.6)$$

Cas de profil mixte :

C'est la combinaison des deux cas, on utilise la formule donnée pour le calcul de la surface dans le cas de remblai.

Méthode de calcul approximative :

$$Vt = \left[\frac{S_1 + S_2}{2} \right] d_1 + \left[\frac{S_2 + S_3}{2} \right] d_2 + \dots + \left[\frac{S_n + S_{n+1}}{2} \right] d_{n+1} \quad (8.7)$$

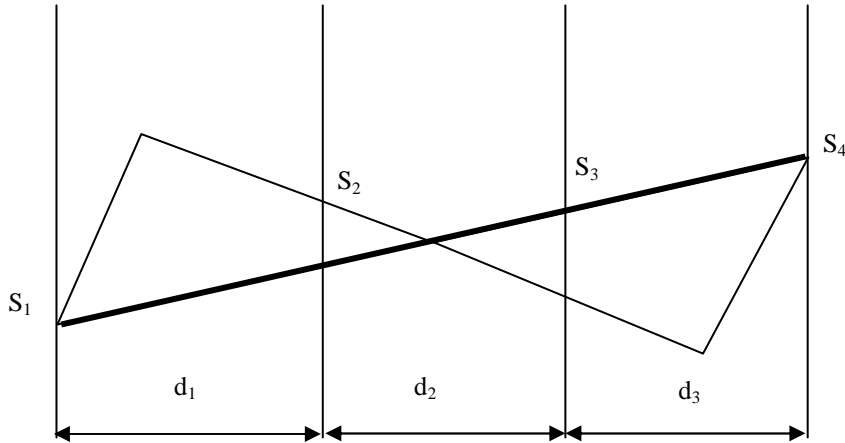


Figure 6.3 Surfaces entre profils

4. Application au projet

Les tableaux récapitulatifs des volumes de déblais et de remblais sont présentés ci-dessous :

	Remblai	Déblai	Couche de roulement (BB)	Couche de base (GB)	Couche de fondation (GC)
Volume	74 691	250 357	5 015	7 368	9 889

Vue la quantité du déblai importante et sachant que la nature du sol de bonne caractéristiques géotechniques (un taux de tuf important), ce volume va le réutilisé en remblai et en couche de forme s'il est nécessaire.

Etude du carrefour

1. Introduction :

Avec l'accroissement du nombre des véhicules et le développement des villes, la circulation urbaine connaît de plus en plus les problèmes d'ordre topologique que posent les axes routiers à fortes densités de circulation automobiles.

L'existence de carrefours ou d'embranchements routiers a pour conséquence qu'une aire de chaussée peut être utilisée par des courants de circulation dont les directions sont différentes. L'aménagement des carrefours tend à permettre que ces courants puissent se succéder :

- Sans risque de collision.
- En réduisant au minimum le gêne (freinage, accélération, perte du temps, etc....) causée aux véhicules lors des croisements.
- En laissant subsister des possibilités de débit suffisantes dans les diverses directions.

Par conséquent, l'amélioration des conditions de circulation sur le réseau routier national résulte pour une grande partie de l'aménagement des carrefours.

2. Données à prendre en compte pour l'aménagement d'un carrefour :

Les choix d'un aménagement de carrefour doivent s'appuyer sur un certain nombre de données essentielles concernant : [9]

- La valeur de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements tournant leur évolution prévisible dans le futur.
- Les types et les causes des accidents constatés dans les cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- Les vitesses d'approche à vide pratique.
- Des caractéristiques sections adjacentes et des carrefours voisins.
- Respect de l'homogénéité de tracé.
- la surface neutralisée par l'aménagement.

3. Principe Généraux D'aménagement D'un Carrefour : [9]

- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 afin d'obtenir de meilleures conditions de visibilité et la prédiction des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.

- Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques, les courants non Prioritaire.
- Regrouper les points d'accès à la route principale.
- Assurer une bonne visibilité dans le carrefour.
- Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.

➤ **La visibilité :**

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut assurer les meilleures conditions de visibilité possible, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide.

En cas la visibilité insuffisante il faut prévoir : [9]

- Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.

- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires.

➤ **Triangle de visibilité :**

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommets : [9]

- le point de conflit.
- Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule.

➤ **La capacité**

À l'approche immédiate d'un point de cisaillement, les véhicules du courant non prioritaires doivent autant que possible trouver une zone d'abri (zone de stockage) à la capacité de stockage de cette file et elle est fonction des débits à écouler et leur distribution d'arriver dans le temps.

On accroît le débit d'un carrefour en séparant les points de conflits.

Les distances entre les points de conflits successifs tiennent compte des vitesses dans lesquelles les véhicules sont appelés à les franchir.

À partir de certains seuils de débit, les courants tournants quittant un itinéraire prioritaire doivent disposer des voies ou des couloirs de décélération et les courants entrants sur un itinéraire disposeront sur des voies d'insertion. [9]

➤ **La rentabilité :**

Pour pouvoir choisir l'aménagement, une étude économique est nécessaire, cependant l'échangeur comparé à un carrefour à niveau est plus rentable du point de vue : [9]

Sécurité : Moins d'accidents et de conflits.

Capacité : Grande capacité.

Gains de temps : Considérable.

4. Type des carrefours :

Les principaux types de carrefour que présentent les zones urbaines sont : [9]

1) Carrefour en T ou de type T :

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.

2) Carrefour en Y ou type (Y) :

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

3) Carrefour en croix :

Carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi).

4) Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

Un giratoire est un carrefour dont lequel les véhicules empruntent une chaussée annulaire continue a sens unique autour d'un îlot central.

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

Un carrefour giratoire peut être :

- Simple : lorsque tous les courants empruntent la chaussée annulaire
- Traversé : lorsque certains courants coupent l'îlot central
- Dénivelé : lorsque certains courants sont dénivelés par rapport aux autres.

Le carrefour giratoire ordonne une circulation a sens unique dont le tirage se fait par l'intermédiaire de sections d'entrecroisement : aucun conflit directe ne subsiste, toutes les convergences ou divergences étant tangentiellles. La solution n'est recommandable, en général, que pour l'intersection à cinq branches au moins

L'étude d'un carrefour giratoire comporte le choix de la vitesse des véhicules 30 à 40 km /h en zone urbaine, 40 à 60 km /h en rase campagne

Une vitesse de plus de 60 km/h est prohibitive car elle rend nécessaire des rayons supérieurs à 120m, donc un îlot central de très grande dimension.

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)

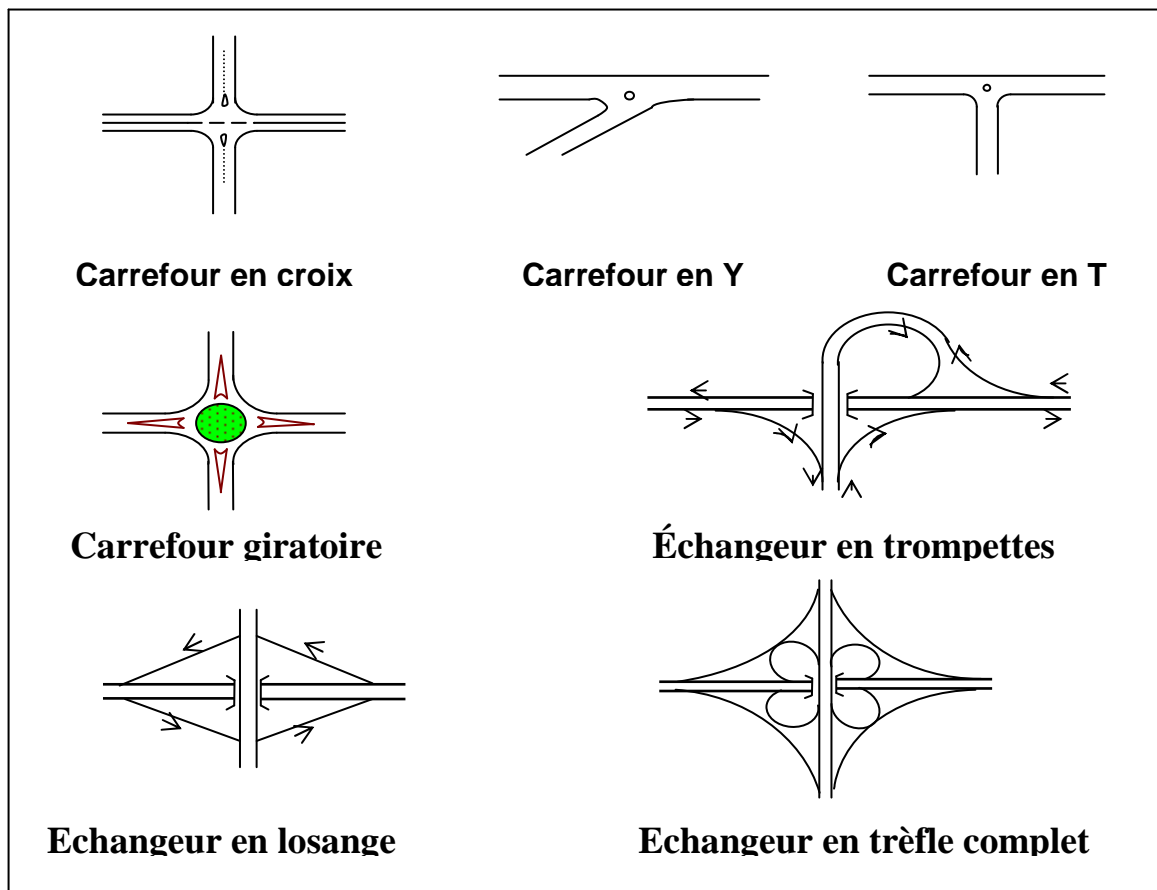


Figure 7.1 : Principaux types de carrefour [9]

5. Type de conflit dans un carrefour :

Il y a différents courants de circulation qui se croisent dans un carrefour créant un nombre de conflits qui résultent de la combinaison de quatre conflits élémentaires qui s'ils sont bien étudiés permettent d'appréhender les problèmes et d'en proposer les solutions d'aménagement adéquates du point de vue capacité et permettraient que tous les mouvements tournants aient en toute sécurité. [11]

1-Conflit d'écoulement parallèle :

Ces conflits sont dus aux changements de files, essentiellement en section courants. On peut caractériser l'intensité de ces conflits par le taux de changement de file par unité de temps ou de distance. [11]

2-Conflits de l'écoulement divergent :

Il y a divergence lorsque deux courants originaires de la même direction se dirigent vers deux directions différentes. Elles apparaissent lorsque se posent des problèmes de choix entre plusieurs directions. [11]

3-Conflit de l'écoulement convergent :

Ces conflits sont de nature plus délicate. Les difficultés résident dans l'insertion d'un des courants dans l'autre. Pour des raisons de sécurité, un des courants doit toujours être prioritaire. S'il on veut que ces mouvements se fassent à des vitesses relatives élevées pour les deux courants, il faut alors introduire des voies supplémentaires qui doivent être suffisamment longues pour permettre une convergence progressive tout en préservant la priorité pour le courant principal. [11]

4-Conflit d'écoulement sécant :

Ces conflits de l'écoulement sécant, sont très dangereux pour les conducteurs ils peuvent être réglés par : [11]

a. cisaillement :

Dans le cas où les débits ne sont pas importants, l'exploitation est réalisée

Par un panneau de cédes le passage) ou priorité à droite.

Dans le cas où les débits sont plus importants il faudrait penser à une exploitation par feux ou même déniveler le carrefour.

b. entrecroisement :

Il peut être réalisé à vitesse relativement élevée si la section d'écoulement est suffisamment longue pour que le taux de changement de file soit faible.

6. 5. Type d'aménagement :

A. Carrefour giratoire :

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 ou la priorité est à gauche. [9]

B. Les avantages et les inconvénients du carrefour giratoire :

a) Les avantages :

- Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise de 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.
- Économie de régulation et d'exploitation

b) Les inconvénients :

- Consommation d'emprise importante.
- Entretien de l'îlot central.
- Transport public non prioritaire.
- Absence de prise en charge correcte des piétons.
- Absence de régulation du trafic (non-respect du régime de priorité)

C. Principaux critères de choix :

1) SECURITE :

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). [9]

2) COUT :

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 des voies de 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).

Quoi qu'il en soit, le coût d'amélioration d'un carrefour plan ordinaire se révèle souvent nettement inférieur à l'aménagement d'un giratoire. Cependant, il faut considérer que la modération des dimensions d'un giratoire en réduit considérablement le coût. [9]

3) 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. [9]

Le temps perdu comprend, en substance, deux composantes dont la part respective varie en fonction des niveaux de trafic en présence : [9]

- **Le retard lié au trafic**, dit retard de congestion, il est dû à la 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 est en générale négligeable en rase campagne.

En revanche, tous les usagers franchissant le giratoire subissent un retard géométrique. La valeur de ce retard est variable selon le site.

Pour un carrefour plan ordinaire, le temps d'attente des usagers non prioritaires est en générale supérieur à celui sur un giratoire.

Le retard géométrique concerne essentiellement la voie secondaire. il est de même ordre de grandeur que pour les carrefours giratoires, mais plutôt supérieur

7. Caractéristiques géométriques de carrefour giratoire : [12]

1) **Forme et dimension de l'îlot central :**

- **La forme :**

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

- **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.

Le diamètre de l'îlot central des autres types de carrefours fonctionnant en mode de priorité à l'anneau dépend quand à lui du type d'aménagement urbain envisagé, de la fluidité de la circulation, de la capacité souhaitée et finalement, des contraintes du milieu environnant, soit de l'emprise disponible.

2) Position des branches :

• Inter distance :

Une sortie et une entrée consécutives doivent être éloignées d'une vingtaine de mètres au moins (15 à 30m)

Pour notre cas, on a pris à peu près 25 m

• Répartition des différentes branches :

Une répartition régulière des entrées autour de l'anneau est préférable.

3) Chaussée annulaire (Anneau) :

• Largeur :

La largeur de l'anneau dépend du rayon, de la largeur, et de nombre de voies de l'entrée la plus large.

Largeur minimal de l'anneau est de 7m .et ne dépasser pas 9m, même dans les cas d'entrées à deux voies.

En milieu interurbain ou périurbain, une chaussée annulaire de 8 m de large, constituée de deux vois matérialisées de 4 m est suffisante.

Il faut éviter les vois supplémentaire de tourné à droite, direction qui pose des problèmes de priorité.

• Dévers :

Le devers 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 rupture dans le raccordement des dévers sur les voies d'entrée et de sortie.

- Facilité dans la gestion de l'écoulement des eaux de surface.

4) Géométrie de l'entrée :

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

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

En aucun cas, il ne doit dépasser le rayon extérieur du giratoire

5) 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 15 à 40 m.
- Une largeur de sortie de 4.

6) 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 ...).

8. Application au projet :

D'après le tableau ci-dessous le rayon giratoire doit être de 25 à 30 m

On va choisir R=25 m.

Tableau 1 Catégories de carrefours giratoires

Type de giratoire	Milieu	Rayon du giratoire *(m)	Vitesse d'entrée (km/h)
Mini giratoire	Urbain	6 à 12	25
Petit giratoire	Urbain	12 à 15	25
Moyen giratoire**	Urbain	15 à 20	35
	Rural	17 à 25	40
Grand giratoire**	Urbain	20 à 27	40
	Rural	25 à 30	50

* Le rayon extérieur du carrefour giratoire est habituellement la dimension de référence.

** En milieu périurbain, le carrefour giratoire peut être traité selon le type urbain ou le type rural, selon le cas. Le rayon variera selon le concept choisi, soit une ou deux voies.

Ouvrage d'art

1. Introduction :

Notre tracé a mis en évidence la projection d'un ouvrage d'art au niveau PK 2+600

2. Présentation de l'ouvrage :

Notre ouvrage d'art est constitué d'un pont indépendant, c'est un franchissement d'Oued.

2.1. Profil en long :

Le pont est constitué de trois travées isostatiques de 35 m de longueur, reposons sur deux culées.

2.2. Conception :

Tablier :

Le tablier est constitué des poutres en béton précontraint, surmontées d'une dalle en béton armé d'épaisseur de 20cm.

Culée :

Les deux culées à envisager sont des culées remblayées identiques, constituées par un mur garde grève, un mur de front, deux murs en retour, une dalle de transition, et un corbeau arrière.

Type de fondation :

Sur la base du rapport du sol le type de fondation retenu étant des fondations superficielles ; avec des semelles rectangulaires (BxH).

2.3. Caractéristique de l'ouvrage :

- Largeur roulable : $L_r = 7,00\text{m}$.
- Nombre de voies : 2x1 voie (3.50m chacune) avec un devers de 3%.
- Les trottoirs : Deux trottoirs de 2,00m de largeur chacun avec un devers de 2.5%, chaque trottoir doit être équipé d'un garde – corps et d'une glissière de sécurité.
 - Largeur totale du pont entre les garde corps est de : 11,00m.
 - Longueur de la portée : 105m.
 - Gabarit : il doit être supérieur au CPHE du oued.

3. Choix du type d'ouvrages :

Notre objectif est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat.

Les principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- Le profil en long de la chaussée.
- La portée de l'ouvrage.
- La nature du sol.
- Position possible des appuis.
- Le gabarit à respecter.

On a deux propositions selon les matériaux :

3.1. Pont en béton armé :

On distingue deux catégories de ponts en B.A.

Ponts à poutres en béton armé :

❖ **Avantages :**

- Economique du point de vue de consommation des matériaux.

❖ **Inconvénients :**

- Mauvaise résistance à la traction (possibilité de fissuration dans les zones tendues)
- Possibilité de réaliser les poutres par préfabrication, nécessité de prévoir un entretoisement aux abouts.
- Portée allant de 10 à 20 m, d'où le nombre de travées sera important.
- Un délai de réalisation plus long

Ponts dalles en béton armé :

Le pont dalle est préférable pour les portées allant de 15 à 18m, on ne peut pas l'adopter pour les raisons suivant :

❖ **Avantages :**

- permet le réemploi des coffrages.
- coffrage simple.

❖ **Inconvénients :**

- Consomme plus de béton et d'acier par rapport à un pont à poutres en B.A.
- Portée limitée à 20 m.

3.2. Les ponts en béton précontraint :

On distingue deux catégories de ponts en B.P.

Ponts à poutres en béton précontraint :

Ce type de ponts est utilisé pour les franchissements des portées intermédiaires de longueur de 25m. Leurs portées les plus économiques se situent entre 30 et 35m.

❖ **Avantages :**

- La possibilité de franchir des grandes portées.
- La possibilité d'assembler des éléments préfabriqués sans échafaudages ni bétonnage.
- La limitation des fissures (le béton se trouve toujours sous compression).
- Excellente résistance à la traction.
- Meilleure protection de l'acier passif (armature).
- La possibilité de franchir de plus grandes portées.

❖ **Inconvénients :**

- La nécessité de la main d'œuvre qualifiée pour la pose des gaines et la mise en tension des câbles de précontrainte.
 - La nécessité de fabriquer du béton plus résistant principalement à 28j.
 - Cout de réalisation relativement cher

Ponts dalles en béton précontraint :

Ce type de ponts n'est pas applicable dans notre cas parce qu'il est préférable d'utiliser ce type pour une longueur de travée de 15 à 23m.

Par rapport aux ponts à poutres, les ponts en dalles à travées indépendantes ne sont à envisager que dans le cas des ouvertures modérés et lorsqu' un grand élancement est indispensable.

4. Conclusion :

Après avoir examiné tous les types d'ouvrages possibles, on a opté pour le pont à poutres en béton précontraint et cela pour les avantages économiques et la facilité de sa construction et de son entretien.

Assainissement

1. Introduction

Les ouvrages de drainage sont une nécessité pour la stabilité de la chaussée pendant les temps pluvieux, cela conduit à choisir un plan de drainage au bord de la chaussée par la création d'ouvrages de drainage transversaux.

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.

La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

3. Assainissement de la chaussée :

L'emprise de l'évènement doit être assainie et ce conformément aux normes du **B40** du ministère de l'équipement.

Des ouvrages d'assainissement ont été projetés dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

3.1. Fossé de pied de talus de déblai :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires.

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale .ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3%.

3.2. Fossé de crête de déblai :

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de l'autoroute, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate -forme.

3.3. Fossé de pied du talus de remblai :

Le fossé est, soit en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement).ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate- forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

4. Choix des ouvrages d'évacuation :

Le choix des ouvrages d'évacuation des eaux superficielles doit s'appuyer sur les deux principes de base suivante :

- L'utilisation d'ouvrage superficiel dont les coûts d'investissement et d'entretien est plus faible que ceux des ouvrages enterrés.
- Rejeter les eaux hors de la plate forme chaque fois que cela est possible, afin de diminuer les déblais de transit.

5. Dimensionnement des ouvrages d'évacuation :

La méthode de dimensionnement consiste à choisir un ouvrage, sa pente puis à vérifier sa capacité à évacuer le débit d'apport, et pour cela on utilise la formule suivante :

$$Q_a = Q_s \quad (11.1)$$

Q_d : débit d'apport provenant du bassin versant (m³/s).

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

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

$$Q = K. C. I. A \quad (11.2)$$

Q : Débit maximum d'eau pluviale (m³/s).

C : Coefficient de ruissellement.

I : Intensité de la pluie (mm/h).

K : Coefficient de concentration.

A : Air du bassin d'apport (km²).

5.1. Détermination de l'intensité :

La précipitation :

le calcul de la pluie journalière maximale annuelle de fréquence donnée s'effectue par la formule suivante :

$$P_j(\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \times e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}} \quad (11.3)$$

P_{jmoy} : pluie journalière moyenne (mm).

C_v : Coefficient de variation.

U : Variable de Gauss, donnée par le tableau 11.1 suivant :

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

Tableau 11.1 : variable de Gauss [9]

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

Fréquence d'averse :

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_t(\%) = P_j(\%) \times \left(\frac{tc}{24}\right)^b \quad (11.4)$$

P_j : Hauteur de la pluie journalière maximale.

b : Exposant climatique.

P_t : pluie journalière maximale annuelle.

tc : Temps de concentration (heure).

5.2. L'intensité de l'averse :

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

$$I_t = I \times \left(\frac{tc}{24}\right)^B \quad \text{car } B = b-1 \quad (11.5)$$

I : l'intensité de l'averse pour une durée de **1h**

$$I = \frac{P_j}{24} \quad (11.6)$$

I_t : Intensité de la pluie (mm/h).

5.3. Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants :

- la couverture végétale.
- la forme, la pente.
- la nature du terrain.

Type de chaussée	Coefficient 'c'	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement : sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.35
Talus, Sol perméable	0.10 à 0.30	0.25
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

Tableau 11.2 : coefficient de ruissellement [9]

5.4. Calcul de débit :

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivant:

$$Q_a = K.C.I.A \quad (11.7)$$

Avec :

K : coefficient de concentration **K = 0.2778**.

C : coefficient de ruissellement.

I : l'intensité de l'averse exprimée mm/h.

A : superficie du bassin versant.

Le débit de saturation de l'ouvrage d'assainissement et calculé par la formule de : **MANNING STRICKLER** :

$$Q_s = K_{st} \times S_m R_h^{3/2} i^{1/2} \quad (11.8)$$

Avec :

R_h : rayon hydraulique.

i : pente de l'ouvrage d'évacuation.

K_{st} : coefficient de rugosité.

Paroi en terre : **k_{st} = 30**,

Paroi en béton : **k_{st} = 60**

R_h : section du profil mouille / périmètre du profil mouille

St : Section totale de l'ouvrage.

5.5. Temps de concentration :

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

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

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

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \quad (11.9)$$

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

$$t_c = 0,108 \times \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}} \quad (11.10)$$

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

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}} \quad (11.11)$$

Avec :

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).

6. Calcul hydraulique :

6.1. Les données pluviométriques :

Les données pluviométriques de la région de la ville de Beni Saf sont :

- La pluie journalière moyenne P_j moy = 42mm
- Le coefficient de variation $C_v = 0.37$
- L'exposant climatique $b = 0,28$

6.2. Calcul de la précipitation PJ :

On a :

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

En général pour les routes principales on prend compte de la fréquence décimale (10 ans), donc la variable de Gauss $U = 1.28$ et $C_v = 0,37$ donc :

La fréquence d'averse P_t (10%) pour une durée $t_c = 0,50$ heure est donnée par la formule :

$$u = 1.28 \quad C_v = 0.37 \quad P_j = 42\text{mm}$$

Pendant 10 ans : $P_j(10\%) = 62,25 \text{ mm}$

Pendant 50ans : $P_j(02\%) = 82,109 \text{ mm}$

Pendant 100 ans : $P_j(01\%) = 90,673 \text{ mm}$

6.3. Calcul de la fréquence d'averse P_t :

On a :

$$P_t(\%) = P_j(\%) \times \left(\frac{tc}{24}\right)^b$$

$tc = 0,50$

Pour : PJ (10%) = 62,25 mm Pt (10%) = 51,946 mm

Pour : PJ (02%) = 82,109 mm Pt (02%) = 68,479 mm

Pour : PJ (01%) = 90,673 mm Pt (01%) = 75,621 mm

6.4. Calcul de l'intensité de l'averse :

Pour une durée de 24 heures : $I_t = I \times \left(\frac{tc}{24}\right)^B$

Avec : $B = b - 1 = 0,28 - 1 = -0,72$

Pour : PJ (10%) = 62,25 mm \Rightarrow $I_t(10\%) = 69,375$ mm/h

Pour : PJ (02%) = 82,109 mm \Rightarrow $I_t(02\%) = 91,483$ mm/h

Pour : PJ (01%) = 90,673mm \Rightarrow $I_t(01\%) = 101,025$ mm/h

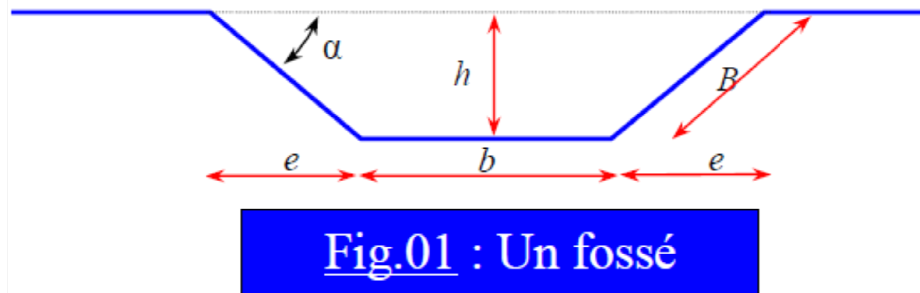
6.5. Application au projet :

Dimensionnement des fossés :

Calcul du débit de saturation (QS) des ouvrages (fossés) :

Le débit de saturation où le débit capable est calculé par le biais de la formule de Manning- Strickler sur un écoulement en régime uniforme.

La forme transversale de la fosse est trapézoïdale (voir Fig.01) donc



La section mouillée :

$$S_m = bh + 2 \left(\frac{eh}{2}\right)$$

Avec $tg\alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n}$ D'où $e = n \times h$

$$S_m = bh + nh^2 \quad \Rightarrow \quad S_m = h(b + nh)$$

Le périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2.B$$

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

Le Rayon hydraulique :

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h(b + nh)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}}$$

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

Dimensionnement des fossés :

Avec: $K_{st} = 60$, $J = 0.5 \%$, $n = 1.5$, $b = 0.28$

Calcul de la surface du bassin versant :

Surface de la chaussée : $A_c = 3.5 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.035 \text{ha}$.

Surface de l'accotement : $A_a = 2 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.02 \text{ha}$.

Surface du talus : $A_t = 10 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.1 \text{ha}$.

Calcul de l'intensité de l'averse :

Surface de la chaussée : $t_c = 0.021h \Rightarrow It = 363.932 \text{ mm/h}$.

Surface de l'accotement : $t_c = 0.007h \Rightarrow It = 1070.253 \text{ mm/h}$.

Surface du talus : $t_c = 0.0012h \Rightarrow It = 2743.34 \text{ mm/h}$.

Calcul des débits :

Surface de la chaussée : $Q_c = 2.78 \times 10^{-7} \times 0.95 \times 363.932 \times 350 = 0.034 \text{m}^3/\text{s}$.

Surface de l'accotement : $Q_a = 2.78 \times 10^{-7} \times 0.4 \times 1070.253 \times 200 = 0.0238 \text{m}^3/\text{s}$.

Surface du talus : $Q_t = 2.78 \times 10^{-7} \times 0.3 \times 2743.34 \times 1000 = 0.228 \text{m}^3/\text{s}$.

D'où: $Q_{a, \max} = Q_a + Q_t + Q_c = 0.034 + 0.0238 + 0.228 = 0.286 \text{m}^3/\text{s}$.

$\Rightarrow Q_{a, \max} = 0.286 \text{m}^3/\text{s}$.

On fixe la base de fosse ($b = 0.50 \text{m}$) et on calcule la hauteur de fosse h par itération :

$$h_i = Q_{a, \max} / \left[(b + nh_{i-1}) K_{st} J^{1/2} \cdot \left(\frac{h_i [b + nh_{i-1}]}{b + 2h_{i-1} \sqrt{1 + n^2}} \right)^{2/3} \right] \quad (i = 1, n)$$

On prend $b = 0.50 \text{m}$; $Q_{a, \max} = 0.286 \text{m}^3/\text{s}$.

Prenons: $h_0 = 0.40 \text{m} \Rightarrow h_1 = 0.29 \text{m} \Rightarrow h_2 = 0.30 \text{m} \Rightarrow h_3 = 0.31 \text{m} \dots \dots \Rightarrow h_n = 0.35 \text{m}$

Après un calcul itératif on trouve : $h = 0.35 \text{m}$

Donc : Le fossé est de hauteur $h = 35 \text{cm}$ et de base $b = 50 \text{cm}$.

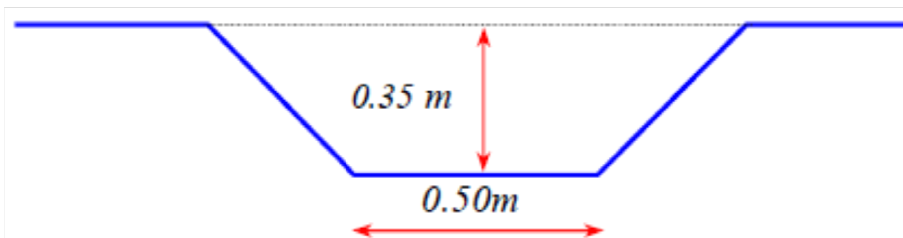


Fig. 02 : fossé de l'évitement

Dimensionnement des ouvrages traverses :

Dimensionnement des buses :

En ce qui concerne l'assainissement des rampes de l'échangeur des bordures hautes qui protègent les remblais des eaux de ruissellement sont prévus le long de ces rampes.

Les eaux de ruissellement sont acheminées à l'aide des descentes maçonnées à cunettes.

Les canalisations se font à l'aide de semi buses en directions du fossé principal.

Le diamètre de la canalisation est fonction du débit maximum à évacuer, ce dernier est donné par la formule de **MANING-STRIKLER** :

$$Q_s = K_{st} + R^{2/3} + J^{1/2} + S$$

Q s: débit maximum (débit de la pénétrante).

Kst : coefficient de rugosité de canalisation.

J : pente de canalisation. (%).

S : section transversale de l'écoulement.

Rh : rayon hydraulique (RH = Sm/Pm).

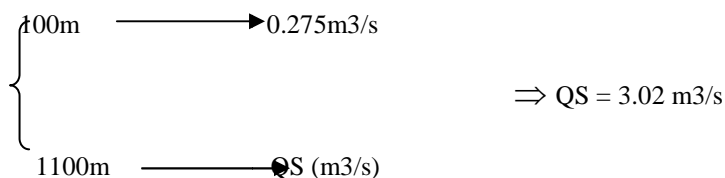
$$\left. \begin{array}{l} S_m = \pi R^2 / 2 \\ P_m = \pi R \end{array} \right\} R_h = S_m / P_m = R/2$$

K = 80 (pour les buses).

Pour une pente moyenne de terrain naturel (2,5%).

Exemple :

100m 0.275m³/s



$$Q_s = 80 \cdot (R/2)^{2/3} \cdot (0.025)^{1/2} \cdot \pi R^2 \Rightarrow 60 \cdot (R/2)^{2/3} \cdot (0.025)^{1/2} \cdot \pi R^2 = 3,025 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Rightarrow R = 0.587m \Rightarrow R = 600mm.$$

Soient une buse de diamètre 1000mm, Pour faciliter l'entretien des ouvrages (nettoyage et curages)

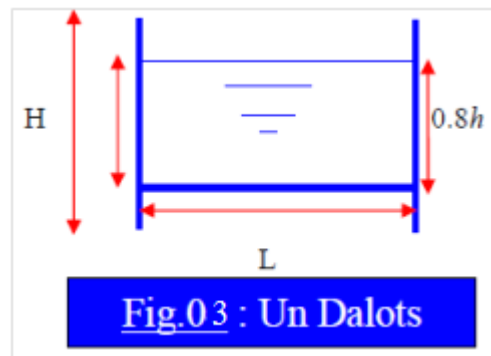
Dimensionnement des dalots :

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

Dans notre projet, les dalots sont en béton

La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0.8h$.



Avec: Périmètre mouillé : $P_m = 2 \times 0.8 \times h + L$

Section mouillée : $S_m = 0.8 \times h \times L$

Rayon hydraulique :

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0,8 \cdot h \cdot l}{1,6 \cdot h + l}$$

Pente longitudinale de l'ouvrage i

$$Q_s = k_{st} \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$Q_s = K_{st} \cdot i^{1/2} \cdot 0,8 \cdot h \cdot l \cdot \left[\frac{0,8 \cdot h \cdot L}{1,6 \cdot h + L} \right]^{2/3}$$

Dans notre cas $K_{st} = 70$ (béton) et i tirée en plan $i = 1\%$.

Le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot. Ce débit est donné par la formule de **MANNING STICKLER**.

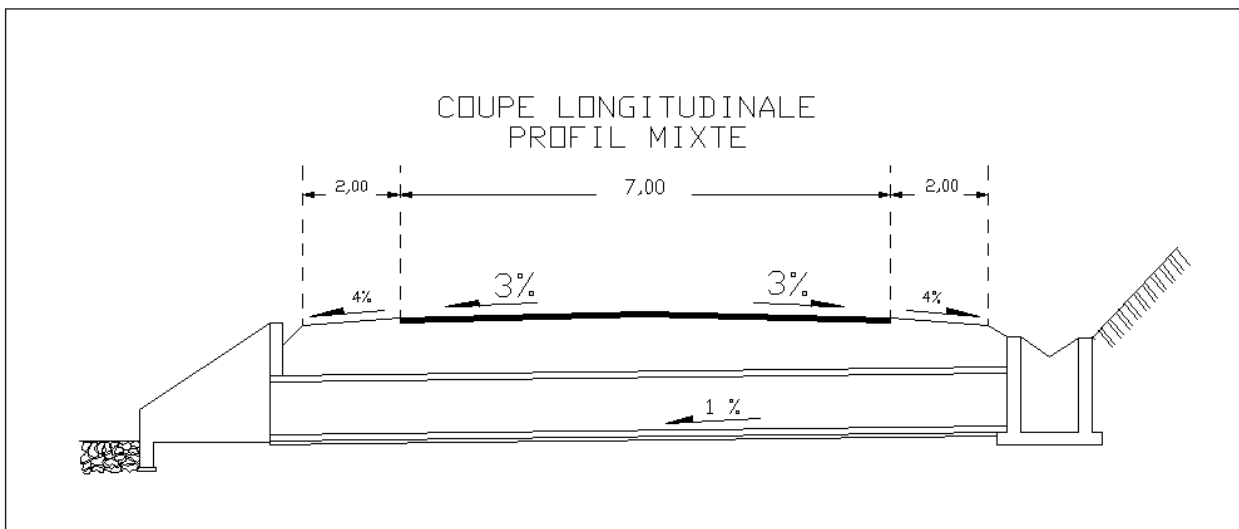
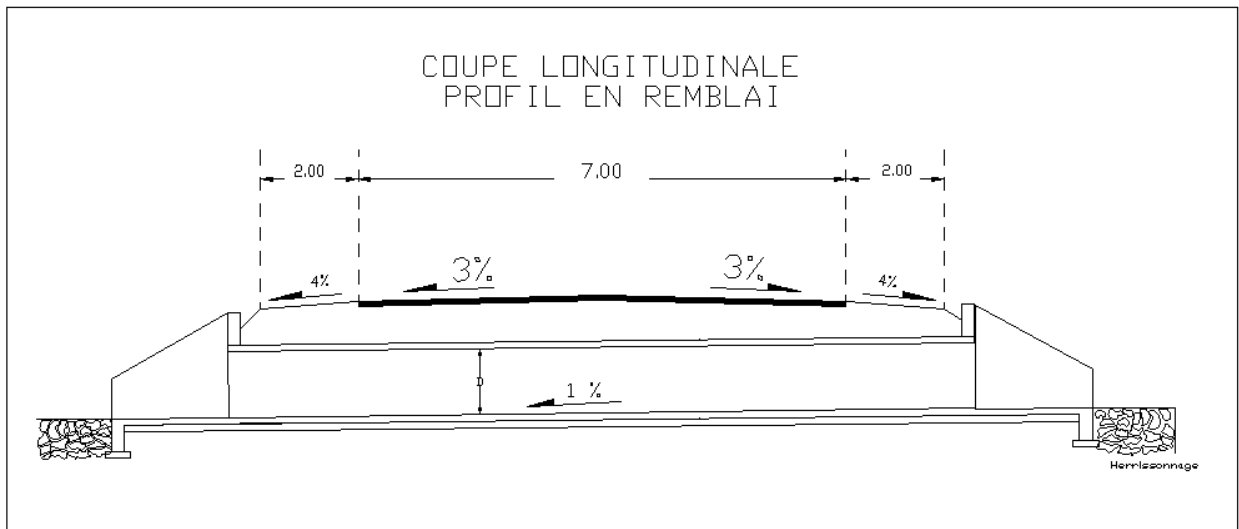
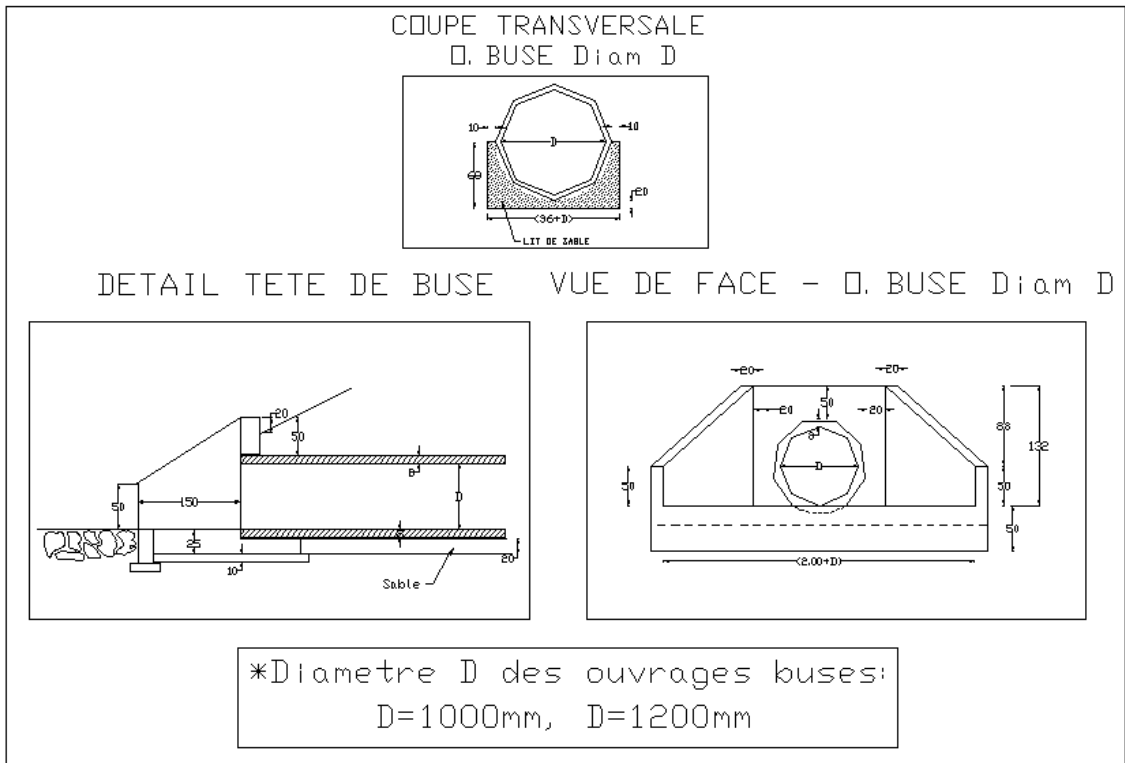
$$Q_s \leq Q_a$$

$$Q_s \leq K_{st} \cdot i^{1/2} \cdot 0,8 \cdot h \cdot L \cdot \left[\frac{0,8 \cdot h \cdot L}{1,6 \cdot h \cdot L} \right]^{2/3} \cdot 0,8 \cdot h \cdot L$$

Et par calcul itératif on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité.

N°	PK (Km+m)	Q (m3/s)	Type	Diamètre
3	1+100	12.827	Dalot	3x3
4	1+380	2.767	Buse	Φ 1200
5	1+680	1.805	Buse	Φ1000
6	2+100	9.827	Dalot	2x2
7	2+280	2.200	Buse	Φ 1000
8	4+200	12.563	Dalot	3x3

Tableau 11.3. : Récapitulatif des ouvrages d'assainissement



Signalisation

1. Introduction :

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés. La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

2. L'objet de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûr la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

3. types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale
- Signalisation horizontale

3.1. Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- Signalisation avancée.
- Signalisation de position.
- Signalisation de direction.

3.2. Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, la signalisation horizontale se divise en trois types :

Marque longitudinale :

- **Lignes continues**
- **Lignes discontinues** (ligne d'avertissement, ligne de rive).

Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (en mètres)	Intervalle entre deux traits successifs (mètres)	Rapport plein vide
T1	3.00	10.00	Environ 1/3
T'1	1.50	5.00	
T2	3.00	3.50	Environ 1
T'2	0.50	0.50	
T3	3.00	1.33	Environ 3
T'3	20.00	6.00	

Tableau 11.1 : de modulation des lignes

Marques transversales :

❖ Ligne STOP :

C'est une ligne continue qui oblige les usagers de marquer un arrêt.

Autres signalisation :

❖ Les flèches de rabattement :

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

❖ Les flèches de sélection :

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

❖ Largeur des lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

U = 7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6 cm sur les routes et voies urbaines.

U = 5 cm sur les autres routes.

4. LES CRITERES DE CONCEPTION DE LA SIGNALISATION :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants:

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Simplicité : elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'utilisateur.

5. APPLICATION AU PROJET :

Dans le cadre de notre étude, tout en respectant les critères énoncés précédemment ainsi que la réglementation routière Algérienne « Signalisation routière 15/07/74 », on mentionne sur le plan de signalisation que la codification des panneaux et l'unité de largeur des lignes de marquage.

Les différents types de panneaux de signalisation sont :

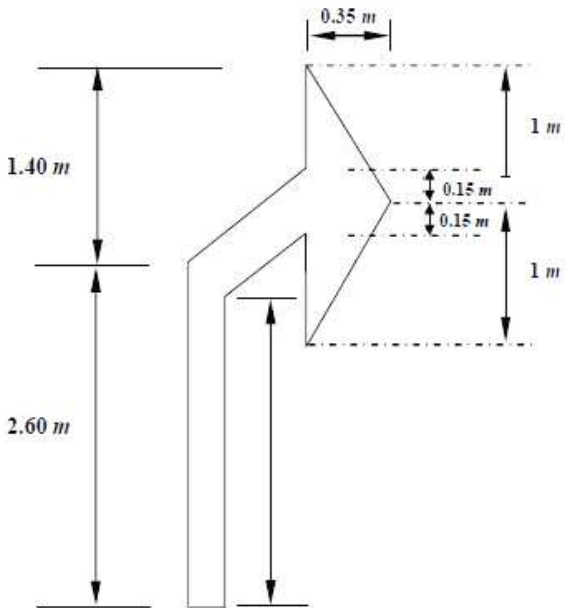
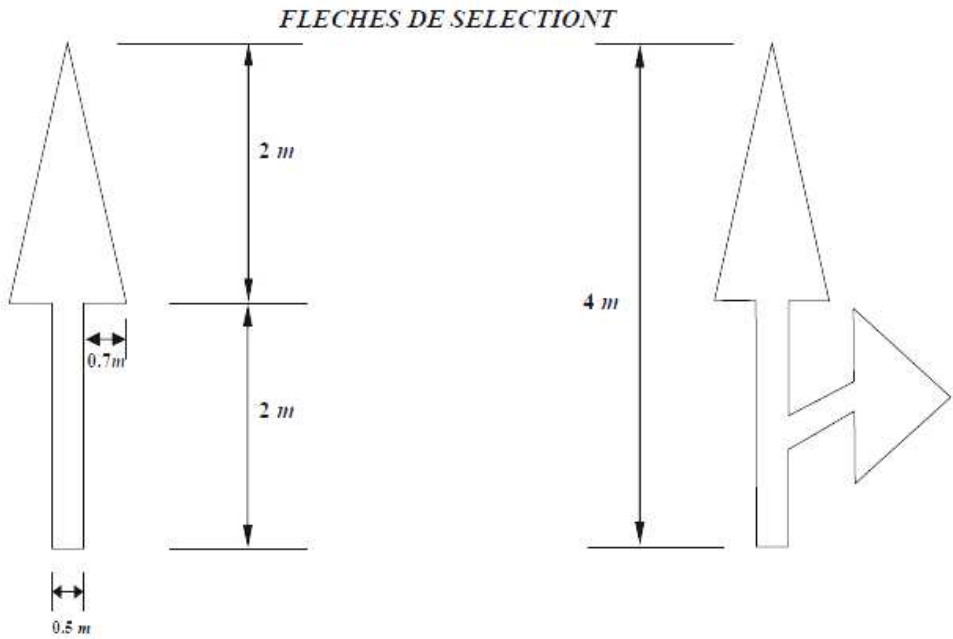
5.1. Signalisation verticale :

- Panneau de signalisation d'avertissement de danger : (type A)
- Panneau de signalisation priorité : (type B) « B1 »
- Panneau de signalisation d'interdiction ou de restriction : (type C) « C11a »
- Panneau de signalisation d'obligation : (type D)
- Panneau de signalisation de pré signalisation : (type E) « E14, E15 »
- Panneau de signalisation de direction : (type E) « E1, E1', E3 »
- Panneau de signalisation donnant des indications utiles pour la conduite des véhicules : (type E)
- Panneau de signalisation spéciale (panneau de confirmation de direction des échangeurs).

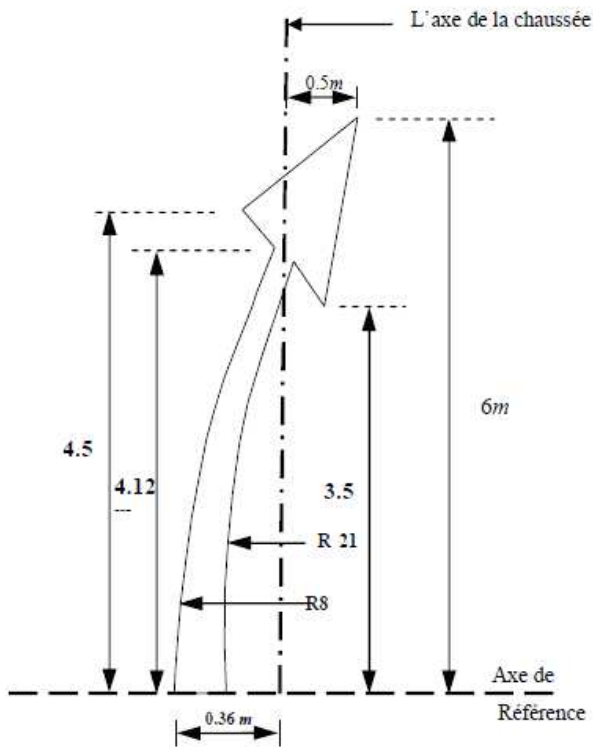
5.2. Signalisation horizontale :

En ce qui concerne l'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale, elle est de :

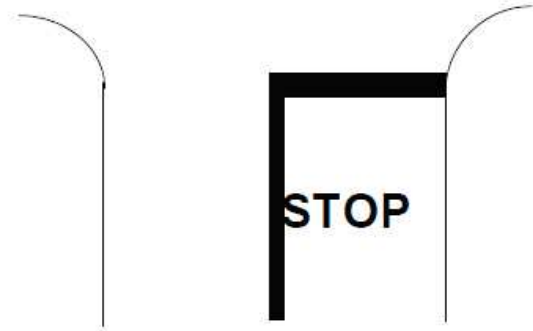
- Pour la RN-88 U = 6cm.
- Pour l'évitement U = 6cm.



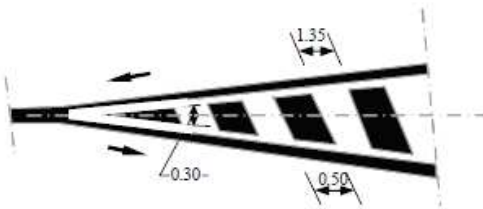
FLECHE DE RABATEMENT



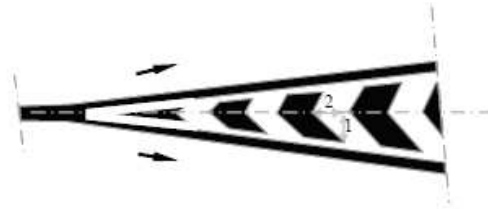
SCHEMA DE SIGNALISATION STOP SUR CHAUSSEE



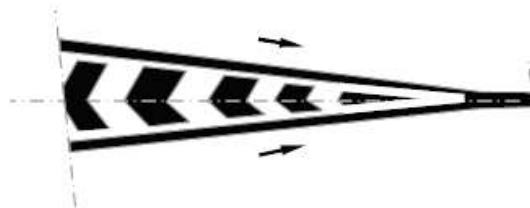
SCHEMAS DE MARQUAGE PAR HACHURES (sur le nez d'îlot):



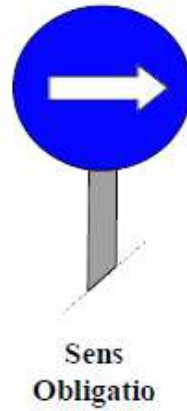
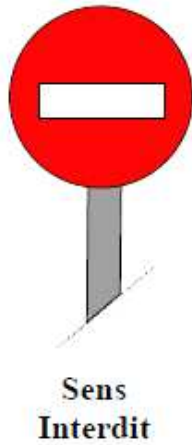
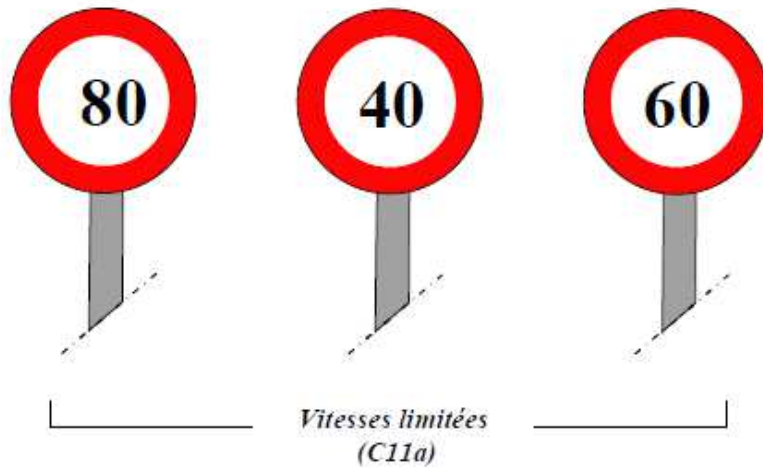
• *Cas de trafic inverse.*



• *Cas de trafics divergents*

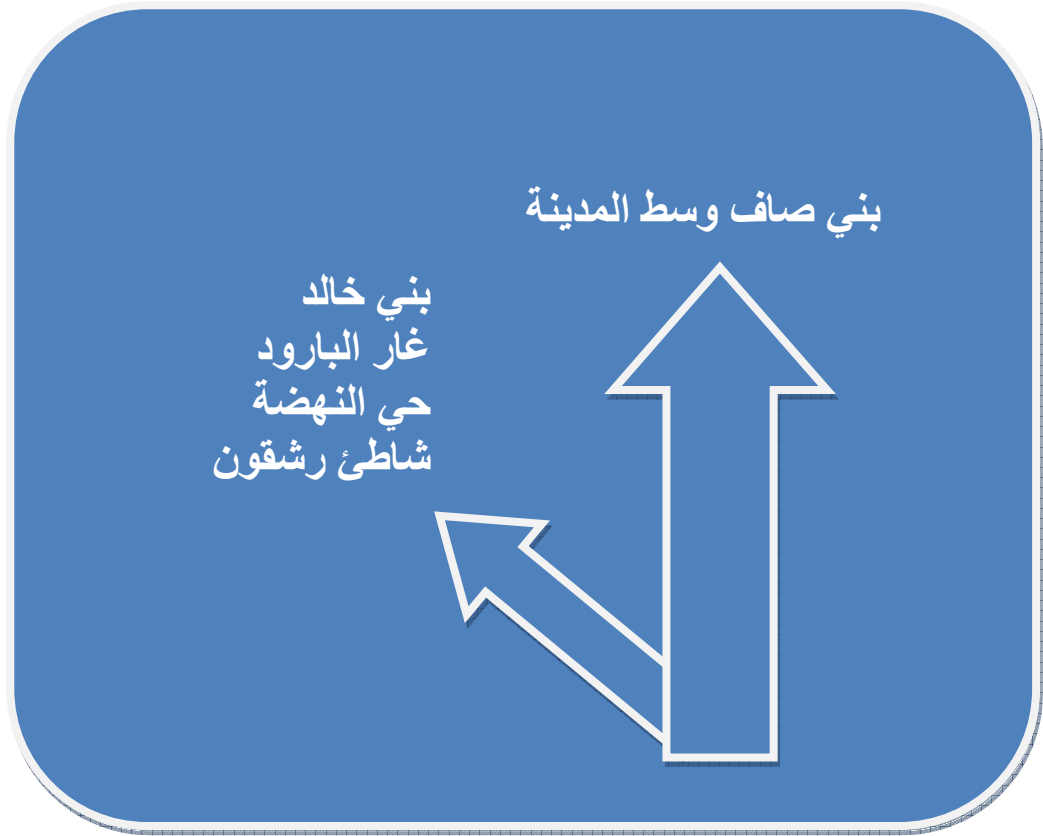


• *Cas de trafics convergents*



SIGNALISATION DE DIRECTION (Type E3)





Références bibliographique :

[1] : <http://www.mtp.gov.dz/directiondesroutes.htm>

[2] http://fr.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9ni_Saf

[3] : direction de travaux publics.

[4] : Bouali H., Dahmani N., étude d'un tronçon de l'autoroute est-ouest, projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, Université de Mostaganem, 2006.

[5] : B40Reglementation Algériennes d'Aménagement routiers, 1977.

[6] : cours de route 1, 4 eme année génie civil, option VOA, Université Sidi Bel Abbes .

[7] :KAOUCHE A., LARIBI A., étude d'un contournement sur la ville de RELIZANE, projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, Université de Mostaganem, 2006.

[8] :ZIANI I., SASSI L.,étude d'aménagement d'un échangeur sut la RN 01 à BENI CHICAO(MEDEA), projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, Ecole Nationale Des Travaux Publics , 2004.

[9] : TOUNSI A., DJABALLAH K.,étude APD de la liaison la pénétrante des annasers- les néfliers (CW14), projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, Ecole Nationale Des Travaux Publics, 2005.

[10] : BENDJERIBIE M., étude de l'aménagement du carrefour port de Skikda –tunnel BOUYALA, projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, Ecole Nationale Des Travaux Publics, 2005.

[11] :BELHAYARA F.,étude d'un tronçon de route :évitement MOSTFA BEN IBRAHIM , projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, université de Djilali liabess SIDI BEL ABBES , 2008.

[12] :COQUAND R.,cours de route, EYROLLES.

[13] :cours de pont, 4 eme année génie civil ,option VOA, Université Sidi Bel Abbes .

[14] :KARECH T al., analyse non linéaire des sols renforcés(cas de la terre armé),projet de recherche, université de BATNA,2006.

[15] : cours d'aménagement hydraulique, 4 eme année génie civil, option VOA, Université Sidi Bel Abbes.

[20] : HFTARI Y., étude du contournement de la ville de KAIS avec aménagements de deux échangeurs , projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, école nationale des travaux publics , 2008.