

N° d'ordre : M...../GCA/2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE MASTER ACADAEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Voies et ouvrages d'arts (VOA)

Thème

ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4 ,100 KM

Membre du jury :

- **Président:** Mr. BOUHAMOU Nassreddine.
- **Examineur:** Mr. SOLTANE BENALLOU Kaddour.
- **Encadreur:** Mr. ZAOUI Mohamed.

Présenté par :

- MOHAMMED Salah.
- KRIM Maamar.

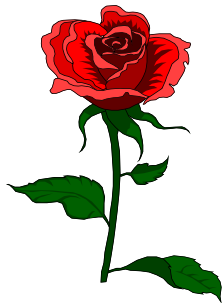
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

كلمة شكر و عرفان

نحمد الله ونشكره على هدايته لنا وتوفيقه في إتمام هذا العمل المتواضع ، ثم نتقدم بالشكر الجزيل إلى الأستاذ المشرف "زاوي محمد" لنصائحه القيمة طيلة إنجاز هذه المذكرة، كما نتقدم بالشكر والعرفان إلى كافة أساتذة قسم الهندسة المدنية والمعمارية على رأسهم الأستاذ بوحلوفة أحمد .

كما نشكر كل موظفي مديرية الأشغال العمومية لولاية مستغانم خاصة منهم: عمال الفرع الاقليمي لماسرة وكذلك رئيس الفرع الإقليمي لبوقيراط .

كما نشكر عمال مكتب الدراسات URBOR و كل من أعاننا من قريب أو بعيد .



محمد صالح- كريم معمر

DEDICACES

*TOUT D'abord je remercie le bon dieu qui m'a donné le courage
pour arriver à ce stade.*

Je dédie ce modeste travail :

*A ma plus belle étoile qui puisse exister dans l'univers ma
Chère mère "Halima".*

*A ma plus belle deuz aime étoile qui puisse exister dans l'univers ma
Chère femme "Hadjer".*

*A mon meilleur ami : mon père, le plus beau et bon de tout les
pères" benaicha".*

*A ma chère sœur et mes frères : moloud, Mohammed et sa femme et leur enfants :
ouissal et l'adorable bouchra.*

A TOUT MA FAMILLE SANS EXPTION

A Mon binôme "maamar".

A mes amis d'enfance: hadje, ali , Farid, Mohamed et tous ceux qui m'aime.

*A tous mes amis de l'universités : mohammed ,houari ,farid ,afif, kadirau
,djamel, mohammed,abdellah ,abdalkader ...et tous ceux qui m'ont aidé à
réaliser ce modeste travail.*

Mohammed Salah.



🌸 **DÉDICACES** 🌸

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Tout d'abord je tiens à remercier le Tout Puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stage afin de réaliser ce travail que je dédie à:

A mes très chers parents.

A mes frères.

A mes précieuses sœurs

A toute la famille : KRIM.

A mon binôme : MOHAMMED SALAH

A tous mes collègues et mes amis de M2voa. Et toute personne que je connais.

Krim maamar



Sommaire

I. PRESENTATION GENERAL	1
I.1 INTRODUCTION	1
I.2 PRESENTATION DU PROJET 1	
I.3 Localisation	3
I.4 Objectif du projet	4
CHAPITRE I: ETUDE DE LA ROUTE EXISTANTE	5
I.1 Introduction	5
I.2 Détermination des coordonnées des sommets	5
I.3 Calcul de gisement de distance et des angles au centre	5
I.4 Environnement de la route	6
I.5 Vitesse de référence	7
I.6 Courbes en plan	7
I.7 Etude de la route existante	8
I.8 Détermination des rayons en plan	9
I.9 Environnement de la route	10
CHAPITRE II : ETUDE GEOMETRIQUE	14
II.1. TRACE EN PLAN	14
II.2 PROFIL EN LONG	28
II.3 PROFIL EN TRAVERS	32
CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC	38
III.1 Trafic	38
III.2 Différents Types De Trafic	38

sommaire

III.3	Modèle de prévision de trafic	39
III.4	Calcul de capacité	39
III.5	Détermination de nombre de voies	41
III.6	Application au projet	42
III.7	Conclusion	43
	CHAPITRE IV: ETUDE CINEMATIQUE	44
IV.1	Distance de freinage	44
IV.2	Application	44
IV.3	Temps de réaction	44
IV.4	Distance d'arrêt	45
IV.5	Distance de perception	46
IV.6	Distance de sécurité entre deux véhicules	47
IV.7	Manœuvre de dépassement	48
	CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE	51
V.1	Introduction	51
V.2	chaussée	51
V.3	Facteurs pour les études de dimensionnement	53
V.4	La méthode de dimensionnement	53
V.5	Application au projet	54
	CHAPITRE VI: CUBATURE	56
VI.1	Définition	56
VI.2	Cubature des terrassements.....	56
VI.3	Méthode de calcul	56
VI.4	Le choix de la variante	65
VI.5	Conclusion	66
	CHAPITRE VII : IMPLANTATION DES AXES	67
VII.1	Définition	67
VII.2	Plan de piquetage des axes des voies	67
VII.3	Application à notre projet	68

sommaire

CHAPITRE VIII : ASSAINISSEMENT	76
VIII.1 Introduction	76
VIII.2 Objectif de l'assainissement	76
VIII.3 Type de dégradation	76
VIII.4 Type de canalisation.....	77
VIII.5 Drainage des eaux souterraine.....	77
VIII.6 Dimensionnement des ouvrages du réseau d'assainissement	78
VIII.7 Le débit de saturation	79
VIII.8 Dimensionnement des buses	80
VIII.9 Dimensionnement de fossé	81
VIII.10 Conclusion.....	81
CHAPITRE IX: SIGNALISATION ET DISPOSITIFS	83
IX.1 Introduction	83
IX.2 L'objectif de la signalisation routière	83
IX.3 Catégories de signalisation	83
IX.4 Règles à respecter pour la signalisation	83
IX.5 Types de signalisations	83
IX.6 Application au notre projet.....	86
IX.7 Conclusion	87
CHAPITRE X: ETUDE DE DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	88
X.1 Devis estimatif	88
X.2 Devis quantitatif	88
X.3 Les éléments du devis estimatif et quantitatif	88
X.4 Calcul de coute du projet	88
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	90
CONCLUSION GENERAL	91
BIBLIOGRAPHIE	

LISTE DES TABLEAUX



Tableau I.1: Environnement de la route existante	6
Tableau I.2: Type de topographie	6
Tableau I.3: Sinuosité	6
Tableau I.4: Vitesse de référence	7
Tableau I.5: Valeur du coefficient f_t	7
Tableau I.6: Valeur du coefficient F''	8
Tableau I.7 : Valeurs de d_{max} et d_{min} en fonction de la catégorie.....	8
Tableau I.8: Coordonnées des sommets de l'axe de la route existante	8
Tableau I.9: Gisement, distance de la route existante	9
Tableau I.10: Les éléments des quatre raccordements	9
Tableau I.11: Dénivelée cumulée moyenne	10
Tableau I.12 : Classification de terrain dénivelée cumulée	13
Tableau I.13: les paramètres cinématiques	13
Tableau I.14: Rayons en plan.....	13
Tableau I.15: les rayons en plan selon B40.....	13
Tableau II.1 : Coordonnées des sommets de la variante 01.....	16
Tableau II.2: Les éléments des quatre raccordements.....	16
Tableau II.3: Gisement, distance de la variante	17
Tableau II.4: Dénivelée cumulée moyenne.....	17
Tableau II.5 : Classification de terrain dénivelée cumulée	21
Tableau II.6: Coordonnées des sommets de la variante 02.....	22
Tableau II.7: Les éléments des quatre raccordements	22
Tableau II.8: Gisement, distance de la variante 02.....	23
Tableau II.9: Dénivelée cumulée moyenne	24
Tableau II.10 : Classification de terrain dénivelée cumulée	27
Tableau II.11 : Déclivité maximale associée a la vitesse de référence.....	29

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.12 :Rayons convexes (C2, V _B)	30
Tableau II.13 :Rayons concaves (C2, V80)	31
Tableau III.1 : Coefficient d'équivalence	40
Tableau III.2 : Valeurs de K1.....	41
Tableau III.3 : Valeurs de K2.....	41
Tableau III.4 : Valeurs de capacité théorique.....	41
Tableau III.5 : Résultats de calcul de capacité.....	43
Tableau IV.1: Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40.....	44
Tableau IV.2 : Variation de la vitesse en fonction du temps	48
Tableau IV.3 : Variation de la vitesse en fonction du temps	49
Tableau IV.4: Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse	50
Tableau V.1: Portance de sol en fonction de l'indice de CBR.....	53
Tableau V.2: Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau	54
Tableau V.3: Epaisseur du corps de chaussée	55
Tableau VI.1: Cubature Variante 01.....	60
Tableau VI.2: Cubature Variante 02.....	63
Tableau VI.3 : Etude comparative des deux variantes.....	66
Tableau VII.1 : Eléments d'implantation du premier virage.....	69
Tableau VII.2 : Eléments d'implantation du deuxième virage	69
Tableau VII.3 : Eléments d'implantation du troisième virage.....	70
Tableau VII.4 : Eléments d'implantation du quatrième virage.....	70
Tableau VII.5 : Eléments d'implantation du cinquième virage.....	71
Tableau VII.6 : Eléments d'implantation du sixième virage.....	71
Tableau VII.7 : Eléments d'implantation du septième virage.....	72
Tableau VII.8 : Eléments d'implantation du huitième virage.....	72
Tableau VIII.1: Coefficient de ruissellement« C »	79
Tableau VIII.2: Variable de Gauss	80
Tableau VIII.3: Coefficient de rugosité Kst	81
Tableau VIII.3 : Etude comparative des deux variantes.....	81
Tableau X.1 : Devis quantitatif et estimatif du projet	90

LISTE DES FIGURES

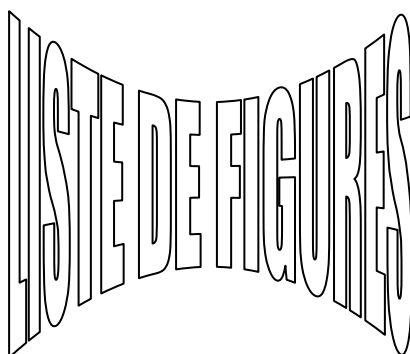


Figure I.1 : Présentation de la wilaya	2
Figure I.2 : Localisation du projet	3
Figure I.3 : Localisation du projet	4
Figure I.3.1: Gisement	5
Figure II.1: les éléments d'un tracé en plan.....	15
Figure II.2: profil en travers type en déblai	33
Figure II.3 : profil en travers type en remblai.....	33
Figure II.4 : profil en travers type mixte	33
Figure II.5: Les éléments du profil en travers	35
Figure II.6 : Epure de la lanne	35
Figure II.7: Mouvement des terres 37	
Figure IV.1: Distance d'arrêt et de freinage	45
Figure IV.2 : La distance de perception	46
Figure IV.3: L'espace entre deux véhicules.....	48
Figure IV.4: Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement.....	49
Figure V.1: Structure type d'une chaussée souple.....	52
Figure V.2: Structure type d'une chaussée rigide.....	52
Figure V.3: Corps de chaussée	55
Figure VI.1: Cubature "Cas de Déblai"	57
Figure VI.2: Cubature "Cas de Remblai"	58
Figure VI.3: les étapes de calcul de cubature sous COVADIS	59
Figure VII.1: Implantation d'arc de cercle par abscisses et ordonnées sur la tangente.....	67
Figure VII.2: Implantation de clothoïde.....	68
Figure VIII. 1: section transversale d'un ouvrage d'assainissement représente S m et P m ..	81
Figure VIII.2 : forme utilisé pour le fossé.....	82
Figure VIII.3 : les types de fossé 82	
Figure IX.1 : Flèche de signalisation.....	85

PRESENTATION GENERALE

I. PRESENTATION GENERALE

I.1 Introduction :

L'histoire de la route est intimement liée au niveau de développement technologique et de la croissance économique des nations et des civilisations.

La route romaine dont les traces sont encore apparentes à ce jour, témoigne de l'avancée industrielle de l'empire et de la place privilégiée accordée aux réseaux de communication.

La route n'est pas la seule infrastructure de transport, on trouve aussi d'autres moyens comme le chemin de fer, les voies aériennes et les voies maritimes, mais le transport routier est dominant, et même si les technologies de l'information se développent, les déplacements routiers liés tant à la vie quotidienne qu'au tourisme sont des réalités incontournables pour encore de nombreuses années.

La route joue un rôle moteur dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport et donc de production.

Notre projet intitulé « **ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM** » s'inscrit parfaitement dans cette stratégie de développement et de densification du réseau autoroutier d'Algérie et permet par la même de :

- Décongestionner le trafic sur la RN23
- Stimuler l'installation de nouvelles zones d'activités de commerce et d'industrie.
- Répondre aux besoins du trafic sans cesse croissant génère particulièrement par l'activité de Mostaganem.
- Prendre en charge les flux (trafic) futurs liés au développement naturel de la région tant sur le plan industriel que touristique.

I.2. PRESENTATION DU PROJET

I.2.1 Présentation de la wilaya : Mostaganem est la 27^{ème} wilaya dans l'administration territoriale Algérienne. Elle se trouve au Nord-Ouest de l'Algérie sur la méditerranée (Afrique du Nord), à 350 Kms à l'Ouest d'Alger (La capitale) et à 80 Kms à l'Est d'Oran (2^{ème} ville d'Algérie) et s'étend sur une superficie globale de 226.900 hectares soit 2269 km². La wilaya de Mostaganem compte plus de 800 000 habitants (statistiques de 2008) et se compose de 32 communes, réparties sur 10 Daïras. Les wilayas limitrophes de Mostaganem : A l'Est la Wilaya de Chlef, au Sud-est la Wilaya de Relizane, à l'Ouest la Wilaya d'Oran, au Sud-ouest la Wilaya de Mascara.

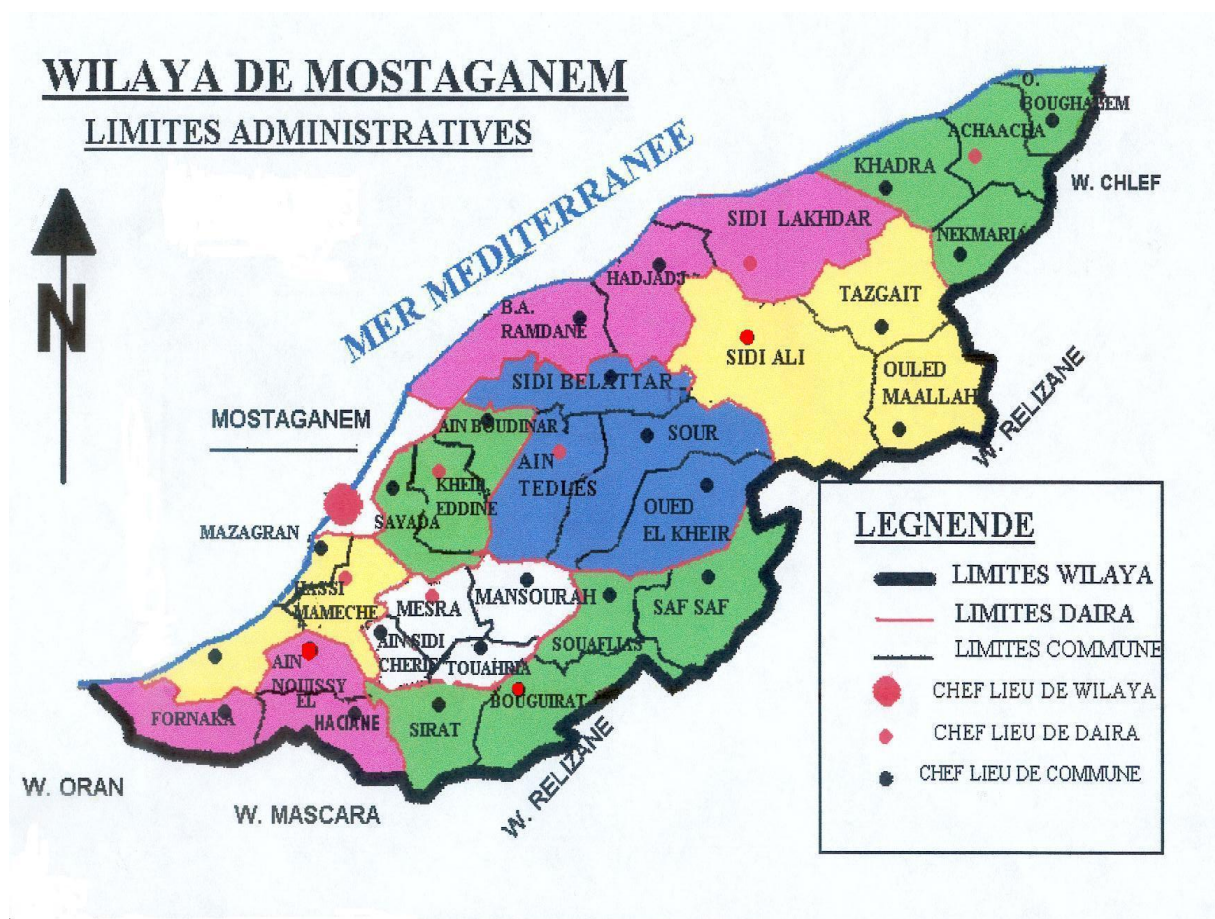


Figure I.1 : Présentation de la wilaya

I.2.2 Climat :

Mostaganem se caractérise par un climat semi-aride à hiver tempéré. La pluviométrie varie entre 350 mm et 400 mm annuellement.

I.2.3 Population :

Le recensement général de la population et de l'habitat de 2008 (RGPH 2008) a permis de recenser une population de 737.116 habitants au niveau de la Wilaya. Les estimations au 31/12/2012, font ressortir une population 794.732 habitants. Sa répartition par zone d'habitat est comme suit :

- Population agglomérations chefs-lieux : 363 445 soit 46 %.
- Population agglomérations secondaires : 107 893 soit 13 %.
- Populations éparses : 323 394 soit 41 %.

La densité de la population à l'échelle de la Wilaya, qui est en moyenne de 350 habitants/km²

I.3 Localisation : La figure I.2 illustre le projet sur image satellite googleEarth.



Figure I.2 : Localisation du projet sur image satellite Google Earth

Notre projet fait partie du réseau des routes nationales, c'est l'étude de la création d'une route de 2x2 voies (évitement de la commune de Mesra), ce projet est inscrit dans le cadre de la réalisation de l'étude de l'évitement de mesra à deux chaussées unidirectionnelles sur 4,100 km.



Figure I.3 : Localisation du début du projet

I.4 Objectif du projet :

Dans le cadre de la réalisation de l'étude de l'évitement de mesra à deux chaussées unidirectionnelles (2 x 2 voies) sur 4,100 km, ce projet répond à une demande de transport qui ne cesse d'augmenter, évite les drames se sont souvent produits aux usagers de passage dans cette agglomération, la facilité de la fluidité du trafic venant de la wilaya de Relizane.

- **La catégorie : Catégorie 2**
- **Le trafic :**
 - TMJA : 20000v/j**
 - Pourcentage de poids lourds : 30%**
 - Le taux d'accroissement : $\tau = 7\%$**
 - Durée d'étude et mise en service : 2 ans**
 - Durée de vie : 15 ans**
- **Profil en travers type : Dédoublement**
 - Accotement : 2 x 2.00m.**
 - Largeur de la route : 2 x 7m.**
 - TPC:2m.**
- **L'indice CBR: $I = 9$.**

CHAPITRE I

ETUDE DE LA ROUTE EXISTANT

CHAPITRE I : ETUDE DE LA ROUTE EXISTANTE

I.1 Introduction :

La route existante est composée de Neuf (09) virages successifs. Elle est d'une longueur d'environ 4210.03 m et d'une largeur de 7.00 m. Notre étude est axée sur les différentes étapes suivantes :

- Détermination des coordonnées définissant l'axe de la route.
- Détermination des rayons des parties circulaires.
- Mesure des longueurs des tangentes.
- Calcul du pourcentage d'alignement droit et courbe.
- L'environnement de la route .
 - ✓ Dénivelée cumulée
 - ✓ Sinuosité
- Vitesse de référence V_r .
- Calcul des rayons en plan R_{Hm} , R_{HN} , R_{Hd} et R_{Hnd} .
- Conclusion.

I.2 Détermination des coordonnées des sommets :

Dans cette partie on relèvera à partir du tracé en plan, les coordonnées planimétriques définissant l'axe de la route. Une fois les coordonnées relevées, on calcule les gisements g de toutes les directions définissant les alignements droits, on détermine ensuite les angles aux centres de chaque raccordement ainsi que les longueurs des tangentes.

I.3 Calcul de gisement de distance et des angles au centre :

I.3.1 Gisement : Le gisement d'une direction est l'angle compté positivement dans le sens topographique (des aiguilles d'une montre) compris entre l'axe des Y et la direction à titre d'exemple la détermination de la direction S_1S_2 s'effectue de la manière suivante :

$$G_{S_1S_2} = \arctg\left(\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right) = \arctg\left(\frac{X_{S_2} - X_{S_1}}{Y_{S_2} - Y_{S_1}}\right) \text{ I.1}$$

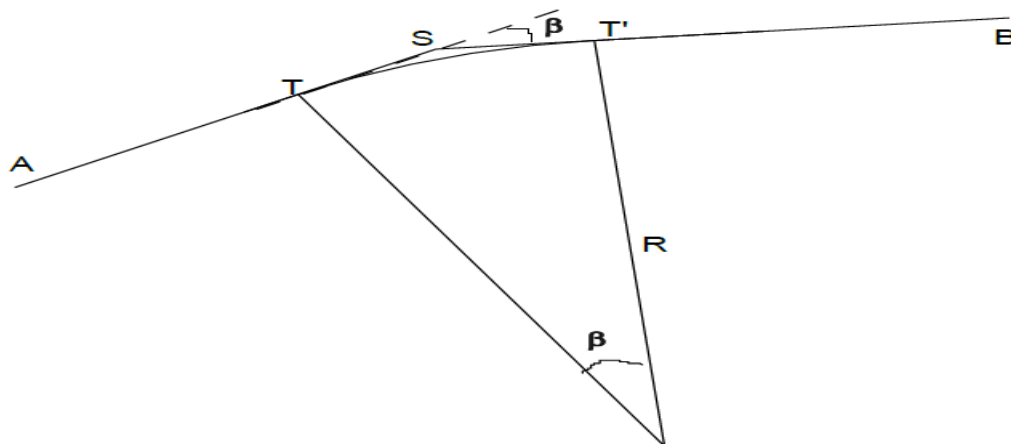


Figure I.3.1: Gisement

I.3.2 La distance S1S2 est donnée par la relation :

$$S_1S_2 = \sqrt{(X_{S2} - X_{S1})^2 + (Y_{S2} - Y_{S1})^2} \quad I.2$$

I.3.3 L'angle au centre : En se référant à la figure I.1, l'angle au centre β est donné par :

$$\beta = G_{SB} - G_{AS} \quad I.3$$

I.3.4 Détermination des éléments des Raccordements : Les Formules de calculs des éléments de raccordement circulaire :

a- **La tangente :** $ST = ST' = R * \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad I.4$

b- **La bissectrice :** $Biss = R * \frac{1}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)} - 1 \quad I.5$

c- **La développée :** $D = \frac{\pi * \beta^{deg} * R}{180} = \frac{\pi * \beta^{Grad} * R}{200} = R * \beta^{rad} \quad I.6$

d- **La flèche :** $F = R * \left(1 - \cos\left(\frac{1}{\beta}\right)\right) \quad I.7$

I.4 Environnement de la route : Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont :

- La dénivelée cumulée moyenne.
- La sinuosité.

Tableau I.1: Environnement de la route existante.

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

I.4.1 Dénivelée cumulée moyenne : La somme des dénivelées cumulées, le long de l'itinéraire existant, rapportée à la longueur de cet itinéraire, permet de mesurer la variation longitudinale du relief (selon le B40).

$$\frac{H}{L} = \frac{|\sum_{p_i > 0} P_i * L_i + \sum_{p_i < 0} P_i * L_i|}{L} \quad I.8$$

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

Tableau I.2: Type de topographie.

Numéro	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	Plat	$D_c \leq 1.5\%$
2	Terrain Vallonné	$1.5\% < D_c \leq 4\%$
3	Terrain montagneux	$D_c > 4\%$

I.4.2 Sinuosité : La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L_s sur la longueur totale de l'itinéraire. La longueur sinueuse L_s est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égal à 200. La sinuosité est donnée par l'expression suivante :

$$\sigma = \frac{L_s}{L_T} \quad I.9$$

Les valeurs seuils ci-dessous, déterminées par l'analyse de nombreux itinéraires en Algérie, permettent de caractériser trois domaines de sinuosité.

Tableau I.3: Sinuosité.

Numéro	Classification	Sinuosité
1	Sinuosité faible	$\sigma \leq 0.10$
2	Sinuosité moyenne	$0.10 < \sigma \leq 0.30$
3	Sinuosité forte	$\sigma > 0.30$

I.5 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..

Les trois types d'environnement résultent du croisement des deux paramètres précédents .
Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer la vitesse de référence :

Tableau I.4 : Vitesse de référence

Catégorie	Environnement		
	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

I.6 Courbes en plan :

I.6.1 Le rayon minimal absolu RHmin: C'est le plus petit rayon en plan admissible pour une courbe présentant un dévers maximal et parcourue par la vitesse de référence :

$$RHmin = \frac{V_r^2(Km/h)}{127(d_{max} + ft)} \quad I.10$$

Avec :

- Vr : vitesse de référence du véhicule.
- d_{max} : dévers maximal.
- ft : Coefficient de frottement transversal.

I.6.2 Le rayon minimal normal RHN : RHN est le rayon minimal absolu relatif à la vitesse de référence immédiatement supérieure. Il lui est associé un dévers égal à d_{max} = 2% pour les catégories 1-2-3 et 4. Ce dévers est réduit à 6% (= d_{max} - 3%) pour la catégorie 5.

$$RHN = \frac{(V_r + 20)^2}{127(ft + d)} \quad I.11$$

d = d_{max} - 0.02 pour cat.(1.2.3.4).

d = d_{max} - 0.03 pour cat. (5).

Tableau I.5 : Valeur du coefficient ft

Vr	40	60	80	100	120	140
Cat 1-2	0.22	0.16	0.13	0.11	0.1	0.1
Cat3-4-5	0.22	0.18	0.15	0.125	0.11	/

I.6.3 Le rayon au dévers minimal RHd: RHd est le rayon au deçà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'effet centrifuge résiduel soit équivalent à celui subi par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit (dévers : - d min %).

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 * 2 * d_{min}} \quad I.12$$

I.6.4 Le rayon non déversé RHnd: C'est le rayon tel que l'accélération centrifuge résiduelle que peut parcourir un véhicule roulant à la vitesse V = Vr et présente un dévers vers l'extérieur.

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127(f'' - d_{min})} \quad I.13$$

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

a- Le coefficient f'' en fonction de la catégorie :

Tableau I.6 : Valeur du coefficient f''

Catégorie	Cat.1	Cat.2	Cat.3	Cat.4	Cat.5
f''	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

b- Détermination des dévers d_{max} et d_{min}

Tableau I.7 : Valeurs de d_{max} et d_{min} en fonction de la catégorie

	Cat.1	Cat.2	Cat.3	Cat.4	Cat.5
d_{min}	-2.5 %	-2.5 %	-3 %	-3 %	-4 %
d_{max}	7 %	7 %	8 %	8 %	9 %

c-Le choix des rayons : Pour une route de catégorie donnée, Il n'y a aucun rayon inférieur au rayon minimal absolu RH_{min} . On utilisera, autant que possible des valeurs de rayons supérieures ou égales au rayon minimal normal RH_N .

d-Pourcentage Alignement Droit : Pendant longtemps le tracé rectiligne a été considéré comme le meilleur parce qu'il est le plus court, mais ce tracé représente des inconvénients dans les grands alignements, éblouissement, torpeur du conducteur, vitesse excessive, esthétique difficile. C'est pour cette raison qu'il est préférable de remplacer les longs alignements droits par des successions d'alignements courts ou par des courbes à grands rayons. Le facteur le plus important est le pourcentage des alignements droits d'une section de route. Il est recommandé de limiter ce pourcentage de 40 à 60 %.

I.7 Etude de la route existante : L'étude de la route existante consiste à relever l'état actuel.

I.7.1 Coordonnées des points des sommets de la route existante :

Tableau I.8: Coordonnées des sommets de l'axe de la route existante.

Sommet	X (m)	Y (m)
S1	244109,748	3968819,362
S2	243681,607	3968870,011
S3	243452,233	3969039,278
S4	242882,745	3969241,984
S5	242803,826	3970005,174
S6	243024,400	3970210,564
S7	243171,264	3970381,636
S8	243465,428	3970478,317
S9	243940,045	3970863,343
S10	243943,889	3971322,365
S11	244121,651	3971444,001

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

I.7.2 Calcul de gisements, d'angles au centre et de distances :

Tableau I.9: Gisement, distance de la route existante.

Direct	ΔX (m)	ΔY(m)	Gisements (gr)		Angle au centre(gr)		Distances(m)	
S1-S2	-428,141	50,649	G1-2	107,4964			S1-S2	431,126375
S2-S3	-229,375	169,267	G2-3	140,4729	β1	32,9765	S2-S3	285,068138
S3-S4	-569,488	202,707	G3-4	121,77	β2	18,7029	S3-S4	604,48829
S4-S5	-78,919	763,189	G4-5	193,4407	β3	71,6707	S4-S5	767,258843
S5-S6	220,575	205,391	G5-6	252,2675	β4	58,8268	S5-S6	301,394313
S6-S7	146,864	171,071	G6-7	245,1586	β5	7,1089	S6-S7	225,464776
S7-S8	294,164	96,681	G7-8	279,7807	β6	34,6221	S7-S8	309,644305
S8-S9	474,617	385,026	G8-9	256,5935	β7	23,1872	S8-S9	611,151943
S9-S10	3,843	459,022	G9-10	200,5283	β8	56,0652	S9-S10	459,037988
S10-S11	177,762	121,636	G10-11	261,7968	β9	61,2685	S10-S11	215,394245
							Σ	4210,02922

I.8 Détermination des rayons en plan : Le tracé de la route existante est composé de (09 virages). La valeur du rayon est déterminée par la relation suivante :

$$ST = ST' = R * tg\left(\frac{\beta}{2}\right) \Rightarrow R = \frac{ST}{tg\left(\frac{\beta}{2}\right)} \quad I.14$$

Les résultats des calculs sont illustrés dans le tableau I.10 suivant :

Tableau I.10: Les éléments des quatre raccordements.

Angle au centre (grades)	Rayon(m)	Tangente (m)	Développée (m)	La flèche(m)	Bissectrice (m)
32,9765	420 m	415,728196	217,447041	718,49898	-1010,95679
-18,7029	450 m	33,0568524	132,135989	898,790719	-901,212539
71,6707	350 m	1160,30336	393,830497	451,077428	-1561,9422
58,8268	280 m	607,748597	258,602613	397,164006	-949,147486
-7,1089	600 m	-262,81953	66,965838	1149,58687	-1255,03748
34,6221	350 m	-10835,3656	190,24844	338,700322	10491,0169
-23,1872	450 m	660,557852	163,817568	196,644634	349,272592
-56,0652	300 m	73,9665608	264,067092	591,27731	-608,983903
61,2685	400 m	-397,033724	384,76618	116,106613	163,591854

- **Les longueurs de tracé :** La longueur totale de tracé mesurée : Lt= 4210,03 m
- **La longueur totale des arcs de cercles calculée :** D= LC = 2071,88m
- **La longueur totale des alignements droits mesurée** LAD = Lt – LC = 4210,03 - 2071,88 m, d'où LAD = 2138, 15 m.
- **Pourcentage d'alignement droit et de courbe :**
 - ✓ La longueur totale des alignements droits : **LAD = 2138, 15m**
 - ✓ Pourcentage d'alignement droit : **% alignement Droit = 50,78%**
 - ✓ La longueur totale des arcs de cercles : **LC = 2071,88m**
 - ✓ Pourcentage courbe : **% Courbe = 49,22%**
 - ✓ **40% > LAD = 50,78% < 60%**
 - ✓ **20% > LC = 49,22 % < 60%**

Ce qui implique que les conditions sont vérifiées

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

I.9 Environnement de la route :

I.9.1 Dénivelée cumulée moyenne :

$$DCM = \frac{\sum_{p_i > 0} P_i * L_i + \sum_{p_i < 0} P_i * L_i}{L} \quad I.15$$

Tableau I.11: Dénivelée cumulée moyenne

N° du Profil	Distance (m)		Z TN (m)	Dénivelée (m)	Déc%
	Cumulée	Partielle			
1	0,00	0,00	0,00		0,00
2	25,00	25,00	25,00	-0,604	25,00
3	50,00	25,00	50,00	-1,1	25,00
4	75,00	25,00	75,00	-0,285	25,00
5	100,00	25,00	100,00	-0,76	25,00
6	125,00	25,00	125,00	-0,578	25,00
7	150,00	25,00	0,00	-0,708	0,00
8	175,00	25,00	78,836	-0,679	-2,716
9	200,00	25,00	78,25	-0,586	-2,344
10	225,00	25,00	77,71	-0,54	-2,160
11	250,00	25,00	77,053	-0,657	-2,628
12	275,00	25,00	76,143	-0,91	-3,640
13	300,00	25,00	75,452	-0,691	-2,764
14	325,00	25,00	74,926	-0,526	-2,104
15	350,00	25,00	74,531	-0,395	-1,580
16	375,00	25,00	74,472	-0,059	-0,236
17	400,00	25,00	73,346	-1,126	-4,504
18	425,00	25,00	73,107	-0,239	-0,956
19	431,13	6,13	73,048	-0,059	-0,963
20	450,00	18,87	72,976	-0,072	-0,381
21	475,00	25,00	72,848	-0,128	-0,512
22	500,00	25,00	72,943	0,095	0,380
23	525,00	25,00	71,865	-1,078	-4,312
24	550,00	25,00	72,128	0,263	1,052
25	575,00	25,00	72,398	0,27	1,080
26	600,00	25,00	72,668	0,27	1,080
27	625,00	25,00	72,412	-0,256	-1,024
28	650,00	25,00	72,693	0,281	1,124
29	675,00	25,00	72,622	-0,071	-0,284
30	700,00	25,00	72,609	-0,013	-0,052
31	716,20	16,20	72,576	-0,033	-0,204
32	725,00	8,81	72,534	-0,042	-0,477
33	750,00	25,00	72,486	-0,048	-0,192
34	775,00	25,00	72,471	-0,015	-0,060
35	800,00	25,00	72,475	0,004	0,016
36	825,00	25,00	72,611	0,136	0,544
37	850,00	25,00	72,477	-0,134	-0,536
38	875,00	25,00	72,45	-0,027	-0,108
39	900,00	25,00	72,149	-0,301	-1,204
40	925,00	25,00	72,335	0,186	0,744
41	950,00	25,00	72,013	-0,322	-1,288
42	975,00	25,00	72,465	0,452	1,808
43	1000,00	25,00	72,44	-0,025	-0,100
44	1025,00	25,00	72,429	-0,011	-0,044
45	1050,00	25,00	72,426	-0,003	-0,012
46	1075,00	25,00	72,431	0,005	0,020
47	1100,00	25,00	72,345	-0,086	-0,344
48	1125,00	25,00	72,175	-0,17	-0,680
49	1150,00	25,00	71,963	-0,212	-0,848
50	1175,00	25,00	72,718	0,755	3,020
51	1200,00	25,00	70,612	-2,106	-8,424
52	1225,00	25,00	71,162	0,55	2,200
53	1250,00	25,00	71,31	0,148	0,592
54	1275,00	25,00	70,151	-1,159	-4,636
55	1300,00	25,00	69,52	-0,631	-2,524
56	1320,68	20,68	70,568	1,048	5,067
57	1325,00	4,32	70,536	-0,032	-0,741
58	1350,00	25,00	70,434	-0,102	-0,408
59	1375,00	25,00	71,424	0,99	3,960
60	1400,00	25,00	72,298	0,874	3,496

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

61	1425,00	25,00	73,418	1,12	4,480
62	1450,00	25,00	74,332	0,914	3,656
63	1475,00	25,00	74,633	0,301	1,204
64	1500,00	25,00	75,587	0,954	3,816
65	1525,00	25,00	76,243	0,656	2,624
66	1550,00	25,00	77,121	0,878	3,512
67	1575,00	25,00	77,915	0,794	3,176
68	1600,00	25,00	79,098	1,183	4,732
69	1625,00	25,00	79,236	0,138	0,552
70	1650,00	25,00	79,953	0,717	2,868
71	1675,00	25,00	80,61	0,657	2,628
72	1700,00	25,00	81,6	0,99	3,960
73	1725,00	25,00	83,03	1,43	5,720
74	1750,00	25,00	83,714	0,684	2,736
75	1775,00	25,00	85,261	1,547	6,188
76	1800,00	25,00	86,09	0,829	3,316
77	1825,00	25,00	87,859	1,769	7,076
78	1850,00	25,00	88,96	1,101	4,404
79	1875,00	25,00	88,364	-0,596	-2,384
80	1900,00	25,00	90,674	2,31	9,240
81	1925,00	25,00	92,645	1,971	7,884
82	1950,00	25,00	93,102	0,457	1,828
83	1975,00	25,00	93,531	0,429	1,716
84	2000,00	25,00	96,248	2,717	10,868
85	2025,00	25,00	97,344	1,096	4,384
86	2050,00	25,00	97,842	0,498	1,992
87	2075,00	25,00	98,969	1,127	4,508
88	2087,94	12,94	100,618	1,649	12,741
89	2100,00	12,06	100,985	0,367	3,044
90	2125,00	25,00	101,339	0,354	1,416
91	2150,00	25,00	101,681	0,342	1,368
92	2175,00	25,00	102,11	0,429	1,716
93	2200,00	25,00	102,109	-0,001	-0,004
94	2225,00	25,00	104,3	2,191	8,764
95	2250,00	25,00	106,258	1,958	7,832
96	2275,00	25,00	107,3	1,042	4,168
97	2300,00	25,00	108,768	1,468	5,872
98	2.35.00	25,00	110,418	1,65	6,600
99	2350,00	25,00	112,077	1,659	6,636
100	2375,00	25,00	113,596	1,519	6,076
101	2389,34	14,34	114,467	0,871	6,076
102	2400,00	10,66	114,603	0,136	1,275
103	2425,00	25,00	115,598	0,995	3,980
104	2450,00	25,00	116,823	1,225	4,900
105	2475,00	25,00	118,491	1,668	6,672
106	2500,00	25,00	119,866	1,375	5,500
107	2525,00	25,00	121,24	1,374	5,496
108	2550,00	25,00	122,551	1,311	5,244
109	2575,00	25,00	123,806	1,255	5,020
110	2600,00	25,00	125,213	1,407	5,628
111	2614,80	14,80	126,369	1,156	7,810
112	2625,00	10,20	126,733	0,364	3,569
113	2650,00	25,00	127,611	0,878	3,512
114	2675,00	25,00	129,236	1,625	6,500
115	2700,00	25,00	130,468	1,232	4,928
116	2725,00	25,00	131,863	1,395	5,580
117	2750,00	25,00	133,205	1,342	5,368
118	2775,00	25,00	134,066	0,861	3,444
119	2800,00	25,00	135,907	1,841	7,364
120	2825,00	25,00	137,361	1,454	5,816
121	2850,00	25,00	138,831	1,47	5,880
122	2875,00	25,00	140,31	1,479	5,916
123	2900,00	25,00	141,281	0,971	3,884
124	2924,45	24,45	143,668	2,387	9,765
125	2925,00	0,56	143,655	-0,013	-2,342
126	2950,00	25,00	143,187	-0,468	-1,872
127	2975,00	25,00	143,961	0,774	3,096
128	3000,00	25,00	144,753	0,792	3,168

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

129	3025,00	25,00	145,001	0,248	0,992
130	3050,00	25,00	145,701	0,7	2,800
132	3075,00	25,00	146,316	0,615	2,460
133	3100,00	25,00	146,948	0,632	2,528
134	3125,00	25,00	147,722	0,774	3,096
135	3150,00	25,00	148,743	1,021	4,084
136	3175,00	25,00	149,932	1,189	4,756
137	3200,00	25,00	151,202	1,27	5,080
138	3225,00	25,00	152,504	1,302	5,208
139	3250,00	25,00	153,726	1,222	4,888
140	3275,00	25,00	154,901	1,175	4,700
141	3300,00	25,00	158,036	3,135	12,540
142	3325,00	25,00	158,165	0,129	0,516
143	3350,00	25,00	158,294	0,129	0,516
144	3375,00	25,00	158,721	0,427	1,708
145	3400,00	25,00	159,816	1,095	4,380
145	3425,00	25,00	160,498	0,682	2,728
146	3450,00	25,00	160,851	0,353	1,412
147	3475,00	25,00	161,447	0,596	2,384
148	3500,00	25,00	162,167	0,72	2,880
149	3525,00	25,00	162,155	-0,012	-0,048
150	3535,60	10,60	162,415	0,26	2,454
151	3250,00	25,00	153,726	1,222	4,888
152	3275,00	25,00	154,901	1,175	4,700
153	3300,00	25,00	158,036	3,135	12,540
154	3625,00	25,00	164,761	0,677	4,004
155	3650,00	25,00	165,438	0,761	2,708
156	3675,00	25,00	166,199	1,022	3,044
157	3700,00	25,00	167,221	1,39	4,088
158	3725,00	25,00	168,611	1,669	5,560
159	3750,00	25,00	170,28	1,328	6,676
160	3775,00	25,00	171,608	1,396	5,312
161	3800,00	25,00	173,004	0,144	5,584
162	3825,00	25,00	173,148	0,451	0,576
163	3850,00	25,00	173,599	1,036	1,804
164	3875,00	25,00	174,635	-1,36	4,144
165	3900,00	25,00	173,275	2,008	-5,440
166	3925,00	25,00	175,283	0,51	8,032
167	3950,00	25,00	175,793	0,938	2,040
168	3975,00	25,00	176,731	0,46	3,752
169	3994,64	19,64	177,191	0,72	2,343
170	4000,00	05,37	177,911	2,841	13,420
172	4025,00	25,00	180,752	1,481	11,364
173	4050,00	25,00	182,233	2,179	5,924
174	4075,00	25,00	184,412	-1,832	8,716
175	4100,00	25,00	182,58	-0,55	-7,328
176	176	4150,00	25,00	181,659	0,195
177	177	4175,00	25,00	181,854	0,57
178	178	4200,00	25,00	182,424	-0,018
179	179	4210,03	10,03	182,406	0,677
Somme	4210,03		Somme	98,856	
			H/L	2,348	

$$DCM = \frac{98,856}{4210,03} = 2,35 \% \Rightarrow 1,5\% < DCM < 4\%$$

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

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

Tableau I.12 : Classification des terrains selon la dénivelée cumulée

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
01	Plat	$D_{cm} \leq 1.5\%$
02	Terrain Vallonné	$1.5\% < D_{cm} \leq 4\%$
03	Terrain montagneux	$D_{cm} > 4\%$

Puisque la dénivelée moyenne cumulée est : $D_c = 1.5\% < 2,35\% < 4\%$ ce donne :
donc **Le terrain est Vallonné.**

I.9.2 Sinuosité : on évitera de prendre des rayons inférieure ou égale à 200 m du moment que la topographie le permet. L'expression de la sinuosité est donnée par la formule suivante :

$$\sigma = \frac{L_s}{L_T} \quad \text{I.16}$$

Avec :

L_s : la somme des développées des rayons inférieurs ou égales à 200 m.

L_T : la longueur totale de la route.

$L_s = 0 \text{ m} ; L_T = 4210,03 \text{ m} \Rightarrow \sigma = \frac{0}{4210,03} = 0 \Rightarrow \sigma < 0$ d'où la sinuosité de notre projet est : **Faible**

Dans notre cas nous avons : Le terrain vallonné et de sinuosité faible ce qui classe la route existante dans un environnement **E2** en se référant au tableau I.1.

I.9.3 Vitesse de référence :

Vitesse de référence $V_r = 80 \text{ km/h}$ (d'après le tableau I.4).

I.9.4 Détermination des dévers d_{max} et d_{min}

Tableau I.13 : Paramètres (d_{max} , d_{min} , f_t , d et f'')

d_{max}	7 %
d_{min}	-2.50 %
f_t	0.13
d	0.045
f''	0.06

Le calcul des rayons en plan nous donne les résultats suivants :

Tableau I.14: Rayons en plan.

Catégorie	RHmin	RHN	RHd	RHnd
2	251.96 m	450 m	1007.87m	1439.82m

En comparant les résultats du tableau I.14, ci-dessus avec celles du B40 on aura :

Tableau I.15 : Les rayons en plan selon le B40

RHmin	RHN	RHd	RHnd
250 m	450 m	1000 m	1400 m

CHAPITRE I I

ETUDE DE GEOMETRIQUE

CHAPITRE II : ETUDE GEOMETRIQUE

II.1 TRACE EN PLAN :

II.1.1 Introduction :

L'approche d'étude de dédoublement est différente des études en site vierge et différente également des études de renforcement et réhabilitation pour cela l'approche suivante a été adoptée :

- L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à R_{Hnd} est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.
- Elargir autant que possible d'un seul côté.

Cette démarche permet de réduire les coûts de projet, sauvegarder et préserver la chaussée existante, aussi pour l'assainissement, elle permet d'exécuter les travaux sans porter de gêne aux usagers (maintien de la circulation).

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent d'une part à assurer des conditions de confort relativement homogènes le long d'un axe routier, et adaptées à chaque catégorie de route, en fixant notamment des caractéristiques minimales.

Elles visent d'autre part à garantir de bonnes conditions de sécurité, au moyen notamment de principes d'enchaînement des différents éléments du tracé et de principes relatifs à la visibilité.

II.1.2 Définition du tracé en plan :

Le tracé en plan est une projection de la route sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée, il est constitué d'une succession de droites, raccordés par des arcs de cercle. Il doit permettre d'assurer les bonnes conditions de sécurité et de confort.

L'inconfort de l'utilisateur est d'autant plus important que le rayon des courbes est plus faible, que l'on suppose la courbe parcourue à la vitesse maximale réglementaire ou à la vitesse effectivement adoptée par les usagers (plus faible pour les petits rayons). Cela conduit, en fonction de la catégorie de route, à fixer des rayons minimaux. Cependant l'utilisation fréquente ou systématique de grands rayons de courbure peut se révéler néfaste en aboutissant à une limitation des possibilités de dépassement sûr, et en encourageant les usagers à pratiquer une vitesse continûment élevée.

D'autre part, dans certaines conditions (liées notamment au tracé situé en amont), les courbes de faible rayon peuvent créer des problèmes de sécurité, ce qui conduit à ne les utiliser qu'en respectant certaines contraintes relatives à l'enchaînement des éléments du tracé en plan.

II.1.3 Règles à respecter dans le 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.

- 1) L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- 2) Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- 3) Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- 4) Eviter au maximum les propriétés privées.
- 5) Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- 6) Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé.

II.1.3.1 Pour les routes neuves :

Il convient en outre, pour les projets de routes neuves :

1. d'éviter les tracés en succession de grandes courbes (tracés de type autoroutier).
2. de recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50% du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et de zones de visibilité de dépassement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversé).
3. d'éviter, en extrémité d'alignements droits importants (plus de 1km) et quelle que soit la catégorie, les courbes de rayon inférieur à 300 m, de même qu'en bas de longues descentes rapides, en extrémité d'alignements plus courts (0,5 à 1km) éviter les courbes de rayon inférieur à 200 m.
4. de respecter, lorsque deux courbes se succèdent (même séparées par un alignement droit, quel que soit sa longueur) la condition suivante concernant leurs rayons R1 et R2, $0,67 < R1/R2 < 1,5$, sauf si R1 et R2 sont supérieurs à 500 m.
5. d'exclure les courbes en ove, en C, et à sommet.

II.1.3.2 Pour l'aménagement des routes existantes :

Sous certaines conditions, des valeurs inférieures aux valeurs minimales peuvent être adoptées (2). Les recommandations 1 et 2 sont généralement sans objet mais les recommandations 3, 4 et 5, qui concernent directement la sécurité, sont à prendre en considération. Elles doivent être appréciées en tenant compte des résultats du diagnostic de sécurité (analyse des accidents notamment).

II.1.4 Les éléments de tracé en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous :

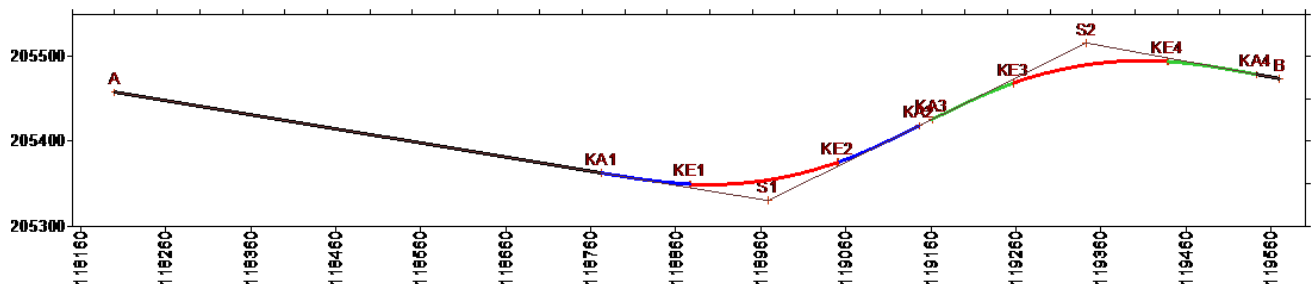


Figure II.1: les éléments d'un tracé en plan

II.1.4.1 Les alignements :

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

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

a-Longueur minimum:

$$L_{min} = t * V_r \quad \text{II.1}$$

Avec :

- V_r en (m/s),
- $t = 3$ sec vitesse faible,
- $t = 5$ sec vitesse forte.

b-Longueur maximum :

$$L_{max} = 60 * V_r \quad \text{II.2}$$

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

c-Règles pour l'utilisation des rayons en plan

Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant des valeurs de rayon supérieur ou égale à RHN que possible.

II.1.5 Etude de la variante 01 :

II.1.5.1 Coordonnées des points de sommet de la variante 01 :

Tableau II.1 : Coordonnées des sommets de la variante 01

Sommet	X (m)	Y (m)
S1	244110,4297	3968825,1130
S2	243683,8126	3968875,5817
S3	243454,9832	3969044,4461
S4	242888,1311	3969246,2146
S5	242809,8844	3970002,9004
S6	243028,5851	3970206,5464
S7	243174,6078	3970376,6380
S8	243468,2501	3970473,1478
S9	243945,8150	3970860,5648
S10	243949,6556	3971319,2927
S11	244124,9224	3971439,2212

II.1.5.2 Détermination des éléments des Raccordements :

II.1.5.2.1 Formules de calculs des éléments de raccordement circulaire :

a- Tangente : $ST = ST' = R * \tan\left(\frac{\beta}{2}\right)$ II.3

b- La bissectrice : $Biss = R * \frac{R}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)}$ II.4

c- La développée : $D = \frac{\pi * \beta^{deg} * R}{180} = \frac{\pi * \beta^{grad} * R}{200} = R * \beta^{rad}$ II.5

d- La flèche : $F = R * \left(1 - \cos\left(\frac{\beta}{2}\right)\right)$ II.6

Les résultats des calculs sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau II.2: Les éléments des quatre raccordements.

Angle au centre (gr)	Rayon(m)	tangente (m)	Développée (m)	La flèche (m)	Bissectrice (m)
32,9765	420 m	415,728196	217,447041	718,49898	-1010,95679
-18,7029	450 m	33,0568524	132,135989	898,790719	-901,212539
39,205	350 m	327,988767	215,431475	94,612384	129,663039
91,2925	280 m	-2996,99433	401,32183	306,046116	-3290,04569
-7,1089	600 m	-262,81953	66,965838	1149,58687	-1255,03748
34,6259	350 m	-10232,8008	190,269321	338,035689	9888,78475
-23,1759	450 m	668,645968	163,737734	198,749913	355,96987
-56,0757	300 m	72,2979619	264,116547	591,650328	-608,588715
61,2639	400 m	-398,864312	384,737292	116,755476	164,882943

e -Les longueurs de tracé :

- La longueur totale du tracé mesuré : **Lt = 4194,56 m**
- La longueur totale des arcs de cercles calculés : **ΣD=LC = 2036,19 m**
- La longueur totale des alignements droits mesurée : **LAD = Lt – LC = 4194,56 - 2036,19**
LAD = 2158, 37 m

f-Pourcentage d'alignement droit et de courbe :

- La longueur totale des alignements droits : **LAD = 2158, 37 m**
- Pourcentage d'alignement droit : **% alignement Droit = 51,46%**
- La longueur totale des arcs de cercles : **LC = 2036,19 m**

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

- Pourcentage courbe : % Courbe = 48,54%
- 40% > LAD = 51,46% < 60%
- 20% > LC = 48,54 % < 60%

Conditions vérifiéesv

II.1.5.3 Calcul de gisements, d'angles au centre et de distances :

Tableau II.3: Gisement, distance de la variante 01.

Direct	ΔX (m)	ΔY(m)	Gisements (gr)		Angle au centre(gr)		Distances(m)	
S1-S2	-426,617	50,469	G1-2	107,4964			S1-S2	429,591946
S2-S3	-228,829	168,864	G2-3	140,4729	β1	32,9765	S2-S3	284,390717
S3-S4	-566,852	201,769	G3-4	121,7700	β2	-18,7029	S3-S4	601,69081
S4-S5	-78,247	756,686	G4-5	160,975	β3	39,205	S4-S5	760,720675
S5-S6	218,701	203,646	G5-6	252,2675	β4	91,2925	S5-S6	298,833883
S6-S7	146,023	170,092	G6-7	245,1586	β5	-7,1089	S6-S7	224,173552
S7-S8	293,642	96,510	G7-8	279,7845	β6	34,6259	S7-S8	309,09536
S8-S9	477,565	387,417	G8-9	256,6086	β7	-23,1759	S8-S9	614,947287
S9-S10	3,841	458,728	G9-10	200,5329	β8	-56,0757	S9-S10	458,743977
S10-S11	175,267	119,928	G10-11	261,7968	β9	61,2639	S10-S11	212,370658
							Σ	4194,55886

II.1.5.4 Environnement de la route :

II.1.5.4.1 Dénivelée cumulée moyenne :

Tableau II.4: Dénivelée cumulée moyenne.

N° du Profil	Distance (m)		ZTN (m)	Dni (m)	Déc %
	Cumulée	Partielle			
1	0,00	0	83,335		
2	25,00	25	82,531	-0,804	-3,22
3	50,00	25	81,829	-0,702	-2,81
4	75,00	25	81,533	-0,296	-1,18
5	100,00	25	80,83	-0,703	-2,81
6	125,00	25	80,272	-0,558	-2,23
7	150,00	25	79,554	-0,718	-2,87
8	175,00	25	78,916	-0,638	-2,55
9	200,00	25	78,131	-0,785	-3,14
10	225,00	25	77,712	-0,419	-1,68
11	250,00	25	76,746	-0,966	-3,86
12	275,00	25	76,226	-0,52	-2,08
13	300,00	25	75,425	-0,801	-3,20
14	325,00	25	74,751	-0,674	-2,70
15	350,00	25	74,659	-0,092	-0,37
16	375,00	25	73,875	-0,784	-3,14
17	400,00	25	73,324	-0,551	-2,20
18	425,00	25	73,159	-0,165	-0,66
19	450,00	25	73,038	-0,121	-0,48
20	475,00	25	72,556	-0,482	-1,93
21	500,00	25	72,215	-0,341	-1,36

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

22	525,00	25	71,99	-0,225	-0,90
23	550,00	25	72,26	0,27	1,08
24	575,00	25	72,497	0,237	0,95
25	600,00	25	72,401	-0,096	-0,38
26	625,00	25	72,692	0,291	1,16
27	650,00	25	72,753	0,061	0,24
28	675,00	25	72,626	-0,127	-0,51
29	700,00	25	72,605	-0,021	-0,08
30	725,00	25	72,666	0,061	0,24
31	750,00	25	72,573	-0,093	-0,37
32	775,00	25	72,543	-0,03	-0,12
33	800,00	25	72,416	-0,127	-0,51
34	825,00	25	72,589	0,173	0,69
35	850,00	25	72,55	-0,039	-0,16
36	875,00	25	72,39	-0,16	-0,64
37	900,00	25	72,046	-0,344	-1,38
38	925,00	25	72,288	0,242	0,97
39	950,00	25	71,86	-0,428	-1,71
40	975,00	25	72,344	0,484	1,94
41	1000,00	25	72,102	-0,242	-0,97
42	1025,00	25	72,194	0,092	0,37
43	1050,00	25	72,094	-0,1	-0,40
44	1075,00	25	72,165	0,071	0,28
45	1100,00	25	72,063	-0,102	-0,41
46	1125,00	25	72,171	0,108	0,43
47	1150,00	25	71,522	-0,649	-2,60
48	1175,00	25	72,394	0,872	3,49
49	1200,00	25	71,089	-1,305	-5,22
50	1225,00	25	71,804	0,715	2,86
51	1250,00	25	71,644	-0,16	-0,64
52	1275,00	25	70,246	-1,398	-5,59
53	1300,00	25	69,401	-0,845	-3,38
54	1325,00	25	70,126	0,725	2,90
55	1350,00	25	70,823	0,697	2,79
56	1375,00	25	72,058	1,235	4,94
57	1400,00	25	72,974	0,916	3,66
58	1425,00	25	73,888	0,914	3,66
59	1450,00	25	74,395	0,507	2,03
60	1475,00	25	74,927	0,532	2,13
61	1500,00	25	75,577	0,65	2,60
62	1525,00	25	76,336	0,759	3,04
63	1550,00	25	77,338	1,002	4,01
64	1575,00	25	78,067	0,729	2,92
65	1600,00	25	79,215	1,148	4,59
66	1625,00	25	79,46	0,245	0,98
67	1650,00	25	80,216	0,756	3,02
68	1675,00	25	80,989	0,773	3,09
69	1700,00	25	82,12	1,131	4,52
70	1725,00	25	83,067	0,947	3,79
71	1750,00	25	84,469	1,402	5,61
72	1775,00	25	85,021	0,552	2,21
73	1800,00	25	86,553	1,532	6,13
74	1825,00	25	87,907	1,354	5,42
75	1850,00	25	87,643	-0,264	-1,06
76	1875,00	25	89,288	1,645	6,58
77	1900,00	25	91,583	2,295	9,18

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

78	1925,00	25	92,715	1,132	4,53
79	1950,00	25	93,309	0,594	2,38
80	1975,00	25	93,752	0,443	1,77
81	2000,00	25	96,33	2,578	10,31
82	2025,00	25	97,35	1,02	4,08
83	2050,00	25	95,12	-2,23	-8,92
84	2075,00	25	99,542	4,422	17,69
85	2100,00	25	100,525	0,983	3,93
86	2125,00	25	101,004	0,479	1,92
87	2150,00	25	101,36	0,356	1,42
88	2175,00	25	102,473	1,113	4,45
89	2200,00	25	101,623	-0,85	-3,40
90	2225,00	25	104,061	2,438	9,75
91	2250,00	25	106,54	2,479	9,92
92	2275,00	25	108,118	1,578	6,31
93	2300,00	25	109,317	1,199	4,80
94	2325,00	25	111,047	1,73	6,92
95	2350,00	25	112,66	1,613	6,45
96	2375,00	25	114,179	1,519	6,08
97	2400,00	25	114,735	0,556	2,22
98	2425,00	25	116,498	1,763	7,05
99	2450,00	25	117,904	1,406	5,62
100	2475,00	25	118,941	1,037	4,15
101	2500,00	25	120,318	1,377	5,51
102	2525,00	25	121,442	1,124	4,50
103	2550,00	25	122,84	1,398	5,59
104	2575,00	25	124,429	1,589	6,36
105	2600,00	25	125,905	1,476	5,90
106	2625,00	25	127,298	1,393	5,57
107	2650,00	25	128,497	1,199	4,80
108	2675,00	25	129,691	1,194	4,78
109	2700,00	25	131,408	1,717	6,87
110	2725,00	25	132,362	0,954	3,82
111	2750,00	25	133,905	1,543	6,17
112	2775,00	25	135,569	1,664	6,66
113	2800,00	25	136,977	1,408	5,63
114	2825,00	25	139,383	2,406	9,62
115	2850,00	25	140,862	1,479	5,92
116	2875,00	25	141,895	1,033	4,13
117	2900,00	25	144,387	2,492	9,97
118	2925,00	25	144,605	0,218	0,87
119	2950,00	25	144,735	0,13	0,52
120	2975,00	25	144,703	-0,032	-0,13
121	3000,00	25	145,613	0,91	3,64
122	3025,00	25	145,364	-0,249	-1,00
123	3050,00	25	145,962	0,598	2,39
124	3075,00	25	146,435	0,473	1,89

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

125	3100,00	25	147,246	0,811	3,24
126	3125,00	25	148,011	0,765	3,06
127	3150,00	25	149,141	1,13	4,52
128	3175,00	25	150,172	1,031	4,12
129	3200,00	25	151,832	1,66	6,64
130	3225,00	25	153,077	1,245	4,98
131	3250,00	25	154,025	0,948	3,79
132	3275,00	25	158,534	4,509	18,04
133	3300,00	25	158,663	0,129	0,52
134	3325,00	25	158,577	-0,086	-0,34
135	3350,00	25	158,184	-0,393	-1,57
136	3375,00	25	159,286	1,102	4,41
137	3400,00	25	160,233	0,947	3,79
138	3425,00	25	160,891	0,658	2,63
139	3450,00	25	161,145	0,254	1,02
140	3475,00	25	162,626	1,481	5,92
141	3500,00	25	162,391	-0,235	-0,94
142	3525,00	25	162,568	0,177	0,71
143	3550,00	25	163,059	0,491	1,96
144	3575,00	25	163,809	0,75	3,00
145	3600,00	25	164,786	0,977	3,91
146	3625,00	25	164,942	0,156	0,62
147	3650,00	25	165,664	0,722	2,89
148	3675,00	25	166,686	1,022	4,09
149	3700,00	25	167,696	1,01	4,04
150	3725,00	25	169,657	1,961	7,84
151	3750,00	25	170,851	1,194	4,78
152	3775,00	25	172,246	1,395	5,58
153	3800,00	25	173,642	1,396	5,58
154	3825,00	25	173,495	-0,147	-0,59
155	3850,00	25	174,525	1,03	4,12
156	3875,00	25	173,626	-0,899	-3,60
157	3900,00	25	175,79	2,164	8,66
158	3925,00	25	175,923	0,133	0,53
159	3950,00	25	176,542	0,619	2,48
160	3975,00	25	177,804	1,262	5,05
161	4000,00	25	179,933	2,129	8,52
162	4025,00	25	181,263	1,33	5,32
163	4050,00	25	183,173	1,91	7,64
164	4075,00	25	181,997	-1,176	-4,70
165	4100,00	25	180,957	-1,04	-4,16
166	4125,00	25	181,291	0,334	1,34
167	4150,00	25	181,485	0,194	0,78
168	4175,00	25	181,955	0,47	1,88
169	4194,559	19,559	182,365	0,41	2,10
Somme	4194,60		Somme	99,03	
			H/L	2,36%	

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

$$D_c = \frac{99,03}{4194,60} = 2,36 \% > 1,5 \%$$

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

Tableau II.5 : Classification de terrain dénivelée cumulée

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
01	Plat	$D_c \leq 1,5\%$
02	Terrain Vallonné	$1,5\% < D_c \leq 4\%$
03	Terrain montagneux	$D_c > 4\%$

$D_c = 1,5\% < 2,36\% < 4\%$

Donc : Le terrain est : Vallonné

II.1.5.4.2 Sinuosité : on évitera de prendre des rayons inférieure ou égale à 200 m du moment que la topographie le permet.

$$\sigma = \frac{L_s}{L_T} \quad \text{II.7}$$

Avec :

L_s : la somme des développées des rayons inférieure ou égale à 200 m

L : la longueur total de la route

$L_s = 0 \text{ m} ; L_T = 4194,60 \text{ m}$

$$\sigma = \frac{0}{4194,60} = 0$$

$$\sigma = 0$$

$\sigma \leq 0,10$

Alors la sinuosité de notre projet : **Faible**

Dans notre cas nous avons :

Terrain est: **vallonné**

Sinuosité : **Sinuosité Faible**

L'environnement de la route existante est :

E2 (d'après le tableau I.1 page 6)

II.1.5.4.3 Vitesse de référence :

Vitesse de référence **V_r = 80 km/h** (d'après le tableau I.4 page 7)

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

II.1.6 Etude de la variante 02 :

II.1.6.1 Coordonnées des points de sommet de la variante 02 :

Tableau II.6 : Coordonnées des sommets de la variante 02

Sommet	X (m)	Y (m)
S1	244110,4297	3968825,1130
S2	243659,7738	3968878,9262
S3	243449,4847	3969034,1089
S4	242887,3475	3969253,7923
S5	242808,8172	3970017,7331
S6	243167,9233	3970386,6330
S7	243496,2765	3970494,2359
S8	243945,8150	3970860,5648
S9	243949,6556	3971319,2927
S10	244124,9224	3971439,2212

II.1.6.2 Détermination des éléments des Raccordements :

II.1.6. 2.1 Formules de calculs des éléments de raccordement circulaire :

a- Tangente : $ST = ST' = R * \tan\left(\frac{\beta}{2}\right)$ II.8

b- La bissectrice : $Biss = R * \frac{R}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)}$ II.9

c- La développée : $D = \frac{\pi * \beta^{deg} * R}{180} = \frac{\pi * \beta^{rad} * R}{200} = R * \beta^{rad}$ II.10

d- La flèche : $F = R * \left(1 - \cos\left(\frac{\beta}{2}\right)\right)$ II.11

Les résultats des calculs sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau II.7: Les éléments des quatre raccordements.

Angle au centre (gr)	Rayon(m)	tangente (m)	Développée (m)	La flèche (m)	Bissectrice (m)
32,9067	420 m	387,6668	216,9867	728,6267	-991,5641
-16,7551	450 m	779,4776	118,3747	674,9881	-1350,0474
69,7670	350 m	118,3140	383,3696	681,5679	-719,4566
55,6604	280 m	-133,2353	244,6831	532,8352	-590,0833
-3,9866	350 m	778,5063	21,9063	493,5158	-1203,564
11,3107	450 m	-326,6120	79,91009	85,81458	106,0354
-55,9410	300 m	94,06260	263,4820	586,2589	-614,4006
61,2689	400 m	-396,8749	384,7686	116,0502	163,4800

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

e -Les longueurs de tracé :

- La longueur totale du tracé mesuré : **Lt = 4198,08 m**
- La longueur totale des arcs de cercles calculés : **ΣD=LC = 1592,78 m**
- La longueur totale des alignements droits mesurée : **LAD = Lt – LC = 4198,08 - 1592,78**
LAD = 2605,30 m

f-Pourcentage d'alignement droit et de courbe :

- La longueur totale des alignements droits : **LAD = 2605,30 m**
- Pourcentage d'alignement droit : **% alignement Droit = 62,05 %**
- La longueur totale des arcs de cercles : **LC = 1592,78 m**
- Pourcentage courbe : **% Courbe = 37,95 %**

- **40% > LAD = 62,05% > 60%**
- **20% > LC = 37,95% < 60%**

Condition non vérifié √

II.1.6.3 Calcul de gisements, d'angles au centre et de distances :

Tableau II.8: Gisement, distance de la variante 02.

Direct	ΔX (m)	ΔY(m)	Gisements (gr)		Angle au centre(gr)		Distances(m)	
S1-S2	-450,656	53,813	G1-2	107,5662			S1-S2	453,857467
S2-S3	-210,289	155,183	G2-3	140,4729	β1	32,9067	S2-S3	261,348763
S3-S4	-562,137	219,683	G3-4	123,7178	β2	-16,7551	S3-S4	603,538754
S4-S5	-78,530	763,941	G4-5	193,4848	β3	69,767	S4-S5	767,966506
S5-S6	359,106	368,900	G5-6	249,1452	β4	55,6604	S5-S6	514,82456
S6-S7	328,353	107,603	G6-7	245,1586	β5	-3,9866	S6-S7	345,53467
S7-S8	449,538	366,329	G7-8	256,4693	β6	11,3107	S7-S8	579,898031
S8-S9	3,841	458,728	G8-9	200,5283	β7	-55,941	S8-S9	458,743977
S9-S10	175,267	119,928	G9-10	261,7972	β8	61,2689	S9-S10	212,370658
							Σ	4198,08

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

II.1.6.4 Environnement de la route :

II.6.4.1 Dénivelée cumulée moyenne :

Tableau II.9: Dénivelée cumulée moyenne.

N° du Profil	Distance (m)		ZTN (m)	Dni (m)	Déc %
	Cumulée	Partielle			
1	0,00	0,00	83,335		
2	25,00	25,00	82,526	-0,809	-3,24
3	50,00	25,00	81,830	-0,696	-2,78
4	75,00	25,00	81,533	-0,297	-1,19
5	100,00	25,00	80,832	-0,701	-2,80
6	125,00	25,00	80,274	-0,558	-2,23
7	150,00	25,00	79,555	-0,719	-2,88
8	175,00	25,00	78,919	-0,636	-2,54
9	200,00	25,00	78,127	-0,792	-3,17
10	225,00	25,00	77,712	-0,415	-1,66
11	250,00	25,00	76,750	-0,962	-3,85
12	275,00	25,00	76,234	-0,516	-2,06
13	300,00	25,00	75,417	-0,817	-3,27
14	325,00	25,00	74,685	-0,732	-2,93
15	350,00	25,00	74,678	-0,007	-0,03
16	375,00	25,00	73,833	-0,845	-3,38
17	400,00	25,00	73,351	-0,482	-1,93
18	425,00	25,00	73,164	-0,187	-0,75
19	450,00	25,00	72,925	-0,239	-0,96
20	475,00	25,00	72,347	-0,578	-2,31
21	500,00	25,00	72,489	0,142	0,57
22	525,00	25,00	71,775	-0,714	-2,86
23	550,00	25,00	72,034	0,259	1,04
24	575,00	25,00	72,302	0,268	1,07
25	600,00	25,00	72,617	0,315	1,26
26	625,00	25,00	72,202	-0,415	-1,66
27	650,00	25,00	72,581	0,379	1,52
28	675,00	25,00	72,623	0,042	0,17
29	700,00	25,00	72,610	-0,013	-0,05
30	725,00	25,00	72,538	-0,072	-0,29
31	750,00	25,00	72,373	-0,165	-0,66
32	775,00	25,00	72,425	0,052	0,21
33	800,00	25,00	72,478	0,053	0,21
34	825,00	25,00	72,567	0,089	0,36
35	850,00	25,00	72,494	-0,073	-0,29
36	875,00	25,00	72,437	-0,057	-0,23
37	900,00	25,00	72,241	-0,196	-0,78
38	925,00	25,00	72,326	0,085	0,34
39	950,00	25,00	71,886	-0,440	-1,76
40	975,00	25,00	72,420	0,534	2,14
41	1000,00	25,00	72,382	-0,038	-0,15
42	1025,00	25,00	72,270	-0,112	-0,45
43	1050,00	25,00	72,229	-0,041	-0,16

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

44	1075,00	25,00	72,181	-0,048	-0,19
45	1100,00	25,00	72,061	-0,120	-0,48
46	1125,00	25,00	72,130	0,069	0,28
47	1150,00	25,00	71,406	-0,724	-2,90
48	1175,00	25,00	72,317	0,911	3,64
49	1200,00	25,00	71,351	-0,966	-3,86
50	1225,00	25,00	72,178	0,827	3,31
51	1250,00	25,00	71,956	-0,222	-0,89
52	1275,00	25,00	70,544	-1,412	-5,65
53	1300,00	25,00	69,673	-0,871	-3,48
54	1325,00	25,00	70,093	0,420	1,68
55	1350,00	25,00	71,048	0,955	3,82
56	1375,00	20,68	72,148	1,100	4,40
57	1400,00	4,32	73,141	0,993	3,97
58	1425,00	25,00	74,056	0,915	3,66
59	1450,00	25,00	74,441	0,385	1,54
60	1475,00	25,00	75,019	0,578	2,31
61	1500,00	25,00	75,694	0,675	2,70
62	1525,00	25,00	76,511	0,817	3,27
63	1550,00	25,00	77,607	1,096	4,38
64	1575,00	25,00	78,577	0,970	3,88
65	1600,00	25,00	79,357	0,780	3,12
66	1625,00	25,00	79,576	0,219	0,88
67	1650,00	25,00	80,364	0,788	3,15
68	1675,00	25,00	81,199	0,835	3,34
69	1700,00	25,00	82,306	1,107	4,43
70	1725,00	25,00	83,296	0,990	3,96
71	1750,00	25,00	84,596	1,300	5,20
72	1775,00	25,00	85,299	0,703	2,81
73	1800,00	25,00	86,728	1,429	5,72
74	1825,00	25,00	88,165	1,437	5,75
75	1850,00	25,00	87,404	-0,761	-3,04
76	1875,00	25,00	89,715	2,311	9,24
77	1900,00	25,00	91,993	2,278	9,11
78	1925,00	25,00	92,815	0,822	3,29
79	1950,00	25,00	93,407	0,592	2,37
80	1975,00	25,00	93,835	0,428	1,71
81	2000,00	25,00	96,543	2,708	10,83
82	2025,00	25,00	97,453	0,910	3,64
83	2050,00	25,00	95,855	-1,598	-6,39
84	2075,00	25,00	100,244	4,389	17,56
85	2100,00	25,00	101,772	1,528	6,11
86	2125,00	25,00	102,227	0,455	1,82
87	2150,00	25,00	102,681	0,454	1,82
88	2175,00	25,00	103,452	0,771	3,08
89	2200,00	25,00	105,553	2,101	8,40
90	2225,00	25,00	106,328	0,775	3,10
91	2250,00	25,00	107,230	0,902	3,61
92	2275,00	25,00	108,893	1,663	6,65
93	2300,00	25,00	110,803	1,910	7,64
94	2325,00	25,00	112,348	1,545	6,18
95	2350,00	25,00	113,889	1,541	6,16
96	2375,00	25,00	115,430	1,541	6,16

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

97	2400,00	25,00	117,539	2,109	8,44
98	2425,00	25,00	118,878	1,339	5,36
99	2450,00	25,00	120,225	1,347	5,39
100	2475,00	25,00	121,092	0,867	3,47
101	2500,00	14,34	122,887	1,795	7,18
102	2525,00	10,66	122,508	-0,379	-1,52
103	2550,00	25,00	125,039	2,531	10,12
104	2575,00	25,00	125,478	0,439	1,76
105	2600,00	25,00	126,846	1,368	5,47
106	2625,00	25,00	127,748	0,902	3,61
107	2650,00	25,00	128,359	0,611	2,44
108	2675,00	25,00	130,010	1,651	6,60
109	2700,00	25,00	131,413	1,403	5,61
110	2725,00	25,00	132,591	1,178	4,71
111	2750,00	14,80	133,273	0,682	2,73
112	2775,00	10,20	134,875	1,602	6,41
113	2800,00	25,00	136,175	1,300	5,20
114	2825,00	25,00	137,614	1,439	5,76
115	2850,00	25,00	138,860	1,246	4,98
116	2875,00	25,00	140,628	1,768	7,07
117	2900,00	25,00	141,671	1,043	4,17
118	2925,00	25,00	143,039	1,368	5,47
119	2950,00	25,00	144,755	1,716	6,86
120	2975,00	25,00	144,884	0,129	0,52
121	3000,00	25,00	145,850	0,966	3,86
122	3025,00	25,00	145,592	-0,258	-1,03
123	3050,00	25,00	145,703	0,111	0,44
124	3075,00	24,45	146,253	0,550	2,20
125	3100,00	0,56	147,142	0,889	3,56
126	3125,00	25,00	148,172	1,030	4,12
127	3150,00	25,00	149,094	0,922	3,69
128	3175,00	25,00	149,941	0,847	3,39
129	3200,00	25,00	151,797	1,856	7,42
130	3225,00	25,00	152,524	0,727	2,91
131	3250,00	25,00	153,733	1,209	4,84
132	3275,00	25,00	158,397	4,664	18,66
133	3300,00	25,00	158,693	0,296	1,18
134	3325,00	25,00	158,661	-0,032	-0,13
135	3350,00	25,00	158,023	-0,638	-2,55
136	3375,00	25,00	159,125	1,102	4,41
137	3400,00	25,00	160,140	1,015	4,06
138	3425,00	25,00	160,798	0,658	2,63
139	3450,00	25,00	160,996	0,198	0,79
140	3475,00	25,00	162,684	1,688	6,75
141	3500,00	25,00	162,405	-0,279	-1,12
142	3525,00	25,00	162,511	0,106	0,42
143	3550,00	25,00	162,915	0,404	1,62
144	3575,00	25,00	163,843	0,928	3,71
145	3600,00	25,00	164,696	0,853	3,41
146	3625,00	25,00	164,883	0,187	0,75
147	3650,00	25,00	165,637	0,754	3,02
148	3675,00	25,00	166,542	0,905	3,62
149	3700,00	25,00	167,555	1,013	4,05
150	3725,00	25,00	169,513	1,958	7,83
151	3750,00	25,000	170,654	1,141	4,56

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

152	3775,00	25,00	172,049	1,395	5,58
153	3800,00	25,00	173,445	1,396	5,58
154	3825,00	25,00	173,349	-0,096	-0,38
155	3850,00	25,00	174,365	1,016	4,06
156	3875,00	25,00	173,690	-0,675	-2,70
157	3900,00	25,00	175,171	1,481	5,92
158	3925,00	25,00	175,897	0,726	2,90
159	3950,00	25,00	176,233	0,336	1,34
160	3975,00	25,00	177,722	1,489	5,96
161	4000,00	25,00	179,741	2,019	8,08
162	4025,00	25,00	180,903	1,162	4,65
163	4050,00	25,00	182,978	2,075	8,30
164	4075,00	25,00	182,590	-0,388	-1,55
165	4100,00	25,00	180,962	-1,628	-6,51
166	4125,00	25,00	181,241	0,279	1,12
167	4150,00	25,00	181,457	0,216	0,86
168	4175,00	25,00	181,923	0,466	1,86
169	4198,08	23,08	182,365	0,442	1,91
somme	4198,08		somme	99,030	
			H/L	2,36	

$$D_c = \frac{99,030}{4198,08} = 2.36 \% > 1.5 \%$$

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

Tableau II.10 : Classification de terrain dénivelée cumulée

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
01	Plat	$D_c \leq 1.5\%$
02	Terrain Vallonné	$1.5\% < D_c \leq 4\%$
03	Terrain montagneux	$D_c > 4\%$

$$D_c = 1.5\% < 2,36 \% < 4\%$$

Donc : **Le terrain est : Vallonné**

II.1.6.4.2 Sinuosité:

on évitera de prendre des rayons inférieur ou égale à 200 m du moment que la topographie le permet.

$$\sigma = \frac{L_s}{L_T} \quad \text{II.13}$$

Avec :

L_s : la somme des développées des rayons inférieur ou égale à 200 m

L : la longueur total de la route

L_s = 0 m ; L_T = 4198,08 m

$$\sigma = \frac{0}{4198,08} = 0$$

$$\sigma = 0$$

$$\sigma \leq 0,10$$

Alors la sinuosité de notre projet : **Faible**

Dans notre cas nous avons :

Terrain est: **vallonné**

Sinuosité : **Sinuosité Faible**

} L'environnement de la route existante est :

E2 (d'après le tableau I.1 page 9)

II.1.6.4.3 Vitesse de référence :

Vitesse de référence **V_r = 80 km/h** (d'après le tableau I.4 page 7)

II.2 PROFIL EN LONG :

II.2.1 Définition du profil en long :

Le profil en long est la projection de l'axe de la route sur un plan vertical. Il est constitué d'une succession d'alignements droits raccordés par des courbes à rayons parabolique.

II.2.2 Tracé de la ligne rouge du nouvel aménagement :

Le tracé de la ligne rouge qui représente la surface de roulement du nouvel aménagement retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre plus particulièrement aux exigences suivantes :

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

II.2.3 Eléments constituant la ligne rouge :

Sur le profil en long terrain naturel qui est constitué par des fichiers de commande du logiciel **Covadis** en utilisant la coordonnée z comme étant la cote projet de la route, on a conçu la ligne rouge de notre dédoublement qui est elle-même constituée de :

II.2.3.1 Les alignements :

sont des segments droits caractérisés par leur déclivité.

II.2.3.1.1 Déclivité :

On appelle déclivité d'une route, la tangente des gisements de profil en long avec l'horizontal.

Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

a- Déclivité minimale :

dans les tronçons de route absolument horizontaux ou le palier, pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas, donc les eaux vont s'évacuer longitudinalement à l'aide des canalisations ayant des déclivités suffisantes leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1%.

b- Déclivité maximale :

elle dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée qui concerne tous les véhicules, et aussi de la réduction de la vitesse qu'il provoque qui concerne le poids lourd doit et selon (B40) elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à la vitesse de base .

Tableau II.11 : Déclivité maximale associée à la vitesse de référence.

Vr (Km/h)	40	60	80	100	120	140
Déclivité max (%)	8	7	6	5	4	4

Remarque : l'augmentation excessive des rampes provoque ce qui suit :

- Effort de traction est considérable.
- Consommation excessive de carburant
- Faibles vitesses.
- Gêne des véhicules.

II.2.3.1.2 Application au projet :

la vitesse de base qu'on a retenue dans notre projet est 80Km/h, donc la déclivité maximale est de 6%. Correspondante à (C2, V_B).

a-Raccords en profil en long :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers au niveau du profil en long.

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre doit être adouci par l'aménagement de raccordement parabolique où leur conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort. On distingue donc deux types de raccordement :

b-Raccordement convexe (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain. Les conceptions doivent satisfaire aux conditions suivantes :

c-Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe, le véhicule subit une accélération verticale importante, qui modifie sa stabilité et gêne les usagers.

$$R_{vm} = a * d_{12}^2 \quad \text{II.12}$$

$a = 0.24$ pour les catégories 1 et 2

$a = 0.22$ pour les catégories 3, 4 et 5

Pour notre cas le rayon vertical minimal correspondant à une vitesse de base de 80km/h est de :

$$R_{vm} = 0.24 \times d_1^2 = 6229.54 \text{ m.}$$

Les valeurs retenues pour les rayons minimaux absolus (d'après le B₄₀) sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau II.12: Rayons convexes (C2, VB)

		Vr (Km/h)				
		40	60	80	100	120
Cat. 1-2	RVm	300	1000	2500	6000	12000
	RVn	1000	2500	6000	12000	18000

e-Raccordement concave (angle rentrant) :

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes mais par contre lorsque la route n'est pas éclairée, la visibilité de nuit doit être prise en compte.

Les rayons minimaux des raccordements paraboliques en angle rentrant doivent satisfaire la condition de confort suivant :

le véhicule abordant un angle rentrant doit avoir une limitation de l'accélération comme suit :

Soit :

$$\frac{g}{40} \text{ pour la Cat. 1 - 2} \quad \text{II.12}$$

$$\frac{g}{30} \text{ pour la Cat. 3 - 4 - 5} \quad \text{II.13}$$

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

Avec : $g = 10 \text{ m/s}^2$

D'où :

$$R_V \geq 0.30 * V^2 \text{Cat. 1 - 2} \quad \text{II.14}$$

$$R_V \geq 0.23 * V^2 \text{Cat. 3 - 4 - 5} \quad \text{II.15}$$

Tel que :

Rv : c'est le rayon vertical (m).

V : vitesse de référence (km/h).

➤ **Rayon minimal absolu :**

$$\frac{V_r^2}{RV_{m'}} = \frac{g}{40} \Rightarrow RV_{m'} = 0.30 * V_r^2 \quad \text{II.16}$$

$$RV_{m'} = \frac{d_1^2}{0.035*d_1+1.5} \quad \text{II.17}$$

$$RV_{m'}(V_r) = 0.30 * V_r^2 = 0.30 * 80^2 = 1920 \text{ m}$$

➤ **Rayon minimal normal :** Les rayons verticaux minimaux en angle rentrant sont obtenus par application de la formule suivante :

$$RV_{n'} = RV_{m'}(V_r + 20) \quad \text{II.18}$$

$$RV_{n'} = 0.30 * 100^2 = 3000 \text{ m}$$

Les valeurs retenues pour les rayons absolus sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau II.13:Rayons concaves (C2, V80)

RAYON	SYMBOLE	VALEUR (m)
Min absolue	RVm'	1920
Min normale	RVn'	3000

II.2.4 Coordination du tracé en plan et du profil en long :

Le profil en long et le tracé en plan sont coordonnés de telle manière que la route apparaisse à l'usager sans discontinuité gênante de tracé, lui permette de prévoir son évolution et de distinguer clairement les dispositions des points singuliers, notamment les carrefours, les entrées et les sorties dans les échangeurs.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long sont fondées sur des paramètres conventionnels de technique de la circulation (temps de perception réaction, coefficients de frottement, hauteur d'obstacle, etc.) pour la majorité des usagers.

Les valeurs limites recommandées des paramètres du tracé en plan et du profil en long.

Dans les zones où les distances de visibilité ne peuvent pas être assurées

(de façon permanente ou temporaire).

un marquage et une signalisation appropriée doivent interdire le dépassement de façon claire et perceptible par les usagers.

II.2.5 Avantages de la coordination du tracé en plan et du profil en long :

- Assurer de bonnes conditions générales de visibilité.
- Eviter de donner au tracé un aspect trop brisé ou discontinu.

II.3 PROFIL EN TRAVERS :

II.3.1 Définition :

Profil en travers est une coupe transversale menée le long un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun 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...).

II.3.2 Les types de profil en travers :

II.3. 2.1 Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

II.3. 2.2 Le profil en travers courant :

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain (accidenté ou plat).

ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM

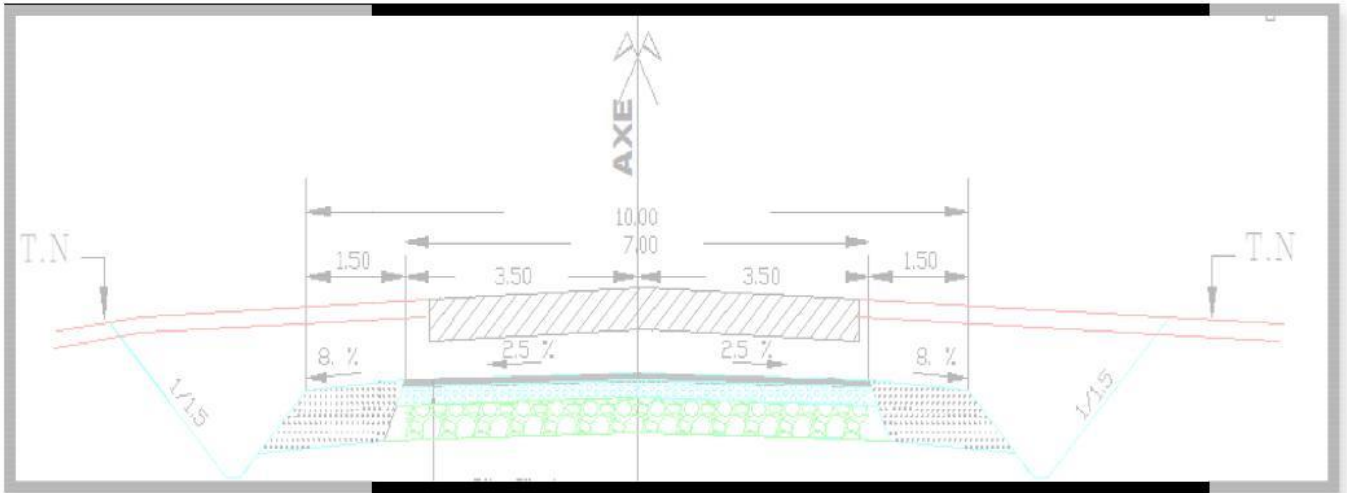


Figure II.2 : profil en travers type en déblai.

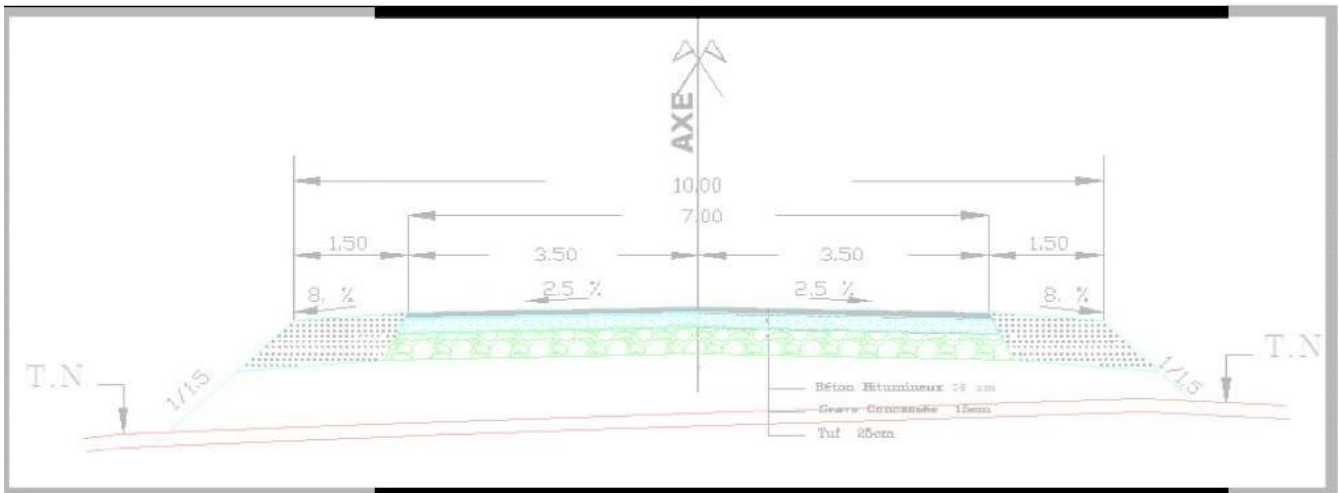


Figure II.3: profil en travers type en remblai

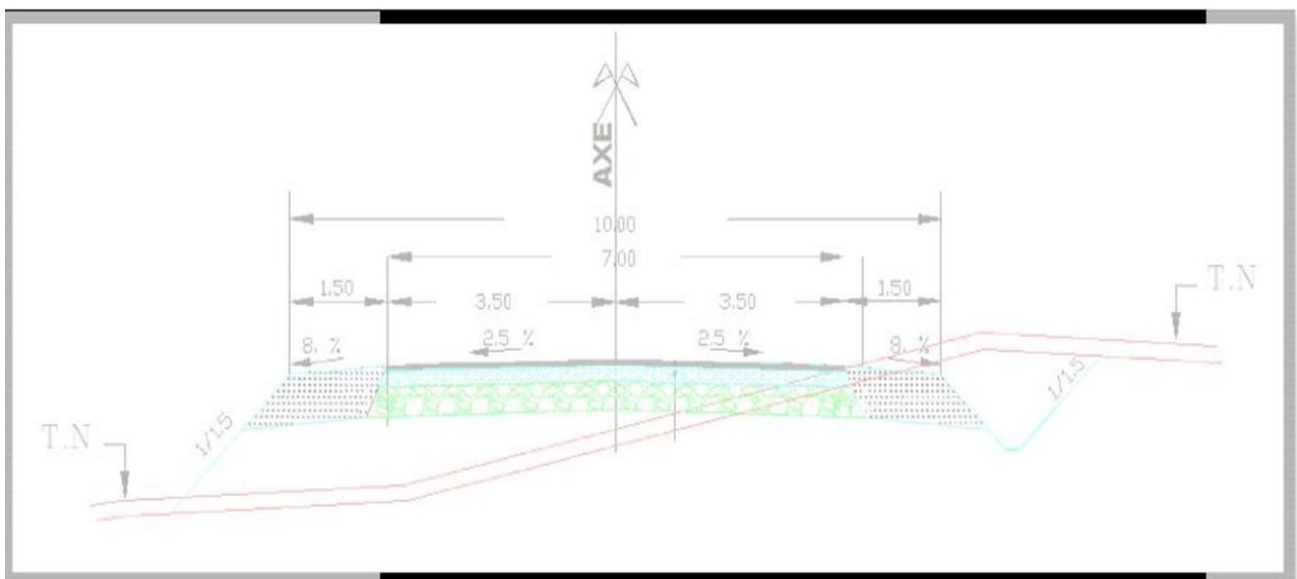


Figure II.4: profil en travers type mixte

II.3.3 Les éléments constitutifs du profil en travers :

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants :

II.3.3.1 La chaussée :

Surface de la route aménagée pour la circulation des véhicules. Au sens structural c'est l'ensemble des couches de matériaux qui supportent le passage des véhicules.

II.3.3.2. La plate-forme :

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terres pleines et les bandes d'arrêts.

II.3.3.3 L'assiette :

Champ du terrain occupé par la chaussée, elle comprend les accotements ; les fossés et l'encombrement total des ouvrages.

II.3.3.4 L'emprise :

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

II.3.3.5 Les accotements :

Zones latérales qui bordent extérieurement la chaussée. Les accotements sont « dérasés » s'ils sont au même niveau que la chaussée. Ils sont « surélevés » dans le cas contraire.

II.3.3.6 Le fossé :

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

II.3.3.7 Berme :

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

II.3.3.8 B.A.U :

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

II.3.3.9 Banquette :

Parapet de terre établi le long d'une route

II.3.3.10 Caniveau :

Bordure extérieure de la chaussée aménagée pour l'écoulement de l'eau .

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

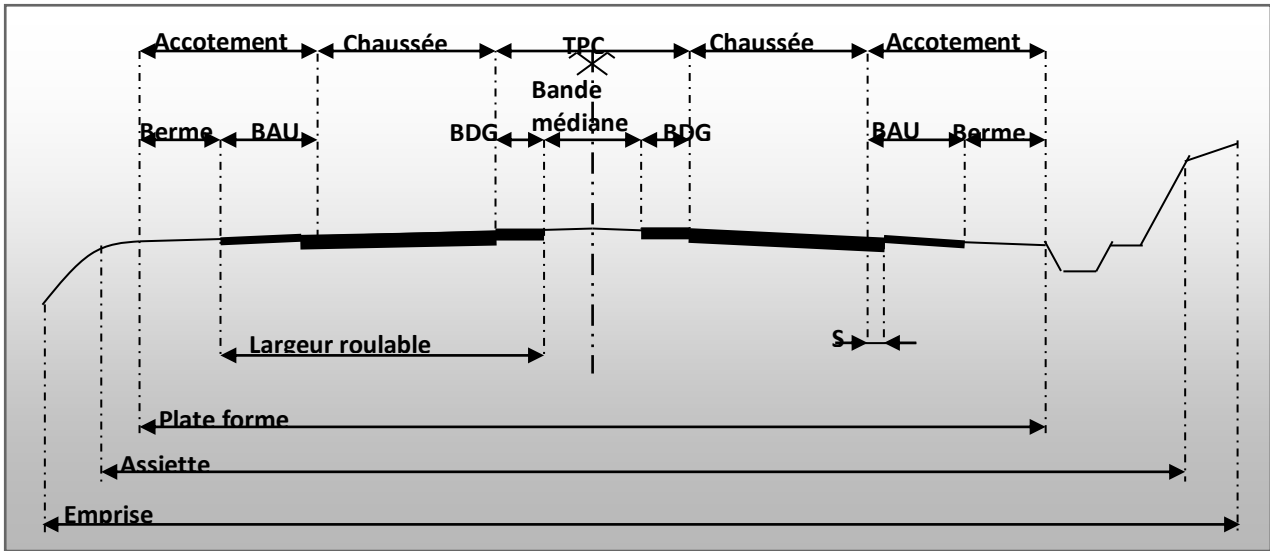


Figure II.5: Les éléments du profil en travers.

II.3.4 Epure de la Lannes :

L'épure de lanne est un moyen de représentation graphique des terrassements, les volumes par les lignes verticales dont la longueur est proportionnelle aux cubes représentés.

On suppose que le volume des terrassements est à chaque profil concentré au lieu même du profil en travers, et non réparti sur toute la longueur d'application.

On représente l'épure de lanne pour déterminer les quantités de matériaux :

- D'un profil en travers à un autre
- D'un profil en travers à un dépôt.
- D'un emprunt à un profil en travers.

Si le point « O » se trouve sur « HH' » donc on a excès de déblai.

Si le point « O » se trouve au-dessus de « HH' » donc on a excès de remblai.

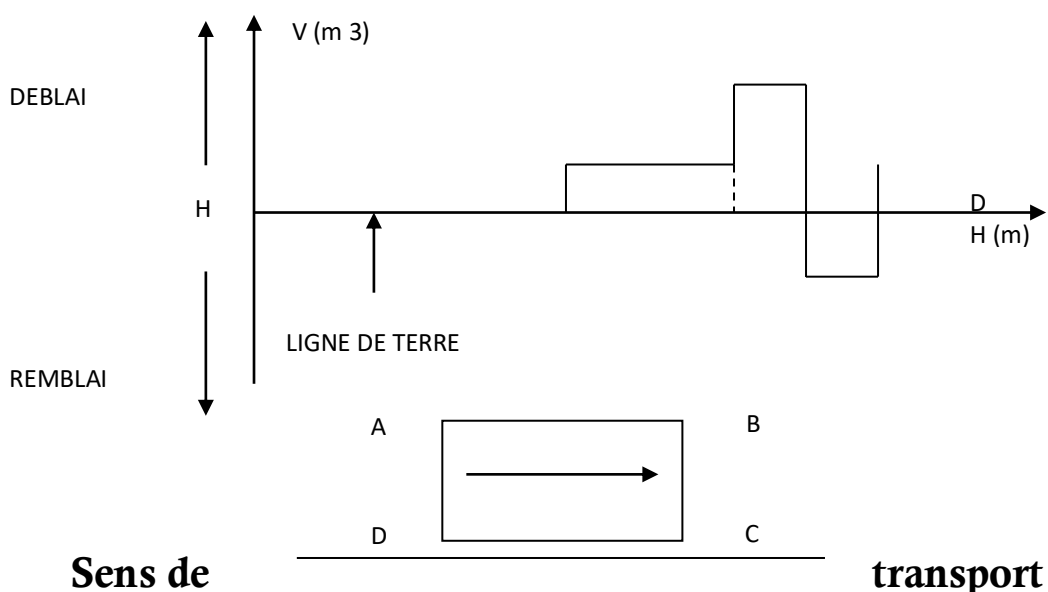


Figure II.6 : Epure de lanne

II.3.5 Mouvement de terre :

C'est une opération qui a pour objet d'exécuter avec les moyens des engins (pèle , camion, scraper) pour transporter les terres à leur place qui convient (dépôt, emprunt).

C'est une étude quantitative du projet donc on peut transporter les terres soit à autre profil à partir de l'épure de l'annee. Cet effet on cherche toujours la distance minimale de transport, dans notre projet on a des cubes qui passent directement vers autre profil et d'autres passent vers l'emprunt.

Puisqu'on a excès de remblai on a créé un seul emprunt. Il y a des cubes qui seront transportés par des camions si les distances sont supérieures à 200 m.

D'autres cubes seront transportés par les scrapers si les distances sont inférieures à 200 m.

Foisonnement :

On appelle foisonnement la propriété que représente les sols d'augmenter de volume lorsqu'on les manipule, donc c'est une quantité qui augmente notre coefficient égal à 1,20.

Moment du transport :

On veut transporter un volume de déblai sur une distance. Donc le principe c'est le produit :

$$M = V \cdot D \quad \text{II.19}$$

M : moment de transport

V : volume élémentaire transporté.

D : distance de transport

La distance minimale de transport :

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot D_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad \text{II.20}$$

II.3.6 Ligne de répartition :

C'est une ligne horizontale qui pourra être différente ou non de l'horizontale initiale (lignes des terres) et qui servira de ligne de répartition de la direction des transports, ceci devant se faire de gauche à droite pour les volumes au-dessus de cette ligne et de droite à gauche pour les volumes situés au-dessous de cette même ligne

CHAPITRE III

ETUDE DU TRAFIC

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

III.1 Trafic :

Toute étude routière est fonction du trafic, il est le premier facteur à prendre en considération lors de la conception d'une route.

La science de la circulation est celle qui traite de la façon de contrôler, de diriger et d'orienter les mouvements des trafics pour en assurer la sécurité et le confort par une conception, une éducation et une législation adéquates.

L'étude des volumes de circulation permet une bonne conception des routes, elle sert aussi à la classification des routes, selon leur importance, à la planification routière, à la réglementation, à la signalisation et la recherche.

Les volumes peuvent s'exprimer de différentes façons :

- Volume horaire maximum.
- Volume journalier moyen.
- Volume annuel moyen.
- Volume horaire par voie de circulation.

III.1.1 Débit : c'est le volume par unité de temps.

III.1.2 Comptage : trois méthodes de comptage existent.

a-Comptages manuels : spécifique généralement pour des routes à faible volume .la méthode consiste à insérer sur des fiches le nombre de véhicules qui comptages manuels pour des routes à grand volume.

b-Comptages automatique : au moyen de radars et des câbles pneumatiques, cette étude est suivie d'une enquête « origine-destination. »

III.2 Différents Types De Trafic :

Trafic normal ; Trafic dévié ; Trafic induit.

III.2.1 Trafic normal : C'est le trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte le nouveau projet.

III.2.2 Trafic dévié : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination .la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

III.2.3 Trafic induit : C'est le trafic qui résulte de :

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuera 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 vent dus aux facilités par le nouvel aménagement routier.

III.2.4 Trafic total : C'est le trafic total sur le nouveau aménagement qui sera la somme du trafic déviés et du trafic induit.

III.3 Modèle de prévision de trafic :

III.3.1 Méthodes de projection des trafics : Dans l'étude de projection de trafic, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constituent des ensembles homogènes, en matière d'évolution.

III.3.2 Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans la future sont :

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

III.3.3 Corrélation avec un paramètre macro- économique : Elle consiste à recherche, dans le passé, une corrélation entre le niveau du trafic d'une part et certains indicateurs macro - économiques tel que :

- Produit national brut (P.N.B).
- Produit des carburants, autres.

D'autre part, si l'on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le futur, on peut en déduire le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort du cadre de notre étude.

III.4 Calcul de capacité :

III.4.1 Définition : La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peut traverser une section de route pendant un temps donné, elle dépend de nombreux facteurs à savoir :

- la composition du trafic.
- la géométrie de la section.

III.4.2 La procédure de détermination de nombre de voies :Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre le débit admissible et le débit prévisible à l'année d'exploitation. Pour cela, il est nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la 20^{ème} années d'exploitation.

III.4.3 Calcul de trafic moyen journalier (TJMA) horizon :La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$TJMA_n = TJMA_0(1 + \tau)^n \quad \text{III.1}$$

Avec :

TJMA_n : le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : le trafic à l'année référence.

n : nombre d'années .

τ : Taux d'accroissement du trafic en (%).

III.4.4 Calcul des trafics effectifs :Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (UVP).C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (UVP),en fonction de type de route et de l'environnement.Le trafic effectif est donné par la relation :

$$T_{eff} = [(1 - z) + p * z]TJMA_{horizon} \quad \text{III.2}$$

Avec :

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J).

z : pourcentage de poids lourds.

p : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route.

Tableau III.1 : Coefficient d'équivalence

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

III.4.5 Débit de pointe horaire normal :Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'année horizon, il est exprimé en (uvp/h) et donnée par la formule suivante :

$$Q = (1/n) * T_{eff} \quad \text{III.3}$$

Avec :

Q : débit de pointe horaire.

n : nombre d'heures.

T_{eff} : trafic effectif (en général n = 8 heures).

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

III.4.6. Débit horaire admissible : Le débit horaire admissible est le nombre maximum de véhicules toléré pouvant passer en un point donné pendant une heure, il est déterminé par la formule suivante :

$$Q_{adm} = K_1 * K_2 * C_{th} \quad 3.4$$

Avec : Les valeurs de K1 sont illustrées dans le tableau 3.2.

Tableau III.2 : Valeurs de K₁

Environnement	E₁	E₂	E₃
K ₁	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Les valeurs de K2 sont exposées dans le tableau 3.3 ci-après :

Tableau III.3 : Valeurs de K₂

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E ₂	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E ₃	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Les valeurs de C_{th} : exprime la capacité théorique du profil en travers en régime stable sont montrées dans le tableau III.4 suivant :

Tableau III.4 : Valeurs de capacité théorique

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

III.5 Détermination de nombre de voies :

III.5.1 Cas d'une chaussée bidirectionnelle : On compare Q avec Q_{adm} et on opte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q.

III.5.2 Cas d'une chaussée unidirectionnelle :Le nombre de voies à retenir pour chaque chaussée est le nombre entier le plus proche du rapport exprimé par l'expression suivante :

$$S * \left(Q / Q_{adm} \right) \quad \text{III.5}$$

Avec :

Q_{adm} : débit admissible par voies.

S : coefficient de dissymétrie, en général $S=2/3$.

III.6 Application au projet :

III.6.1 Donnée du projet :le trafic sur la section étudiée, d'après les informations requises auprès de la direction de travaux publics de la wilaya de Mostaganem, s'élevé à **20000 V/J** dans les deux sens.

- TJMA = 20000 v/j.
- Taux d'accroissement du trafic $\tau = 7 \%$.
- Pourcentage de poids lourds $z = 30 \%$.
- Le comptage a été fait à l'année(2015).
- La mise en service de la route (2020)
- La durée de vie de la route est de 20 ans.

III.6.2 Application sur la route:

III.6.2.1 Calcul de TJMA horizon :

$$TJMA_n = (1+\tau)^n \times TJMA_{2015}$$

$$TJMA_{2020} = (1 + 0,07)^5 \times 20000$$

$$TJMA_{2020} = 28000 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2040} = (1 + 0,07)^{20} \times 28000$$

$$TJMA_{2040} = 108360 \text{ v/j}$$

III.6.2.2 Calcul des trafics effectifs :

$$P = 4 \text{ (route de bonnes caractéristiques, } E_2)$$

$$T_{eff} = [(1 - 0,30) + 4 \times 0,30] \times 108360$$

$$T_{eff} = 205884 \text{ uvp/j.}$$

III.6.2.3 Débit de pointe horaire normal :

$$Q = (1/n) T_{eff} = (1/8) \times T_{eff} \Rightarrow Q = 0,12 \times T_{eff}$$

$$Q = 0,12 \times 205884$$

$$Q = 24706 \text{ uvp/j}$$

Ce débit prévisible doit être inférieur au débit maximal que notre route peut offrir, c'est le débit admissible.

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

$$Q \leq Q_{adm} \Rightarrow Q \leq K_1 * K_2 * C_{th} \Rightarrow C_{th} \geq Q / (K_1 * K_2) \quad \text{III.6}$$

{ Catégorie C₂
Environnement E₂ } ⇒ ce qui donne : Catégorie C₂ et l'Environnement E₂

- Environnement E2 ⇒ K1= 0.85
- Environnement E2 et Catégorie C2 ⇒ K1= 0.99

$$C_{th} \geq 24706 / (0.85 * 0.99) \geq 29359.47 \text{ uvp/h}$$

III.6.2.4 Détermination de nombre de voies :

$$N = (2/3) * (Q / Q_{adm}) \quad \text{III.7}$$

$$N = (2 * Q) / (3 * K_1 * K_2 * C_{th} / \text{voie}) \quad \text{III.8}$$

$$N = (2 * 24706) / (3 * 0.85 * 0.99 * 1500) = 1.30 \Rightarrow \text{donc 02 voies par sens}$$

Les calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau III.5 : Résultats de calcul de capacité

	TJMA ₂₀₁₅ (v/j)	TJMA ₂₀₂₀ (v/j)	TJMA ₂₀₄₀ (v/j)	T _{eff 2040} (uvp/j)	Q (uvp/j)	N
Péné..	20000	28000	108360	205884	24706	2

III.7 Conclusion :

D'après le calcul de capacité de la pénétrante, on constate que son profil en travers est de :

- Chaussée de 2 voies par sens (2 × 3.50 m).
- Accotement de 2m pour chaque sens (2x2).
- Bande d'arrêt d'urgence de 0.5 m par chaque sens (2x 0.5).

CHAPITRE IV

ETUDE CINEMATIQUE

CHAPITRE IV : ETUDE CINEMATIQUE

IV.1 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.

$$d_0 = \frac{4}{1000} * \frac{V_r^2}{(f_{rl} \pm e)} \quad \text{IV.1}$$

Avec :

V_r : vitesse de référence en km/h.

e : déclivité.

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

Tableau IV.1 : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40

	V_r (Km/h)	40	60	80	100	120	140
f _{rl}	Catégorie 1-2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
	Catégorie 3-4-5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	/

Pour notre projet on a : $f_{rl} = 0.39$.

IV.2 Application :

IV.2.1 En alignement droit : $e=0$ (cas purement théorique)

$$d_0 = \frac{4}{1000} * \frac{V_r^2}{(f_{rl} \pm e)} = \frac{4}{1000} * \frac{80^2}{0.39} = 65.64 \text{ m}$$

IV.2.1 En rampe : $e= 0.05$

$$d_0 = \frac{4}{1000} * \frac{V_r^2}{(f_{rl} + e)} = \frac{4}{1000} * \frac{80^2}{(0.39 + 0.05)} = 58.18 \text{ m}$$

IV.2.2 En pente : $e = -0.05$

$$d_0 = \frac{4}{1000} * \frac{V_r^2}{(f_{rl} - e)} = \frac{4}{1000} * \frac{80^2}{(0.39 - 0.05)} = 75.29 \text{ m}$$

IV.3 Temps 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.

ETUDE DE L'ÉVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM

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 :

$t = 1.2$ s pour un obstacle imprévisible

$t = 0.6$ s pour un obstacle prévisible

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

$t = 2$ s pour des vitesses < 100 Km/h

$t = 1.8$ s pour des vitesses ≥ 100 Km/h

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

$$d_1 = V * t \quad \text{IV.2}$$

Avec : V : m/s et t : s

IV.4 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) : $d = d_1 + d_0$ IV.3

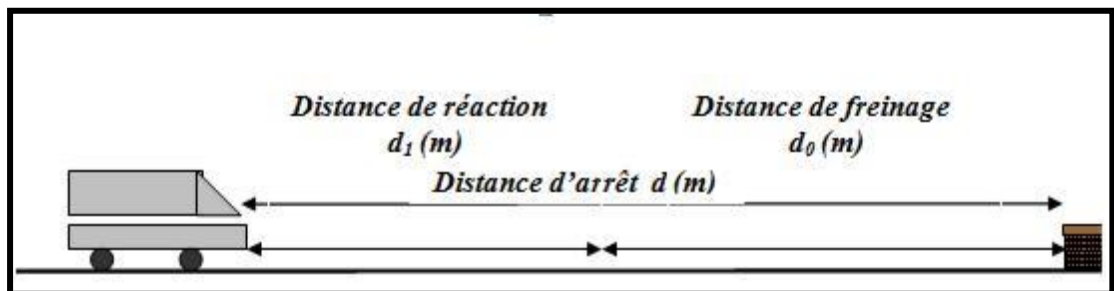


Figure IV.1 : Distance d'arrêt et de freinage

En alignement droit : $d = d_0 + 0.55 * V_r$

Pour $V_r < 100$ Km/h et quand $t = 2$ s $\Rightarrow d = d_0 + 0.55 * V_r$ IV.4

En palier : $d = 65.64 + 0.55 * 80 = 109.64$ m

En rampe : $d = 58.18 + 0.55 * 80 = 102.18$ m

En Pente : $d = 75.29 + 0.55 * 80 = 119.29$ m

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 :

Pour $V_r \geq 100$ Km/h et quand $t = 2$ s $\Rightarrow d = 1.25 * d_0 + 0.55 * V_r$ IV.5

Pour $V_r \geq 100$ Km/h et quand $t = 1.8$ s $\Rightarrow d = 1.25 * d_0 + 0.50 * V_r$ IV.6

Application : $V_r = 80$ Km/h $t = 2$ s $d = 1.25 * d_0 + 0.55 * V_r$ IV.7

En courbe : On doit majorer la distance de freinage de 25% car le freinage est moins énergétique

En palier : $d = 1.25 * 65.64 + 0.55 * 80 = 126.05 \text{ m}$

En rampe : $d = 1.25 * 58.14 + 0.55 * 80 = 116.68 \text{ m}$

En pente : $d = 1.25 * 75.29 + 0.55 * 80 = 138.11 \text{ m}$

IV.5 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.

$$d_p = d + \frac{6}{3.6} V_r \quad \text{IV.8}$$

V_r est en km/h

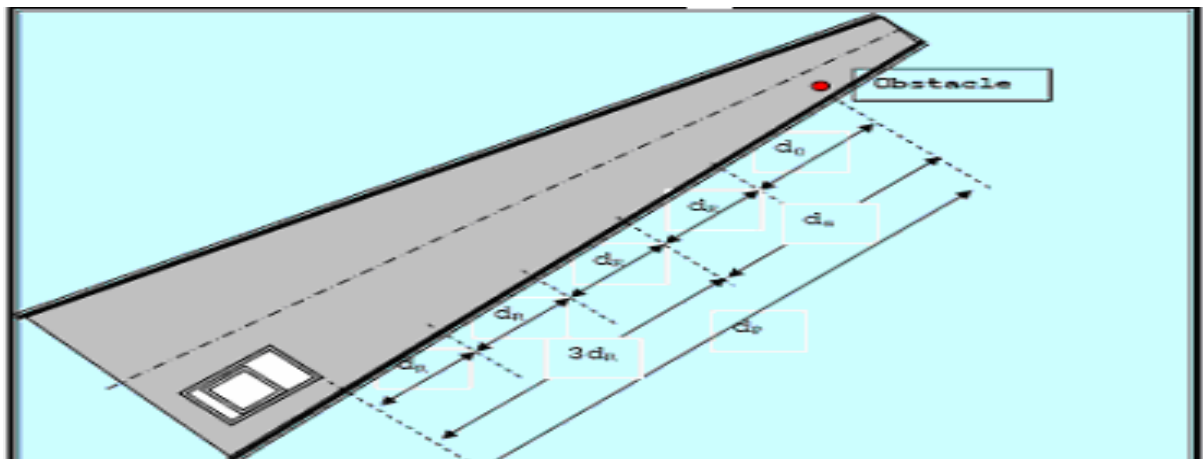


Figure IV.2 : La distance de perception

Application :

En alignement droit :

En palier : $d_p = 109.6 + \frac{6}{3.6} * 80 = 242.93 \text{ m}$

En rampe : $d_p = 102.18 + \frac{6}{3.6 * 80} = 235.51 \text{ m}$

En pente : $d_p = 119.29 + \frac{6}{3.6} * 80 = 252.62 \text{ m}$

En courbe :

En palier : $d_p = 126.05 + \frac{6}{3.6} * 80 = 164.30 \text{ m}$

En rampe : $d_p = 116.68 + \frac{6}{3.6 * 80} = 250.01 \text{ m}$

En pente : $d_p = 138.11 + \frac{6}{3.6} * 80 = 271.44 \text{ m}$

IV.6 Distance de sécurité entre deux véhicules :

Supposons que deux véhicules circulent dans le même sens sur la même voie et à la même vitesse. Et nous recherchons l'espacement entre les deux véhicules de telle façon que si le premier véhicule est obligé d'amorcer un freinage au maximum pour éviter un obstacle quelconque, cet espacement 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 du second véhicule augmente d'une durée $(t + t')$, avec t' , temps de perception et de réaction du second véhicule aux feux arrières de stop de premier véhicule. L'espacement sera donc théoriquement :

$$d_2' = d_2 + V * t' * l \quad \text{IV.9}$$

Avec :

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

l : longueur moyenne d'un véhicule.

En général, on prend $t' = 0.75$ s

En pratique, on prend $t = 3$ s

La distance de sécurité sera donc :

$$d_2' = d_2 + V * (t + t') + l \quad (\text{t en s et V en m/s}) \quad \text{IV.10}$$

$$\text{Soit } E \text{ l'espacement supplémentaire de sécurité : } E = V * t' + l \quad \text{IV.11}$$

$$\text{Sachons que : } V = \frac{v(\text{km/h})}{3.6} \quad \text{et } t' = 0.75 \text{ s} \Rightarrow E_s = \frac{V}{5} + l \quad \text{IV.12}$$

Avec :

V : la vitesse en Km/h

l : La longueur de véhicule on prend généralement 5 m Pour plus de sécurité on est souvent amené à augmenter la distance « E_s », en prenant un créneau temps de sécurité entre deux véhicules égale à 1.2 secondes.

$$E_s = 1.2 \text{ s} \quad \text{ou} \quad E_s = \frac{V}{3} \quad \text{IV.13}$$

Exemple : si deux véhicules se suivent à une vitesse de $V = 60$ Km/h. La distance de sécurité sera :

$$\text{Premier cas : } E_s = \frac{V}{5} + l = \frac{60}{5} + 5 = 17 \text{ m}$$

$$\text{Deuxième cas : } E_s = \frac{V}{3} = \frac{60}{3} = 20 \text{ m}$$

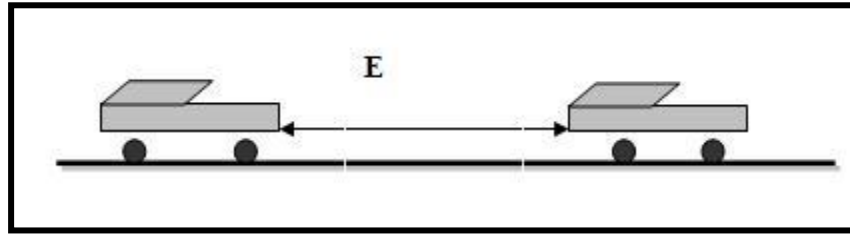


Figure IV.3: L'espace entre deux véhicules.

IV.7 Manœuvre de dépassement :

Manœuvre de dépassement est une manœuvre de circulation nécessaire dans le flux de circulation afin de réduire la congestion en présence deux véhicules lents (faibles vitesses). L'exécution d'une manœuvre de dépassement pose les problèmes suivants : trouver la distance de manœuvre de dépassement et surtout la distance de visibilité de dépassement (le temps t et l'espace E_d nécessaires). Le cas critique se trouve dans les routes bidirectionnelles : un véhicule A circulant à une vitesse V_1 proche de la vitesse de référence de la route et ayant devant lui un véhicule B circulant avec une vitesse V_2 ($V_1 > V_2$) dont il devra le dépasser le véhicule B se déplace en même temps de :

$$V_2 * t + d_1 + d_2 \text{ c'est à dire}$$

$$E_d = V_1 * t = V_2 * t + d_1 + d_2 \quad \text{IV.14}$$

d_1 : espacement des véhicules avant dépassement.

d_2 : espacement des véhicules après dépassement.

E_d : distance de dépassement.

a-Temps nécessaire pour exécuter un dépassement :

$$T_D = \frac{D_1 + D_2}{V_1 - V_2} \quad \text{IV.15}$$

b-La distance nécessaire pour effectuer un dépassement :

$$E_d = V_1 * t_d = V_1 * \frac{d_1 + d_2}{V_1 - V_2} \quad \text{IV.16}$$

Les instructions retiennent en général deux types de dépassement :

c-Dépassement court :

Pour les vitesses $V > 90$ Km/h $t_d = 7,2s$; et il croit pour atteindre 9s à $V = 140$ Km/h.

Tableau IV.2 : Variation de la vitesse en fonction du temps

Temps en secondes	7.2	8.0	8.2	9.0
Vitesses en Km/h	90	100	120	140

d-Dépassement normal ou long :

Pour $V < 90$ Km/h $t_d = 10,8$ s à ; et il croit pour atteindre 12,8 à $V = 140$ Km/h.

Tableau IV.3: Variation de la vitesse en fonction du temps

Temps en secondes	10.8	12.0	12.8
Vitesses en Km/h	90	120	140

e-La distance de manœuvre de dépassement : C'est la distance traversée dans un mouvement uniforme de vitesse V au temps t_d

$$d_{md} = 3 * V \quad \text{IV.17}$$

f-La distance de visibilité de dépassement :

Elle est prise en compte lorsqu'on décide d'autoriser la manœuvre de dépassement sur des tronçons de route, cette distance doit être dégagée afin d'assurer une parfaite visibilité entre le conducteur effectuant la manœuvre de dépassement et le conducteur du véhicule venant en face de lui.

$$d_{vd} = 2 * V \quad \text{IV.18}$$

$$\Rightarrow d_{vd} = 6 * V_r \quad \text{IV.19}$$

j-La distance normale de dépassement :

C'est la distance nécessaire pour qu'un conducteur ayant engagé une manœuvre de dépassement, pourra soit accélérer pour effectuer la manœuvre ou abandonner la manœuvre en se rabattant sur la voie de droite en toute sécurité :

$$d_{nd} = \frac{2}{3} * V \quad \text{IV.20}$$

$$\Rightarrow d_{nd} = 4 * V_r \quad \text{IV.21}$$

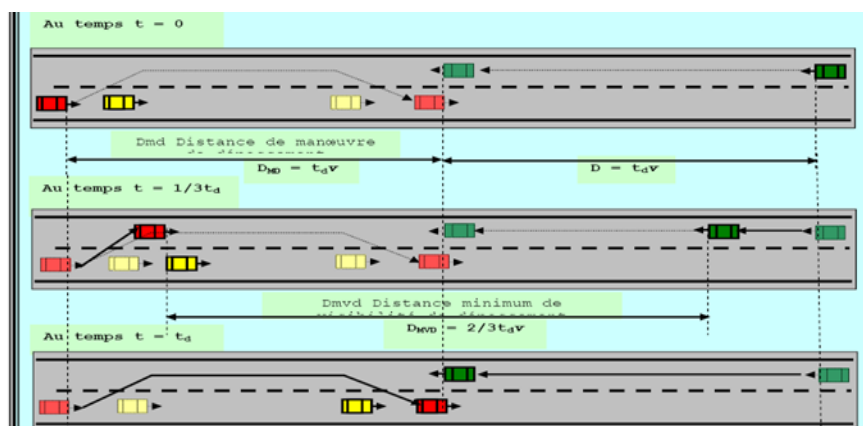


Figure IV.4: Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

dvd_m : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement moyenne.

dvd_N : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement normale.

dmd : Distance de visibilité de manœuvre et de dépassement.

D'après le tableau des normes de B40, on tire les valeurs de dvd_m, dvd_N et dmd en fonction de la vitesse.

IV.7.1 Application :

V_r= 80 Km/h → **dvd_m**= 320 m **dvd_N**= 480 m **dmd**= 200 m

Tableau IV.4 : Valeur de dvd et de dmd en fonction de la vitesse

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

CHAPITRE V

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

V.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, verglas etc... 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

V.2 Chaussée :

V.2.1 Définition :

V.2.1.1 Au sens géométrique : c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

V.2.1.2 Au sens structurel : c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges.

Une chaussée peut être définie comme une structure plane, conçue et dimensionnée pour garantir l'écoulement du trafic dans de bonnes conditions de visibilité, de sécurité et de confort pour les usagers et assurer une fonction pour une période de service minimale fixée au stade de l'élaboration du projet.

V.2.2 Les différentes structures de chaussées :

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les deux différents types des structures suivants :

V.2.2.1 Les chaussées souples :

C'est une structure de chaussée dans laquelle l'ensemble des couches liées qui la constituent, sont traitées aux liants hydrocarbonés. La couche de fondation et/ou la couche de base peut être constituées de grave non traitée.



Figure V.1: Structure type d'une chaussée souple.

V.2.2.2 Les chaussées rigides :

Une chaussée rigide est constituée d'un revêtement béton de ciment pervibré ou fluide. En règle générale, une chaussée en béton comporte à partir du sol, les couches suivantes :

- Une couche de forme.
- Une couche de fondation.
- Une couche de roulement en béton de ciment.

Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la couche de fondation n'est pas nécessaire.

La dalle en béton de ciment peut ainsi être réalisée directement sur l'arase terrassement ou sur la plate - forme support de chaussée.

Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

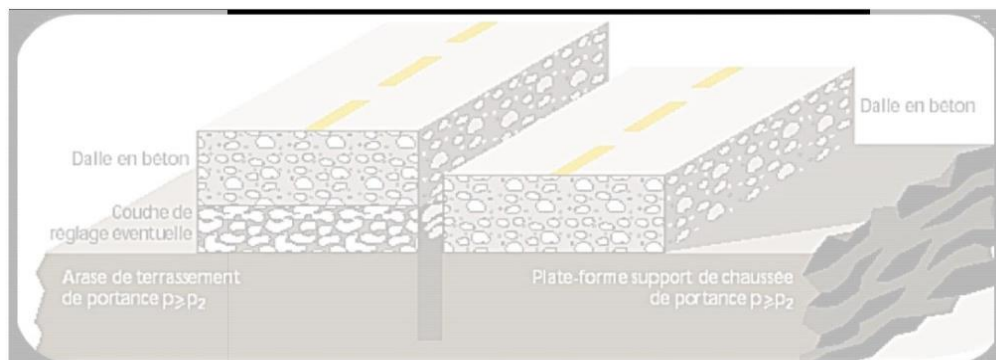


Figure V.2: Structure type d'une chaussée rigide.

V.3 Facteurs pour les études de dimensionnement :

V.3.1 Trafic:

La connaissance du trafic et, principalement du poids lourd, constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres :

- Le TMJA à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée,
- Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert à faire le calcul de dimensionnement proprement dit.

Trafic « poids lourd » comprend tous les véhicules dont la charge utile est supérieure ou égale à 5 tonnes.

V.3.2 Le climat et l'environnement :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes en taux de déformations. L'amplitude des variations de température et la température maximum interviennent dans le choix du liant hydrocarboné. Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support et donc sa portance ainsi que les possibilités de réemploi des matériaux de déblais remblais.

V.3.3 Le sol support :

Les sols support sont en général classés selon leur portance, elle-même fonction de l'indice CBR. Ce dernier est en principe mesuré à la teneur en eau d'équilibre à long terme du sol support.

Si ce dernier facteur n'est pas connu, on prendra comme paramètres une teneur en eau égale à la limite de plasticité et densité sèche égale à 95 % de la densité à l'O.P.M.

Tableau V.1: Portance de sol en fonction de l'indice de CBR.

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

V.3.4 Les matériaux :

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic PL.

V.4 La méthode de dimensionnement :

V.4.1 Méthode C.B.R « Californie -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.

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après :

$$e_{eq} = \frac{100 + [75 + 50 \cdot \log(N/10)]}{I_{CBR} + 5} \quad V.1$$

Avec :

e : épaisseur équivalente,

I_{CBR} : indice CBR (sol support),

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

Log : logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e = c_1 * e_1 + c_2 * e_2 + c_3 * e_3 \quad V.2$$

Avec :

c₁, c₂, c₃ : coefficients d'équivalence.

e₁, e₂, e₃ : épaisseurs réelles des couches.

V.4.2 Coefficient d'équivalence :

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Tableau V.2 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilisés	Coefficients d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobé dense	2.00
Grave ciment – Grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 – 1.70
Grave concassé ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse TVO	0.75
Sable ciment	1.00 – 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60

V.5 Application au projet :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on a utilisé:

V.5.1 La méthode C.B.R :

$$e = \frac{100 + (\sqrt{p}) * (75 + 50 * \log(\frac{N}{10}))}{I_{CBR} + 1} \quad V.3$$

e: Épaisseur équivalente en (cm)

P : La charge maximale par roue (6.5 t).

N : Nombre moyen journalier des (véhicules > 1.5 t) à l'année horizon.

I_{CBR}: Indice CBR.

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

Log: Logarithme décimal.

On a : $I_{CBR} = 9$ ce sol appartient à la classe (S3).

Remarque : Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe « e1 », « e2 » et on calcul « e3 » généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB = 6 – 8 cm

GB = 8 – 15 cm

GC = 15 -25 cm

TVO = 20 cm et plus

V.5.2 Application au projet :

TJMA = 20000 v/j avec un poids lourd = 30 %

$$T_0 = (TJMA + \%pl)$$

$$T_0 = (20000 * 0.3) = 6000$$

$$T_1 = (1 + \tau)^2 * T_0$$

$$T_1 = (1 + 0.06)^2 * 6000 = 6741.60 \text{ pl/j/sens}$$

$$T_n = (1 + \tau)^n * T_1$$

$$T_n = (1 + 0.06)^{10} * 6741.60 = 12073.18 \text{ pl/j/sens}$$

$$e_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) * \left(75 + 50 * \log\left(\frac{12073.18}{10}\right)\right)}{9 + 5} = 48.88 \text{ cm} \Rightarrow e_{eq} = 49 \text{ cm}$$

Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

On a : $e_{eq} = c_1 * e_1 + c_2 * e_2 + c_3 * e_3$

Tableau V.3 : Epaisseur de corps de chaussée

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ai)	Epaisseur équivalente (cm)
BB	06	02	12
GC	19	01	19
T.V.O.	24	0.75	18
Total	49		49

Application au projet :

Notre structure comporte : **6 BB + 19 GC +24 T.V.O**

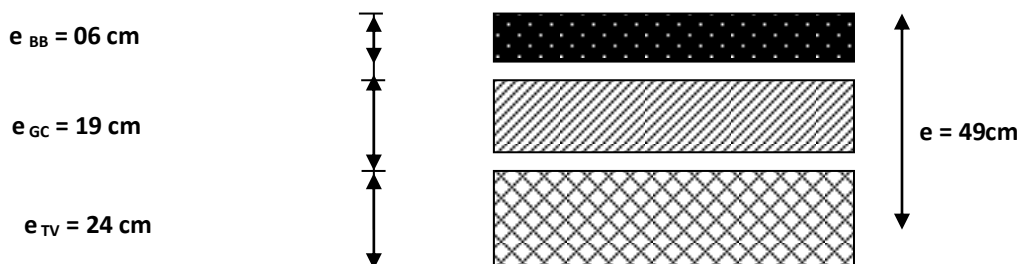


Figure VII.3: Corps de chaussée

CHAPITRE V I

CUBATURE

CHAPITRE VI : CUBATURE

VI.1 Définition :

Les cubatures de terrassement c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

VI.2 Cubature des terrassements :

On entend par cubature le calcul des volumes déblais remblais à déplacer pour respecter les profils en long et travers fixés auparavant et d'établir ainsi le mètre des travaux.

Comme notre est réutilisable on cherche un équilibre entre les volumes déblais remblais.

Le calcul exact est pratiquement impossible vu l'irrégularité des surfaces.

VI.3 Méthode de calcul :

Pour le calcul des surfaces en déblai et en remblai, on a tenu compte de la méthode exacte c'est-à-dire divisé la surface considérée en des triangles et trapèzes pour cas déblai.

L'évaluation du volume compris entre les surfaces qui définissent d'une part le terrain naturel et d'autre part le projet constituant les cubatures des terrassements.

Pour le calcul des cubatures ; on doit tenir compte d'une couche de terre végétale de (0.30 m), et de l'épaisseur du corps de chaussée qui est calculé (0,49 m).

La méthode pratique de calcul consiste à décomposer les figures qui se présentent sur profil en travers en figures géométriques calculables ; en suite calculer les surfaces ; puis multiplier leur somme par la longueur d'application de chaque profil à fin d'avoir le volume suivant la nature du profil.

VI.3.1 Cas de déblai :

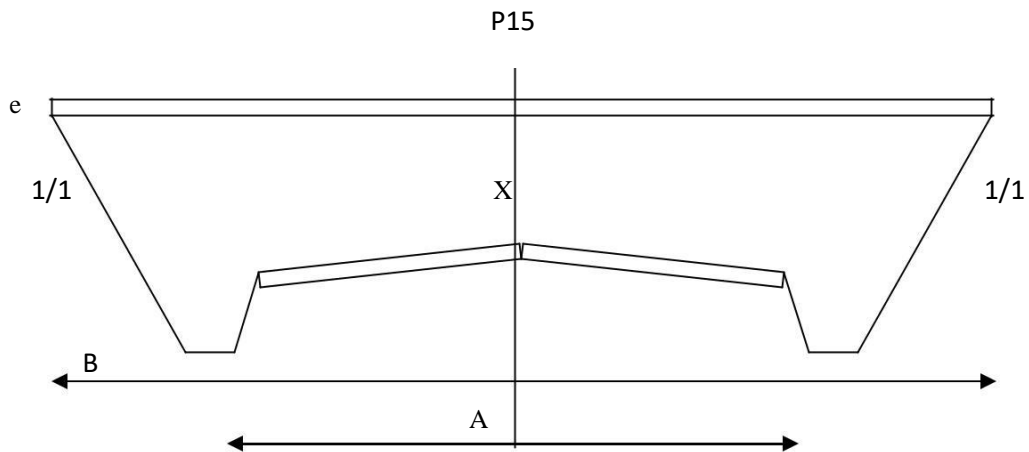


Figure VI.1: Cubature "Cas de Déblai"

Avec :

B : largeur de la chaussée + accotement

A : emprise

e = épaisseur du corps de chaussée

x : épaisseur de la terre végétale :

$$S_U = S_C - S_{TV} + S_{CC} \quad \text{VIII.1}$$

Avec :

S_U : surface utilisée

S_C : surface déblai

S_{TV}:surface terrain végétal

S_{CC} : surface corps de chaussée

$$S_{TV} = A * X \quad \text{VIII.2}$$

$$S_{CC} = B * e \quad \text{VIII.3}$$

VI.3.2 Cas de Remblai :

$$S_U = S_C + S_{TV} - S_{CC}$$

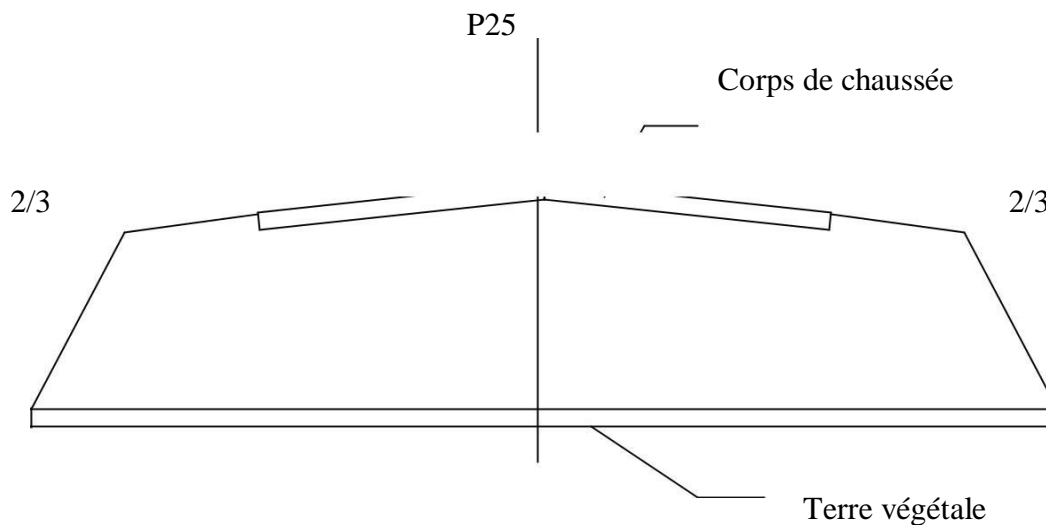


Figure VI.2: Cubature "Cas de Remblai"

VI.3.2.1 Cas de profil mixte : Le profil mixte c'est la combinaison des deux cas c'est à dire cas de déblai + remblai. Pour le calcul de surface d'un profil mixte on calcule la partie déblais puis la partie remblai chacun avec ses formules propres.

a- Le volume total V:

$$V = L_1 * \frac{S_1}{2} + (L_1 + L_2) * \frac{S_2}{2} + (L_2 + L_3) * \frac{S_3}{2} + (L_3 + L_4) * \frac{S_4}{2} + L_4 * \frac{S_5}{2} \quad \text{VIII.4}$$

Pour le calcul des cubatures, on a utilisé le logiciel COVADIS.

Les étapes à respecter pour réaliser cette opération sont :

b- Méthode 1 (commande Covadis) :

1. Mntchargement (pour mnt)
2. Genpl(pour dessiner le profil en long)
3. Plpro (pour dessiner la ligne rouge du profil en long)
4. Racci(pour le raccordement circulaire du profil en long)
5. Rempl(pour le remplissage des cartouches)
6. Genty (pour créer des profils en travers types)
7. Cfgpt(pour affecter les profils types)
8. Simul(pour le calcul de cubature)
9. Genpt(pour dessiner les profils en travers courants)

c- Méthode 2 : (utilisation du Menu Covadis) :

Utilisation des fenêtres « menu » du logiciel COVADIS-

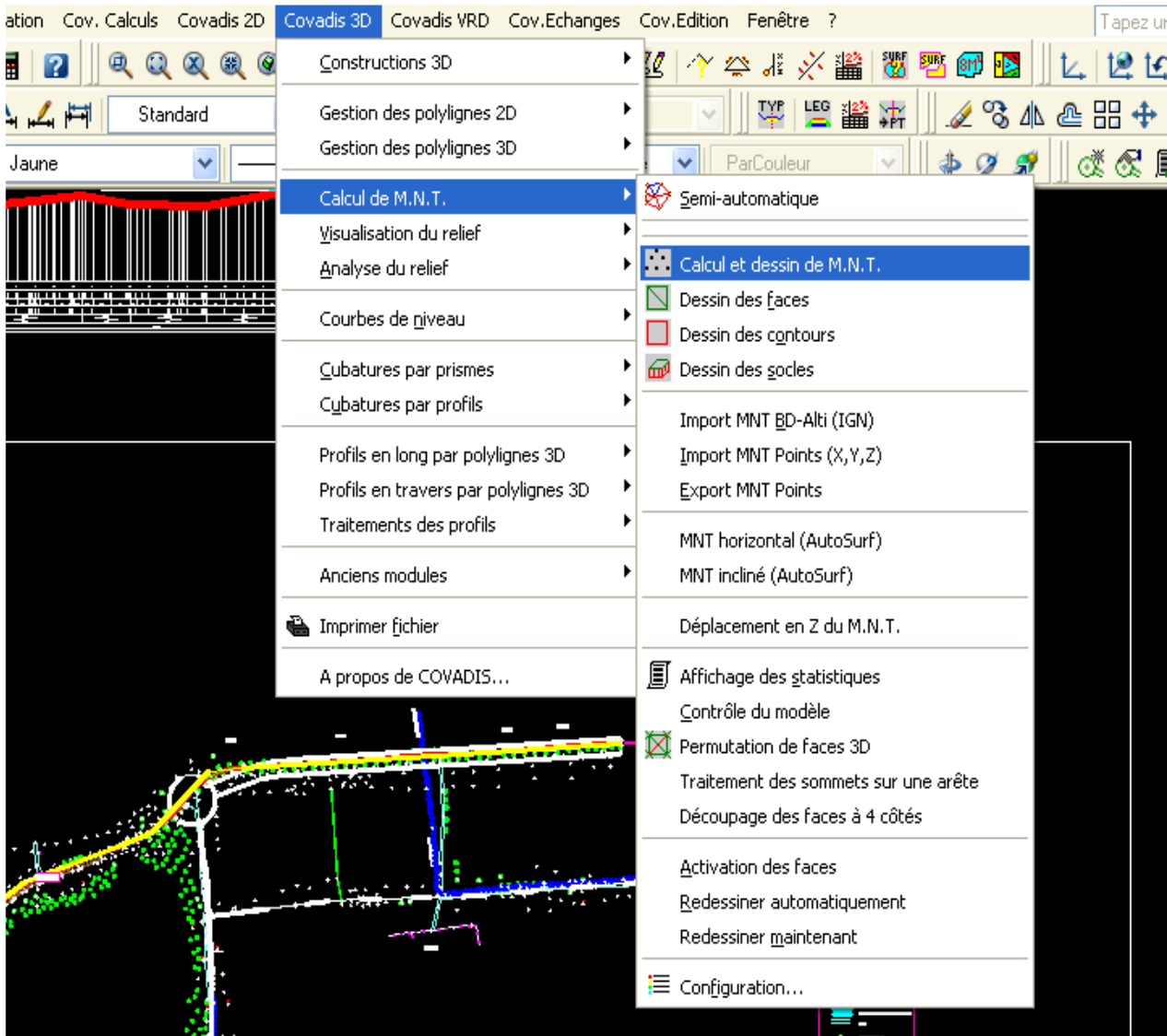


Figure VI.3: les étapes de calcul de cubature sous COVADIS

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

Tableau VI.1 : Cubature Variante01

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)
P1	0.000	12.500	1.40	0.30	1.70	21.225	21.225	0.00	0.60	0.60	7.531	7.531
P2	25.000	25.000	1.38	0.65	2.02	50.597	71.822	0.00	0.01	0.01	0.159	7.690
P3	50.000	25.000	0.29	0.45	0.74	18.603	90.424	0.46	0.26	0.72	17.937	25.627
P4	75.000	25.000	1.63	1.55	3.18	79.576	170.001	0.00	0.00	0.00	0.000	25.627
P5	100.000	25.000	1.31	1.60	2.91	72.694	242.695	0.00	0.00	0.00	0.000	25.627
P6	125.000	25.000	1.81	1.93	3.74	93.384	336.079	0.00	0.00	0.00	0.000	25.627
P7	150.000	25.000	1.60	1.72	3.32	82.952	419.031	0.00	0.00	0.00	0.000	25.627
P8	175.000	25.000	1.65	1.90	3.55	88.762	507.793	0.00	0.00	0.00	0.000	25.627
P9	200.000	25.000	1.45	1.26	2.71	67.765	575.558	0.00	0.00	0.00	0.000	25.627
P10	225.000	25.000	2.32	2.32	4.64	115.993	691.551	0.00	0.00	0.00	0.000	25.627
P11	250.000	25.000	1.57	1.15	2.72	67.975	759.526	0.00	0.00	0.00	0.000	25.627
P12	275.000	25.000	1.51	1.88	3.39	84.685	844.211	0.00	0.00	0.00	0.000	25.627
P13	300.000	21.657	1.11	0.62	1.74	37.584	881.795	0.02	0.09	0.11	2.437	28.064
P14	318.315	12.500	1.33	0.91	2.24	27.996	909.792	0.00	0.13	0.13	1.672	29.736
P15	325.000	15.843	1.60	0.35	1.95	30.951	940.743	0.00	0.26	0.26	4.087	33.823
P16	350.000	25.000	2.95	3.40	6.35	158.742	1099.485	0.00	0.00	0.00	0.000	33.823
P17	375.000	25.000	2.68	4.21	6.88	172.046	1271.531	0.00	0.00	0.00	0.000	33.823
P18	400.000	25.000	3.41	1.62	5.03	125.817	1397.348	0.00	0.00	0.00	0.000	33.823
P19	425.000	25.000	5.55	3.42	8.97	224.339	1621.687	0.00	0.00	0.00	0.000	33.823
P20	450.000	25.000	5.38	3.00	8.38	209.435	1831.122	0.00	0.00	0.00	0.000	33.823
P21	475.000	25.000	2.58	1.45	4.03	100.847	1931.970	0.00	0.11	0.11	2.653	36.476
P22	500.000	25.000	0.63	0.00	0.63	15.687	1947.657	0.32	1.30	1.62	40.513	76.989
P23	525.000	17.935	0.47	0.63	1.10	19.750	1967.407	0.36	0.22	0.58	10.367	87.356
P24	535.871	12.500	0.67	0.80	1.47	18.379	1985.785	0.27	0.15	0.42	5.267	92.623
P25	550.000	19.565	0.94	0.98	1.92	37.591	2023.376	0.15	0.06	0.21	4.017	96.640
P26	575.000	25.000	1.43	1.34	2.76	69.051	2092.427	0.00	0.01	0.01	0.172	96.812
P27	600.000	25.000	2.03	1.03	3.06	76.409	2168.835	0.00	0.28	0.28	7.062	103.874
P28	625.000	21.230	0.58	1.03	1.61	34.189	2203.024	0.37	0.01	0.38	8.077	111.951
P29	642.459	12.500	1.20	1.41	2.60	32.558	2235.582	0.07	0.00	0.07	0.865	112.817
P30	650.000	16.270	0.90	0.94	1.84	29.974	2265.556	0.13	0.09	0.22	3.626	116.443
P31	675.000	25.000	0.24	0.24	0.47	11.827	2277.384	0.42	0.42	0.84	21.045	137.487
P32	700.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2277.384	0.78	0.79	1.57	39.147	176.634
P33	725.000	25.000	0.14	0.21	0.35	8.728	2286.112	0.54	1.48	2.02	50.540	227.174
P34	750.000	24.837	0.00	0.00	0.00	0.000	2286.112	0.84	0.59	1.43	35.452	262.626
P35	774.675	12.500	0.16	0.24	0.41	5.071	2291.182	0.50	0.44	0.94	11.700	274.326
P36	775.000	12.663	0.17	0.24	0.41	5.163	2296.346	0.50	0.44	0.94	11.863	286.189
P37	800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2296.346	0.70	0.85	1.55	38.756	324.944
P38	825.000	25.000	0.74	0.37	1.11	27.725	2324.070	0.21	0.64	0.84	21.084	346.028
P39	850.000	25.000	0.88	0.38	1.25	31.360	2355.430	0.13	0.91	1.04	25.991	372.019
P40	875.000	25.000	0.27	0.16	0.43	10.744	2366.174	0.36	0.45	0.81	20.301	392.320
P41	900.000	25.000	0.08	0.00	0.08	2.055	2368.230	0.44	1.67	2.10	52.621	444.940
P42	925.000	25.000	0.40	0.33	0.73	18.306	2386.536	0.32	0.40	0.72	17.943	462.883
P43	950.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2386.536	1.47	2.14	3.61	90.211	553.094
P44	975.000	25.000	1.11	0.12	1.24	30.972	2417.508	0.00	1.63	1.63	40.756	593.850
P45	1000.000	25.000	1.14	0.70	1.84	46.013	2463.521	0.00	0.20	0.20	4.989	598.839
P46	1025.000	25.000	1.05	0.77	1.82	45.542	2509.063	0.00	0.23	0.23	5.800	604.640
P47	1050.000	25.000	1.37	0.75	2.12	53.124	2562.187	0.00	0.26	0.26	6.434	611.074
P48	1075.000	16.299	1.64	1.15	2.79	45.515	2607.702	0.00	0.08	0.08	1.366	612.439
P49	1082.597	12.500	1.78	1.23	3.02	37.725	2645.427	0.00	0.07	0.07	0.900	613.340
P50	1100.000	21.201	1.23	1.05	2.29	48.467	2693.894	0.01	0.29	0.30	6.296	619.636
P51	1125.000	25.000	1.86	1.43	3.28	82.037	2775.931	0.00	0.12	0.12	2.953	622.589
P52	1150.000	25.000	0.99	0.42	1.41	35.366	2811.297	0.02	0.56	0.58	14.458	637.047
P53	1175.000	25.000	1.43	0.76	2.19	54.695	2865.992	0.00	0.39	0.39	9.701	646.748
P54	1200.000	25.000	1.87	0.00	1.87	46.722	2912.714	0.00	3.45	3.45	86.181	732.929
P55	1225.000	25.000	1.83	1.19	3.03	75.653	2988.368	0.00	0.00	0.00	0.000	732.929
P56	1250.000	25.000	1.15	1.79	2.94	73.556	3061.924	0.01	0.00	0.01	0.145	733.074
P57	1275.000	25.000	1.88	1.66	3.54	88.488	3150.412	0.00	0.00	0.00	0.000	733.074
P58	1300.000	25.000	3.46	2.95	6.41	160.349	3310.761	0.00	0.00	0.00	0.000	733.074
P59	1325.000	25.000	3.55	2.98	6.53	163.222	3473.983	0.00	0.00	0.00	0.000	733.074
P60	1350.000	25.000	3.14	0.98	4.12	103.087	3577.070	0.00	0.46	0.46	11.518	744.592
P61	1375.000	25.000	1.62	0.96	2.58	64.552	3641.622	0.00	0.23	0.23	5.846	750.437
P62	1400.000	25.000	2.12	1.25	3.37	84.158	3725.781	0.00	0.11	0.11	2.825	753.262

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

P63	1425.000	25.000	1.81	1.53	3.34	83.433	3809.214	0.00	0.00	0.00	0.000	753.262
P64	1450.000	25.000	1.62	1.87	3.49	87.260	3896.474	0.00	0.00	0.00	0.000	753.262
P65	1475.000	18.960	1.75	1.64	3.39	64.358	3960.832	0.00	0.02	0.02	0.344	753.606
P66	1487.920	12.500	1.92	1.39	3.31	41.359	4002.191	0.00	0.18	0.18	2.198	755.805
P67	1500.000	18.540	2.15	2.29	4.44	82.391	4084.582	0.00	0.00	0.00	0.000	755.805
P68	1525.000	25.000	2.77	2.38	5.15	128.716	4213.299	0.00	0.00	0.00	0.000	755.805
P69	1550.000	25.000	2.36	1.77	4.13	103.177	4316.476	0.00	0.00	0.00	0.000	755.805
P70	1575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4316.476	0.66	1.07	1.73	43.250	799.055
P71	1600.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4316.476	1.24	1.59	2.84	70.911	869.966
P72	1625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	4316.476	1.58	2.79	4.38	109.420	979.386
P73	1650.000	25.000	0.29	0.00	0.29	7.184	4323.660	0.31	1.88	2.19	54.744	1034.130
P74	1675.000	25.000	0.82	0.05	0.87	21.818	4345.479	0.06	2.10	2.16	54.084	1088.214
P75	1700.000	25.000	1.88	1.25	3.13	78.206	4423.685	0.00	0.17	0.17	4.129	1092.343
P76	1725.000	25.000	3.10	0.32	3.41	85.255	4508.940	0.00	1.38	1.38	34.592	1126.935
P77	1750.000	25.000	5.56	1.72	7.28	181.920	4690.859	0.00	0.31	0.31	7.636	1134.571
P78	1775.000	25.000	7.67	5.79	13.46	336.434	5027.294	0.00	0.00	0.00	0.000	1134.571
P79	1800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5027.294	1.94	1.80	3.74	93.409	1227.980
P80	1825.000	25.000	2.51	2.84	5.35	133.686	5160.979	0.00	0.00	0.00	0.000	1227.980
P81	1850.000	25.000	7.47	7.55	15.02	375.425	5536.405	0.00	0.00	0.00	0.000	1227.980
P82	1875.000	16.004	5.95	5.28	11.23	179.668	5716.073	0.00	0.00	0.00	0.000	1227.980
P83	1882.008	12.500	4.99	4.41	9.40	117.534	5833.607	0.00	0.00	0.00	0.000	1227.980
P84	1900.000	21.496	2.40	2.23	4.62	99.419	5933.026	0.00	0.00	0.00	0.000	1227.980
P85	1925.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5933.026	1.03	0.98	2.01	50.287	1278.267
P86	1950.000	25.000	3.78	2.55	6.33	158.256	6091.281	0.00	0.00	0.00	0.000	1278.267
P87	1975.000	25.000	2.10	1.30	3.40	85.017	6176.298	0.00	0.08	0.08	1.951	1280.218
P88	2000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6176.298	2.57	2.92	5.49	137.313	1417.530
P89	2025.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6176.298	3.34	3.29	6.63	165.856	1583.386
P90	2050.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6176.298	2.39	2.72	5.11	127.834	1711.221
P91	2075.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6176.298	2.22	2.93	5.15	128.670	1839.890
P92	2100.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6176.298	1.35	2.37	3.73	93.214	1933.105
P93	2125.000	20.363	0.00	0.00	0.00	0.000	6176.298	8.97	15.03	24.00	488.727	2421.831
P94	2140.726	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	6176.298	4.45	15.78	20.22	252.777	2674.609
P95	2150.000	17.137	0.00	0.00	0.00	0.000	6176.298	2.43	12.16	14.59	249.978	2924.587
P96	2175.000	25.000	0.44	0.29	0.73	18.318	6194.617	0.28	0.45	0.72	18.034	2942.621
P97	2200.000	25.000	1.00	0.86	1.86	46.598	6241.215	0.05	0.41	0.47	11.657	2954.278
P98	2225.000	25.000	0.47	0.19	0.66	16.611	6257.825	0.21	0.55	0.77	19.220	2973.498
P99	2250.000	25.000	2.11	1.08	3.18	79.615	6337.440	0.00	0.24	0.24	5.898	2979.396
P100	2275.000	25.000	2.94	1.94	4.89	122.159	6459.599	0.00	0.00	0.00	0.000	2979.396
P101	2300.000	12.569	3.56	2.50	6.06	76.113	6535.711	0.00	0.00	0.00	0.000	2979.396
P102	2300.137	12.500	3.52	2.53	6.06	75.689	6611.400	0.00	0.00	0.00	0.000	2979.396
P103	2325.000	24.931	0.25	0.04	0.28	7.074	6618.474	0.22	0.44	0.66	16.403	2995.799
P104	2350.000	25.000	0.71	1.72	2.43	60.749	6679.223	0.53	0.00	0.53	13.337	3009.136
P105	2375.000	25.000	1.26	0.78	2.04	50.917	6730.139	0.00	0.65	0.65	16.202	3025.338
P106	2400.000	25.000	0.38	0.00	0.38	9.521	6739.661	0.18	2.03	2.22	55.460	3080.798
P107	2425.000	13.360	0.26	0.00	0.26	3.445	6743.106	0.24	1.35	1.59	21.289	3102.087
P108	2426.720	12.500	0.26	0.00	0.26	3.206	6746.311	0.25	1.30	1.55	19.397	3121.485
P109	2450.000	24.140	0.07	0.00	0.07	1.604	6747.915	0.74	2.69	3.44	82.956	3204.441
P110	2475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6747.915	1.67	1.93	3.60	89.918	3294.359
P111	2500.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6747.915	0.85	1.19	2.03	50.852	3345.211
P112	2525.000	25.000	0.01	0.00	0.01	0.189	6748.105	0.68	3.06	3.74	93.435	3438.645
P113	2550.000	25.000	0.10	0.00	0.10	2.464	6750.569	0.35	2.23	2.58	64.460	3503.105
P114	2575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6750.569	1.66	4.44	6.11	152.685	3655.790
P115	2600.000	21.033	0.13	0.00	0.13	2.798	6753.367	0.38	0.87	1.25	26.331	3682.122
P116	2617.067	12.500	0.95	0.68	1.62	20.271	6773.638	0.05	0.45	0.50	6.236	3688.358
P117	2625.000	16.467	0.66	0.54	1.21	19.856	6793.494	0.17	0.39	0.56	9.146	3697.503
P118	2650.000	25.000	0.01	0.00	0.01	0.336	6793.830	0.56	1.66	2.22	55.592	3753.096
P119	2675.000	25.000	0.15	0.16	0.32	7.885	6801.715	1.01	0.42	1.43	35.788	3788.884
P120	2700.000	25.000	0.67	0.84	1.51	37.641	6839.356	0.26	0.04	0.30	7.538	3796.421
P121	2725.000	22.903	0.87	0.76	1.63	37.242	6876.597	0.18	0.17	0.35	7.924	3804.346
P122	2745.807	12.500	4.42	9.50	13.92	174.036	7050.633	0.00	0.00	0.00	0.000	3804.346
P123	2750.000	14.597	4.87	10.17	15.04	219.498	7270.131	0.00	0.00	0.00	0.000	3804.346
P124	2775.000	25.000	7.01	9.73	16.74	418.468	7688.599	0.00	0.00	0.00	0.000	3804.346
P125	2800.000	25.000	5.74	15.11	20.85	521.181	8209.780	0.00	0.00	0.00	0.000	3804.346
P126	2825.000	25.000	6.93	18.18	25.11	627.785	8837.565	0.00	0.00	0.00	0.000	3804.346
P127	2850.000	25.000	7.61	15.94	23.56	588.955	9426.520	0.00	0.00	0.00	0.000	3804.346
P128	2875.000	25.000	7.19	11.98	19.17	479.274	9905.794	0.00	0.00	0.00	0.000	3804.346
P129	2900.000	17.314	9.73	16.37	26.10	451.899	10357.693	0.00	0.00	0.00	0.000	3804.346
P130	2909.628	12.500	7.60	14.07	21.67	270.900	10628.594	0.00	0.00	0.00	0.000	3804.346
P131	2925.000	20.186	4.46	9.39	13.85	279.524	10908.118	0.00	0.00	0.00	0.000	3804.346
P132	2950.000	25.000	1.36	2.87	4.23	105.814	11013.932	0.00	0.00	0.00	0.000	3804.346
P133	2975.000	25.000	1.34	0.45	1.79	44.720	11058.652	0.00	0.22	0.22	5.618	3809.964
P134	3000.000	25.000	0.72	0.69	1.40	35.087	11093.739	0.20	0.22	0.42	10.428	3820.392
P135	3025.000	25.000	0.07	0.00	0.07	1.788	11095.528	0.46	1.82	2.28	57.053	3877.445
P136	3050.000	25.000	0.29	1.13	1.42	35.529	11131.057	0.29	0.07	0.36	8.975	3886.420

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

P137	3075.000	25.000	1.38	1.94	3.32	83.124	11214.181	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P138	3100.000	25.000	3.12	4.21	7.33	183.363	11397.544	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P139	3125.000	25.000	5.66	14.65	20.31	507.832	11905.376	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P140	3150.000	25.000	7.67	10.62	18.29	457.298	12362.675	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P141	3175.000	25.000	9.36	10.74	20.10	502.457	12865.132	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P142	3200.000	25.000	28.35	35.72	64.07	1601.759	14466.891	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P143	3225.000	25.000	22.71	26.83	49.54	1238.503	15705.395	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P144	3250.000	25.000	16.89	16.85	33.75	843.676	16549.070	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P145	3275.000	25.000	12.06	12.55	24.61	615.213	17164.283	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P146	3300.000	12.651	13.04	15.02	28.05	354.900	17519.183	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P147	3300.302	12.500	13.04	15.03	28.07	350.887	17870.070	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P148	3325.000	24.849	13.05	13.15	26.20	650.949	18521.019	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P149	3350.000	25.000	10.74	11.67	22.42	560.432	19081.451	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P150	3375.000	25.000	7.02	8.04	15.07	376.698	19458.149	0.00	0.00	0.00	0.000	3886.420
P151	3400.000	25.000	0.00	3.62	3.62	90.448	19548.597	196.67	2.11	198.77	4969.372	8855.792
P152	3425.000	25.000	1.57	1.64	3.21	80.307	19628.904	0.12	0.07	0.19	4.764	8860.557
P153	3450.000	25.000	1.11	0.17	1.28	31.966	19660.870	0.00	0.34	0.34	8.377	8868.934
P154	3475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	19660.870	4.01	1.51	5.52	138.003	9006.937
P155	3500.000	25.000	1.50	2.79	4.30	107.392	19768.261	0.07	0.00	0.07	1.626	9008.562
P156	3525.000	25.000	1.45	1.05	2.50	62.462	19830.723	0.00	0.10	0.10	2.423	9010.985
P157	3550.000	19.776	0.53	0.67	1.20	23.768	19854.491	0.33	0.17	0.50	9.963	9020.948
P158	3564.553	12.500	0.82	0.98	1.80	22.480	19876.971	0.20	0.05	0.25	3.101	9024.049
P159	3575.000	17.724	0.78	0.94	1.72	30.471	19907.442	0.22	0.25	0.47	8.350	9032.399
P160	3600.000	25.000	0.68	0.20	0.88	21.948	19929.390	0.26	1.14	1.40	34.939	9067.339
P161	3625.000	25.000	4.60	4.60	9.20	229.995	20159.386	0.00	0.00	0.00	0.000	9067.339
P162	3650.000	24.035	5.10	5.59	10.70	257.058	20416.443	0.00	0.00	0.00	0.000	9067.339
P163	3673.070	12.500	6.72	7.28	14.00	175.001	20591.444	0.00	0.00	0.00	0.000	9067.339
P164	3675.000	13.465	6.87	7.42	14.29	192.362	20783.807	0.00	0.00	0.00	0.000	9067.339
P165	3700.000	25.000	8.22	9.35	17.58	439.481	21223.287	0.00	0.00	0.00	0.000	9067.339
P166	3725.000	25.000	2.89	3.04	5.93	148.134	21371.421	0.00	0.00	0.00	0.000	9067.339
P167	3750.000	25.000	1.44	0.00	1.44	35.890	21407.311	0.15	9.21	9.36	233.977	9301.316
P168	3775.000	25.000	0.14	0.00	0.14	3.388	21410.700	0.97	11.49	12.45	311.317	9612.632
P169	3800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	21410.700	1.56	3.53	5.09	127.262	9739.894
P170	3825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	21410.700	1.45	8.86	10.31	257.654	9997.548
P171	3850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	21410.700	1.76	3.62	5.39	134.699	10132.24
P172	3875.000	25.000	1.00	1.21	2.21	55.250	21465.949	0.13	0.00	0.13	3.145	10135.39
P173	3900.000	25.000	2.27	3.04	5.31	132.814	21598.763	0.00	0.00	0.00	0.000	10135.39
P174	3925.000	25.000	0.73	1.16	1.89	47.328	21646.091	0.08	0.08	0.16	3.984	10139.37
P175	3950.000	25.000	1.49	1.00	2.49	62.163	21708.254	0.00	0.00	0.00	0.000	10139.37
P176	3975.000	25.000	1.58	0.52	2.11	52.669	21760.923	0.00	0.54	0.54	13.553	10152.92
P177	4000.000	25.000	1.36	0.96	2.32	58.043	21818.966	0.00	0.66	0.66	16.447	10169.37
P178	4025.000	25.000	0.73	0.54	1.27	31.773	21850.739	0.12	0.29	0.41	10.339	10179.71
P179	4050.000	16.503	1.74	1.01	2.75	45.377	21896.116	0.00	0.28	0.28	4.644	10184.35
P180	4058.006	5.769	1.13	1.07	2.19	12.659	21908.775	0.01	0.07	0.08	0.466	10184.82
P181	4061.537	1.766	0.93	0.87	1.80	3.178	21911.953	0.09	0.15	0.24	0.425	10185.25

Méthode : linéaire :

Volume cumulé déblais (m³) : **21911,95 m³**

Volume cumulé remblais (m³) : **10185,25 m³**

Conclusion :

Nous avons un excès de déblais : **11726,70 m³**

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

Tableau VI.2 :CubatureVariante02

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)
P1	0.000	12.500	1.40	0.30	1.70	21.221	21.221	0.00	0.60	0.60	7.534	7.534
P2	25.000	25.000	1.26	0.56	1.83	45.644	66.866	0.00	0.02	0.02	0.448	7.982
P3	50.000	25.000	0.15	0.31	0.46	11.420	78.285	0.53	0.33	0.86	21.412	29.394
P4	75.000	25.000	1.32	1.24	2.56	64.070	142.356	0.00	0.00	0.00	0.000	29.394
P5	100.000	25.000	1.00	1.20	2.19	54.841	197.197	0.10	0.00	0.10	2.408	31.802
P6	125.000	25.000	1.30	1.41	2.71	67.627	264.824	0.00	0.00	0.00	0.000	31.802
P7	150.000	25.000	1.06	1.12	2.18	54.529	319.353	0.07	0.01	0.09	2.151	33.953
P8	175.000	25.000	1.04	1.18	2.22	55.623	374.976	0.10	0.00	0.10	2.459	36.412
P9	200.000	25.000	0.74	0.61	1.35	33.811	408.787	0.13	0.15	0.28	7.087	43.499
P10	225.000	25.000	1.37	1.38	2.75	68.690	477.477	0.00	0.00	0.00	0.000	43.499
P11	250.000	25.000	0.57	0.42	0.99	24.842	502.319	0.10	0.29	0.40	9.944	53.443
P12	275.000	25.000	0.66	0.85	1.50	37.529	539.848	0.27	0.08	0.35	8.629	62.072
P13	300.000	25.000	0.23	0.05	0.28	6.937	546.785	0.41	0.67	1.08	26.950	89.022
P14	325.000	21.413	0.45	0.00	0.45	9.548	556.333	0.25	1.27	1.53	32.661	121.682
P15	342.826	12.500	1.51	1.41	2.92	36.535	592.868	0.01	0.15	0.17	2.094	123.776
P16	350.000	16.087	1.42	2.02	3.44	55.366	648.235	0.15	0.00	0.15	2.479	126.255
P17	375.000	25.000	1.66	1.36	3.02	75.376	723.610	0.00	0.00	0.00	0.000	126.255
P18	400.000	25.000	2.30	1.42	3.72	93.104	816.714	0.00	0.21	0.21	5.294	131.549
P19	425.000	25.000	1.46	1.48	2.94	73.493	890.207	0.00	0.08	0.08	1.880	133.429
P20	450.000	25.000	1.20	1.03	2.23	55.773	945.980	0.03	0.17	0.19	4.823	138.252
P21	475.000	25.000	1.02	0.31	1.33	33.373	979.353	0.28	0.89	1.17	29.314	167.565
P22	500.000	25.000	1.32	1.15	2.48	61.997	1041.350	0.37	0.19	0.56	13.900	181.466
P23	525.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1041.350	4.25	3.79	8.03	200.851	382.317
P24	550.000	17.461	0.00	0.00	0.00	0.000	1041.350	2.85	2.44	5.29	92.395	474.711
P25	559.922	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	1041.350	2.28	1.88	4.16	51.965	526.676
P26	575.000	20.039	0.00	0.00	0.00	0.000	1041.350	1.41	1.03	2.44	48.816	575.492
P27	600.000	25.000	0.00	0.23	0.23	5.633	1046.983	1.01	0.23	1.24	30.950	606.442
P28	625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1046.983	1.96	1.45	3.41	85.145	691.588
P29	650.000	12.839	0.71	0.75	1.45	18.650	1065.633	0.22	0.17	0.39	4.987	696.575
P30	650.677	12.500	0.72	0.76	1.49	18.602	1084.235	0.21	0.16	0.37	4.663	701.238
P31	675.000	24.661	0.70	0.70	1.41	34.674	1118.909	0.20	0.21	0.41	10.074	711.312
P32	700.000	25.000	0.74	0.73	1.47	36.728	1155.637	0.19	0.19	0.38	9.523	720.835
P33	725.000	25.000	0.56	0.52	1.08	27.052	1182.688	0.25	0.25	0.50	12.423	733.258
P34	750.000	22.057	0.17	0.28	0.46	10.110	1192.798	0.49	0.36	0.85	18.791	752.049
P35	769.114	12.500	0.38	0.48	0.86	10.745	1203.543	0.39	0.27	0.66	8.241	760.290
P36	775.000	15.443	0.43	0.54	0.97	15.042	1218.585	0.37	0.24	0.61	9.357	769.647
P37	800.000	25.000	0.61	0.54	1.14	28.582	1247.167	0.25	0.30	0.55	13.868	783.515
P38	825.000	25.000	0.88	1.00	1.88	47.063	1294.230	0.17	0.04	0.21	5.358	788.874
P39	850.000	25.000	0.77	1.10	1.87	46.661	1340.891	0.24	0.00	0.24	6.035	794.909
P40	875.000	25.000	0.74	0.66	1.40	34.976	1375.868	0.21	0.27	0.48	11.994	806.902
P41	900.000	25.000	1.07	0.86	1.92	48.043	1423.911	0.09	0.44	0.53	13.223	820.125
P42	925.000	25.000	0.55	0.49	1.04	25.983	1449.894	0.25	0.32	0.57	14.349	834.475
P43	950.000	25.000	0.79	0.01	0.80	19.996	1469.891	0.05	1.73	1.78	44.455	878.930
P44	975.000	25.000	1.17	0.99	2.16	54.053	1523.944	0.01	0.34	0.35	8.795	887.724
P45	1000.000	25.000	1.16	0.78	1.94	48.539	1572.483	0.00	0.32	0.32	8.104	895.828
P46	1025.000	25.000	0.93	0.59	1.53	38.186	1610.669	0.00	0.34	0.34	8.420	904.249
P47	1050.000	25.000	1.02	0.44	1.46	36.490	1647.159	0.01	0.42	0.43	10.671	914.919
P48	1075.000	21.704	0.97	0.66	1.62	35.263	1682.422	0.00	0.30	0.31	6.627	921.546
P49	1093.409	12.500	0.67	0.39	1.05	13.180	1695.603	0.03	0.43	0.45	5.669	927.216
P50	1100.000	15.796	0.58	0.43	1.01	15.926	1711.529	0.22	0.61	0.83	13.119	940.335
P51	1125.000	25.000	0.86	0.71	1.57	39.194	1750.723	0.03	0.47	0.50	12.388	952.723
P52	1150.000	25.000	0.17	0.00	0.17	4.344	1755.067	0.39	1.43	1.82	45.561	998.284
P53	1175.000	25.000	0.37	0.02	0.39	9.801	1764.868	0.23	1.07	1.30	32.604	1030.887
P54	1200.000	25.000	0.58	0.00	0.58	14.420	1779.288	0.19	5.30	5.49	137.368	1168.256
P55	1225.000	25.000	0.37	0.07	0.44	11.012	1790.300	0.13	0.44	0.57	14.187	1182.442
P56	1250.000	25.000	0.11	0.38	0.49	12.146	1802.445	0.68	0.25	0.94	23.452	1205.895
P57	1275.000	25.000	0.21	0.20	0.41	10.193	1812.638	0.20	0.36	0.57	14.202	1220.097
P58	1300.000	25.000	1.38	1.07	2.46	61.414	1874.052	0.00	0.11	0.11	2.785	1222.882
P59	1325.000	25.000	1.17	0.86	2.03	50.758	1924.811	0.00	0.03	0.03	0.697	1223.579
P60	1350.000	25.000	1.92	0.27	2.19	54.797	1979.608	0.00	0.93	0.93	23.240	1246.819
P61	1375.000	25.000	0.52	0.10	0.62	15.598	1995.206	0.15	0.71	0.85	21.311	1268.130

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

P62	1400.000	25.000	0.70	0.22	0.92	23.117	2018.322	0.06	0.61	0.67	16.778	1284.908
P63	1425.000	25.000	0.41	0.32	0.73	18.234	2036.556	0.24	0.44	0.68	17.102	1302.010
P64	1450.000	25.000	0.12	0.36	0.48	12.092	2048.648	0.36	0.28	0.64	16.404	1318.050
P65	1475.000	18.950	0.10	0.23	0.33	6.175	2054.823	0.41	0.73	1.14	21.535	1339.585
P66	1487.900	12.500	0.15	0.04	0.19	2.415	2057.238	0.39	1.22	1.61	20.096	1359.681
P67	1500.000	18.550	0.29	0.41	0.70	12.973	2070.211	0.37	0.36	0.72	13.365	1373.046
P68	1525.000	25.000	0.57	0.36	0.93	23.162	2093.373	0.25	0.44	0.69	17.229	1390.275
P69	1550.000	25.000	0.07	0.00	0.07	1.836	2095.209	0.42	1.00	1.41	35.293	1425.567
P70	1575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2095.209	3.92	4.45	8.37	209.239	1634.806
P71	1600.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2095.209	4.87	5.34	10.21	255.262	1890.068
P72	1625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2095.209	5.47	7.02	12.49	312.285	2202.353
P73	1650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2095.209	3.92	6.54	10.46	261.499	2463.852
P74	1675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2095.209	3.27	6.99	10.26	256.603	2720.455
P75	1700.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2095.209	2.16	3.36	5.52	138.115	2858.569
P76	1725.000	25.000	0.05	0.00	0.05	1.279	2096.488	1.24	6.39	7.63	190.744	3049.313
P77	1750.000	25.000	0.77	0.00	0.77	19.235	2115.722	0.03	3.68	3.71	92.832	3142.145
P78	1775.000	25.000	2.25	1.11	3.36	84.047	2199.769	0.00	0.10	0.10	2.432	3144.576
P79	1800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2199.769	7.24	7.02	14.26	356.477	3501.054
P80	1825.000	25.000	0.11	0.26	0.37	9.249	2209.018	0.56	0.40	0.96	24.008	3525.062
P81	1850.000	25.000	5.54	5.46	11.00	274.987	2484.005	0.00	0.00	0.00	0.000	3525.062
P82	1875.000	25.000	5.44	4.78	10.22	255.554	2739.558	0.00	0.00	0.00	0.000	3525.062
P83	1900.000	15.163	3.34	3.21	6.55	99.354	2838.912	0.00	0.00	0.00	0.000	3525.062
P84	1905.326	12.500	2.82	2.88	5.70	71.257	2910.169	0.00	0.00	0.00	0.000	3525.062
P85	1925.000	22.337	1.18	1.34	2.52	56.185	2966.354	0.04	0.00	0.04	0.795	3525.857
P86	1950.000	25.000	7.82	5.67	13.49	337.346	3303.700	0.00	0.00	0.00	0.000	3525.857
P87	1975.000	25.000	4.32	3.52	7.84	196.083	3499.784	0.00	0.00	0.00	0.000	3525.857
P88	2000.000	25.000	0.00	0.02	0.02	0.539	3500.322	4.27	1.16	5.43	135.766	3661.623
P89	2025.000	25.000	0.02	0.00	0.02	0.554	3500.876	0.61	2.73	3.33	83.313	3744.936
P90	2050.000	25.000	0.39	0.00	0.39	9.834	3510.710	0.10	2.33	2.42	60.589	3805.525
P91	2075.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.002	3510.712	0.81	2.72	3.53	88.222	3893.746
P92	2100.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3510.712	2.83	4.04	6.87	171.790	4065.536
P93	2125.000	25.000	1.07	0.00	1.07	26.798	3537.510	0.00	2.96	2.96	74.012	4139.548
P94	2150.000	12.577	0.06	0.00	0.06	0.751	3538.261	0.44	1.54	1.98	24.946	4164.494
P95	2150.153	12.500	0.06	0.00	0.06	0.705	3538.965	0.45	1.57	2.01	25.179	4189.673
P96	2175.000	24.923	0.00	0.00	0.00	0.000	3538.965	2.43	4.53	6.96	173.570	4363.243
P97	2200.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3538.965	2.48	5.02	7.51	187.655	4550.898
P98	2225.000	25.000	0.16	0.00	0.16	4.039	3543.004	0.28	2.43	2.71	67.730	4618.627
P99	2250.000	25.000	1.02	0.27	1.29	32.305	3575.309	0.00	0.68	0.68	16.941	4635.568
P100	2275.000	25.000	2.12	1.02	3.14	78.447	3653.756	0.00	0.25	0.25	6.283	4641.851
P101	2300.000	25.000	3.30	1.91	5.20	130.099	3783.855	0.00	0.00	0.00	0.000	4641.851
P102	2325.000	25.000	6.98	4.77	11.75	293.753	4077.608	0.00	0.00	0.00	0.000	4641.851
P103	2350.000	25.000	8.86	5.49	14.35	358.808	4436.416	0.00	0.00	0.00	0.000	4641.851
P104	2375.000	25.000	9.07	4.71	13.78	344.493	4780.909	0.00	0.00	0.00	0.000	4641.851
P105	2400.000	25.000	9.61	2.16	11.77	294.147	5075.056	0.00	0.31	0.31	7.827	4649.678
P106	2425.000	24.032	10.15	5.36	15.51	372.795	5447.851	0.00	0.00	0.00	0.000	4649.678
P107	2448.065	12.500	11.20	2.20	13.40	167.546	5615.397	0.00	0.85	0.85	10.597	4660.275
P108	2450.000	13.468	10.77	1.80	12.57	169.286	5784.683	0.00	1.09	1.09	14.626	4674.900
P109	2475.000	25.000	7.24	0.30	7.53	188.368	5973.051	0.00	1.81	1.81	45.132	4720.033
P110	2500.000	25.000	1.92	0.17	2.09	52.292	6025.343	0.00	2.16	2.16	53.956	4773.989
P111	2525.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6025.343	1.17	2.53	3.70	92.406	4866.395
P112	2550.000	25.000	0.01	0.00	0.01	0.135	6025.478	0.80	2.37	3.16	79.061	4945.455
P113	2575.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6025.478	1.64	2.51	4.16	103.946	5049.401
P114	2600.000	20.913	0.00	0.02	0.02	0.428	6025.906	0.80	0.71	1.51	31.593	5080.994
P115	2616.826	12.500	0.42	0.04	0.46	5.730	6031.636	0.08	0.97	1.05	13.173	5094.167
P116	2625.000	16.587	0.31	0.23	0.54	8.944	6040.580	1.49	0.55	2.04	33.844	5128.011
P117	2650.000	25.000	0.00	0.01	0.01	0.248	6040.828	5.17	0.60	5.76	144.086	5272.096
P118	2675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6040.828	3.30	2.27	5.56	139.055	5411.151
P119	2700.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6040.828	4.66	1.73	6.39	159.847	5570.998
P120	2725.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6040.828	1.71	1.54	3.25	81.284	5652.282
P121	2750.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	6040.828	1.34	0.88	2.22	55.468	5707.750
P122	2775.000	21.386	0.39	0.55	0.94	20.098	6060.926	0.12	0.15	0.28	5.907	5713.657
P123	2792.772	12.500	0.21	1.26	1.48	18.484	6079.410	0.25	0.00	0.25	3.088	5716.745
P124	2800.000	16.114	0.41	1.75	2.16	34.779	6114.189	0.25	0.00	0.25	3.982	5720.727
P125	2825.000	25.000	1.97	2.43	4.39	109.868	6224.056	0.00	0.00	0.00	0.012	5720.739
P126	2850.000	25.000	2.53	3.30	5.83	145.674	6369.730	0.00	0.00	0.00	0.000	5720.739
P127	2875.000	25.000	2.89	5.44	8.33	208.334	6578.065	0.00	0.00	0.00	0.000	5720.739
P128	2900.000	25.000	3.15	4.85	7.99	199.798	6777.863	0.00	0.00	0.00	0.000	5720.739
P129	2925.000	25.000	3.53	8.20	11.73	293.137	7070.999	0.00	0.00	0.00	0.000	5720.739
P130	2950.000	16.480	0.41	2.83	3.25	53.498	7124.498	0.82	0.00	0.82	13.461	5734.200
P131	2957.960	12.500	0.00	1.07	1.07	13.420	7137.917	1.58	0.00	1.58	19.713	5753.913
P132	2975.000	21.020	0.00	0.00	0.00	0.000	7137.917	2.68	2.42	5.10	107.217	5861.130
P133	3000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	7137.917	3.75	4.99	8.74	218.584	6079.714
P134	3025.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	7137.917	4.21	4.51	8.72	217.956	6297.670
P135	3050.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	7137.917	4.77	3.37	8.14	203.461	6501.071

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

P136	3075.000	25.000	0.00	0.03	0.03	0.771	7138.688	3.56	1.63	5.19	129.722	6630.793
P137	3100.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	7138.688	2.09	1.33	3.42	85.566	6716.359
P138	3125.000	25.000	0.29	4.83	5.13	128.131	7266.819	0.26	0.00	0.26	6.450	6722.809
P139	3150.000	25.000	2.08	4.58	6.66	166.420	7433.240	0.00	0.00	0.00	0.000	6722.809
P140	3175.000	25.000	3.20	5.60	8.80	220.115	7653.354	0.00	0.00	0.00	0.000	6722.809
P141	3200.000	25.000	18.53	26.46	44.99	1124.628	8777.982	0.00	0.00	0.00	0.000	6722.809
P142	3225.000	25.000	18.57	23.33	41.90	1047.536	9825.519	0.00	0.00	0.00	0.000	6722.809
P143	3250.000	25.000	13.62	14.31	27.94	698.400	10523.919	0.00	0.00	0.00	0.000	6722.809
P144	3275.000	25.000	6.81	5.88	12.69	317.253	10841.172	0.00	0.00	0.00	0.000	6722.809
P145	3300.000	19.167	6.59	6.88	13.47	258.093	11099.265	0.00	0.00	0.00	0.000	6722.809
P146	3313.334	12.500	6.64	8.16	14.79	184.922	11284.187	0.00	0.00	0.00	0.000	6722.809
P147	3325.000	18.333	6.62	7.37	13.99	256.498	11540.685	0.00	0.00	0.00	0.000	6722.809
P148	3350.000	25.000	6.08	6.18	12.26	306.558	11847.243	0.00	0.00	0.00	0.000	6722.809
P149	3375.000	25.000	1.60	2.20	3.80	95.044	11942.287	0.00	0.00	0.00	0.000	6722.809
P150	3400.000	25.000	0.97	4.61	5.58	139.431	12081.718	3.34	0.00	3.34	83.451	6806.260
P151	3425.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	12081.718	51.60	17.01	68.61	1715.348	8521.607
P152	3450.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	12081.718	2.24	4.45	6.68	167.017	8688.625
P153	3475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	12081.718	10.38	6.77	17.16	428.999	9117.624
P154	3500.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	12081.718	8.66	6.23	14.89	372.294	9489.917
P155	3525.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	12081.718	4.58	3.86	8.44	211.084	9701.002
P156	3550.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	12081.718	4.98	6.17	11.15	278.757	9979.759
P157	3575.000	13.467	0.00	0.00	0.00	0.000	12081.718	5.92	5.49	11.41	153.610	10133.36
P158	3576.934	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	12081.718	5.86	5.47	11.33	141.591	10274.96
P159	3600.000	24.033	0.00	0.00	0.00	0.000	12081.718	5.12	5.84	10.96	263.435	10538.39
P160	3625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	12081.718	2.98	4.08	7.06	176.405	10714.80
P161	3650.000	25.000	1.13	1.27	2.41	60.153	12141.871	0.02	0.00	0.02	0.572	10715.37
P162	3675.000	17.925	3.88	4.33	8.21	147.201	12289.072	0.00	0.00	0.00	0.000	10715.37
P163	3685.849	12.500	5.30	5.80	11.09	138.685	12427.756	0.00	0.00	0.00	0.000	10715.37
P164	3700.000	19.575	7.32	7.84	15.16	296.739	12724.495	0.00	0.00	0.00	0.000	10715.37
P165	3725.000	25.000	3.86	8.05	11.90	297.613	13022.109	0.00	0.00	0.00	0.000	10715.37
P166	3750.000	25.000	4.09	0.11	4.20	105.099	13127.208	0.00	0.61	0.61	15.311	10730.68
P167	3775.000	25.000	2.25	0.00	2.25	56.271	13183.479	0.16	9.58	9.75	243.682	10974.36
P168	3800.000	25.000	4.16	0.91	5.07	126.838	13310.316	0.00	0.26	0.26	6.457	10980.82
P169	3825.000	25.000	5.22	0.49	5.71	142.709	13453.025	0.00	0.79	0.79	19.874	11000.69
P170	3850.000	25.000	7.53	4.89	12.41	310.360	13763.385	0.00	0.00	0.00	0.000	11000.69
P171	3875.000	25.000	8.59	3.05	11.64	291.071	14054.456	0.00	0.00	0.00	0.000	11000.69
P172	3900.000	25.000	11.42	12.21	23.63	590.730	14645.186	0.00	0.00	0.00	0.000	11000.69
P173	3925.000	25.000	9.55	10.22	19.77	494.183	15139.369	0.00	0.00	0.00	0.000	11000.69
P174	3950.000	25.000	6.86	7.40	14.27	356.642	15496.012	0.00	0.00	0.00	0.000	11000.69
P175	3975.000	25.000	6.32	5.62	11.94	298.422	15794.434	0.00	0.00	0.00	0.000	11000.69
P176	4000.000	25.000	5.18	4.44	9.63	240.686	16035.120	0.00	0.00	0.00	0.000	11000.69
P177	4025.000	25.000	2.98	2.95	5.93	148.329	16183.449	0.00	0.00	0.00	0.000	11000.69
P178	4050.000	22.892	1.98	1.63	3.61	82.736	16266.184	0.00	0.00	0.00	0.000	11000.69
P179	4070.784	12.158	1.26	1.17	2.44	29.607	16295.792	0.00	0.03	0.03	0.343	11001.03
P180	4074.316	1.766	0.93	0.87	1.80	3.178	16298.970	0.09	0.15	0.24	0.425	11001.46

Méthode : linéaire :

Volume cumulé déblais (m³) : **16298,97 m³**

Volume cumulé remblais (m³) : **11001,46 m³**

Conclusion :

Nous avons un excès de déblais : **5297,51 m³**

VI.4 Le choix de la variante :

Pour le choix de la variante, on adresse un tableau comparatif des avantages et inconvénients des deux solutions étudiées.

Ce tableau tient compte plusieurs paramètres fort importants pour nous faciliter le choix de la variante qui répond aux conditions du projet.

Tableau VI.3 : Etude comparative des deux variantes

Critères	Unités	Variante N°1	Variante N°2	L'évolution	
				V1	V2
Longueur totale de l'itinéraire	m	4194,56	4198,08	+	+
Pourcentage alignements droits	%	51,46	62,05	+	-
Pourcentage courbes	%	48,54	37,95	-	+
Nombre de virage en plan	/	09	08	-	+
Déclivité	%	P=2,36	P=2,36	+	+
COORDINATION TRACE EN PLAN PROFIL EN LONG	/	CONFORME	NON CONFORME	+	-
Q déblai	m3	21911,95	16298,97	-	+
Q remblai	m3	10185,25	11001,46	+	-
Estimation	DA	-	+	-	+
				5	6

VI.5 Conclusion:

Après la comparaison entre les critères des deux variantes, on remarque une légère différence.

Le critère qui reste important pour différencier entre les deux tracés est l'excès déblai/remblai.

A cet effet on a opté pour la variante 2 car elle présente un excès de déblais et d'après l'estimation du devis on a choisi **la variante 2** car c'est la moins onéreuse par rapport à la variante 1.

CHAPITRE VII

IMPLANTATION

DES AXES

CHAPITRE VII : IMPLANTATION DES AXES

VII.1 Définition :

L'implantation est une application directe des connaissances de topographie. Elle consiste à placer sur le terrain les repères nécessaires pour la réalisation du projet.

Les implantations sont calculées au préalable à partir des éléments graphiques (mesures sur le plan).

VII.2 Plan de piquetage des axes des voies :

C'est le plan où figurent tous les renseignements qui peuvent servir à la matérialisation des voies ainsi que les sommets des courbes.

VII.2.1 Implantation planimétrique des sommets des alignements :

VII.2.1.1 Par rayonnement :

On stationne un point connu avec un théodolite et après avoir fait une orientation sur un point pris comme référence (affichage du gisement), on affiche le gisement du point à implanter et on reporte ensuite sur cette direction la distance correspondante jusqu'à matérialiser le point.

VII.2.1.2 Par intersection :

On stationne simultanément en deux points connus et de chacun et après orientation on affiche les angles et on matérialise l'intersection.

VII.2.1.3 Par coordonnées polaires :

Le procédé consiste à implanter des points connaissant leur distance à un point connu et leur orientation par rapport à une direction connue.

VII.2.2 Implantation de courbes :

VII.2.2.1 Raccordement circulaire :

a- Méthode d'implantation :

➤ Par Abscisses et ordonnées sur la tangente:

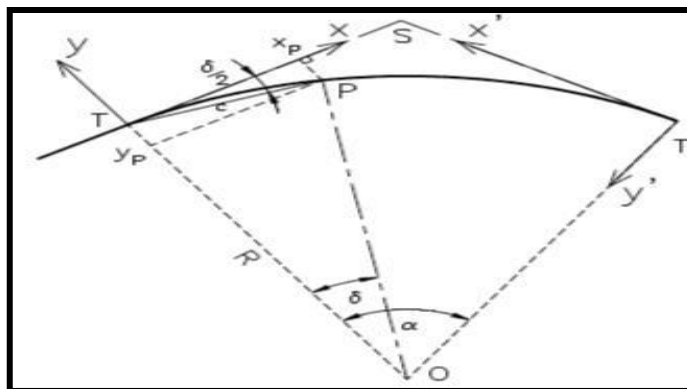


Figure VII.1: Implantation d'arc de cercle par abscisses et ordonnées sur la tangente

➤ **Par Abscisses et ordonnées sur la corde :**

Origine : point de tangence

Origine : milieu de la corde

➤ **Par coordonnées polaires :**

b-Raccordement progressif:

Le piquetage peut être réalisé soit par coordonnées rectangulaires à partir des tangentes, soit par la méthode des cordes et angles. Ce sont surtout les appareils de mesure dont on dispose qui fixeront le choix du procédé. Tandis que le piquetage par les coordonnées rectangulaires peut se faire à l'aide d'un jalon, d'un ruban métrique et d'une équerre optique, un théodolite est nécessaire pour appliquer la méthode des cordes et angles.

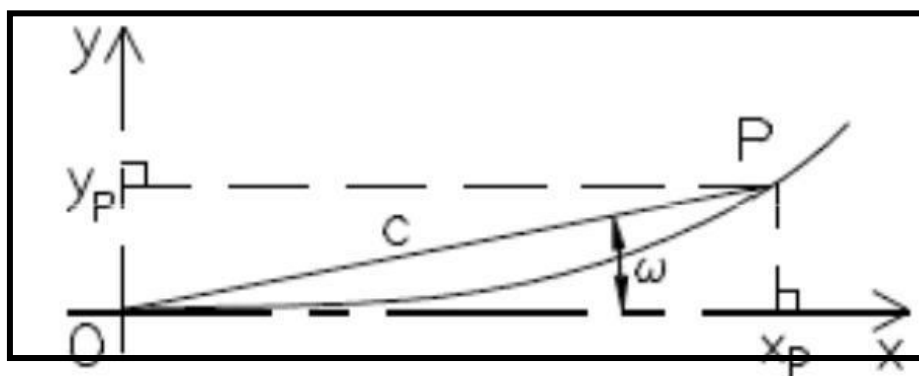


Figure VII.2: Implantation de la clothoïde

➤ **Piquetage des coordonnées :**

$$x_1 = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{40*A^4} + \frac{i\Delta L^9}{3456*A^8} \quad \text{VII.1}$$

$$y_i = \frac{i\Delta L^3}{6*A^2} - \frac{i\Delta L^7}{336*A^6} \quad \text{VII.2}$$

➤ **Piquetage par coordonnées polaires :**

$$c = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{90*A^4} + \frac{i\Delta L^9}{22680*A^8} \quad \text{VII.3}$$

$$W_{\text{radians}} = \frac{i\Delta L^2}{6*A^2} - \frac{i\Delta L^6}{2835*A^6} \quad \text{VII.4}$$

c-Implantation en altimétrie :

Il est souvent nécessaire d'implanter sur le chantier un réseau de repères de nivellement.

Ces repères sont reliés entre eux par cheminement de nivellement encadré par deux (02) ou plusieurs repères du nivellement général de l'Algérie (NGA).

Ces repères peuvent être des points naturels bien définis exemple avaloirs ou des rivets scellés dans un socle de béton.

VII.3 Application à notre projet :

L'absence de canevas topographique (non mis à notre disposition) ne nous a pas permis de traiter la partie implantation des alignements droits. On se contentera aux calculs d'implantation des parties courbes (clothoïde et cercle). l'axe sera défini en dernier par ses coordonnées X,Y, Z pour une éventuelle implantation en utilisant un appareil électronique.

VII.3.1. Raccordement circulaire :

1^{er} virage :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente

Angle au centre : $\alpha = 32,9067$ gr ; $R = 420$ m ; $i\delta = 3,2906$ gr

Tableau VII.1 : Eléments d'implantation du premier virage

Pts	$i\delta$ (gr)	$X = R \cdot \sin i\delta$ (m)	$Y = R(1 - \cos i\delta)$ (m)
T	0,0000	0,000	0,000
1	3,2906	23,250	0,560
2	6,5812	43,341	2,242
3	9,8718	64,867	5,039
4	13,1624	86,220	8,945
M	16,4530	107,342	13,948

2^{ème} virage :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente

Angle au centre : $\alpha = 16,7551$ gr ; $R = 450$ m ; $i\delta = 1,6755$ gr

Tableau VII.2 : Eléments d'implantation du deuxième virage

Pts	$i\delta$ (gr)	$X = R \cdot \sin i\delta$ (m)	$Y = R(1 - \cos i\delta)$ (m)
T	0,0000	0,000	0,000
1	1,6755	11,842	0,156
2	3,3510	23,675	0,623
3	5,0265	35,493	1,401
4	6,7020	47,286	2,491
M	8,3775	59,046	3,890

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

3^{ème} virage :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente

Angle au centre : $\alpha = 69,7670$ gr ; R = 350 m ; $i\delta = 6,9767$ gr

Tableau VII.3 : Eléments d'implantation du troisième virage

Pts	$i\delta$ (gr)	$X = R \cdot \sin i\delta$ (m)	$Y = R(1 - \cos i\delta)$ (m)
T	0,0000	0,000	0,000
1	6,9767	38,280	2,100
2	13,9534	76,100	8,373
3	20,9301	113,007	18,746
4	27,9068	148,559	33,092
M	34,8835	182,328	51,242

4^{ème} virage :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente

Angle au centre : $\alpha = 55,6604$ gr ; R = 280 m ; $i\delta = 5,5660$ gr

Tableau VII.4 : Eléments d'implantation du quatrième virage

Pts	$i\delta$ (gr)	$X = R \cdot \sin i\delta$ (m)	$Y = R(1 - \cos i\delta)$ (m)
T	0,0000	0,000	0,000
1	5,5660	24,449	1,069
2	11,1320	48,712	4,270
3	16,6980	72,602	9,576
4	22,2640	95,938	16,949
M	27,8300	118,541	26,330

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

5^{ème} virage :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente

Angle au centre : $\alpha = 3.9866$ gr ; $R = 350$ m ; $i\delta = 0,3986$ gr

Tableau VII.5 : Eléments d'implantation du cinquième virage

Pts	$i\delta$ (gr)	$X = R .\sin i\delta$ (m)	$Y= R(1-\cos i\delta)$ (m)
T	0,0000	0,000	0,000
1	0,3986	2,191	0,007
2	0,7972	4,383	0,027
3	1,1958	6,574	0,062
4	1,5944	8,765	0,109
M	1,9930	10,955	0,171

6^{ème} virage :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente

Angle au centre : $\alpha = 11,3107$ gr ; $R = 450$ m ; $i\delta = 1,1310$ gr

Tableau VII.6 : Eléments d'implantation du sixième virage

Pts	$i\delta$ (gr)	$X = R .\sin i\delta$ (m)	$Y= R(1-\cos i\delta)$ (m)
T	0,0000	0,000	0,000
1	1,1310	7,994	0,071
2	2,2620	15,986	0,284
3	3,3930	23,972	0,639
4	4,5240	31,951	1,135
M	5,6550	39,920	1,774

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

7^{ème} virage :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente

Angle au centre : $\alpha = 55,9410$ gr ; $R = 300$ m ; $i\delta = 5,5941$ gr

Tableau VII.7 : Eléments d'implantation du septième virage

Pts	$i\delta$ (gr)	$X = R \cdot \sin i\delta$ (m)	$Y = R(1 - \cos i\delta)$ (m)
T	0,0000	0,000	0,000
1	5,5941	26,327	1,157
2	11,1882	52,452	4,621
3	16,7823	78,172	10,364
4	22,3764	103,288	18,341
M	27,9705	127,607	28,493

8^{ème} virage :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente

Angle au centre : $\alpha = 61,2689$ gr ; $R = 400$ m ; $i\delta = 6,1268$ gr

Tableau VII.8 : Eléments d'implantation du huitième virage

Pts	$i\delta$ (gr)	$X = R \cdot \sin i\delta$ (m)	$Y = R(1 - \cos i\delta)$ (m)
T	0,0000	0,000	0,000
1	6,1268	38,436	1,851
2	12,2536	76,517	7,387
3	18,3804	113,890	16,556
4	24,5072	150,208	29,274
M	30,6340	185,136	45,423

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

Plan de piquetage des axes :

Ind.	X axe	Y axe	Z TN
1	244110.430	3968825.113	83.335
2	244085.606	3968828.077	82.526
3	244060.782	3968831.041	81.830
4	244035.959	3968834.006	81.533
5	244011.135	3968836.970	80.832
6	243986.312	3968839.934	80.274
7	243961.488	3968842.898	79.555
8	243936.664	3968845.862	78.919
9	243911.841	3968848.827	78.127
10	243887.017	3968851.791	77.712
11	243862.193	3968854.755	76.750
12	243837.370	3968857.719	76.234
13	243812.546	3968860.684	75.417
14	243787.722	3968863.648	74.685
15	243762.899	3968866.612	74.678
16	243738.075	3968869.576	73.833
17	243713.251	3968872.540	73.351
18	243688.428	3968875.505	73.164
19	243663.604	3968878.469	72.925
20	243642.762	3968891.480	72.347
21	243622.646	3968906.325	72.489
22	243602.530	3968921.169	71.775
23	243582.415	3968936.013	72.034
24	243562.299	3968950.858	72.302
25	243542.183	3968965.702	72.617
26	243522.067	3968980.547	72.202
27	243501.952	3968995.391	72.581
28	243481.836	3969010.235	72.623
29	243461.720	3969025.080	72.610
30	243440.363	3969037.674	72.538
31	243417.078	3969046.774	72.373
32	243393.793	3969055.873	72.425
33	243370.508	3969064.973	72.478
34	243347.223	3969074.073	72.567
35	243323.938	3969083.173	72.494
36	243300.653	3969092.273	72.437
37	243277.367	3969101.372	72.241
38	243254.082	3969110.472	72.326
39	243230.797	3969119.572	71.886
40	243207.512	3969128.672	72.420
41	243184.227	3969137.772	72.382
42	243160.942	3969146.871	72.270
43	243137.657	3969155.971	72.229
44	243114.372	3969165.071	72.181
45	243091.087	3969174.171	72.061
46	243067.802	3969183.271	72.130
47	243044.517	3969192.370	71.406
48	243021.232	3969201.470	72.317
49	242997.947	3969210.570	71.351
50	242974.662	3969219.670	72.178
51	242951.377	3969228.770	71.956
52	242928.092	3969237.869	70.544
53	242904.807	3969246.969	69.673
54	242886.708	3969260.015	70.093
55	242884.151	3969284.883	71.048
56	242881.595	3969309.752	72.148

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

57	242879.039	3969334.621	73.141
58	242876.482	3969359.490	74.056
59	242873.926	3969384.359	74.441
60	242871.369	3969409.228	75.019
61	242868.813	3969434.097	75.694
62	242866.256	3969458.966	76.511
63	242863.700	3969483.835	77.607
64	242861.144	3969508.704	78.577
65	242858.587	3969533.573	79.357
66	242856.031	3969558.442	79.576
67	242853.474	3969583.311	80.364
68	242850.918	3969608.180	81.199
69	242848.361	3969633.049	82.306
70	242845.805	3969657.918	83.296
71	242843.248	3969682.787	84.596
72	242840.692	3969707.656	85.299
73	242838.136	3969732.524	86.728
74	242835.579	3969757.393	88.165
75	242833.023	3969782.262	87.404
76	242830.466	3969807.131	89.715
77	242827.910	3969832.000	91.993
78	242825.353	3969856.869	92.815
79	242822.797	3969881.738	93.407
80	242820.241	3969906.607	93.835
81	242817.684	3969931.476	96.543
82	242815.128	3969956.345	97.453
83	242812.571	3969981.214	95.855
84	242810.015	3970006.083	100.244
85	242818.086	3970027.255	101.772
86	242835.525	3970045.169	102.227
87	242852.963	3970063.083	102.681
88	242870.401	3970080.997	103.452
89	242887.840	3970098.911	105.553
90	242905.278	3970116.824	106.328
91	242922.716	3970134.738	107.230
92	242940.154	3970152.652	108.893
93	242957.593	3970170.566	110.803
94	242975.031	3970188.480	112.348
95	242992.469	3970206.394	113.889
96	243009.907	3970224.308	115.430
97	243027.346	3970242.221	117.539
98	243044.784	3970260.135	118.878
99	243062.222	3970278.049	120.225
100	243079.661	3970295.963	121.092
101	243097.099	3970313.877	122.887
102	243114.537	3970331.791	122.508
103	243131.975	3970349.705	125.039
104	243149.414	3970367.618	125.478
105	243166.852	3970385.532	126.846
106	243190.221	3970393.940	127.748
107	243213.977	3970401.725	128.359
108	243237.734	3970409.510	130.010
109	243261.491	3970417.296	131.413
110	243285.248	3970425.081	132.591
111	243309.005	3970432.866	133.273
112	243332.762	3970440.651	134.875
113	243356.519	3970448.437	136.175
114	243380.276	3970456.222	137.614
115	243404.033	3970464.007	138.860

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

116	243427.789	3970471.792	140.628
117	243451.546	3970479.578	141.671
118	243475.303	3970487.363	143.039
119	243498.547	3970496.086	144.755
120	243517.927	3970511.879	144.884
121	243537.307	3970527.672	145.850
122	243556.688	3970543.465	145.592
123	243576.068	3970559.258	145.703
124	243595.448	3970575.050	146.253
125	243614.828	3970590.843	147.142
126	243634.208	3970606.636	148.172
127	243653.588	3970622.429	149.094
128	243672.968	3970638.222	149.941
129	243692.348	3970654.015	151.797
130	243711.728	3970669.807	152.524
131	243731.108	3970685.600	153.733
132	243750.488	3970701.393	158.397
133	243769.868	3970717.186	158.693
134	243789.248	3970732.979	158.661
135	243808.628	3970748.771	158.023
136	243828.008	3970764.564	159.125
137	243847.388	3970780.357	160.140
138	243866.769	3970796.150	160.798
139	243886.149	3970811.943	160.996
140	243905.529	3970827.736	162.684
141	243924.909	3970843.528	162.405
142	243944.289	3970859.321	162.511
143	243946.008	3970883.595	162.915
144	243946.217	3970908.594	163.843
145	243946.426	3970933.594	164.696
146	243946.636	3970958.593	164.883
147	243946.845	3970983.592	165.637
148	243947.054	3971008.591	166.542
149	243947.264	3971033.590	167.555
150	243947.473	3971058.589	169.513
151	243947.682	3971083.588	170.654
152	243947.892	3971108.587	172.049
153	243948.101	3971133.587	173.445
154	243948.310	3971158.586	173.349
155	243948.519	3971183.585	174.365
156	243948.729	3971208.584	173.690
157	243948.938	3971233.583	175.171
158	243949.147	3971258.582	175.897
159	243949.357	3971283.581	176.233
160	243949.566	3971308.580	177.722
161	243961.447	3971327.361	179.741
162	243982.079	3971341.479	180.903
163	244002.711	3971355.597	182.978
164	244023.343	3971369.714	182.590
165	244043.976	3971383.832	180.962
166	244064.608	3971397.950	181.241
167	244085.240	3971412.068	181.457
168	244105.872	3971426.186	181.923
169	244124.922	3971439.221	182.365

CHAPITRE VIII

ASSAINISSEMENT

CHAPITRE VIII : ASSAINISSEMENT

VIII.1 Introduction :

Les écoulements naturels et les eaux superficielle se font par des ouvrages busés ou maçonnés. Les écoulements franchissant la route proviennent des bassins versants et des eaux de pluie reçues sur la plate-forme de la route.

L'assainissement de la plate-forme est assuré par des fossés bétonnés trapézoïdaux selon les pentes des profils en long.

La présente étude d'assainissement consiste principalement à :

- Assurer l'assainissement existant au niveau de la route (ouvrages busés, ouvrages en maçonneries, fossés en terre ou fossés bétonnés).
- Calcul des débits d'apport (naturels) et dimensionnement des ouvrages de franchissement.
- Assainissement de la plate-forme de la route.
- Solutions retenues.

VIII.2 Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants:

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

VIII.3 Type de dégradation : Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendre de grave dégât a cause de mauvais drainage et entretien.

Ces dégradations présentent sous forme de :

VIII.3.1 Pour les chaussées :

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

VIII.3.2 Pour le talus :

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

VIII.4 Type de canalisation :

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

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

VIII.5 Drainage des eaux souterraines:

VIII.5.1 Nécessité du drainage des eaux souterraines :

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

Il faut donc veiller à éviter :

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

VIII.5.2 Protection contre la nappe phréatique :

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

Si la portance du sol est faible, on pourra :

- Soit dimensionner la chaussée en conséquence.
- Soit augmenter les caractéristiques de portance du sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique ou en mettant la chaussée en remblai.
- Le choix de l'une ou l'autre de ces solutions dépend :

Des possibilités de drainage du sol (coefficient de perméabilité).

- De l'importance des problèmes de gel.
- De leurs coûts respectifs.

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

VIII.6 Dimensionnement des ouvrages du réseau d'assainissement :

Le réseau d'assainissement doit collecter les eaux de ruissellement provenant des bassins versants routiers et des talus pour les évacuer vers la mer. Son architecture se développe principalement tout le long de l'infrastructure suivant une logique hydraulique gravitaire (entre un point haut et un point bas) par assemblage d'ouvrages élémentaires (linéaires ou ponctuels, enterrés ou superficiels).

VIII.6.1 Choix des ouvrages d'assainissement :

Il n'existe a priori aucune solution toute faite et reproductible à tous les projets routiers.

Toutefois, le choix d'un ouvrage d'assainissement doit principalement reposer sur les critères suivants :

- Sa capacité hydraulique ;
- Son insertion dans le profil en long et le profil en travers du projet routier, donc sa géométrie qui prend en compte l'aspect sécurité de l'utilisateur également .
- Son niveau de protection au regard de la vulnérabilité des eaux .
- Sa facilité d'entretien et d'exploitation des ouvrages.
- Le dimensionnement de différents types d'ouvrage d'assainissement résulte de la comparaison du débit d'apport et le débit de saturation de chaque type d'ouvrage.

$$Q_a = Q_s \quad \text{VIII.1}$$

VIII.6.2 Le débit d'apport :

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

$$Q_a = K * C * i * A \quad \text{VIII.2}$$

Avec:

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

K :coefficients de conversion $K= 0.2778$

C :coefficient de ruissellement sans dimension.

A :l'aire du bassin versant (ha ou Km^2).

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

VIII.6.2.1 Coefficient de ruissellement « C » :

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

- la pente et la couverture végétale du bassin versant,
- l'intensité de pluie
- et la perméabilité
- du terrain.

**ETUDE DE L'ÉVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

C'est le rapport du volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau reçu sur elle.

Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

Tableau VIII.1: Coefficient de ruissellement « C ».

Type de chaussée	Coefficient « C »	Valeur prise
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.35
Talus, sol perméable	0.10 à 0.30	0.25
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

VIII.6.2.2 L'intensité de la pluie I_t :

$$I_t = i * \frac{t_c^\beta}{24} \quad \text{VIII.2}$$

Avec :

I : intensité horaire (mm/h)

T_c : temps de concentration (heure)

L'intensité horaire i : $i = \frac{P_{j\%}}{t}$ VIII.3

Avec $t = 24$ h.

VIII.6.2.3 Temps de concentration t_c :

La durée t de l'averse qui produit le débit maximum Q prise égale au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après VENTURA, PASSINI, GIADOTTI, comme suit :

✓ Si $A \leq 5$ km², VENTURA : $t_c = 0.127 * \sqrt{\frac{A}{P}}$ VIII.4

✓ Si $5 < A \leq 200$ km², selon GIADOTTI : $t_c = 0.108 * \frac{\sqrt[3]{A}}{\sqrt{P}}$ VIII.5

✓ Si $A > 200$ km², selon PASSINI : $t_c = \frac{(4 * \sqrt{A}) + (1.5 * L)}{(0.8 * \sqrt{H})}$ VIII.6

Avec:

A : aire du bassin versant (km²).

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

L : Longueur du bassin versant (km).

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

La pluie de fréquence pour le calcul du dimensionnement des ouvrages hydrauliques correspond à une durée de pluie 15 minutes = 0.25 heures ($t_c = 0.25$ h).

**ETUDE DE L'ÉVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

VIII.6.2.4 Pluie journalière maximal annuelle Pj :

Pj est donné par la formule de GALTON :

$$P_{j\%} = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{c^2+1}} e^{u\sqrt{\ln(c^2+1)}}$$

VIII.7

Avec :

Pj moy: pluie journalière moyenne (mm).

Cv: Coefficient de variation climatique.

Ln: Log Népérien.

u : Variable de Gauss. (Fonction de la période de retour) dont les valeurs sont données par le tableau suivant :

Tableau VIII.2 : Variable de Gauss

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (année)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS (u)	0	0.84	1.28	1.64	2.05	2.3

Remarque :

- Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
- Les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- Les ponts dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

VIII.7 Le débit de saturation :

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

$$Q_s = S_m * K_{ST} * R_h^{2/3} * \sqrt{I} \quad \text{VIII.8}$$

Avec :

Qs : Le débit de saturation (m³/s)

Sm : Surface mouillée (m²)

I : pente moyenne de l'ouvrage (m/m)

Rh : Rayon hydraulique (m)

Kst : Coefficient de rugosité $R_h = \frac{S_m}{P_m}$ VIII.9

Avec :

$$S_m = \frac{\pi * R^2}{2}, P_m = \pi * R \Rightarrow R_h = \frac{R}{2} \quad \text{VIII.10}$$

**ETUDE DE L'ÉVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES
UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM**

Tableau VIII.3 : Coefficients de rugosité Kst

Matériaux constituant la buse	Coefficient de rugosité Kst
En terre	30
En métal	40
En béton ordinaire (dalots)	70
En béton préfabriqué (Buses)	80

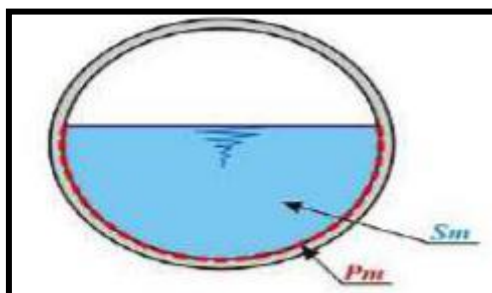


Figure VIII. 1:section transversale d'un ouvrage d'assainissement représente S m et P m

VIII.8 Dimensionnement des buses :

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que

Q_a = Q_s. Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition.

$$Q_s = S_m * K_{St} * R_h^{2/3} * I^{1/2} \quad \text{VIII.11}$$

$$Q_a = K * C * I_t * A \quad \text{VIII.12}$$

$$Q_s = \frac{\pi * R^2}{2} * K_{St} * \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} * \sqrt{I} \quad \text{VIII.13}$$

Avec:

Kst= 80 (béton préfabriqué)

I: la pente de pose (2.5%).

Une fois le rayon R est déterminé on prend le diamètre de la buse $\varnothing = 2R$. Pour le dimensionnement des buses on prend un temps de concentration égale à 15min.

Alors $t_c = 0.25h$, et une période de retour de 10 ans.

Tableau VIII.4 : Intensité-Durée-Fréquence.

Période	15min	30min	1H	2H	3H	6H	12H	24H
5ans	38.29	27.2	19.33	13.73	11.24	7.986	5.674	4.031
10ans	54.81	31.83	22.62	16.07	13.16	9.346	6.64	4.717
50ans	61.06	36.28	25.77	18.31	14.99	10.65	7.566	5.375
100ans	75.22	46.33	32.92	23.39	19.15	13.6	9.664	6.866

D'après les données précédentes et le tableau **Intensité« Durée-Fréquence »**. On a obtenu une intensité $I_t = 54.81\text{mm/h}$.

VIII.9 Dimensionnement des fossés:

Les fossés sont des ouvrages longitudinaux destinés à collecter les eaux superficielles qui ruissellent sur la chaussée, sur les accotements, les talus et sur les terrains avoisinants. Le débit à évacuer est celui du secteur du bassin versant drainé par le fossé. Nous prévoyons des fossés en forme de V de 50 cm d'ouverture et 50 cm de profondeur. Les fossés doivent être en béton légèrement armé treillis soudé afin d'éviter d'éventuels érosions. Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous.

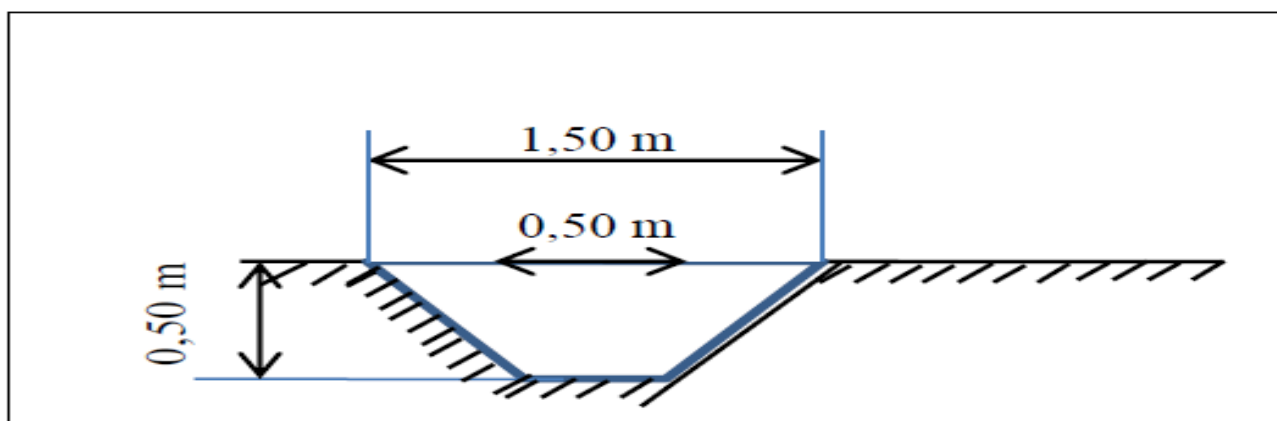


Figure VIII.2: forme utilisé pour le fossé

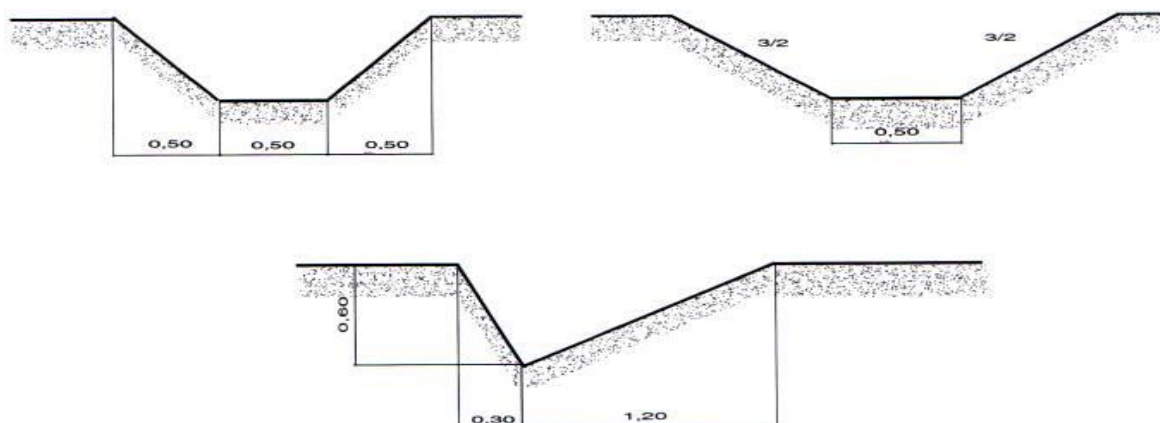


Figure VIII.3: les types de fossé.

VIII.10 Conclusion :

Pour notre projet on a proposé :

- Des buses de 1000 mm de diamètre pour faciliter l'évacuation des eaux pluviales.
- Des fossés.
- décente d'eau

CHAPITRE IX

SIGNALISATION ET DISPOSITIFS

CHAPITRE IX : SIGNALISATION ET DISPOSITIFS

IX.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.

IX.2 L'objectif de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

- 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.

IX.3 Catégories de signalisation :

On distingue :

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

IX.4 Règles à respecter pour la signalisation :

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

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent
- L'attention de l'utilisateur.

IX.5 Types de signalisations :

Elles peuvent être classées dans quatre classes

IX.5.1 Signalisation Verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- Signalisation avancée
- Signalisation de position.
- Signalisation de direction.

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

IX.5.1.1 Signaux de danger :

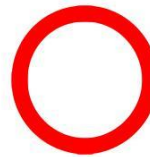
Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).



IX.5.1.2 Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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



IX.5.1.3 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.
- Signaux divers.



IX.5.1.4 Signaux de position des dangers :

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

IX.5.2 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 :

IX.5.2.1 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.

IX.5.2.2 Marquage transversal :

➤ **Lignes transversales continues :**

éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient marquer un temps d'arrêt.

➤ **Lignes transversales discontinues :**

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

IX.5.2.3 Autre 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.

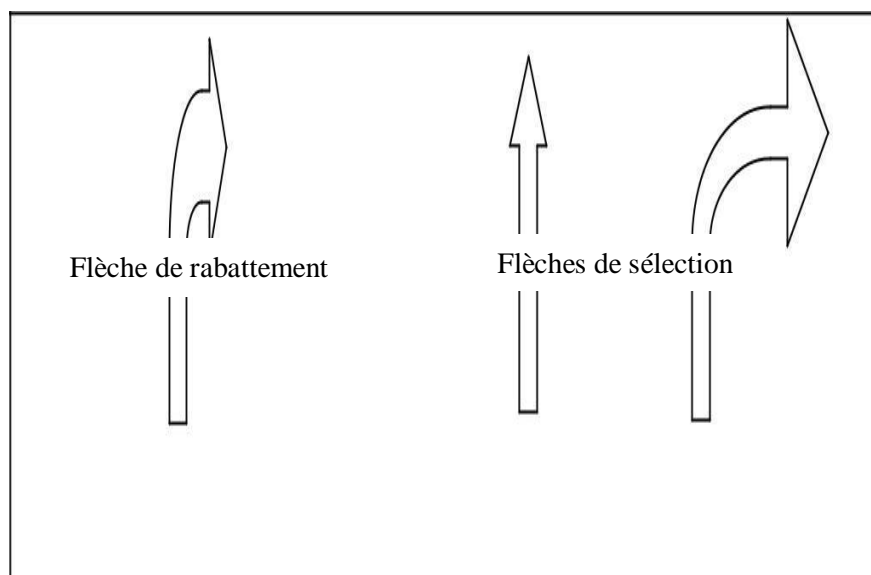


Figure IX.1 : Flèche de signalisation.

IX.6 Application au notre projet :

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

Signalisation Verticale :

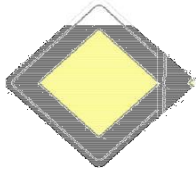



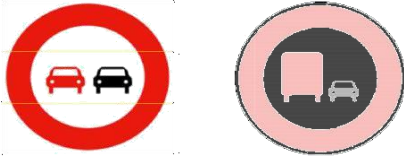
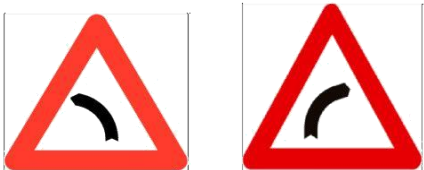
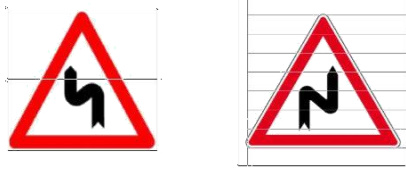
Indication du caractère prioritaire du dédoublement	
Arrêt à l'intersection, Signal de position	
Arrêt à l'intersection. Signal avancé	
Limitation de vitesse . Ces panneaux notifient l'interdiction de dépasser la vitesse indiquée.	
Interdiction de doublage	
Virage à gauche / à droite	
Double Virage à gauche / à droite	

Figure IX.2 : Signalisation verticale

Signalisation Horizontale :

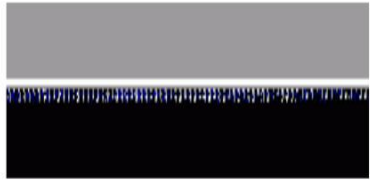
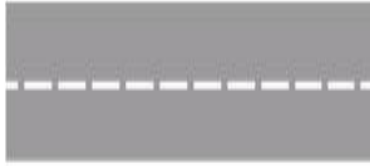
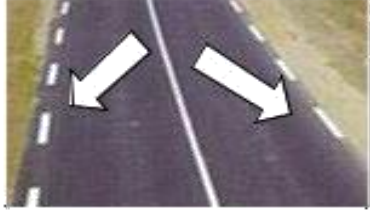
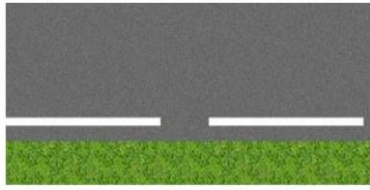
<p>Ligne continue : Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits. Il est également interdit de la traverser perpendiculairement</p>	
<p>Ligne discontinue : Trait 3m, intervalle 10m. Dépassement et changement de voie autorisés.</p>	
<p>Ligne de rive : Trait 3m, intervalle 3,50m. Sépare 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.</p>	
<p>Ligne de rive : Trait de 20m, intervalle 6 m. Annonce l'approche d'une intersection.</p>	

Figure IX.3 : Signalisation horizontale

IX.7 Conclusion :

La signalisation routière présente une grande importance dans notre projet suivant tout le long de l'itinéraire qui rend la circulation plus facile aux usagers de la route .

CHAPITRE X

ETUDE DE DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM

CHAPITRE X : ETUDE DE DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Pour le calcul du coût de ce projet, il faut connaître les devis estimatifs et quantitatifs.

X.1 Devis estimatif : C'est une pièce technique établie à partir d'une part du devis descriptif et de l'autre part ; il fournit une prévision de dépenses ; il permet au service technique de vérifier la demande et de faire ordonner les paiements en temps utile.

X.2 Devis quantitatif : C'est le classement rationnel et respectif des quantités d'ouvrages de même nature et de qualité défini par l'avant métré.

X.3 Les éléments du devis estimatif et quantitatif :

- Décapage de la plateforme
- Ouverture des fossés
- Corps de chaussée
- Déblai mis en remblai
- Accotements

X.4 Calcul de cote du projet :

X.4.1 Décapage de la plate-forme :

D'après les résultats de covadis: $S_{TV} = 29\,386.56 \text{ m}^2 \rightarrow P_{unitaire} = 50 \text{ DA/m}^2$

$Pt = S_{TV} \times P_u = 1\,469\,328 \text{ DA}$

Avec :

S_{rv} : surface de terre végétale.

P : prix unitaire.

a-Déblais :

$VD = 16\,298.97 \text{ m}^3 \rightarrow P_{unitaire} = 250 \text{ DA/m}^3$

$Pt = VD \times P_u = 16\,298.97 \times 250 = 4\,074\,742.50 \text{ DA}$

b-Remblais :

$VR = 11\,001.46 \text{ m}^3 \rightarrow P_{unitaire} = 700 \text{ DA/m}^3$

$Pt = 11\,001.46 \times 700 = 7\,701\,022 \text{ DA}$

X.4.2 Corps de chaussée :

Couche de roulement en béton bitumineux :

$$V = L * l * e \quad \text{X.1}$$

Avec :

L : longueur de la route.

l : largeur de la chaussée.

e : épaisseur.

$V = 4198,08 \times 0,06 \times 6 = 1511.30 \text{ t}$ densité = 2.3%

ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSÉES UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM

$$Q = 2.3 \times 1511.30 = 3476.01 \text{ t}$$

$$P_{\text{unitaire}} = 4700 \text{ DA/t}$$

$$Pt = 3476.01 \times 4700 = 16\,337\,247 \text{ DA}$$

X.4.3 Couche de fondation en grave concacé :

$$V = L * l * e \quad \text{X.2}$$

Avec :

L : longueur de la route.

l: largeur de la Couche de fondation.

e: épaisseur.

$$V = 4198,08 \times 0,19 \times 7 = 5538.44 \text{ t} \quad \text{densité } 2.5\%$$

$$Q = 2.5 \times 5538.44 = 13\,958.62 \text{ t}$$

$$P_{\text{unitaire}} = 900 \text{ DA}$$

$$Pt = 13\,958.62 \times 900 = 12\,562\,758 \text{ DA}$$

X.4.4 Couche de forme en T.V.O :

$$V = L * l * e \quad \text{X.3}$$

Avec :

L : longueur de la route.

l: largeur de la Couche de forme.

e: épaisseur.

$$V = 4198,08 \times 0,24 \times 7 = 7052,77 \text{ m}^3$$

$$P_{\text{unitaire}} = 1400 \text{ DA/m}^3$$

$$Pt = 7052,77 \times 1400 = 9\,873\,878 \text{ DA}$$

ETUDE DE L'EVITEMENT DE MESRA À DEUX CHAUSSEES UNIDIRECTIONNELLES (2 × 2 VOIES) SUR 4,100 KM

Tableau X.1 : Devis quantitatif et estimatif du projet

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF					
N°	Désignation	Unité	Quantité	PU (DA)	MONTANT
1	Décapage de la plate forme	M ²	29 386.56	50,00	1 469 328,00
2	Déblais	M ³	16 298.97	250,00	4 074 742,50
3	Remblais	M ³	11001.46	700,00	7701 022,00
CORPS DE CHAUSSEE					
4	F/mise en œuvre de la couche en béton bitumineux à module élevé 0/10 sur une Ep : de 06 cm y compris couche d'imprégnation 0/1 et toute sujétions de mise en œuvre.	T	3476.01	4700,00	16337 247,00
5	F/mise en œuvre de la couche en grave coccacées sur ép : 19 cm	T	13958.62	900,00	12 562 758,00
6	Rechargement de la plate-forme en T.V.O compris arrosage, compactage et toute Sujétions de mise en œuvre EP=24cm	T	7 052 .77	1400,00	9 873 878,00
7	Rechargement des accotements en tuf sur une épaisseur de 12 cm y compris compactage et arrosage et toutes sujétions comprises	M ³	1 007.54	1400,00	1 410 556, 00
8	Ouverture de fossé bétonné	ML	3000	4500,00	13 500 000,00
SIGNALISATION ET DIVERS					
9	Ligne continue	ML	8170.42	150,00	1 225 563,00
10	Ligne discontinue	ML	3351	150,00	502 650,00
MONTANT EN H T					68 657 744,50
TVA 19%					13 044 971,46
MONTANT EN TTC					81 702 715,96

Le projet est estimé à : **81702715,96 DA**

Quatre -Vingt Un Millions Sept Cent Deux Mlle Sept Cent Quinze Dinars et Quatre – VingtSeize centimes.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale

Notre travail consistait à Etude de l'évitement de Mesra à deux chaussées unidirectionnelles (2 x 2 voies) sur un linéaire s'étalant sur 4,100 km.

Cette étude nécessitait deux phases : la première consiste en l'étude de la route existante tandis que la seconde concerne l'étude des variantes.

L'étude de la route existante présente, un certain nombre de rayons variant entre 300 m et 600 m et des lacets.

La route suit de très près des variations de relief naturel, d'où les déclivités très importantes variant entre 5 à 9%, d'où la vitesse de croisière est remarquablement diminuée. La route actuelle à une largeur de chaussée d'environ 6 à 7 m avec un accotement de 1 à 2.5 m.

Dans la partie étude, en se référant aux normes du B40 et afin de permettre aux usagers confort et sécurité on a diminué le nombre de rayons puis on a modifié certains rayons quand la topographie le permet (Modèle numérique de terrain). On a procédé à la modification du profil en travers en optant pour un profil répondant au trafic actuel, puis on opté pour des déclivités répondant aux normes.

Cette étude nous a permis d'être en face à des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. Il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier.

Pour notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, les directives et les recommandations liées au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain.

Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail dans un premier temps la prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route.

En outre ce travail de fin d'études nous a permis d'appliquer nos connaissances théoriques acquises pendant le cycle de formation et de mieux maîtriser les logiciels tels que

« **AUTOCAD** » et « **COVADIS** ».

Enfin, finalement grâce à ce projet, on s'immerge dans le milieu professionnel dans lequel nous serons appelés à édifier notre pays et de contribuer efficacement à son développement.

Abstract

Our work consisted in Study of the avoidance of Mesra with two unidirectional pavements (2 x 2 lanes) on a linear spanning 4,100 km.

This study required two phases: the first consists of the study of the existing road while the second concerns the study of variants.

The study of the existing road presents, a number of radii varying between 300 m and 600 m and laces.

The route follows very closely variations in natural relief; hence the very significant gradients varying between 5 to 9%, hence the cruising speed is remarkably reduced.

The current road has a road width of approximately 6 to 7 m with a shoulder of 1 to 2.5 m.

In the study part, by referring to the B40 standards and in order to allow users comfort and safety, we reduced the number of spokes then we modified certain spokes when the topography allows it (Digital terrain model). We modified the cross profile by opting for a profile that meets current traffic, then we opted for gradients that meet standards.

This study allowed us to be faced with technical and administrative problems that may arise in a road project. It was also a great opportunity to know the progress of a public works project in general and a road project.

For our study we rigorously applied all the standards, directives and recommendations related to the road domain to counteract the constraints encountered in the field.

In addition, the primordial concern which guided our modest work in a first time the consideration of the comfort and the safety of the road users and in a second time the economy and the environmental aspect related to the impact of the realization of this road.

In addition, this end of studies work allowed us to apply our theoretical knowledge acquired during the training cycle and to better master software such as "AUTOCAD" and "COVADIS".

Finally, thanks to this project, we immerse ourselves in the professional environment in which we will be called to build our country and to contribute effectively to its development.

BIBLIOGRAPHIE

Références Bibliographiques

<http://Earth.Google.com/maps>. Consulté le 02/03/2020,
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Emploi>,

Roger Coquand., 1969 : Route, circulation, tracé et construction. Livre1, Paris.

KALLI F. Z. R., 2014,Cours de routes conception des tracés routiers -normes-, Edition OPU, 176 p.

KALLIF.Z;GOUMETTRE. A, Manuel de projet de routes, office des publications universitaires, Alger, 2012, ISBN : 978-9961-01-509-4

BERTHIER Jean., 1992 : Projet et construction de la route in Techniques de l'ingénieur, traité construction C5500.

ISA Frédéric., 2009 : Les routes. Cours module C9. IUT St Pierre, France.

Normes techniques d'aménagement des routes, B40. Algérie, ministre des travaux publics, octobre (1977).

Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes, Guide technique. SETRA -LCPC (2006).

LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussée neuves. Paris :Bagneux, 1977. Assainissement Routier et protection de la ressource en eau, Guide Technique SETRALCPC(2009).

François G, Brière. Distribution et collecte des eaux. 2^{ème}édition : Ecole polytechnique de Montréal, 2000. P399.

FODIL. A, MOSTEFAL.F, 2013, Etude d'un tronçon de dédoublement de la ROUTE NATIONALE 101 (ainTemouchent –Sidi Bel Abbès) sur 10 Km avec management de carrefours, Mémoire fin d'étude, université AboubekrBelkaid, Tlemcen

BENMANSOURZ.H, 2010, Analyse multicritères pour le choix de variantes d'un projet routier –cas de la route nationale ROUTE NATIONALE07, Mémoire de Fin D'étude, soutenance en 2010, université AboubekrBelkaid, Tlemcen,

MOUADENE M.et OULADSIDIOMARA.2016, Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN 01 entre la commune Bouzbayar et le chef-lieu de Laghouat (du PK 516 au PK 522), Mémoire de PFE Pour l'obtention du diplôme de Master option : VOIES ET OUVRAGES D'ART, Département de génie civil et hydraulique UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA.

OUNADJELA C. et HARIZ S., 2017, Approche méthodologique pour l'étude d'un projet routier–cas du dédoublement de la route nationale 92 reliant saida a el hassasna sur un linéaire de 4Km. Mémoire de PFE Pour l'obtention du diplôme de Master en génie civil spécialité : INFRASTRUCTURE DE BASE ET GEOTECHNIQUE–TRAVAUX PUBLICS, Université AboubakrBelkaïd–Tlemcen –