



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of
Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education
and Scientific research

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم

University Abdelhamid ibn badis-
Mostaganem



N° d'ordre : M...../GGA/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE
MASTER ACADEMIQUE

Filière : génie civil

Spécialité : Voie et Ouvrage d'Arts (VOA)

Thème

**Etude D'un trançon Routier Reliant RN 11 à Commune
Nekmaria sur 2.500km
Pk 00+00 au Pk 2+500**

Présenter par :

-Mr BENCHOHRA Larbi.

-Mr BOUKHATEM Haroun El Rachid .

Soutenu le 06/07/2022 devant le jury composé de :

Président : Mr .SOLTANE BENALOU	Professeur UMAB Mostaganem
Examineur : Mr.bouhaloufa Ahmed	MAA UMAB Mostaganem
Encadrant : Mr. BELGUESMIA Nouredine	MAA UMAB Mostaganem
Invité : Mr. CHERIF Mourad	MAA UMAB Mostaganem

Année universitaire : 2021/2022

Remerciement

*Après avoir rendu grâce à **DIEU** tout le Puissant et le Miséricordieux*

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre cher encadreur

***Mrbelguesmianoureddine**, Maître de conférences à l'Université Abdel Hamid*

Ibn Badis de Mostaganem

Pour sa disponibilité tout au long de l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude,

pour son aide

Ses critiques son énorme soutien, sa patience et ses suggestions, qui ont été pour

nous d'un grand apport.

*Nos sincères remerciements vont également à **Mr Soltanebenallou.**, Maître de*

conférences à l'Université Abdel Hamid Ibn Badis et chef de département de

Génie civile, de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.

*Nos vifs remerciements s'adresse également à **Guerzoutorkia**, Maître assistant*

à l'Université Abdel Hamid Ibn Badis, d'avoir accepté d'examiner ce travail.



Dédicaces

Je le dédie à celui que j'aimais et que je
n'aimais personne d'autre.

Remerciez Dieu jusqu'à ce qu'il soit satisfait.
Muhammad est le **Messenger de Dieu**, que
Dieu le bénisse et lui accorde la paix

Et descends sur eux l'aile de l'humiliation
avec miséricorde, et dis-leur : **Mon**
Seigneur, aie pitié d'eux comme ils m'ont
élevé quand j'étais jeune.

A ma chère mère, A mon cher père qui
m'a rendu heureux et triste, je m'en
réjouis et m'efforce d'y parvenir.

Que Dieu prolonge leur vie

Boukhatem Rachid



Dédicaces

*Je dédie le fruit de mon travail
à mon père (الله بركة) et ma chère
mère avec autant d'admiration que d'amour.*

Je le dédie à mes frères

*À tous ceux avec qui je suis apparenté,
de près ou de loin, à ceux avec qui j'ai
vécu les plus beaux et merveilleux jours
de ma vie, mes chers amis.*

*À tous les étudiants de la
promotion 2021/2022*

*Larbi
Benchohra*

Dédicaces

Je dédis ce modeste travail, qui est le fruit récolté après tant d'années d'efforts :

A nos très chers parents qui nous ont soutenues & encouragés durant mes études, Eux qui nous ont toujours apporté leur soutien moral et matériel depuis nos premiers jours à l'université.

A nos très chers frères Aucune dédicace ne serait exprimé assez, nous vous diront tout simplement un grand merci.

A nos très chers amis en témoignage de l'amitié sincère qui nous ont liées et des bons moments passés ensemble.

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Abstract

المخلص

Introduction générale.....1

Problématique2

Chapitre I : présentation et contexte du projet

Contexte du projet.....4

Découpage administratif.....4

Infrastructures routières.....5

Infrastructures portuaires.....5

Climat.....5

Les reliefs.....5

Présentation du projet.....6

Données de base.....6

Environnement de travail.....7

Chapitre II : Etude des variantes

Introduction.....9

Tracé en plan.....9

Choix de la vitesse de référence.....10

Règles et principe de tracé en plan.....10

Les éléments de la tracé en plan.....10

Les arcs de cercle.....11

Rayon horizontal minimal absolu.....11

Rayon minimal non déversé.....12

Règle pour l'utilisation des rayons en plan.....12

Visibilité en courbe.....12

Sur largeur.....12

Courbes de raccordements.....	13
Clothoïde.....	13
Expression mathématique de la clothoïde.....	13
Les variantes.....	13
Calcul de gisement de distance et des angles au centre.....	13
Distance.....	13
L'angle au centre.....	14
Détermination des éléments des raccordements circulaires	14
Enivrement de la route.....	15
La vitesse de référence.....	15
Courbes en plan.....	15
Le rayon horizontale minimal absolu.....	15
Le rayon minimal normal.....	15
Le rayon au devers minimal.....	16
Le rayon non déversé.....	16
Calcul des cubatures approchés.....	16
Etude des variantes.....	16

Chapitre III : étude du trafic

Introduction.....	28
Analyse des trafics.....	28
Connaissance des flux.....	29
Différents types du trafic.....	29
Calcul de la capacité.....	29
Débit de pointe horaire normale.....	30
Débit horaire admissible.....	30
Calcul du nombre de voies.....	31
Les données de trafic.....	32
Débit admissible.....	32
Conclusion.....	33

Chapitre IV : dimensionnement du corps de chaussée

Introduction.....	35
La chaussée.....	35
Les différents facteurs à prendre en compte pour le dimensionnement.....	36
Détermination de la classe du sol.....	37
Matériaux.....	38
Méthodes de dimensionnement.....	38
Application au projet.....	40

Chapitre V : les raccordements progressif

Introduction.....	50
Définition de la clothoïde.....	50
Les éléments de la clothoïde.....	50
Propriétés de la clothoïde.....	50
Les conditions de raccordement.....	51
Notion de devers.....	52

Chapitre VI : profile en travers

Définition.....	59
Types de profil en travers.....	59
Application au projet.....	59

Chapitre VII : signalisation routière

Introduction.....	62
L'objectif de la signalisation routière.....	62
Types de signalisation.....	62
Application au projet.....	64
Eclairage.....	65

Conclusion générale.....67

Liste des figures

Figure 1 : réseau routier de Mostaganem.....	4
Figure 2 : situation du projet.....	6
Figure 3 : levé topographique.....	6
Figure 4 : les éléments d'un raccordement circulaire.....	14

Figure 5 : structure type d'une chaussée simple	36
Figure 6: l'espacement entre deux véhicules.....	47
Figure 7 : les éléments de la clothoïde.....	50
Figure 8 : la propriété de clothoïde.....	51
Figure 9 : profile en travers.....	60
Figure 10 : flèche de signalisation.....	64
Figure 11: signalisation verticale.....	64

Liste des tableaux

Tableau 1 : les coordonnées de sommets de l'axe de variante 1.....	17
Tableau 2 : valeurs des gisements, distances et des angles au centre « variante ».....	17
Tableau 3 : dénivelé de profil variante 1.....	18
Tableau 4 : classification de terrain et dénivelée cumulée variante 1.....	20
Tableau 5 : sinuosité (variante 1).....	21
Tableau 6 : environnement en fonction du relief et de la sinuosité variante 1.....	21
Tableau 7 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40 variante 1.....	21
Tableau 8 : valeur du coefficient f_t	22
Tableau 9 : valeur du coefficient F''	22
Tableau 10 : le rayon de variante 1.....	23
Tableau 11 : éléments des raccordements circulaires variante 1.....	23
Tableau 12 : cubatures approchées de la variante 1.....	24
Tableau 13 : coefficient K_1	31
Tableau 14 : valeur de K_1	31
Tableau 15 : valeurs de la capacité théorique.....	31
Tableau 16 : résultats du calcul du trafic.....	33
Tableau 17 : la portance de sol en fonction de l'indice CBR.....	37
Tableau 18 : les classes de portances des sols.....	38
Tableau 19 : coefficient d'équivalence	39
Tableau 20 : épaisseurs du corps de chaussée.....	41
Tableau 21 : coefficient de frottement longitudinal f_l en fonction de la vitesse (B40).....	42
Tableau 22 : distance de perception.....	46

Tableau 23 :les différentes distances selon les normes B40.....	48
Tableau 24 :calcul des paramètres des deux clothoide.....	55

Résumé

-Pour appliquer nos connaissances théoriques acquis pendant le cycle de notre formation, on a choisi ce thème de route et ceci rentrant dans le cadre de la préparation du diplôme de master voie et ouvrage d'art VOA.

L'objectif de cette étude est :

- Amélioration le niveau de service de cette route.
- Assurer le confort, et la sécurité des usagers.
- Augmentation de la capacité de la route.
- Les Rectifications des virages.
- Le Renforcement de la chaussée.
- L'élargissement de la route en évitant les grands remblais.

-Pour réaliser ces objectifs il faut d'abord étudier les caractéristiques géométriques de ce tronçon(**la route existante**) qui ne respecte pas les normes techniques algérienne **B40** ce qui peut provoquer : l'absence de sécurité et le confort pour l'utilisateur ce chemin. Et ensuite on donnera à cette route les caractéristiques d'un chemin de wilaya en prenant en considération toutes les contraintes existantes. Ainsi que les opérations nécessaires au dimensionnement adéquat de la chaussée, établir le type de renforcement répondant au trafic actuel afin d'assurer la sécurité et le confort des citoyens.

Abstract

To apply your knowledge acquired during the cycle of our training, we choose this theme of road and this falling within the framework of the preparation of the diploma of master way and work of art VOA .

-The objective of this study is :

-Improvement of the service level of this route.

-Ensure the comfort and safety of users.

-Increase in road capacity.

-Correction of turns.

-Reinforcement of the roadway .

-Widening of the road avoiding large embankments.

To achieve these objectives, we will first study the existing road by highlighting the geometric characteristics of this section that does not meet B40 standards, which can result in the lack of safety and comfort for the user taking this path. And secondly we will give this road the characteristics of a wilaya path taking into account all the existing constraints. As well as the operations necessary for the adequate dimensioning of the roadway, shoulders and to establish the type of reinforcement responding to the current traffic in order to ensure safety and comfort.

الملخص

لتطبيق معرفتنا النظرية المكتسبة خلال فترة تدريبنا, اخترنا موضوع في مجال الطرقات وهذا يدخل في اطار اعداد درجة الماجستير في تخصص VOA .

الهدف من هذه الدراسة هو:

-تحسين مستوى الخدمة لهذا الطريق .

-ضمان راحة وسلامة المستخدمين.

- زيادة الطاقة الاستيعابية للطريق.

- تصحيح المنعرجات.

- تدعيم الطريق .

- اتساع الطريق.

لتحقيق هذه الأهداف ، من الضروري أولاً دراسة الخصائص الهندسية لهذا القسم (الطريق الحالي) الذي لا يحترم المعايير الفنية الجزائرية B40 ، والتي يمكن أن تسبب: غياب الأمان والراحة لمستخدم هذا المسار. وبعد ذلك سنمنح هذا الطريق خصائص طريق الولاية مع مراعاة جميع القيود الموجودة بالإضافة إلى العمليات اللازمة لأبعاد مناسبة للطريق، تعيين نوع التعزيز الذي يستجيب لحركة المرور الحالية من أجل ضمان سلامة وراحة المواطنين.

Introduction générale

La réhabilitation routière consiste à remettre la route à son état initial (couche de base, couche de roulement, dépendances). Il s'agit des travaux de reconstruction lorsque la couche de fondation est aussi touchée.

Actuellement la richesse d'un pays peut se mesurer à la puissance de ses moyens de Communication. Notre pays a fourni, depuis l'aube de l'indépendance, un effort pour le développement du réseau routier.

La route reste donc un moyen de communication très important dans la vie économique, industrielle et même sociale.

Depuis des siècles, l'homme a pensé à ce moyen de communication et les tracés étaient différemment conçus selon les moyens de transports de chaque époque.

En prélude à la construction d'une route, différents types d'études sont menés Simultanément comme des études géométriques de tracé, des études de structure de la chaussée, des études environnementales, faisant intervenir auprès des ingénieurs de nombreux experts : écologues, géographes, archéologues, sociologues, paysagistes, architectes ou Naturalistes.

Les routes modernes doivent permettre une circulation commode et sûre des véhicules et en même temps une réalisation économique, à bon marché. Les conditions actuelles dans lesquelles se développe aujourd'hui la circulation sont caractérisées par certains facteurs de base (le trafic, la vitesse de circulation...). Ces éléments Conditionnent les caractéristiques des véhicules et en même temps la conception et les structures des routes.

Toute route projetée doit satisfaire à certaines caractéristiques tout en respectant la Réglementation existante ; elle doit également utiliser au mieux les ressources en matériaux Disponibles à proximité.

Les études de conception vont permettre de mettre au point les modalités pratiques qui Permettront sa construction. Elle impose bien des études préalables pour définir : nombre de Voies, dimensions et structure de la chaussée, caractéristiques de la couche de surface.

La première partie sera consacrée à l'étude de la conception de la route en deux Variantes seront étudiées. La deuxième partie sera consacrée à l'étude de la variante Présentant le plus d'avantage.

Problématique

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructures routières 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.

Notre modeste travail vient pour répondre à deux principales questions :

- pour quelle raison, on construit cette rocade ?
- comment faire pour que le projet tel que proposé limite au maximum les imprévus et anticipe les couts futurs de fonctionnement dans une vision à long terme ?

Afin de palier à cette problématique, notre étude consiste donc à concevoir ce tronçon de la route à nekmaria de Mostaganem.

Chapitre I : présentation et contexte du projet

1-Contexte du projet:

Mostaganem est une ville de très grande importance par sa situation géographique. La Zone d'étude est comprise dans la région Nord-Ouest du schéma national d'aménagement du Territoire constituée des wilayas d'Oran, Tlemcen, Ain Témouchent, Relizane, Mascara, Mostaganem, et au Nord centre, Chleff, KhemisMéliana, Blida et Alger.

Situé dans la zone de plaine littorale les plus riches, la vocation principale de la région Reste agricole.

L'industrie dans l'ensemble de la région s'est développée grâce à la disponibilité de Nombreux ports et d'infrastructures routières et ferroviaires. Les ressources humaines Qualifiées ont été des facteurs favorables au développement industriels.

La ville de Mostaganem est reliée au reste du pays par les routes nationales RN 11, RN 90, RN 90A, RN 23 et RN 17.

La wilaya de MOSTAGANEM situé dans l'ouest nord de l'Algérie, elle a une Superficie de 2269 km² et une population de 723000 habitants.



Figure 1 : réseau routier de Mostaganem.

2-Découpage administratif :

- 10 Daïras
- 32 Communes.
- 4 Subdivisons de travaux publics (STP).

7- Unités d'Intervention Routière (UIR).

4- Maisons cantonnières.

3 - Infrastructures routières :

- RN : 332 km.
- CW : 654 km.
- CC : 840 Km.
- Les ouvrages d'art sur RN : 36.
- Les ouvrages d'art sur CW : 24.

4 -Infrastructures portuaires :

- 1 Phare.
- 1 port commercial.
- 3 ports de pêche.

L'objet de l'étude dans sa globalité est de chercher de nouvelles variantes de tracé plus proches des routes actuelles telles que la RN 90A et la RN 23. Et de s'approcher des grandes Agglomérations de la région capables d'attirer des volumes de trafic plus importants Assurant ainsi une meilleure liaison entre Mostaganem et l'autoroute Est-Ouest.

5-Climat :

La wilaya de Mostaganem est considérée parmi les régions pluvieuses en Algérie, elle a un climat méditerranée pluvieux et froid en hiver avec une pluviométrie de l'ordre de 1100 mm/an, chaud et humide en été ayant une température moyenne de 20.1°C

6-Les reliefs :

Le relief de la Wilaya de Mostaganem se divise en quatre unités morphologiques appartenant à deux régions distinctes, le Plateau de Mostaganem et le Dahra2

les vallées basses de l'Ouest englobent les communes : Hassi Mameche, Mazagran, Stidia, Aïn Nouïssy, El Hassiane et Farnaka.

Les Monts du Dahra englobent les communes : Sidi Belaattar, Oued El Kheir, Sidi Ali, OuledMaallah, Tazgait, Nekmaria, Kheireddine, Ain Boudinar et Safsaf.

le plateau de Mostaganem englobe les communes : Mostaganem, Ain Tedles, Sour, Bouguirat, Sirat, Souafliia, Mesra, Aïn Sidi Cherif, Mansourah, Touahria et Sayada.

Les vallées de l'Est englobent les communes : Achaacha, Khadra, OuledBoughalem, Sidi Lakhdar, Hadjadje et Abdelmalek Ramdane.

Les forêts couvrent 14,2 % de la superficie de la wilaya.

7-Présentation du projet :

Nekmaria est une commune du district d'Achacha dans la wilaya de Mostaganem. Notre projet concerne la réhabilitation de la Route Nationale R90, qui prend son origine à partir de la wilaya de mostaganem.



Figure 02 : situation du projet.

8- Données de base :

A-levé topographique :

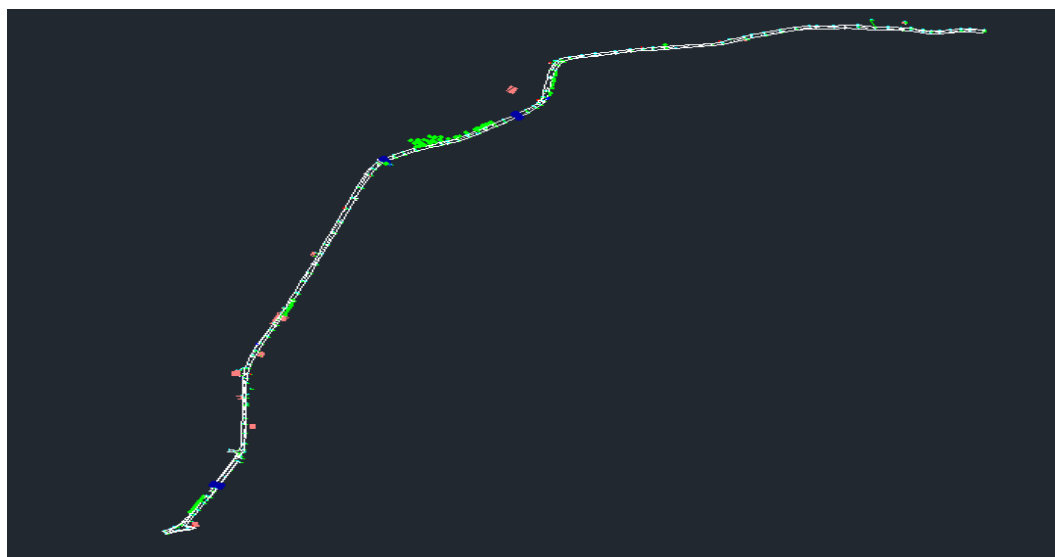


Figure 03 : levé topographique.

B-Trafic :

- ✓ Trafic Moyen Journalier Annuel **TJMA** (2019) = 763
- ✓ Le pourcentage (%) des poids lourds **Z** = 13%
- ✓ Taux de croissance annuel du trafic τ = 3%
- ✓ Durée d'étude et d'exécution : **n** = 2 ans
- ✓ Durée de vie : **20 ans**
- ✓ **CBR : I= 6**

C- Catégorie de la route :

Les catégories de voies sont définies selon la nature de la ville, selon les activités socio-économiques et administratives de la zone desservie par la voie. Les routes algériennes sont réparties en cinq (5) catégories fonctionnelles comme suit :

Catégorie 1 : Liaisons bi-to-deux entre les grands pôles économiques et les pôles industriels lourds, et liaisons assurant le transfert des pôles industriels de transformation vers le réseau de base susvisé.

Catégorie 2 : Liaisons entre pôles industriels transformés et connexions entre pôles industriels légers diversifiés et réseaux anciens.

Catégorie 3 : reliant le chef-lieu de daïra et le chef-lieu de wilaya, non desservi par le réseau
} Auparavant, les réseaux avec les classes 1 et 2.

Catégorie 4 : Liaison entre tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de catégorie 1 – 2 et 3 avec le chef-lieu de daïra, dont ils dépendent, et avec le réseau précédent.

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

D- Environnement de travail :

Les outils informatiques sont considérés comme essentiels pour ce type de recherche et c'est une opportunité. Nous essayons de nous tenir à jour avec des logiciels comme AUTOCAD et COVADIS. Une fois recruté dans le monde professionnel.

Chapitre II : **Etude des variantes**

1. Introduction :

La caractérisation géométrique d'une route peut se définir comme l'ensemble des éléments à satisfaire pour que la liaison routière soit sûre, efficace et confortable.

La géométrie de la route est un concept qui doit donner une forme précise (géométrique), à une nécessité économique (la liaison entre deux points) en tenant compte des multiples facteurs humains (capacités physiques et psychiques des conducteurs, champ de vision, temps de réaction, perception des perspectives, etc.) en ne perdant pas de vue que les véhicules sont soumis à des forces mécaniques inéluctables (force centrifuge, loi de Coulomb sur l'adhérence, force d'inertie,...) et évoluent constamment.

La route doit permettre à un usager normal, circulant à une vitesse inférieure ou égale à la vitesse de sécurité choisie, de parcourir son trajet dans des conditions satisfaisantes de sécurité, de confort, de stabilité et d'économie.

Cela implique naturellement l'adoption par l'auteur de projet des caractéristiques géométriques qui sous-entendent des conditions de visibilité et de progressivité dans les modifications de trajectoires autorisant, notamment, un freinage sans risque anormal en cas d'imprévu et une limitation des risques en cas d'intempéries, notamment de pluie.

Un autre élément, moins immédiatement décelable, est la nécessité d'éviter la monotonie, reprochée souvent, avec raison, aux longs tracés autoroutiers rectilignes. Les longues lignes droites, à première vue économiques et sûres diluent l'attention, d'une part, et, d'autre part, peuvent poser des problèmes d'éblouissement non négligeables (que des plantations appropriées peuvent cependant souvent limiter).

2. Tracé en plan :

a. Introduction :

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche du couloir de la route dans le site concerné.

Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des liaisons. Il représente la projection

de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse

de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

IV.2. La vitesse de référence (de base)

La vitesse de référence (V_b) c'est le paramètre qui permet de déterminer les caractéristiques géométriques minimales d'aménagement des points singuliers pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'usager (traverser d'une ville, modification du relief,... etc.).

.b.Choix de la vitesse de référence

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

c. Règles et principes de tracé en plan :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le B40, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences

qui nous semblent pertinentes :

- Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à R_{Hnd} (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

2.d. Les éléments de la trace en plan :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Des droites (alignements).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement (CR) de courbures progressives.

d.1. Alignements droits :

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

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en C, Ove, S, ou à sommet. La longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{min}=5 V$$

$$L_{max}=60 V$$

Avec V en (m/s).

Pour des raisons de sécurité de circulation et d'esthétique, on évitera les cas particuliers suivants à éviter :

- Réunion de 2 longues courbes par un alignement court

Solution: alignement à supprimer.

- Réunion de 2 longues alignements par une courbe courte s'est à dire de faible rayon

Solution: augmenter le rayon de sa courbe.

e. Les arcs de cercle :

Trois problèmes se posent :

1. Stabilité des véhicules en courbe.
2. Visibilité en courbe.
3. Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible

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

Remarque :

- Le devers « d » ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas)
 - Le devers « d » ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux.
- Ceci nous conduit à la série de couples (Catégorie, d).

Au devers maximum correspond le rayon minimum absolu R_{Hm} avec :

- $d_{max} = 7\%$ pour les catégories (1- 2) ;
- $d_{max} = 8\%$ pour les catégories (3- 4) ;
- $d_{max} = 9\%$ pour la catégorie 5.

f. Rayon horizontal minimal absolu :

C'est le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée, il ne faut jamais descendre au-dessous de cette valeur, et il est défini comme étant le rayon de devers maximal.

$$R_{HM} = Vb^2 / 127 \cdot (ft + d_{max})$$

- Rayon minimal normal

$$R_{HN} = (Vb + 20)^2 / 127 \cdot (ft + d_{max})$$

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant Vb de 20 (km/h) de rouler en sécurité.

- Rayon au dévers minimal

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse Vb serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

$$RHD = Vb^2 / 127 \times 2 \times d_{min}$$

g. rayon minimal non déversé :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation, le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé ($RHnd$).

$$RHnd = Vb^2 / 127 \times d$$

h. Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

- Il n'y a aucun rayon inférieur à , on utilise autant que possible des valeurs de rayon \geq à RHN .

Les rayons compris entre RHM et RHD sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $1/R$ arrondi à 0,5% près.

- Les rayons compris entre RHD et $RHND$ sont en dévers minimal.

- Les rayons supérieurs à $RHND$ peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

- Un rayon RHM doit être encadré par des RHN .

i. visibilité en courbe :

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur de la courbe par un talus de déblai, ou par une construction ou forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il faudrait reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer. Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

g. Sur largeur :

Un long véhicule à deux (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 égale à :

$$S = 50 / R$$

R : rayon de l'axe de la route.

k. courbes de raccordements :

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

assurer :

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

l. Clothoïde :

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou il infini jusqu'au point asymptotique ou il s'annule, 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.

m. Expression mathématique de la Clothoïde :

La Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$\mathbf{K = C.L} \text{ On pose : } 1/C = A^2 \Rightarrow L.R = A^2$$

n- Les variantes :

Les variantes sont en première approximation composées d'alignements droits raccordés par des arcs de cercles. Notre présente étude s'effectue sur les étapes suivantes :

- Détermination des coordonnées définissant l'axe de notre variante ainsi que les angles au centre des parties circulaires.
- L'environnement de la route.
- Dénivelée cumulée.
- Sinuosité.
- Vitesse de référence Vr.
- Les rayons en plan RHm, RHN, Rhd et RHnd.
- Choix des rayons.
- Détermination de tous les éléments des raccordements circulaires.
- Déclivités (profil en long) ; cubatures approchées.

o- Calcul de gisement de distance et des angles au centre :

- Gisement : Le gisement d'une direction est l'angle dans le sens topographique compris entre l'axe des Y et la direction.

$$\mathbf{G_{S1S2} = \arctg(\Delta x / \Delta y) = \arctg((X_{S2} - X_{S1}) / (Y_{S2} - Y_{S1}))}$$

p- Distance :

La distance S1S2 est donnée par la relation :

$$\mathbf{S1S2 = \sqrt{(X_{S2} - X_{S1})^2 + (Y_{S2} - Y_{S1})^2}}$$

q- L'angle au centre :

L'angle au centre β est donné par l'équation suivante :

$$\beta = \text{GSB} - \text{GAS}$$

r- Détermination des éléments des raccordements circulaires :

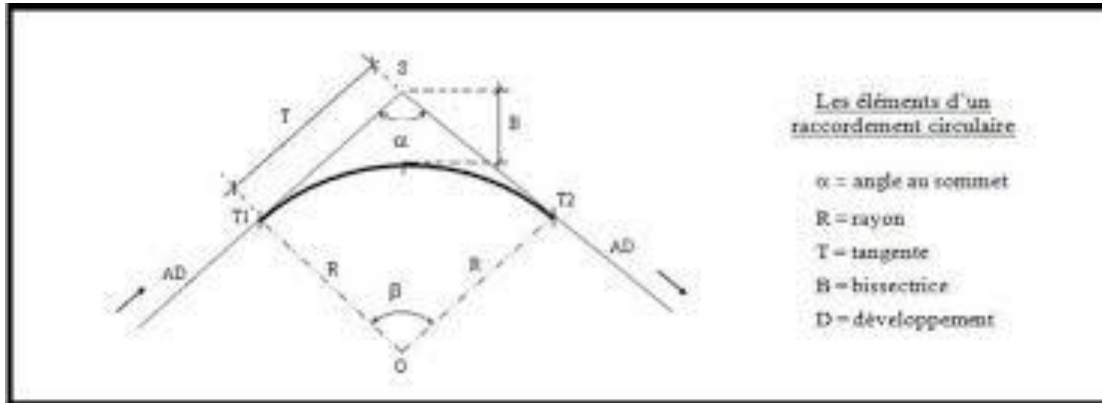


Figure 04: Les éléments d'un raccordement circulaire.

-Angles de déviation au sommet α :

Quand on prolonge les alignements droits confondus avec l'axe de route.

-La tangente :

$$ST = ST' = R \cdot \text{tg} \frac{\beta}{2}$$

- Bissectrice :

$$\text{Biss} = R \left(\frac{1}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)} - 1 \right)$$

-La développée :

$$D = \frac{\pi \beta \text{deg} \cdot R}{180} = \frac{\pi \beta \text{Grad} \cdot R}{200} = R \beta \text{rd}$$

- La flèche :

$$F = R \left(1 - \cos \frac{\beta}{2} \right)$$

s-Environnement de la route : « Ei »

Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont :

- La dénivelée cumulée moyenne.

- La sinuosité.

t-La vitesse de référence :

La vitesse de référence est la vitesse de circulation des véhicules sur une route à circulation normale et au-dessous de laquelle les véhicules rapides peuvent circuler normalement en dehors des pointes. Elle est déterminée en fonction de l'importance des liaisons assurées par la section de route et par les conditions géographiques. La vitesse est donc fonction de :

- La catégorie.

- L'environnement.

u-Courbes en plan :

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

L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

v-Le rayon horizontal minimal absolu (RHm) :

C'est le plus petit rayon en plan admissible pour une courbe présentant un dévers maximal et parcourue par la vitesse de référence.

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

w-Le rayon minimal normal (RHN) :

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant Vr de 20 km/h de rouler en sécurité.

$$HRN = \frac{(Vr+20)^2(\frac{Km}{h})}{127(ft+dmax)}$$

x-Le rayon au devers minimal RHd :

RHd est le rayon au deçà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage tel que l'effet centrifuge résiduel soit équivalent à celui subi par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit (devers : - d min %).

$$\mathbf{RHd} = \frac{Vr^2 \left(\frac{Km}{h} \right)}{127(2 * dmin)}$$

Dmin = 2.5% en catégorie 1 – 2

Dmin = 3% en catégorie 3– 4

y-Le rayon non déversé RHnd :

C'est le rayon tel que l'accélération centrifuge résiduelle que peut parcourir un véhiculeroulant à la vitesse $V = Vr$ et présente un dévers vers l'extérieur.

$$\mathbf{RHnd} = \frac{Vr^2 \left(\frac{km}{h} \right)}{127(f'' - dmin)}$$

z-Calcul des Cubatures approchés :

1- Méthode de calcul approximatif :

$$Vt = \left(\frac{S1+S2}{2} \right) d1 + \left(\frac{S3+S4}{2} \right) d2 + \dots + \left(\frac{Sn+Sn+1}{2} \right) dn+1$$

Par conséquent :

$$Vt = \left(\frac{d1}{2} \right) S1 + \left(\frac{d1+d2}{2} \right) S2 + \left(\frac{d2+d3}{2} \right) S3 \dots + \left(\frac{dn+dn+1}{2} \right) Sn+1$$

2 - Etude des variantes :

A - Etude de la variante 1 :

1-Introduction :

La variante une est composée des alignements droits AS1, S1S2 et S2 B raccordés par des arcs de cercle de Rayon R1et R2.

- Les coordonnées des sommets :

- Volume de déblai total : 27564,782

-Volume de remblai total : 12525,782

- Excès de déblai : 15038.831

	X	Y
A	2024,596	5049,289

S1	2105,732	5209,426
S2	2116,127	5456,125
S3	2353,803	6013,614
S4	2632,354	6149,279
S5	2687,402	6317,297
S6	3175,588	6380,889
B	3230,814	6378,516

Tableau 01 :les coordonnées des sommets de l'axe de variante 1

- Calcul de gisements et des angles au centre :

	DX	DY	Gisement g	G	bita	distance
A-S1	81,136	160,137	29,855	29,855	/	179,519
S1-S2	10,395	246,699	2,681	2,681	-27,174	246,918
S2-S3	237,676	557,489	25,656	25,656	22,975	606,039
S3-S4	278,551	135,665	71,147	71,147	45,491	309,832
S4-S5	55,048	168,018	20,156	20,156	-50,991	176,806
S5-S6	488,186	63,592	91,754	91,754	71,598	492,310
S6-B	55,226	-2,373	97,267	102,733	10,980	55,277

Tableau 02: Valeurs des gisements, distances et des angles au centre.

C'est la somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire. Le rapport de la dénivelée cumulée total **H** à la longueur total de l'itinéraire **L** permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

$$Dc = \frac{|\sum_{pi>0} PILI + \sum_{pi<0} PILI|}{L}$$

P : pente de terrain.

L : longueur de l'itinéraire (L= L1+L2-L3.....Ln).

b-Dénivelée cumulée moyenne :

cette dénivelée cumulée moyenne nous permet de connaître la nature de terrain le tableau suivantes donne la dénivelé cumulé da chaque profil :

Profil n°	Abscisse	Points d'axes			DN
		X	Y	ZTN	
P01	0,000	2024,596	5049,289	96,756	0,000
P02	25,000	2035,895	5071,590	94,967	-1,402
P03	50,000	2047,194	5093,891	93,573	-1,369
P04	75,000	2058,493	5116,191	92,403	-1,135
P05	100,000	2069,792	5138,492	91,905	-0,865
P06	125,000	2080,911	5160,883	91,508	-0,597
P07	150,000	2090,905	5183,792	91,422	-0,488
P08	175,000	2098,766	5207,513	90,943	-0,488
P09	200,000	2104,219	5231,901	90,172	-0,488
P10	225,000	2107,288	5256,703	89,540	-0,537
P11	250,000	2108,771	5281,658	88,948	-0,723
P12	275,000	2109,828	5306,635	88,286	-0,917
P13	300,000	2110,880	5331,613	87,094	-1,104
P14	325,000	2111,933	5356,591	85,435	-1,153
P15	350,000	2112,985	5381,569	83,826	-1,153
P16	375,000	2114,162	5406,541	82,480	-1,153
P17	400,000	2116,389	5431,437	81,487	-1,153
P18	425,000	2120,773	5456,039	80,355	-1,153
P19	450,000	2127,589	5480,081	79,289	-1,146
P20	475,000	2136,413	5503,468	78,655	-0,969
P21	500,000	2146,131	5526,501	78,086	-0,718
P22	525,000	2155,935	5549,498	77,512	-0,596
P23	550,000	2165,740	5572,496	76,942	-0,596
P24	575,000	2175,544	5595,493	76,553	-0,596
P25	600,000	2185,349	5618,490	75,705	-0,596
P26	625,000	2195,153	5641,487	75,374	-0,596
P27	650,000	2204,958	5664,485	74,874	-0,596
P28	675,000	2214,762	5687,482	74,337	-0,596

P29	700,000	2224,567	5710,479	73,577	-0,596
P30	725,000	2234,371	5733,476	72,510	-0,584
P31	750,000	2244,176	5756,473	71,339	-0,514
P32	775,000	2253,980	5779,471	70,215	-0,514
P33	800,000	2263,785	5802,468	68,972	-0,514
P34	825,000	2273,589	5825,465	67,979	-0,514
P35	850,000	2283,394	5848,462	67,364	-0,514
P36	875,000	2293,198	5871,459	66,798	-0,514
P37	900,000	2303,160	5894,388	66,173	-0,514
P38	925,000	2313,973	5916,925	65,492	-0,514
P39	950,000	2326,255	5938,695	64,651	-0,514
P40	975,000	2340,059	5959,532	63,698	-0,514
P41	1000,000	2355,314	5979,331	62,539	-0,514
P42	1025,000	2371,944	5997,990	61,644	-0,514
P43	1050,000	2389,863	6015,416	61,017	-0,514
P44	1075,000	2408,980	6031,518	61,177	-0,514
P45	1100,000	2429,198	6046,214	61,590	-0,514
P46	1125,000	2450,412	6059,430	61,779	-0,514
P47	1150,000	2472,439	6071,250	61,573	-0,514
P48	1175,000	2494,857	6082,313	60,782	-0,514
P49	1200,000	2517,333	6093,260	60,080	-0,514
P50	1225,000	2539,809	6104,206	59,452	-0,514
P51	1250,000	2562,285	6115,153	59,083	-0,514
P52	1275,000	2584,605	6126,409	59,080	-0,514
P53	1300,000	2605,717	6139,756	59,402	-0,514
P54	1325,000	2623,964	6156,779	59,785	-0,514
P55	1350,000	2638,296	6177,208	60,586	-0,556
P56	1375,000	2648,606	6199,958	60,459	-0,691
P57	1400,000	2656,706	6223,607	59,704	-0,828
P58	1425,000	2664,766	6247,270	58,846	-0,962
P59	1450,000	2675,066	6270,022	57,390	-1,002
P60	1475,000	2689,638	6290,271	54,994	-1,002
P61	1500,000	2708,396	6306,716	52,722	-1,002
P62	1525,000	2730,377	6318,511	51,248	-1,002
P63	1550,000	2754,376	6325,391	49,293	-0,995
P64	1575,000	2779,073	6329,238	49,280	-0,946
P65	1600,000	2803,864	6332,468	48,276	-0,891
P66	1625,000	2828,655	6335,697	47,271	-0,835
P67	1650,000	2853,445	6338,926	46,266	-0,779
P68	1675,000	2878,236	6342,155	45,260	-0,723
P69	1700,000	2903,026	6345,385	44,255	-0,667
P70	1725,000	2927,817	6348,614	43,250	-0,611
P71	1750,000	2952,607	6351,843	42,244	-0,555
P72	1775,000	2977,398	6355,072	41,239	-0,499
P73	1800,000	3002,188	6358,302	40,527	-0,444
P74	1825,000	3026,979	6361,531	39,372	-0,388

P75	1850,000	3051,770	6364,760	39,615	-0,355
P76	1875,000	3076,560	6367,989	40,187	-0,355
P77	1900,000	3101,351	6371,218	40,485	-0,308
P78	1925,000	3126,141	6374,446	40,785	-0,202
P79	1950,000	3150,964	6377,411	41,131	-0,094
P80	1975,000	3175,889	6379,296	41,768	0,013
P81	2000,000	3200,884	6379,546	42,727	0,120
P82	2025,000	3225,870	6378,728	44,612	0,227
P83	2050,000	3250,847	6377,656	47,172	0,303
P84	2075,000	3275,824	6376,583	49,587	0,306
P85	2100,000	3300,801	6375,510	49,421	0,306
P86	2125,000	3325,778	6374,437	48,535	0,306
P87	2150,000	3350,755	6373,364	47,819	0,306
P88	2175,000	3375,732	6372,291	47,543	0,306
P89	2200,000	3400,709	6371,219	47,222	0,306
				Total DN	-50,591

$$Dc = \frac{\sum \Delta H}{\sum Distance} = \frac{50.591}{2221.638} = 0.0227 = 2.27\%$$

Tableau 3 : dénivelé de profil variante 1.

Les valeurs seuils déterminées par l'analyse de plusieurs itinéraires en Algérie, permettent de caractériser trois types de topographie.

N°	Classification du Terrain	Dénivelée Cumulée
1	Plat	Dc= 1.5%
2	Terrain Vallonné	1.5% < DC < 4%
3	Terrain montagneux	Dc > 4%

Tableau 4: Classification de terrain et Dénivelée cumulée "variante 1".

c)-Sinuosité :

Pour le choix des rayons on optera pour des valeurs supérieures à 200 m.

$$\sigma = \frac{LS}{LT} = \frac{119.828}{2221.638} = 0.05$$

N°	N° Classification	Sinuosité
1	Sinuosité faible	$\sigma < 0.10$
2	Sinuosité moyenne	$0.10 < \sigma < 0.30$
3	Sinuosité forte	$\sigma > 0.30$

Tableau 5: Sinuosité (variante).

D'après cette valeur on peut distinguer que notre variante est de faible sinuosité.

d) Environnement de la route :

Les trois types d'environnement résultent du croisement des deux paramètres précédents.

Sinuosité et relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	/
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux	/	E2	E3

Tableau 6 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité "variante 1".

4-La vitesse de référence :

La vitesse est donc fonction de :

- La catégorie.
- L'environnement.

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer la vitesse de référence.

Environnement Catégorie	E1	E2	E3
Cat 1	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 2	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 3	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 4	100-80-60	80-60-40	60-40
Cat 5	80-60-40	60-40	40

Vitesse $V_r = 80$ km/h

Tableau 7 : VVL et VPL en fonction de la Cat 1 et E sur B40. "Variante 1".

Stabilité en courbe :

-Détermination du coefficient transversal f_t :

Vr	40	60	80	100	120	140
Cat 1-2	0.22	0.16	0.13	0.11	0.1	0.1
Cat 3-4-5	0.22	0.18	0.15	0.125	0.11	/

Tableau 8 : Valeur du coefficient f_t .

-Détermination du coefficient F'' en fonction de la catégorie :

Catégories	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
F''	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

Tableau 9 : Valeur du coefficient « F'' ».

- Tableau récapitulatif :

Vitesse réf	Dmax	dmin	d=dmax-2%	F_t	f'
80 km/h	7%	5%	5%	0.13	0.06

5-Détermination des rayons en plan :

❖ **Le rayon horizontal minimal absolu (RHm) :**

$$RHm = 80^2 \longrightarrow RHm = 252 \text{ m}$$

❖ **Le rayon minimal normal (RHN) :**

$$RHN = \frac{(80+20)^2}{127(0.11+0.05)} \longrightarrow RHN = 492 \text{ m}$$

❖ **Le rayon au devers minimal RHd :**

$$RHd = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0.025} \longrightarrow \boxed{RHd = 1008 \text{ m}}$$

❖ Le rayon non déversé RHnd :

$$RHnd = \frac{80^2}{127 (0,06 - 0,025)} \longrightarrow \boxed{RHnd = 1440 \text{ m}}$$

6-Choix des rayons:

Pour une route de catégorie donnée, Il n'y a aucun rayon inférieur au rayon minimum absolu **RHm**. On utilisera, autant que possible des valeurs de rayons supérieures ou égales au rayon minimum normal **RHN**.

R1	R2	R3	R4	R5	R6
250	250	350	120	110	350

Tableau 10: Le rayon de variante.

7- Détermination des éléments des raccordements circulaire :

Virage	Tangente (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)	Développée (m)
1	54.181	255.885	5.75	106.712
2	45.607	254.323	4.25	90.223
3	130.657	373.931	22.4	250.100
4	50.803	130.434	9.60	96.116
5	69.321	130.023	16.94	123.712
6	30.257	351.405	1.40	60.366

Tableau 11: Eléments des raccordements circulaires "variante 1".

Longueur totale des alignements droits : **Lad**

$$Lad = T1 + T1T2 + T2T3 + T3T4 + T4T5 + T5T6 + T6B$$

$$Lad = 125.338 + 196.130 + 427.757 + 128.372 + 56.682 + 392.732 + 25.020$$

Lad= 1352.031 m

Longueur totale des arcs de cercles : Lc

Lc = D1 + D2 +D3 + D4 +D5 +D6

Lc =106.712+90.223+250.100+96.116+123.712+60.366

Lc=727.229m

Longueur totale du tronçon : LT

LT = Lad + Lc

LT = 2079,26 m

%Lad =65.02%

%Lc =39.97 %

8 Cubatures :

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)	Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)
P01	0,000	12,500	2,06	2,89	4,95	61,903	61,903	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
P02	25,000	25,000	0,63	1,11	1,74	43,505	105,408	0,27	0,00	0,27	6,684	6,684
P03	50,000	25,000	0,58	0,89	1,47	36,829	142,237	0,29	0,03	0,32	8,055	14,739
P04	75,000	25,000	0,51	1,35	1,86	46,585	188,821	0,28	0,00	0,28	7,037	21,776
P05	100,000	25,000	2,07	2,64	4,71	117,731	306,552	0,00	0,00	0,00	0,000	21,776
P06	125,000	25,000	3,24	3,49	6,74	168,439	474,991	0,00	0,00	0,00	0,000	21,776
P07	150,000	25,000	5,23	4,98	10,21	255,129	730,120	0,00	0,00	0,00	0,000	21,776
P08	175,000	25,000	5,20	5,33	10,53	263,302	993,422	0,00	0,00	0,00	0,000	21,776
P09	200,000	25,000	3,96	4,12	8,08	201,937	1195,359	0,00	0,00	0,00	0,000	21,776
P10	225,000	25,000	3,43	3,48	6,92	172,908	1368,267	0,00	0,00	0,00	0,000	21,776
P11	250,000	25,000	3,97	4,03	8,00	200,030	1568,297	0,00	0,00	0,00	0,000	21,776
P12	275,000	25,000	5,14	5,00	10,15	253,662	1821,959	0,00	0,00	0,00	0,000	21,776
P13	300,000	25,000	4,79	4,67	9,46	236,446	2058,405	0,00	0,00	0,00	0,000	21,776
P14	325,000	25,000	2,30	2,51	4,81	120,364	2178,770	0,00	0,00	0,00	0,000	21,776
P15	350,000	25,000	0,27	0,39	0,66	16,558	2195,328	0,42	0,08	0,51	12,710	34,486
P16	375,000	25,000	0,03	0,09	0,12	2,903	2198,230	0,61	0,45	1,07	26,698	61,184
P17	400,000	25,000	0,41	0,33	0,74	18,532	2216,763	0,12	0,28	0,40	10,048	71,232
P18	425,000	25,000	0,71	0,33	1,04	26,068	2242,830	0,00	0,29	0,30	7,298	78,531
P19	450,000	25,000	0,98	0,40	1,38	34,598	2277,428	0,00	0,28	0,28	7,001	85,532
P20	475,000	25,000	2,16	2,28	4,43	110,814	2388,242	0,00	0,00	0,00	0,000	85,532
P21	500,000	25,000	2,73	2,83	5,56	138,911	2527,153	0,00	0,00	0,00	0,000	85,532
P22	525,000	25,000	2,61	2,96	5,57	139,129	2666,282	0,00	0,00	0,00	0,000	85,532
P23	550,000	25,000	2,79	3,52	6,32	157,923	2824,205	0,00	0,00	0,00	0,000	85,532
P24	575,000	25,000	2,98	4,10	7,08	177,050	3001,256	0,00	0,00	0,00	0,000	85,532

P25	600,000	25,000	2,20	3,16	5,35	133,838	3135,094	0,00	0,00	0,00	0,000	85,532
P26	625,000	25,000	2,67	4,26	6,93	173,311	3308,405	0,00	0,00	0,00	0,000	85,532
P27	650,000	25,000	3,31	4,77	8,07	201,785	3510,190	0,00	0,00	0,00	0,056	85,588
P28	675,000	25,000	3,89	4,85	8,75	218,639	3728,829	0,00	0,00	0,00	0,000	85,588
P29	700,000	25,000	3,64	3,90	7,54	188,568	3917,397	0,00	0,00	0,00	0,000	85,588
P30	725,000	25,000	1,79	1,39	3,18	79,533	3996,929	0,00	0,00	0,00	0,000	85,588
P31	750,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	1,51	1,41	2,91	72,798	158,386
P32	775,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	4,90	4,85	9,75	243,849	402,235
P33	800,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	8,48	8,23	16,71	417,669	819,904
P34	825,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	10,84	10,65	21,49	537,173	1357,077
P35	850,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	11,28	11,16	22,45	561,168	1918,245
P36	875,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	11,41	11,44	22,84	571,114	2489,359
P37	900,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	12,18	11,80	23,98	599,513	3088,872
P38	925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	13,44	12,61	26,05	651,446	3740,318
P39	950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	15,17	13,89	29,06	726,743	4467,061
P40	975,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	18,50	15,30	33,79	845,505	5312,566
P41	1000,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	21,79	18,10	39,89	998,007	6310,573
P42	1025,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	23,73	19,98	43,71	1093,540	7404,114
P43	1050,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	23,12	20,52	43,64	1091,494	8495,607
P44	1075,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	18,20	19,02	37,22	930,354	9425,962
P45	1100,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	13,98	15,06	29,04	725,794	10151,755
P46	1125,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	11,09	11,05	22,15	553,613	10705,368
P47	1150,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	10,24	8,98	19,22	480,540	11185,908
P48	1175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	11,00	9,80	20,79	519,853	11705,761
P49	1200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	11,71	11,62	23,33	583,220	12288,981
P50	1225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	12,34	12,36	24,70	617,450	12906,431
P51	1250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	11,34	11,13	22,47	561,677	13468,108
P52	1275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	9,43	7,80	17,23	430,123	13898,231
P53	1300,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	3996,929	6,10	4,17	10,27	255,605	14153,835
P54	1325,000	25,000	0,04	0,00	0,04	0,869	3997,798	0,53	1,50	2,02	51,324	14205,159
P55	1350,000	25,000	5,96	6,28	12,25	306,139	4303,937	0,00	0,00	0,00	0,000	14205,159
P56	1375,000	25,000	9,27	8,75	18,02	450,204	4754,141	0,00	0,00	0,00	0,000	14205,159
P57	1400,000	25,000	11,16	7,90	19,06	476,438	5230,579	0,00	0,00	0,00	0,000	14205,159
P58	1425,000	25,000	11,77	8,44	20,21	506,312	5736,891	0,00	0,00	0,00	0,000	14205,159
P59	1450,000	25,000	9,15	6,36	15,51	389,323	6126,214	0,00	0,00	0,00	0,000	14205,159
P60	1475,000	25,000	1,57	0,70	2,27	57,358	6183,573	0,00	0,33	0,33	7,922	14213,081
P61	1500,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	2,81	6,65	9,47	233,774	14446,855
P62	1525,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	5,63	9,92	15,55	385,453	14832,309
P63	1550,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	5,92	15,01	20,93	519,431	15351,740
P64	1575,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	3,88	12,69	16,58	413,766	15765,506
P65	1600,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	4,46	12,49	16,95	423,639	16189,144
P66	1625,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	5,31	13,34	18,65	466,296	16655,440
P67	1650,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	6,44	14,47	20,92	522,922	17178,362
P68	1675,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	7,87	15,89	23,76	593,987	17772,349
P69	1700,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	9,63	17,58	27,21	680,203	18452,553
P70	1725,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	11,73	19,52	31,26	781,397	19233,950
P71	1750,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	14,33	21,59	35,92	898,074	20132,024
P72	1775,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	17,46	23,71	41,17	1029,149	21161,173
P73	1800,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	20,92	21,61	42,53	1063,214	22224,387
P74	1825,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	26,08	24,61	50,69	1267,252	23491,639
P75	1850,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	22,51	19,29	41,81	1045,194	24536,832
P76	1875,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	17,10	15,86	32,96	823,924	25360,756
P77	1900,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	16,45	12,80	29,25	731,188	26091,945

P78	1925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	14,65	10,21	24,86	621,635	26713,579
P79	1950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	11,00	7,81	18,81	470,751	27184,330
P80	1975,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	6183,573	6,87	4,73	11,60	290,387	27474,718
P81	2000,000	25,000	0,00	0,31	0,31	7,599	6191,172	2,62	0,96	3,59	89,895	27564,613
P82	2025,000	25,000	5,68	5,87	11,55	288,697	6479,869	0,00	0,00	0,00	0,000	27564,613
P83	2050,000	25,000	16,85	16,98	33,83	845,779	7325,648	0,00	0,00	0,00	0,000	27564,613
P84	2075,000	25,000	26,63	27,72	54,35	1358,705	8684,352	0,00	0,00	0,00	0,000	27564,613
P85	2100,000	25,000	25,40	25,09	50,49	1262,321	9946,673	0,00	0,00	0,00	0,000	27564,613
P86	2125,000	25,000	19,62	18,79	38,41	960,354	10907,027	0,00	0,00	0,00	0,000	27564,613
P87	2150,000	25,000	14,92	13,78	28,71	717,693	11624,720	0,00	0,00	0,00	0,000	27564,613
P88	2175,000	25,000	11,02	11,30	22,32	558,004	12182,724	0,00	0,00	0,00	0,000	27564,613
P89	2200,000	23,319	7,67	7,04	14,71	343,058	12525,782	0,00	0,00	0,00	0,000	27564,613
P90	2221,638	10,819	0,00	0,00	0,00	0,000	12525,782	0,00	0,00	0,00	0,000	27564,613

Tableau 12 : Cubatures approchées de la variante

- Volume de déblai total : 27564,782.

-Volume de remblai total : 12525,782.

- Excès de déblai : 15038.831.

Chapitre III :

Etude du trafic

1. Introduction :

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

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

Quelques définitions

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

- Trafic de transit : Origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation).
- Trafic d'échange : Origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange).
- Trafic local : Trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée.
- Trafic Moyen Journalier Annuel (T.M.J.A.) : Egal au trafic total de l'année divisé par 365.
- Unité de véhicule particulier (U.V.P.) : Exprimé par jour ou par heure, on tient compte de l'impact plus important de certains véhicules, en particulier les poids lourds en leur affectant un coefficient multiplicateur de deux.
- Trafics aux heures de pointe : Avec les heures de pointe du matin (HPM), et les heures de pointe du soir (HPS).
- Trafic journalier de fin de semaine : Egale au trafic total de la semaine.
- Trafic journalier moyen d'été : Important pour les régions estivales.

2. Analyse des trafics :

Plusieurs méthodes permettant l'analyse du trafic, ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : les comptages.
- Celles qui en outre permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs : les enquêtes.

2.a. comptages :

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

- Les comptages automatiques.
- Les comptages manuels.

2. a.1.Comptages automatique :

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires, en ce qui concerne les comptages permanents, sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de wilaya les plus circulés.

Les comptages temporaires s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

2. a.2. Comptages manuel :

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

3. connaissance des flux (les enquêtes) :

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

4. Différentes types de trafic :

On distingue quatre types de trafic :

a-Trafic normal : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.

b-Trafic induit : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

c-Trafic dévié : C'est le trafic qui résulte de :

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

d-Trafic total : C'est la somme du trafic induit et du trafic dévié.

5. Calcul de la capacité :

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui

lui sont propre durant une période bien déterminé. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

Le calcul de la capacité dépend :

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

5.a. Calcul du (TJMA) horizon :

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

$$TJMAh = TJMA0(1 + \tau)^n$$

♣ **TJMAh**: le trafic à l'année horizon.

♣ **TJMA0**: le trafic à l'année de référence.

♣ **n** : nombre d'année d'exploitation.

♣ **τ** :taux d'accroissement du trafic (%).

5.b .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 :

$$Teff = (1 - Z + PZ) . TJMAh$$

♣ **Teff**: trafic effectif à l'horizon en (UVP/J).

♣ **Z**:pourcentage de poids lourds (%).

♣ **P**:coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route (nombre de voies et de l'environnement).

6. Débit de pointe horaire normale:

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

$$Q = (1/n) . Teff$$

• **Q** : débit de pointe horaire

• **n** : nombre d'heure, (en général n=8 heures).

• **Teff** : trafic effectif.

7. Débit horaire admissible :

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

$$d = K1.K2.Cth$$

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

Environnement	E1	E2	E3
K ₁	0.75	0.85	0.90-0.95

Tableau 13 : Coefficient « K1 ».

Env et CAT	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau 14: Valeur de K1.

	Capacité théorique (upv/h)
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000 upv/h
Route à 3 voies de 3.5	2400 à 2000 upv/h
Route à chaussée séparée	1500à1800 upv/h

Tableau15 : valeur de la capacité théorique.

8. Calcul du nombre des voies :

Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à d pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir : $d \leq Q$.

Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport : $n = S. Q/d$

Avec :

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

♣d : débit admissible par voie.

9-Les données de trafic :

TJMA =763 v/j

Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 3\%$

Le pourcentage de poids lourds **%PL=15%**

La durée de vie estimée de 20ans

Durée d'étude et d'exécution : 2 ans.

CAT 1 ; E2

Trafic à l'année de mise :

$$T1=T0 (1+\tau)^2 = 763(1+0.03)^2$$

$$T1= 786 V/J$$

Le trafic de l'année horizonà la 20ème année « durée de vie »:

$$Tn = T1 (1 + \tau)^n = 786(1+ 0.03)^{20}$$

$$T20= 1420 V/J$$

$$Teff= [(1 -Z) + P.Z] x T20= [(1-0.13) + 31x 3] x 1420$$

$$Teff= 1402 V/J$$

Calcule Du debit Q :

$$Q= (1/n)*Teff \quad \text{avec } 1/n=0.125 \quad (n=8\text{heure})$$

$$Q = 0.125 *1402$$

$$Q= 175\text{uvp/h}$$

Les valeurs de P « coefficient d'équivalence » sont données par le tableau des normes B40.

Pour notre cas : P = 3%

10-Débit admissible « d »:

$$Qadm = K1. K2. Cth$$

Les valeurs de K1 sont données par le tableau B40, elles sont en fonction du niveau de service (environnement 1, catégorie 1).

K1 : coefficient dépendant de l'environnement

K2 : coefficient de réduction

Les valeurs de K1 sont les suivants :

Catégorie 1 et Environnement 2 \longrightarrow K1 =0.99 , K2 =0.85

Pour la chaussée bidirectionnelle : Cth = Q Horizon= 2000

Qadm= 1683

-Nombre de voie :

$$N = (2/3) \times \frac{Q}{Q_{adm}} = (2/3) \times \frac{175}{1680}$$

N= 0.66 \approx 1 voie

Les résultats de calculs sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

<i>TJMA</i> 2022	<i>TJMA</i> 2042	<i>Teff</i>	Q	N
763	1420	1402uvp/j	175uvp/j	1

Tableau 16 : résultats du calcul de trafic.

11-Conclusion :

Le profil en travers retenu pour notre projet est défini comme suit : Une chaussée bidirectionnelle à deux voies de 3,50 m de largeur central de 3 m, des accotements de 1,50 m.

Chapitre IV : **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 réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

Et aussi des gradients thermiques, pluie, neige, verglasetc. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'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- LA CHAUSSEE :

a- Définition :

C'est une partie d'une voie publique où circulent les voitures.

A la suite, la chaussée est appelée à :

- Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour réaliser notre but, il faut donc assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Autrement dit, la chaussée un ensemble des couches de matériaux superposées de façon permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

b - Différents types de chaussées:

Les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories à partir de leur constructif:

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

Les chaussées souples :

D'une épaisseur comprise entre 30 et 60 cm, une chaussée souple est composée d'une couche de surface en matériaux bitumineux. En dessous, se trouve une assise en matériaux granulaires non traités, sur une ou plusieurs couches. Pour ce type de chaussée, la qualité du sol support influence fortement sa tenue dans le temps.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 03 couches suivantes :

1)- **Couche de roulement (surface) .**

2)- **Couche de base.**

3)- **Couche de fondation.**

4)- **Couche de forme.**

Les chaussées semi rigides :

Communément appelée Les chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques, la chaussée semi rigide comporte une couche de surface bitumineuse qui repose sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques (20 à 50 cm d'épaisseur). Présentant un fort risque de retraites thermiques, des fissures peuvent apparaître et remonter jusqu'à la couche de surface, entraînant une perte d'étanchéité.

Les chaussées rigides :

Appelé aussi les chaussées en béton de ciment, Constituée d'un revêtement en béton de ciment pervibré ou fluide, cette chaussée rigide comporte les couches suivantes : une couche de roulement, une couche de fondation et une couche de forme. Ce type de chaussée absorbe les efforts et les transmet peu au sol.



Figure 05 : Structure type d'une chaussée souple.

c-Les différents facteurs à prendre en compte pour le dimensionnement:

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

1 - Trafic :

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

2 - Environnement :

Le climat et l'environnement influent sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi :

La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support. Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

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.

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, elle même fonction de **l'indice CBR**.

Portance	1	2	3	4
CBR	<3	3 à 6	6 à 10	10 à 20

Tableau 17 : la portance de sol en fonction de l'indice de CBR.

d-Détermination de la classe du sol:

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante.

Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants:

Portance (Si)	CBR
---------------	-----

S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

Tableau 18: Les classes de portance des sols.

e- Matériaux :

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

f-METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

Nous avons deux grandes familles de méthodes :

– Celle qui utilise la structure de la chaussée à travers un modèle mécanique pour la détermination des contraintes et déformations, cette méthode est dite rationnelle.

-et la deuxième qui consiste à observer le comportement sous trafic des chaussées (réelles ou expérimentales) et d'en déduire les règles pratiques du dimensionnement, et c'est la méthode empirique.

Cette dernière contient elle-même les méthodes suivantes :

1- Method C.B.R (California -Bearing-Ratio):

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

Pour déterminer l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre

On utilise la formule suivante :

$$e = \frac{100 + (75 + 50 \log(\frac{N}{10}))(\sqrt{P})}{ICBR + 5}$$

Avec:

e: épaisseur équivalente

I: indice CBR (sol support)

N: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide

P: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)

Log: logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e_{eq} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

$a_1 \times e_1$: couche de roulement.

$a_2 \times e_2$: couche de base.

$a_3 \times e_3$: couche de fondation.

Où: c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Coefficient d'équivalence :

Matériaux utilisés	Coefficient d' équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.0
Grave ciment -grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée -grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.5 à 0.75

Tableau 19 : Coefficient d'équivalence.

2- Method A.A.S.H.O (American Association of State Highway Officials):

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

Chaque section reçoit 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.

3 - Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Le dimensionnement par la méthode du catalogue de dimensionnement (méthode rationnelle) passe par la détermination des contraintes et déformations admissibles des matériaux sous l'effet du trafic considéré et la durée de vie escomptée.

Les sollicitations subies par les matériaux sous l'effet du trafic seront ensuite calculées et comparées aux sollicitations admissibles. Le développement de l'outil informatique a fait que les méthodes de dimensionnement rationnelles sont devenues plus accessibles. Avec la facilité de résolution des équations multiples à dérivées partielles, des logiciels comme Alizé.

C'est un logiciel qui modélise les structures multicouches et calcule les contraintes transversales et radiales ainsi que les déformations à travers les couches de chaussées. Pour cela, il faut :

- Le type de poids lourd et la charge standard.
- Le nombre de couches composant la chaussée, leur épaisseur et le mode de liaison entre ces différentes couches.
- Les caractéristiques pour chaque matériau composant la chaussée : le module de Young E et le coefficient de Poisson.

g-APPLICATION AU PROJET :

1-Données de l'étude :

Chaussée unidirectionnelle à 1 voie

- Le trafic à l'année 2022 : $TJMA_{2022}=763$
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 3\%$.
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 13 \%$.
- La durée de vie estimée de 20 Ans.
- ICBR = 6 (Ce sol appartient à la classe (S.....)).

2- Répartition de trafic :

-Calcul du trafic du VPL a l'année de mise en service :

TPL= 184

-Calcul du trafic du VPL a l'année horizon :

3- Calcul d'épaisseur:

e = 22

4 - Epaisseur équivalente :

$$e \text{ équivalente} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 + a_4 \times e_4$$

- e1: épaisseur réelle de la couche de surface.
- e2: épaisseur réelle de la couche de base.
- e3: épaisseur réelle de la couche de fondation
- e4: épaisseur réelle de la couche d'assise (support)

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche :

- Couche de roulement en béton bitumineux à module élevé (BB) : $a_1 \times e_1 = 4 \times 2 = 8$
- Couche de base en Grave bitumineux (GB) : $a_2 \times e_2 = 8 \times 1.2 = 9.6$
- Couche de fondation en Tuf : $a_4 \times e_4 = 10 \times 0.5 = 5$

Après la vérification, la structure proposée est comme suit :

Les couches	Matériaux utilisés	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
couche de roulement	BB	4	8
couche de base	GB	8	9.6
couche d'assise (support)	TUF	10	5
	Somme	22	22.6

Tableau 20 : épaisseurs du corps de chaussée.

Notre structure comporte : **4 BB + 8 GB + 10 TUF**

1- DEFINITION :

Ce sont des paramètres qui ont des relations à la considération du mouvement des véhicules dans le projet de construction de la route. Ces paramètres sont :

a-DISTANCE DE FREINAGE :

Les possibilités de freinage sont limitées, du fait du jeu de l'adhérence, il existe une distance minimum pour obtenir l'arrêt complet du véhicule.

La distance de freinage d_0 est la distance parcourue pendant l'action de freinage pour annuler la vitesse dans la condition conventionnelle de la chaussée mouillée. Elle varie suivant la pente longitudinale de la chaussée.

$$d_0 = 0.04 \times \frac{vr^2}{g(fr \pm i)}$$

Avec :

Vr: vitesse de référence : **Vr=80 Km/h**.

i: déclivité.

f_{rl}: coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse Vr.

	V(Km/h)	40	60	80	100	120	140
CAT 1-2	f _l	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
	d ₀	14	34	65	111	175	269
CAT 3-4-5	f _{l2}	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	/
	d ₀	13	31	59	100	160	/

Tableau 21: coefficient de frottement longitudinal fl en fonction de la vitesse (B40).

Pour notre projet on a :

Catégorie 1 / f_l=0,39 / Vr=80 km/h

- En alignement droit :

$$d_0 = 0.04 \times \frac{vr^2}{g(fl)}$$

- En rampe :

$$d_0 = 0.04 \times \frac{vr^2}{g(fl+i)}$$

- En pente :

$$d_0 = 0.04 \times \frac{vr^2}{g(fl-i)}$$

Application :

-En alignement droit : i =0 d₀ = **66 m**

- En pente avec : i =-5.609 % d₀ = **77 m**

- En pente avec : i = -1.952 % d₀ = **69 m**

- En Pente avec : $i = -4.611 \%$ $d_0 = 74 \text{ m}$
- En Pente avec : $i = -2.384 \%$ $d_0 = 70 \text{ m}$
- En Pente avec : $i = -2.056 \%$ $d_0 = 69 \text{ m}$
- En Pente avec : $i = -4.008 \%$ $d_0 = 73 \text{ m}$
- En Pente avec : $i = -1.420 \%$ $d_0 = 68 \text{ m}$
- En rampe avec : $i = 1.223\%$ $d_0 = 64 \text{ m}$

b - Temps de perception et de réaction :

Souvent l'obstacle est imprévisible et le conducteur a besoin d'un temps pour réaliser la nature de l'obstacle ou du danger qui lui apparaît.

Ce temps est en général appelé temps de perception du conducteur, il diffère d'une personne à une autre et varie en fonction de l'état psychique et physiologique.

Sa durée conditionnée par des caractéristiques de conducteur et le véhicule. Il intervient pour :

- Le freinage.
- Le dépassement.
- L'observation de signalisation.

De nombreuses études faites sur le comportement des conducteurs, ont montré que le temps de perception et de réaction est en moyenne :

Dans une attention concentrée :

-Dans une attention concentrée :

- $t = 1.2 \text{ s}$ pour un obstacle imprévisible.
- $t = 0.6 \text{ s}$ pour un obstacle prévisible.

En moyenne on peut prendre 0.9 s, mais en pratique on prend toujours :

- $t = 1.8 \text{ s}$ pour des vitesses $> 80 \text{ Km/h}$.
- $t = 2 \text{ s}$ pour des vitesses $\leq 80 \text{ Km/h}$.

Dans la distance parcourue pendant le temps de réaction et de perception est :

$$d_1 = v \times t \text{ Avec } V = 80 \text{ Km/h} \Rightarrow 22.22 \text{ m/s}$$

c- DISTANCE D'ARRÊT :

La distance parcourue par le conducteur entre le moment dans lequel l'œil du conducteur perçoit l'obstacle et l'arrêt effectif du véhicule est désigné sous le nom de **distance d'arrêt**.

$$d = d_1 + d_0$$

a-En alignement droit :

$$\left. \begin{array}{l} t = 1.8 \text{ s} \\ \text{Si} \end{array} \right\} d = d_0 + 0.50 \times V_r$$

$$t = 2 \text{ s} : \quad d = d_0 + 0.55 \times Vr$$

b-En courbe :

On doit majorer la distance de freinage de 25% car le freinage est moins énergique afin de ne pas perdre le contrôle du véhicule.

$$t = 2 \text{ s} . \quad \left. \begin{array}{l} \text{Si } t > 1 \text{ s} : \\ \text{Si } t = 2 \text{ s} . \end{array} \right\} \quad d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times Vr$$

d-Application :

a-En alignement droit :

$$Vr = 80 \text{ Km/h} \quad t = 2 \text{ s} \Rightarrow d = d_0 + 0.55Vr$$

En palier avec : $i = 0 \%$:

$$d = 66 + (0.55 \times 80) = 110 \text{ m}$$

En Pente avec $i = -5.609 \%$:

$$d = 77 + (0.55 \times 80) = 121 \text{ m}$$

En Pente avec $i = -1.952 \%$:

$$69 + (0.55 \times 80) = 113 \text{ m}$$

En Pente avec : $i = -4.611 \%$:

$$74 + (0.55 \times 80) = 118 \text{ m}$$

En Pente avec : $i = -2.384 \%$:

$$70 + (0.55 \times 80) = 114 \text{ m}$$

En Pente avec : $i = -2.056 \%$:

$$69 + (0.55 \times 80) = 113 \text{ m}$$

En pente avec : $i = -4.008 \%$:

$$73 + (0.55 \times 80) = 117 \text{ m}$$

En pente avec : $i = -1.420 \%$:

$$68 + (0.55 \times 80) = 112 \text{ m}$$

En rampe avec $i = 1.223 \%$:

$$64 + (0.55 \times 80) = 108 \text{ m}$$

a- En courbe:

$$Vr = 80 \text{ Km/h} ; \quad t = 2 \text{ s} \Rightarrow d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times Vr$$

En palier : $i = 0$

$$d = (1.25 \times 66) + (0.55 \times 80) = 127 \text{ m}$$

En pente avec : $i = -5.609 \%$:
 $d = (1.25 * 77) + (0.55 * 80) = 142.25 \text{ m}$

En pente avec : $i = -1.952 \%$
 $d = (1.25 * 69) + (0.55 * 80) = 130.25 \text{ m}$

En pente avec : $i = -4.611 \%$:
 $d = (1.25 * 74) + (0.55 * 80) = 136.50 \text{ m}$

En Pente avec : $i = -2.384 \%$:
 $d = (1.25 * 70) + (0.55 * 80) = 131.50 \text{ m}$

En pente avec : $i = -2.056 \%$:
 $d = (1.25 * 69) + (0.55 * 80) = 130.25 \text{ m}$

En Pente avec : $i = -4.008 \%$:
 $d = (1.25 * 73) + (0.55 * 80) = 135.25 \text{ m}$

En pente avec : $i = -1.420 \%$:
 $d = (1.25 * 68) + (0.55 * 80) = 129 \text{ m}$

En rampe avec : $i = 1.223 \%$:
 $d = (1.25 * 64) + (0.55 * 80) = 124 \text{ m}$

e-DISTANCE DE PERCEPTION :

Le temps nécessaire pour effectuer une manœuvre d'arrêt, une manœuvre de changement de file ou une manœuvre d'insertion est de 6 s.

On appelle distance de perception d_p , la somme de la distance d'arrêt d et la distance parcourue en 6s.

$$d_p = d + \frac{6}{3.6} v_r; \quad v_{\text{rest}} \text{ en Km/h}$$

Application :

a- En alignement droit :

En pente: $d_p = 110 + (6/3,6) * 80 = 233 \text{ m}$

En pente: $d_p = 121 + (6/3,6) * 80 = 254 \text{ m}$

En pente: $d_p = 113 + (6/3,6) * 80 = 246 \text{ m}$

En pente: $d_p = 118 + (6/3,6) * 80 = 251 \text{ m}$

En pente: $d_p = 114 + (6/3,6) * 80 = 277 \text{ m}$

En pente: $dp=113+(6/3,6) * 80= 266$ m
En pente: $dp = 117+(6/3,6) * 80= 250$ m
En pente : $dp = 112+(6/3,6) * 80= 245$ m
En rampe : $dp=108+(6/3,6) * 80= 241$ m

b- En courbe :

En pente: $dp = 127+(6/3,6) * 80= 260$ m
En pente: $dp = 142.25+(6/3,6) * 80= 275.25$ m
En pente: $dp = 130.25+(6/3,6) * 80= 263.25$ m
En pente: $dp = 136.50+(6/3,6) * 80=269.50$ m
En pente: $dp = 131.50+(6/3,6) * 80=264.50$ m
En pente: $dp =130.25+(6/3,6) * 80= 263.25$ m
En pente: $dp = 135.25+(6/3,6) * 80=268.25$ m
En pente: $dp = 129+(6/3,6) * 80= 262$ m
En rampe : $dp=124+(6/3,6) * 80= 257$ m

	dp:Enalignement droit	dp: En courbe
En palier :	233	260
En pente avec : i= -5.609%	254	275
En pente avec: i = -1.952%	246	263
En pente avec : i = -4.611%	251	269
En pente avec : i= -2.348%	277	264
En pente avec: i= -2.056%	266	263
En pente avec: i= -4.008%	250	268
En pente avec: i= -1.420%	245	262
En rampe avec i = 1.223%	241	257

Tableau 22 : Distance de perception.

f-Espacement entre deux véhicules :

Supposons que deux véhicules circulent dans le même sens sur la même voie et la même vitesse. Et Nous recherchons l'espace entre les deux véhicules se telle Façon que si le premier véhicule est obligé d'amorcer un freinage au maximum pour éviter un obstacle quelconque, cet espace doit permettre au second véhicule de s'arrêter sans risque de collision.

La distance de freinage ne change pas et reste d_0 , mais par contre la distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction de second véhicule un feu arrières de stop de premier véhicule.

L'espacement sera donc théoriquement :

$$d'_2 = d_2 + v \times t' + l$$

d_2 : distance parcourue pendant temps de perception et de réaction du premier véhicule

L : longueur moyenne d'un véhicule

En général, on prend $t' = 0.75s$

En pratique, on prend $t = 3 s$

Distance de sécurité sera donc :

$$d'_2 = d_2 + v (t + t') + l \quad (t \text{ en s et } v \text{ en m/s})$$

Soit E l'espacement supplémentaire de sécurité :

$$E = v \times t' + l$$

Sachons que : $v = v \text{ (km/h)}/3.6$, $t' = 0.75$ donc $E_s = v/5 + l$

Avec :

V : la vitesse en km/h.

L : la longueur de véhicule on prend généralement 5m.

Pour plus de sécurité on est souvent amené à augmenter la distance « E_s », en prenant un créneau temps de sécurité entre deux véhicules T_s égale à 1.2secondes.

$$E_s = \frac{V}{3}$$

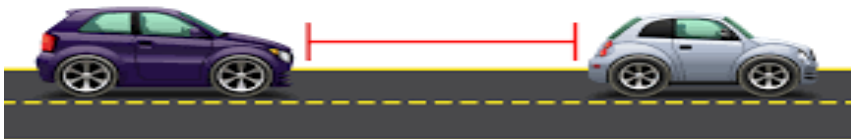


Figure 06 : L'espacement entre deux véhicules.

g-DISTANCE DE VISIBILITES DE DEPASSANT ET DE MANOEUVRE:

Cette dernière représente la distance nécessaire telle que si un véhicule rapide apparait en sens inverse du véhicule effectuant le dépassement à l'instant où celui-ci amorce sa manœuvre il ne croise le véhicule inverse qu'après l'exécution de la manœuvre.

Le tableau suivant résume selon les normes B40 les distances de visibilité de la manœuvre et de dépassement et d'arrêt :

- d_{vdm} : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement moyenne.

-dvdn : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement normale.

dmd : Distance de visibilité de manoeuvre et de dépassement.

Vr(Km/h)	40	60	80	100	120	140
dvdm	4v	4v	4v	4.2v	4.6v	5v
	160	240	320	420	550	700
dvdN	6v	6v	6v	6.2v	6.6v	7v
	240	360	480	620	790	980
Dmd	70	120	200	300	425	/

Tableau 23 : les différentes distances selon les normes B40

D'après le tableau des normes de B40, on tire les valeurs de **dvdm**, **dvdnet** **dmd**en fonction de la vitesse.

Application : Vr = 80 Km/h

$$\mathbf{dvdm} = 320\text{m}$$

$$\mathbf{dvdN} = 480 \text{ m}$$

$$\mathbf{dmd} = 200\text{m}$$

Chapitre V : **Les Raccordements** **Progressif**

INTRODUCTION :

Elément de tracé en plan dont la courbure varie de manière continue, servant à raccorder soit un alignement droit et une courbe circulaire ou vice versa, soit deux courbes circulaires.

La courbe de raccordement la plus utilisée est la **Clothoïde** grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures.

Une **clothoïde** est une courbe plane dont la courbure en un point est proportionnelle à l'abscisse curviligne du point, Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique qui sont limitées par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

1-Définition de la clothoïde :

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

2-Les éléments de la clothoïde :

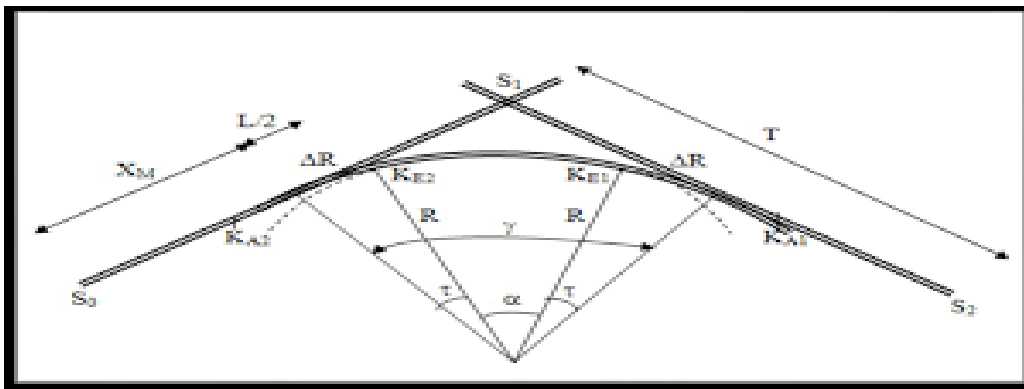


Figure 07: Les éléments de la clothoïde.

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** : Origine de KE./**TK** : tangente courte./**TL** : tangente longue./**SL** : Corde (KA – KE)./**σ**: Angle polaire.

3-PROPRIETES DE LA CLOTHOÏDE :

Le rayon de courbure d'une Clothoïde varie progressivement d'une valeur infinie en O, point de tangence avec l'alignement Ox, à une valeur finie **r**, en un point donné P de la courbe.

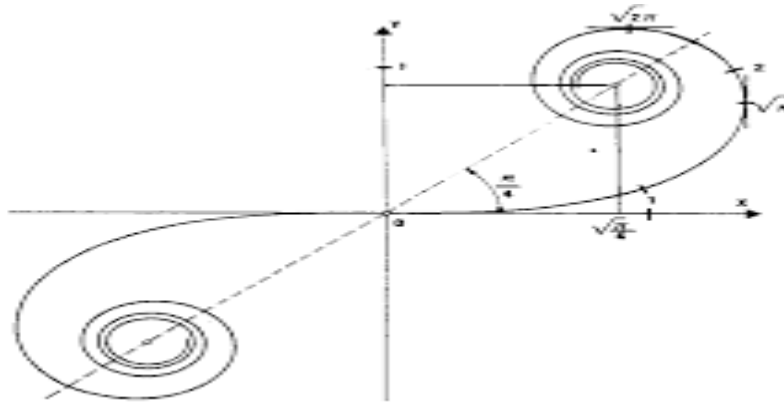


Figure 08 : La propriété de clothoïde.

Un véhicule qui parcourt cette courbe voit donc le rayon de braquage de ses roues diminuer progressivement en passant par toutes les valeurs comprises entre l'infini et r . L'équation caractéristique est donnée par : $A^2 = R.L$.

Le calcul des caractéristiques de ces raccords à courbure progressive permet de respecter les conditions de stabilité du véhicule, et de confort dynamique des usagers. Ces conditions tendent à limiter la variation de sollicitation transversale des véhicules. Dans la pratique, ceci revient à fixer une limite à la variation d'accélération tolérée par seconde.

4-LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT :

A - Condition de confort optique :

Elle permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels et pour cela la rotation de la tangente doit être supérieure à 3° .

$$\tau \geq 3^\circ \quad \text{soit} \quad \tau \geq 1/18 \text{ rad.}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rad} \quad \longrightarrow \quad L \geq R/9 \text{ soit } A \geq R/3.$$

$R/3 \leq A \leq R$:

-Pour $R \leq 1500$ $\Delta R = 1$ m (éventuellement 0.5m) d'où $L = (24.R.\Delta R)^{1/2}$.

-Pour $1500 < R \leq 5000$ m, $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L = R/9$.

-Pour $R > 5000$ m \longrightarrow ΔR limité à 2.5m soit $L = 7,75 (R)^{1/2}$.

B - Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, est

Imposé à une variation limitée.

$$L \geq \frac{VB^2}{18} \left(\frac{VB^2}{127.R} - \Delta d \right)$$

V_B : vitesse de base (Km/h).

R : le rayon (m).

Δd : la variation de divers ($d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$).

C - Condition de gauchissement :

Elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la Chaussée déversée.

$$L \geq (l \times \Delta d \times V_r)$$

L : Longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

D - La Vérification de non chevauchement :

1er cas : $\tau = \frac{\beta}{2}$: Clothoïde sans arc de cercle.

2ème cas : $\tau < \frac{\beta}{2}$: Clothoïde avec arc de cercle.

3ème cas : Clothoïde impossible.

5- NOTION DE DEVERS :

Le devers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe.

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

A - Devers en alignement :

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à : $d_{\text{min}} = 2.5 \%$.

B - Devers en courbe :

En courbe permet de :

- Assurer un bon écoulement des eaux superficielles.
- Compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules.
- Améliorer le guidage optique.

C - Rayon de courbure :

Pour assurer une stabilité du véhicule et réduire l'effet de la force centrifuge, on est obligé d'incliner la chaussée transversalement vers l'intérieur d'une pente dite devers, exprimée par sa tangente; d'où le rayon de courbure.

D - Calcul des devers :

❖ 1er cas :

Le rayon choisi : $R \geq R_{HNd}$ → Le devers associé « d » est celui de l'alignement droit.

❖ 2ème cas :

Le rayon choisi : $RHd \leq R \leq RHNd \rightarrow$ Le dévers associé est le dévers minimal de l'alignement droit.

❖ **3ème cas :**

Si $RHN \leq R \leq RHd$, le dévers associé « d » est calculé par interpolation entre le dévers associé à RHN et celui associé à RHd.

$$\frac{d(R) - d(RHd)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}} = \frac{d(RHN) - d(RHd)}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}}$$

❖ **4ème cas :**

Si $RHm < R < RHN$, la route est déversée à l'intérieur du virage et « d » est calculé par Interpolation linéaire en $1/R$.

$$\frac{d(R) - d(RHN)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHN}} = \frac{d(RHN) - d(RHD)}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}}$$

Les rayons compris entre **RHd** et **RHnd** sont au dévers minimal mais des rayons supérieur à **RHnd** peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

IV-7- APPLICATION DE PROJET :

IV-7-1- Calcul des dévers associés aux rayons de la variante choisie :

Symboles	Valeurs calculées	Valeurs selon B-40
RHm (7 %)	252	250
RHN (5 %)	492	450
RHd (2.5 %)	1008	1000
RHnd (-2.5 %)	<u>1440</u>	<u>1400</u>

Rayons Choisis (m)	
R1	250
R2	250
R3	350
R4	120
R5	110
R6	350

Devers associé d(R)	
d(R1)	2,5 %
d(R2)	2,5 %
d(R3)	2,5%
d(R4)	3,5%
d(R5)	2,5%
d(R6)	3,5%

V-7-2- Calcul de la longueur de Clothilde et la vérification de non chevauchement :

Exemple pour R1=250 m :

a- Condition d'optique :

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \text{ Comme } R = 250 \text{ m} \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m}$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 250 \times 0.095} \quad L_1 \geq 77.45 \text{ m}$$

b- Condition de gauchissement :

$$L_2 \geq L \cdot \Delta d \cdot V_r \text{ Avec : } \Delta d = df - di$$

$$\Delta d = 7 - (-2,5) \quad \Delta d = 9.5 \%$$

- L = 7 m

- Vr = 80 Km/ h

$$L_2 \geq 7 \times 0.095 \times 80 = 53.20$$

$$L_2 \geq 53.20$$

C-Condition dynamique :

$$L_3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127 \times 250} - 0.095 \right) L_3 \geq 37.89$$

$$L = \text{Max} (L_1, L_2, L_3) = 77.45$$

Exemple pour R2=350 m :

a- Condition d'optique :

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad \text{Comme } R = 200 \text{ m} \leq 1500\text{m}$$

Comme R : **250m < R ≤ 1500m**

$$L \geq 91.56 \text{ m}$$

b- Condition de gauchissement :

$$L_2 \geq L \cdot \Delta d \cdot V_r \text{ Avec : } \Delta d = 10.4\%$$

- L = 7m

- Vr = 80 Km/ h

$$L_2 \geq 7 \times 0.104 \times 80 L_2 \geq 58.24\text{m}$$

b-Condition dynamique :

$$L3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127.2500} - 0.104 \right) L3 \geq 14.21 \text{ m}$$

$$L = \text{Max} (L1, L2, L3) = 91.56 \text{ m}$$

N° Virages	Conditions							
	Optique	gauchissement	dynamique	Non Chevauchement		Lmax (m)	L choisie (m)	Remarques
	L1	L2	L3	τ (g)	$\beta/2$ (gr)			
1	77.45	53.20	37.89	0.15	13.58	77.45	77	P.de che
2	77.45	53.20	37.89	0.15	11.48	77.45	77	P.de che
3	91.56	58.24	14.21	0.13	22.74	91.56	92	P.de che
4	16.54	53.20	115.53	0.48	25.49	115.53	116	P.de che
5	15.83	53.20	129.11	0.58	35.79	129.11	129	P.de che
6	91.56	58.24	14.21	0.13	5.49	91.56	92	P.de che

Tableau 24 : Calcul des paramètres des deux clothoïde

Paramètre de la clothoïde		Virage 1	Virage 2	Virage 3	Virage 4	Virage 5	Virage 6
R	Rayon (m)	250	250	350	120	110	350
L	Longueur de la clothoïde (m)	77	77	92	116	129	92
A = $\sqrt{R.L}$	Paramètre de la clothoïde (m)	138.74	138.74	179.44	117.98	119.12	179.44
$\alpha = 200 - \beta$	Angle au sommet (gr)	172.82	177.025	154.509	149.009	128.402	189.020
$\beta = 200 - \alpha$	Angle au centre (gr)	27.18	22.97	45.49	50.99	71.60	10.98

$\tau = L/2.R$	Angle des tangentes (gr)	0.15	0.15	0.13	0.48	0.58	0.13
$\gamma = 200-\alpha -2 \tau$	Angle au centre Partie circulaire (gr)	26.88	22.67	45.23	50.03	70.43	10.72
$X_{KE}=L - (L^3/40.R^2)$	Abscisse de l'extrémité de la clothoïde.	76.81	76.81	91.84	113.29	124.56	91.84
$Y_{KE}=L^2/6.R$	Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde.	3.95	3.95	4.03	18.68	25.21	4.03
$\Theta = \arctg(Y_{KE}/X_{KE})$	Angle Polaire (gr)	3.27	3.27	2.79	10.40	12.71	2.79
$L_{cercle}=\pi.R.\Theta/200$	Long, de la partie circulaire (m)	12.83	12.83	15.33	19.59	21.95	15.33
$SL=\sqrt{(X_{KE}^2+Y_{KE}^2)}$	Longueur de la corde KA-KE (m)	76.91	76.91	91.92	114.80	127.08	91.92
$X_o= X_{KE} - R.\sin \tau$	Abscisse du centre (m)	76.22	76.22	91.12	112.38	123.55	91.12
$Y_o=Y_{KE}+R.\cos \tau$	Ordonnées du centre (m)	253.94	253.94	354.02	138.67	149.76	354.02
$\Delta R=L^2/24.R$	Ripage (m)	0.98	0.98	1.00	4.67	6.30	1.00

$D_{\text{cercle}} = \pi R \gamma / 200$	Développé e de cercle	105.504	105.504	248.54	94.25	121.64	248.54
$DT = 2L + D_{\text{cercle}}$	Développé e totale (m)	259.504	259.504	432.54	326.25	379.64	432.54
$TK = YKE / \sin \tau$	Tangente longue (m)	1676.43	1676.43	1973.52	2477.53	2767.13	1973.52
$TL = XKE - (YKE / \cos \tau)$	Tangente courte (m)	72.85	72.85	87.80	94.60	99.34	87.80
Bissectrice	Bissectric e (m)	255.885	254.323	373.931	130.434	130.023	351.405

Chapitre VI : **Profile En Travers**

1-DEFINITION:

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

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

2-TYPES DE PROFIL EN TRAVERS:

A - profil en travers type :

Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

B - profil en travers courants :

ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (Accidenté ou plat).

c-Les éléments de composition du profil en travers:

- a) - La chaussée.
- b) - La largeur rouable.
- c) - La plateforme.
- d) - Assiette.
- e) - L'emprise.
- f) - Les accotements.
- g) - Le terre-plein central.
- h) - Le fossé.

3- Application au projet :

Après l'étude du trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé de Deux Chaussée unidirectionnelle à trois voies.

- Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

Chaussée : $3.5 \times 2 = 7\text{m}$

Terre-plein central : 3 m

BAU : $1 \times 2 = 2\text{ m}$

Accotement : $1.5 \times 2 = 3\text{ m}$.

Plate-forme : 22 m

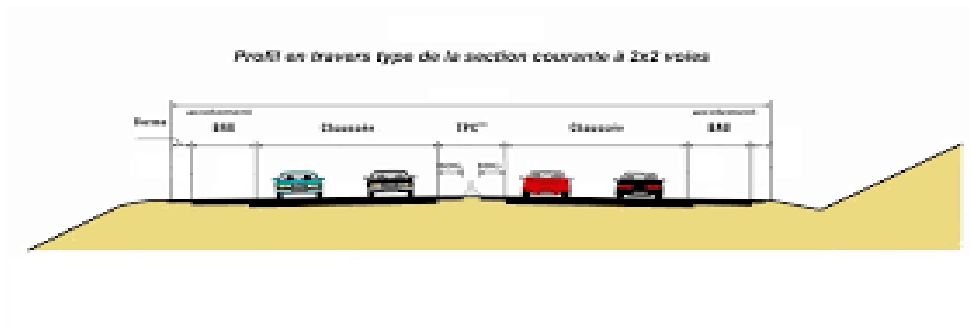


Figure 09: profile en travers.

Chapitre VII : Signalisation Routière

1-INTRODUCTION :

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation ainsi que des éléments utiles à la prise de décisions, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leurs déplacements. Elle comprend deux grands ensembles :

La signalisation routière verticale, qui comprend les panneaux, et la signalisation routière horizontale, constituée des marquages.

2-L'OBJECTIF DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

- De rendre plus sûre 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 SIGNALISATIONS :

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

a-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.

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

b-Signaux de danger :

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

c-Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

d-Signaux à simple indication :

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
- aux divers.

e-Signaux de position des dangers :

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont un emploi peu fréquent en milieu urbain.

f- Signalisation Horizontale :

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

Elle se divise en trois types :

1-Marquage longitudinal :

• Lignes continue :

Les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

• Lignes discontinue :

Les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

Lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leur intervalles.

Lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.

Ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

2-Marquage transversal :

-Lignes transversales continue :

Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

-Lignes transversales discontinue :

Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

-Autre m marquage :

- **Flèche de rabattement** : Une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

- **Flèches de sélection** : Flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

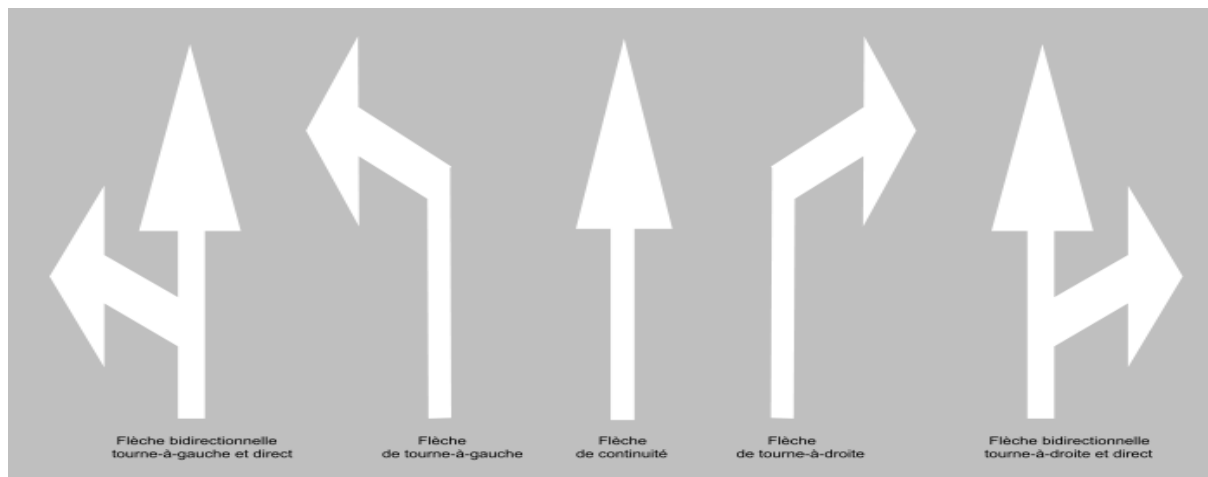


Figure 10: Flèche de signalisation.

g-APPLICATION AU PROJET :

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

Signalisation Verticale :



Tableau 11 : signalisation verticale.

h-Signalisation horizontale :

Ligne continue : Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits. Il est également interdit de la traverser perpendiculairement (pour sortir ou rentrer dans une rue, une cour, un garage).

Ligne discontinue : trait 3m, intervalle 10m Dépassement et changement de voie autorisés. Ligne de dissuasion trait 3m, intervalle 1,33m Sur des routes étroites ou sinueuses, la ligne de dissuasion remplace une ligne continue, seul le dépassement de véhicules roulant très lentement est autorisé (tracteur agricole, voiturette, cycle...).

Ligne d'avertissement : trait 3m, intervalle 1,33m Annonce une ligne continue. Des flèches de rabattement avertissent le conducteur qu'il va rencontrer une ligne continue. Ces flèches sont au nombre de 3. Il est possible de terminer un dépassement, mais pas de l'entreprendre.

Flèches de rabattement : Indiquent la voie dans laquelle il faut se rabattre.

Ligne mixte : Peut être franchie par le conducteur situé du côté de la ligne discontinue.

Ligne de rive : trait 3m, intervalle 3,50m Sépare la chaussée de l'accotement, peut être franchie pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.

Ligne de rive : trait de 20 m, intervalle 6 m Annonce l'approche d'une intersection.

Ligne de rive trait de 38 m, intervalle 14 m Sur autoroute elle délimite la bande d'arrêt d'urgence (BAU), circulation arrêt, stationnement interdits sauf panne ou incident. Ligne discontinue à traits larges Voies réservées à certains usagers (cycles, bus, véhicules lents) ou voies d'insertion (d'accélération), de décélération, de stockage (les traits de ces 3 dernières sont plus courts).

Flèches directionnelles : Elles imposent aux automobilistes de suivre la ou l'une des directions indiquées.

g-ECLAIRAGE:

1-INTRODUCTION :

Dans un trafic en augmentation constante, L'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

2-CATEGORIES D'ECLAIRAGE:

- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

3-PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES:

- L'espacement (e) entre luminaires: qui varie en fonction du type de voie.
- La hauteur (h) du luminaire: elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée.
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Ce travail est une contribution à la résolution de la problématique de mise en réseau de salles des travaux pratiques, avec une gestion centralisée de comptes étudiants.

Ce présent travail de fin d'étude était l'occasion pour perfectionner nos modestes connaissances dans le domaine des routes.

On était limité par le temps, la documentation ainsi que le manque de salles de dessin et de calculs mais cela ne nous a pas empêché pour venir à bout de ce travail grâce aux orientations de nos professeurs.

Cependant les résultats de notre projet peuvent être améliorés, tout va dépendre de la stabilité de la solution, d'un point de vue technique, et des erreurs signalées par ses utilisateurs. Nous tenons à signaler que notre encadreur nous a proposé ce sujet pour résoudre le problème récurrent du déroulement des TP,

Nous espérons avoir contribué du moins un peu à la résolution d'un problème que traîne le déroulement.

Nous espérons acquérir plus dans notre vie professionnelle et toucher les grands projets et surtout voir tout cela de près c'est-à-dire sur terrain.