

INTRODUCTION

Le réseau routier Algérien occupe une place stratégique dans notre système de transport, puisqu'il supporte plus de 85% du volume de transport de marchandise et de voyageurs, c'est par conséquent, un élément essentiel et fondamental dans le processus de développement du pays.

En vue de préserver ce patrimoine routier, l'état alloue annuellement des sommes qui, certes sont considérables mais restent toujours insuffisantes au vu de l'état actuel du réseau, pour s'en moderniser, lequel accuse des dégradations subies par l'ancienneté des routes et les techniques de construction utilisées.

Les structures de chaussées en place non renouvelées à ce jour représentent une grande majorité du réseau qui supporte l'intense trafic actuel, c'est ce qui a poussé à mener des études de renouvellement des chaussées dégradées selon l'intensité du trafic supporté ; pour celles menées sur quelques sections de route dont le trafic est inférieur à 3000 véhicules par jour ont montré que le taux de rentabilité pour les types de renforcement lourd est faible, d'autres part l'état de dégradation avancée de ces sections faisait que les travaux d'entretien classique ne soient plus suffisants. C'est précisément, ce type de route qu'il a été intéressant d'intégrer dans le cadre de la recherche d'une solution intermédiaire qui est la technique de réhabilitation :

Ce projet de réhabilitation étant nécessaire, compte tenu de :

- L'importance de la route existante qui doit supporter l'intensité du trafic actuel.
- Les différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région.
- La demande croissante en matière de transport de marchandises qui traverse cet axe.
- L'état dégradé de la route existante.
- Problèmes de dépendances de la route aux actions de sécurité

Le présent mémoire se compose de deux grandes parties. Dans la première partie nous étudierons la route existante tout en faisant ressortir les éléments ne respectant pas les normes du B40. Et dans la seconde partie nous feront tous les calculs nécessaires à la réhabilitation de notre tracé en dotant cette route des caractéristiques d'un chemin de wilaya.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I.1) PRESENTATION DU PROJET :

Le projet fait partie du réseau des routes de wilaya, c'est un tronçon de la CW 01 situé dans la wilaya de Tiaret reliant La ville de Tidda à la ville Meghila sur une longueur d'environ 17 kilomètres 600 m dans sa globalité.

Ce projet s'inscrit dans le cadre du programme national de développement des voies de la wilaya Tiaret.

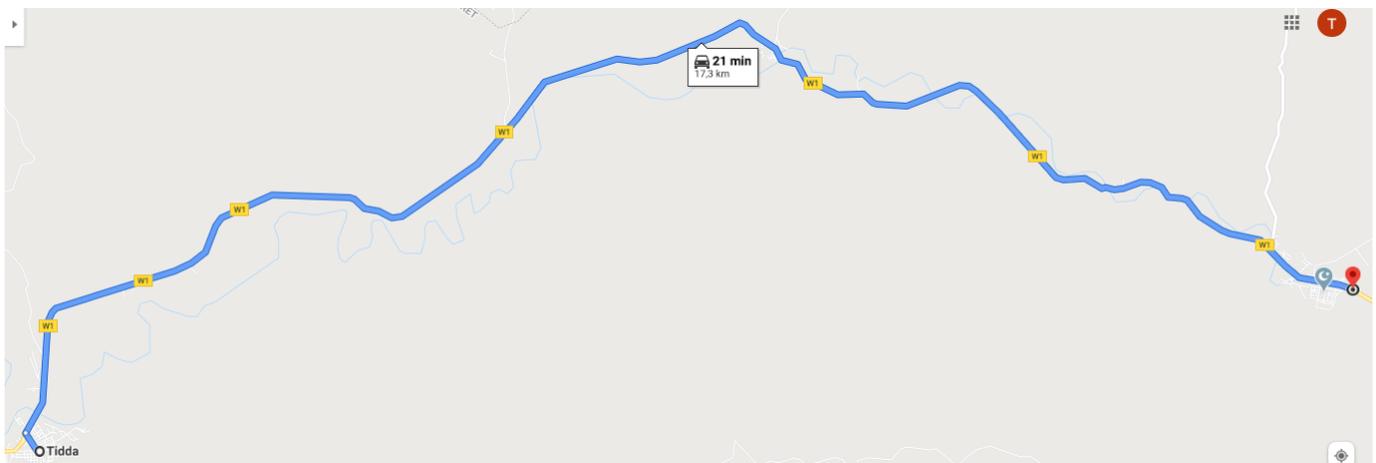


Figure 1:projet global

I.2) OBJECTIF DU PROJET :

Le projet de réhabilitation du chemin de wilaya CW01 a pour objectif de doter cette route des caractéristiques d'un chemin de wilaya. Cela se concrétise moyennant les actions suivantes:

- Amélioration le niveau de service de cette route.
- Réduire le nombre d'accidents au niveau de la CW01.
- Assurer le confort, et la sécurité des usagers.
- Augmentation de la capacité de la route.
- Les Rectifications des virages.
- Le Renforcement de la chaussée pour un apport structurel.
- L'élargissement de la route en évitant les grands remblais.

I.3) PRESENTATION DE LA WILAYA :

I.3.1) Situation géographique

La ville de Tiaret est située sur le mont du Gezoul qui fait partie de la chaîne de l'Atlas tellien. Le Chef-lieu de la wilaya est située à 361 km à l'Ouest de la capitale, Alger. Elle s'étend sur une superficie de 20 050 km². Elle est limitée par plusieurs wilayas à savoir:

- les Wilayas de Tissemsilet et Relizane au Nord ;
- Laghouat et El-Bayadh au Sud ;
- les Wilayas de Mascara et Saïda à l'Ouest ;
- la Wilaya de Djelfa à l'Est.



Figure 2:situation géographique de Tiaret

La wilaya de Tiaret a un caractère agro-pastoral. Avec une superficie agricole totale de 1.610.703 ha réparties à raison de 704.596 ha agricoles utiles dont 14.561 ha en irrigué et un million d'hectares en steppe, parcours, alfa et forêts, la Wilaya de Tiaret est dominée par le système «céréales- élevage » dont l'intégration constitue l'essentiel de la production agricole et de la croissance économique.

Sur les 704.596 ha utiles, 330.000 ha sont cultivés annuellement en céréales, fourrages et légumes-secs, 7000 ha en cultures maraîchères dont les 4/5 en pomme de terre et oignon, l'arboriculture fruitière occupe 6453 ha. Les effectifs ovins (700.000 têtes environ) et bovins (39200 têtes dont 25750 vaches laitières) représentent l'autre volet important du système de production agricole de la Wilaya.

I.3.2) Situation démographique

La population totale de la wilaya est estimée à 888 220 habitants, soit une densité de 44 habitants par Km².

La population ayant un âge inférieur à 15 ans représentant 30% du total de la population, constitue dans les années à venir une importante ressource humaine.

I.3.2.1) Le relief :

Au vu de son étendue, le relief de la Wilaya qui est hétérogène, est matérialisé par :

- Une zone de montage au Nord ;
- Des hautes plaines au Centre ;
- Des espaces semi-arides au Sud.

I.3.2.2) Le climat :

Le climat dans la wilaya de Tiaret se caractérise par 02 périodes à savoir : un hiver rigoureux et un été chaud et sec avec une température moyenne de 37,2°C.

Un été chaud et sec avec une température moyenne de 24°C.

I.4) RESEAU ROUTIER :

-Potentialités existantes:

- Routes nationales (RN) : 569 km
- Chemins de Wilaya (CW) : 708 km
- Chemins communaux (CC) : 1135 km

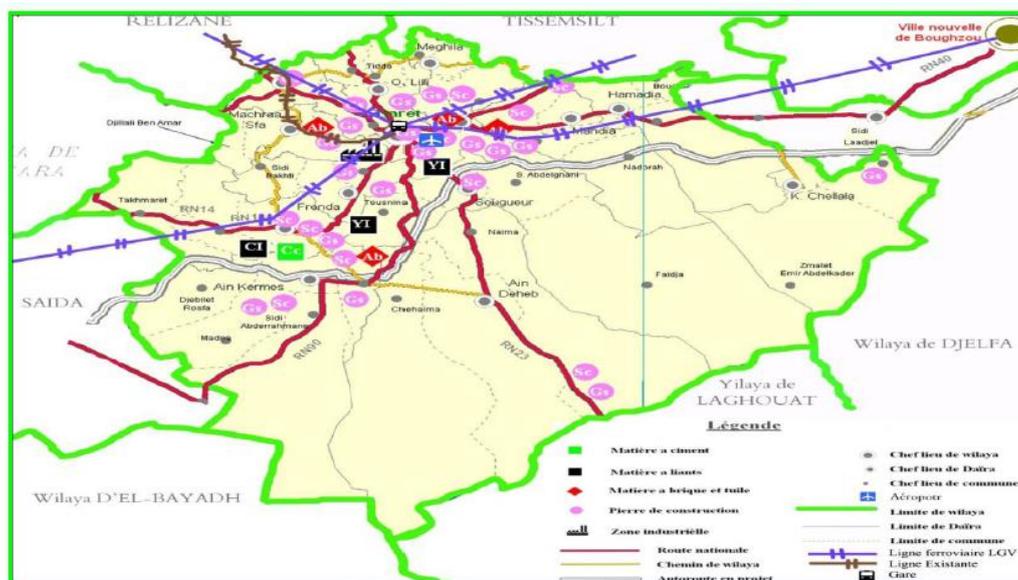


Figure 3: carte du réseau de la wilaya

Notre Tronçon :

Notre tronçon qui fait l'objet de notre étude est d'une longueur de plus de 03 kilomètres



Figure 4 : tronçon de notre projet

=

I.5) DONNEES DE BASE :

I.5.1) Plan topographique :

- Topographie :

Tout projet de route nécessite un document de base, qui est le plan topographique. Pour l'étude de la réhabilitation du CW 01, on a eu l'occasion de le récupérer auprès des services de la direction des travaux publics de la wilaya

Ce plan doit représenter fidèlement le terrain en question.

- Il représente la forme du sol et des détails qui s'y trouvent, donc il reflète la réalité du projet tel qu'il est avant conception.
- Le nivellement, partie nécessaire du levé, qui permet de donner une cote exacte des points dans chaque profil.
- Il permet d'avoir un devis quantitatif plus exact.

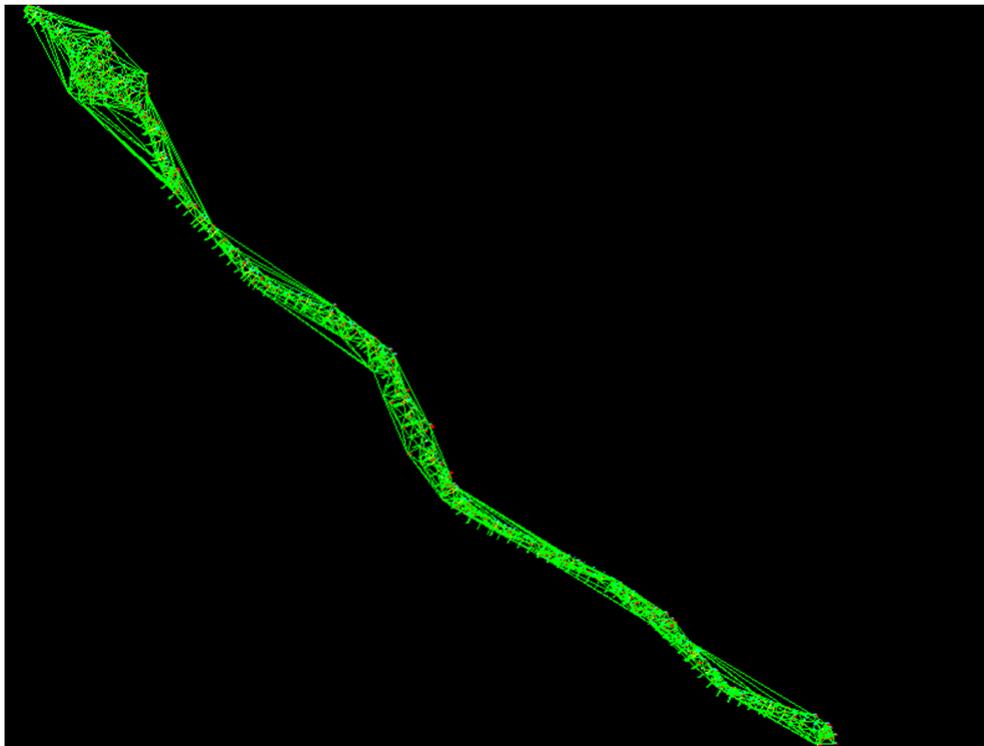


Figure 5 : plan topographique de notre tronçon

Trafic

- $TMJA_{2013}=1255V/J$
- Pourcentage de poids lourds : 10 %
- Taux d'accroissement = 6%
- Durée d'étude et d'exécution : 4ans
- Durée de vie : 20 ans

Indice CBR : I = 6

I.6) CATEGORIE DE LA ROUTE :

La catégorie d'une route est définie suivant la nature des villes, suivant les activités socio-économiques et administrative situées sur les localités desservie par la route.

Les routes Algérienne sont classées en cinq (5) catégorie fonctionnelles et sont comme suit :

Catégorie 1 : Liaison entre les grands centres économiques et les centres industriels lourdes considérés deux à deux, et liaisons assurant le rabattement des centres d'industries de transformation vers réseau de base ci-dessus.

Catégorie 2 : Liaisons des pôles d'industries de transformations entre eux, et liaisons de raccordement des pôles d'industries légères diversifiées avec le réseau précédent.

Catégorie 3 : Liaison des chefs-lieux de daïra et des chefs-lieux de wilaya, non desservies par le réseau précédent, avec le réseau de catégorie 1 et 2

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

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

La catégorie de notre route est : **catégorie 3.**

CHAPITRE II : L'ETUDE DE LA ROUTE EXISTANTE

II.1.1) INTRODUCTION :

L'étude de la route existante nous mènera sans doute à connaître les causes qui nous ont poussé à opter pour une réhabilitation du chemin de wilaya CW01. Et pour cela nous essayerons de faire ressortir tous les paramètres ne respectant pas les normes du B40.

Notre tronçon est d'une longueur d'environ 3km 300, se compose de 20 virages qui représentent un grand danger où on a constaté des accidents mortels au niveau de ces virages. La largeur de la chaussée est entre 4 et 5m.

Notre étude est axée sur les différentes étapes suivantes :

-Les différentes étapes :

- ❖ Tracer l'axe de la route existante
- ❖ Détermination des coordonnées définissant cet axe
- ❖ Détermination des rayons des parties circulaires
- ❖ Calcul des éléments des raccordements circulaires
- ❖ 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 RH_m , RH_N , RH_d et RH_{nd}
- ❖ Conclusion

La route existante :

Dans cette partie on calculera tous les éléments géométriques nécessaires de ce tronçon et on comparera les résultats trouvés aux normes du B40 afin de tirer les conclusions est connaître les causes de la réhabilitation de cette route.

II.1.2) DETERMINATION DES COORDONNEES DES SOMMETS :

Dans cette partie on relèvera à partir du tracé en plan numérique, les coordonnées planimétriques définissant l'axe de la route.

Une fois les coordonnées relevées, on calcule, les gisements de toutes les directions définissant les alignements droits ainsi que les distances de ces alignements, on détermine ensuite les angles au centre de chaque raccordement.

II.1.3) CALCUL DE GISEMENT DE DISTANCE ET DES ANGLES AU CENTRE :

a- Gisement

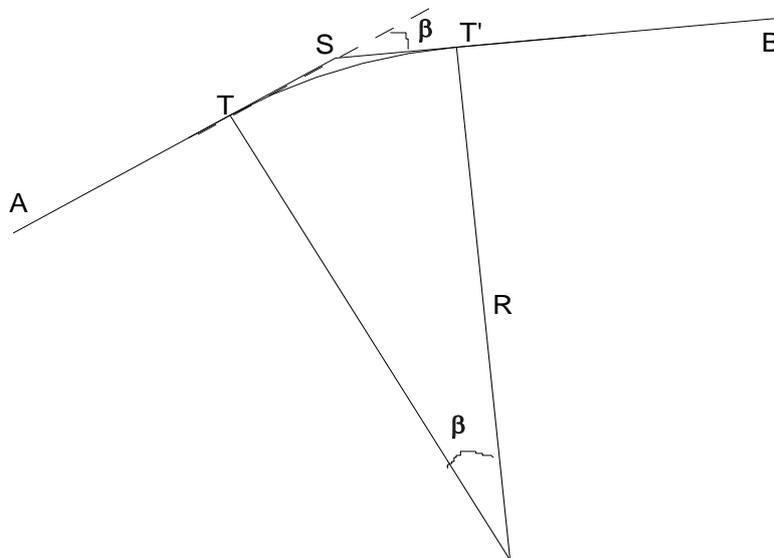


Figure 6: Détermination de l'angle au centre

Le gisement d'une direction est l'angle dans le sens topographique (des aiguilles d'une montre) compris entre l'axe des Y et la direction

Exemple : Calcul du Gisement de la direction S_1S_2

$$G_{S_1S_2} = \arctg \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \arctg \frac{X_{S_2} - X_{S_1}}{Y_{S_2} - Y_{S_1}}$$

b- Distance

La distance S1S2 est donnée par la relation :

$$S_1S_2 = \sqrt{(X_{S_2} - X_{S_1})^2 + (Y_{S_2} - Y_{S_1})^2}$$

c- L'angle au centre

D'après le cas de figure, l'angle au centre β est donné par :

$$\beta = G_{SB} - G_{AS}$$

II.1.4) DES ELEMENTS DES RACCORDEMENTS :

II.1.4.1) Formules De Calculs Des Eléments De Raccordement Circulaire :

La tangente :

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

La Bissectrice :

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

La développée :

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

La flèche:

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

Application au projet :

1) Coordonnées planimétrique des sommets définissant l'axe :

La route existante composée de 20 virages. Les coordonnées planimétriques des sommets définissant l'axe sont illustrées dans le tableau suivant :

Sommet	X (m)	Y (m)
A	111670,2505	4047,7696
S1	111710,9181	4016,8878
S2	111763,5832	3981,408
S3	111784,3711	3855,9165
S4	111980,8057	3786,8248
S5	112035,7749	3590,0457
S6	112246,1788	3351,977
S7	112304,576	3301,2282
S8	112401,6676	3264,6582
S9	112494,2861	3212,6191
S10	112579,3990	3157,1678
S11	112643,9393	3069,2224
S12	112733,3258	2860,2807
S13	112850,2849	2684,0378
S14	113367,3517	2430,6788
S15	113526,5062	2212,9352
S16	113580,181	2184,9505
S17	113693,5605	2138,6179
S18	113853,1451	2057,2114
S19	113941,9464	2053,6289
S20	114076,9226	2051,2872
B	114175,0856	2047,3796

Tableau 1:Coordonnées des sommets de l'axe de la route existante

2) Calcul de gisements, d'angles au centre et de distances :

Direction	ΔX	ΔY	Gisements	Angle au centre		Distances
A-S1	40,6676 m	-30,8818 m	141,3467 gr			51,06 m
S1-S2	52,6651 m	-35,4798 m	137,7418 gr	β_1	3,6049 gr	63,50 m
S2-S3	20,7879 m	-125,4915 m	189,5492 gr	β_2	51,8074 gr	127,20 m
S2-S4	196,4346 m	-69,0917 m	121,5314 gr	β_3	68,0178 gr	208,23 m
S4-S5	54,9692 m	-196,7791 m	182,6584 gr	β_4	61,1270 gr	204,31 m
S5-S6	210,4039 m	-238,0687 m	153,9221 gr	β_5	28,7363 gr	317,72 m
S6-S7	58,3972 m	-50,7488 m	145,5462 gr	β_6	8,3759 gr	77,37 m
S7-S8	97,0916 m	-36,5700 m	122,9323 gr	β_7	22,6139 gr	103,75 m

S8-S9	92,6185 m	-52,0391 m	132,5890 gr	β_8	9,6567 gr	106,24 m
S9-S10	85,1129 m	-55,4513 m	136,7604 gr	β_9	4,1714 gr	101,58 m
S10-S11	64,5403 m	-87,9454 m	159,6958 gr	β_{10}	22,9354 gr	109,09 m
S11-S12	89,3865 m	-208,9417 m	174,2650 gr	β_{11}	14,5692 gr	227,26 m
S12-S13	116,9591 m	-176,2429 m	162,7009 gr	β_{12}	11,5641 gr	211,52 m
S13-S14	517,0668 m	-253,3590 m	129,0050 gr	β_{13}	33,6959 gr	575,80 m
S14-S15	159,1545 m	-217,7436 m	159,8177 gr	β_{14}	30,8127 gr	269,71 m
S15-S16	53,6748 m	-27,9847 m	130,5960 gr	β_{15}	29,2217 gr	60,53 m
S16-S17	113,3795 m	-46,3326 m	124,6971 gr	β_{16}	5,8989 gr	122,48 m
S17-S14	159,5846 m	-81,4065 m	130,0298 gr	β_{17}	5,3327 gr	179,15 m
S10-S19	88,8013 m	-3,5825 m	102,5669 gr	β_{18}	27,4629 gr	88,87 m
S19-S20	134,9762 m	-2,3417 m	101,1044 gr	β_{19}	1,4625 gr	135,00 m
S20-B	98,1630 m	-3,9076 m	102,5329 gr	β_{20}	1,4285 gr	98,24 m
					Σ	3438,61 m

Tableau 2: Gisement, distance de la route existante

3) Les rayons en plan :

Rayon en Plan (m)							
R1	300	R6	400	R11	500	R16	450
R2	100	R7	170	R12	1100	R17	800
R3	60	R8	200	R13	120	R18	100
R4	140	R9	800	R14	950	R19	200
R5	200	R10	120	R15	150	R20	500

Tableau 3: Rayons "route existante"

3) Calculs des éléments des raccordements circulaires :

Rayon (m)	Tg (m)	Dev (m)	Biss (m)	Flèche (m)
300	8,50 m	16,99 m	0,12 m	0,12 m
100	43,09 m	81,38 m	8,89 m	8,16 m
60	35,50 m	64,11 m	9,71 m	8,36 m
140	72,90 m	134,43 m	17,84 m	15,83 m
200	45,92 m	90,28 m	5,20 m	5,07 m
400	26,35 m	52,63 m	0,87 m	0,87 m
170	30,52 m	60,39 m	2,72 m	2,67 m

200	15,20 m	30,34 m	0,58 m	0,57 m
800	26,22 m	52,42 m	0,43 m	0,43 m
120	21,85 m	43,23 m	1,97 m	1,94 m
500	57,46 m	114,43 m	3,29 m	3,27 m
1100	100,18 m	199,81 m	4,55 m	4,53 m
120	32,52 m	63,52 m	4,33 m	4,18 m
950	234,50 m	459,80 m	28,51 m	27,68 m
150	35,04 m	68,85 m	4,04 m	3,93 m
450	20,86 m	41,70 m	0,48 m	0,48 m
800	33,53 m	67,01 m	0,70 m	0,70 m
100	21,91 m	43,14 m	2,37 m	2,32 m
200	2,30 m	4,59 m	0,01 m	0,01 m
500	5,61 m	11,22 m	0,03 m	0,03 m

Tableau 4 : Les éléments de raccordement

4) Longueur totale du tronçon :

Longueur des alignements droits LAD	1700.27m
Longueur des courbes Lc	1698.69 m
Longueur Totale: Lt	3398.96 m

Tableau 5 :Longueur totale du tronçon

5) Pourcentage en alignement droit et courbe

Longueur Totale: Lt	3398.96 m
Pourcentage en alignement droit	49.98%
Pourcentage en Courbe	50.02%

Tableau 6 : Pourcentage en alignement droit et courbe

II.1.5) ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE EXISTANTE :

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

- La dénivelée cumulée moyenne
- La sinuosité

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

Tableau 7: Environnement de la route

II.1.6) DENIVELEE CUMULEE 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. (B40)

$$\frac{H}{L} = \frac{\left| \sum_{P_i > 0} P_i \ell_i + \sum_{P_i < 0} P_i \ell_i \right|}{L}$$

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

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	Plat	Dc ≤ 1.5%
2-a	Plat mais inondable	Dc = 1.5%
2-b	Terrain Vallonné	1.5% < DC < 4%
3	Terrain montagneux	Dc > 4%

Tableau 8: Type de topographie

- Sinuosité :**

La sinuosité σ d’un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse Ls sur la longueur totale de l’itinéraire.

La longueur sinueuse Ls est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m.

$$\sigma = \frac{Ls}{LT}$$

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

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

Tableau 9: Sinuosité

Application au projet:

1) Dénivelée cumulée moyenne :

N°	Distance (m)		Altitudes (m)	Dn i (m)
	Cumulée	Partielle		
A	0,00	0,00	613,81	
1	30,00	30,00	614,61	0,80
2	60,00	30,00	614,71	0,10
3	90,00	30,00	614,26	-0,45
4	120,00	30,00	612,30	-1,95
5	150,00	30,00	609,77	-2,53
6	180,00	30,00	607,57	-2,20
7	210,00	30,00	605,99	-1,58
8	240,00	30,00	603,80	-2,19
9	270,00	30,00	603,73	-0,07
10	300,00	30,00	606,37	2,64
11	330,00	30,00	609,26	2,89
12	360,00	30,00	611,41	2,15
13	390,00	30,00	613,71	2,30
14	420,00	30,00	615,17	1,46
15	450,00	30,00	615,79	0,62
16	480,00	30,00	615,38	-0,42
17	510,00	30,00	615,55	0,17
18	540,00	30,00	616,26	0,71
19	570,00	30,00	616,68	0,42
20	600,00	30,00	616,94	0,26
21	630,00	30,00	616,88	-0,06

22	660,00	30,00	617,05	0,16
23	690,00	30,00	618,29	1,24
24	720,00	30,00	619,94	1,65
25	750,00	30,00	621,62	1,68
26	780,00	30,00	623,24	1,62
27	810,00	30,00	625,29	2,05
28	840,00	30,00	627,17	1,87
29	870,00	30,00	628,03	0,86
30	900,00	30,00	628,84	0,81
31	930,00	30,00	629,28	0,44
32	960,00	30,00	629,53	0,25
33	990,00	30,00	629,97	0,44
34	1020,00	30,00	630,12	0,16
35	1050,00	30,00	630,05	-0,08
36	1080,00	30,00	629,29	-0,76
37	1110,00	30,00	628,45	-0,84
38	1140,00	30,00	626,72	-1,74
39	1170,00	30,00	624,88	-1,84
40	1200,00	30,00	622,78	-2,10
41	1230,00	30,00	620,81	-1,97
42	1260,00	30,00	619,67	-1,14
43	1290,00	30,00	619,52	-0,15
44	1320,00	30,00	618,77	-0,75
45	1350,00	30,00	618,41	-0,36
46	1380,00	30,00	618,46	0,05
47	1410,00	30,00	618,67	0,21
48	1440,00	30,00	618,49	-0,18
49	1470,00	30,00	618,50	0,01
50	1500,00	30,00	619,08	0,57
51	1530,00	30,00	619,71	0,64
52	1560,00	30,00	620,15	0,43
53	1590,00	30,00	620,71	0,57
54	1620,00	30,00	621,33	0,61

55	1650,00	30,00	621,36	0,03
56	1680,00	30,00	621,65	0,29
57	1710,00	30,00	622,15	0,50
58	1740,00	30,00	622,62	0,47
59	1770,00	30,00	622,99	0,38
60	1800,00	30,00	623,89	0,90
61	1830,00	30,00	625,11	1,22
62	1860,00	30,00	626,58	1,47
63	1890,00	30,00	627,78	1,20
64	1920,00	30,00	627,99	0,21
65	1950,00	30,00	628,18	0,20
66	1980,00	30,00	628,09	-0,09
67	2010,00	30,00	628,49	0,40
68	2040,00	30,00	628,26	-0,23
69	2070,00	30,00	628,18	-0,08
70	2100,00	30,00	628,58	0,40
71	2130,00	30,00	628,68	0,10
72	2160,00	30,00	628,87	0,18
73	2190,00	30,00	629,25	0,39
74	2220,00	30,00	629,64	0,39
75	2250,00	30,00	629,83	0,19
76	2280,00	30,00	629,83	0,00
77	2310,00	30,00	630,04	0,21
78	2340,00	30,00	630,15	0,11
79	2370,00	30,00	630,13	-0,02
80	2400,00	30,00	630,25	0,12
81	2430,00	30,00	630,13	-0,12
82	2460,00	30,00	629,83	-0,30
83	2490,00	30,00	630,12	0,29
84	2520,00	30,00	630,90	0,78
85	2550,00	30,00	631,74	0,84
86	2580,00	30,00	632,81	1,07

87	2610,00	30,00	633,93	1,12
88	2640,00	30,00	636,34	2,41
89	2670,00	30,00	639,31	2,97
90	2700,00	30,00	639,83	0,51
91	2730,00	30,00	640,80	0,98
92	2760,00	30,00	641,07	0,27
93	2790,00	30,00	641,25	0,18
94	2820,00	30,00	640,89	-0,36
95	2850,00	30,00	640,69	-0,21
96	2880,00	30,00	640,45	-0,23
97	2910,00	30,00	640,66	0,20
98	2940,00	30,00	639,96	-0,70
99	2970,00	30,00	640,05	0,09
100	3000,00	30,00	640,06	0,00
101	3030,00	30,00	640,16	0,10
102	3060,00	30,00	640,22	0,06
103	3090,00	30,00	640,40	0,19
104	3120,00	30,00	641,38	0,97
105	3150,00	30,00	641,99	0,62
106	3180,00	30,00	642,42	0,43
107	3210,00	30,00	643,37	0,95
108	3240,00	30,00	644,22	0,84
109	3270,00	30,00	644,89	0,68
110	3300,00	30,00	645,74	0,84
111	3330,00	30,00	646,64	0,90
112	3360,00	30,00	647,77	1,13
113	3390,00	30,00	648,75	0,98
B	3398,95	8,95	648,66	-0,09
			Σ	34,86
			D cumulée	1,03%

Tableau 10: dénivelée cumulée moyenne

Dc = 1.03%

$$Dc = 1.03\% < 1.5 \%$$

Donc : Le terrain est Plat

2) Sinuosité : $\sigma = \frac{Ls}{L}$

Avec :

- **Ls** : la somme des développées des rayons inférieur ou égale à 200m
- **L** : la longueur total de la route

Application numérique :

$$Ls = \Sigma D (R \leq 200 \text{ m})$$

$$Ls = 684.26$$

$$\sigma = \frac{Ls}{L} = \frac{684.26}{3398.960} = 0.20$$

$$0.10 < 0.20 \leq 0.30 \quad \rightarrow \quad \text{Sinuosité moyenne}$$

Dans notre cas nous avons :

- **Terrain est:** Plat
- **Sinuosité :** Sinuosité moyenne

L'environnement de la route existante est : E2

II.1.7) VITESSE DE REFERENCE:

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 selon le tableau ci-dessous :

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

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

Tableau 11: Vitesse de référence

Application au projet:

L'environnement : E2
Catégorie 3

Vitesse Vr = 80 km/h

II.1.8) COURBES EN PLAN:

Le rayon minimal absolu RHm

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

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

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 dmax – 2% pour les catégories 1-2-3 et 4. Ce dévers est réduit à 6% (= dmax -3%) pour la catégorie 5.

$$RHN = \frac{(Vr + 20)^2}{127(ft + d)}$$

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 (devers : - d min %)

$$RHd = \frac{Vr^2}{127(2 . dmin)}$$

Le rayon non déversé RHnd

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

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127(F'' - d_{min})}$$

Détermination des dévers d_{max} et d_{min} :

	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
d_{min}	-2,50%	-2,50%	-3%	-3%	-4%
d_{max}	7%	7%	8%	8%	9%

Tableau 12: Dévers

Détermination du coefficient transversal f_t :

V_r	40	60	80	100	120	140
CAT 1-2	0,22	0,16	0,13	0,11	0,1	0,1
CAT 3-4-5	0,22	0,18	0,15	0,125	0,11	/

Tableau 13: Valeur du coefficient f_t

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

Catégorie	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
F''	0,06	0,06	0,07	0,075	0,075

Tableau 14: Valeur du coefficient " f'' "

Application au projet:

1) Courbes en plan :

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

Dévers	Cat3
d_{min}	-3,0%
d_{max}	8,0%
$f_t =$	0,15
$F'' =$	0,07

Tableau 15: Détermination des dévers max et min

Rayon en plan

Rayons en plan	Calculés	Normes B40
RHm =	219.10m	220 m
RHN =	374.95 m	375 m
RHd =	839.90 m	800 m
RHnd =	1259.84m	1200 m

Tableau 16: Récapitulatif des rayons en plan

II.2.)ETUDE DU TRAFIC :

II.2.1) INTRODUCTION :

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et, au-delà les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

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

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

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

II.2.2)ANALYSE DU TRAFIC EXISTANT :

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

II.2.3)La MESURE DES TRAFICS :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

- Les comptages
- Les enquêtes

Les Comptages :

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

- Les comptages manuels.
- Les comptages automatiques.

a)-Les comptages manuels :

Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs.

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).

b)- Les comptages automatiques :

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée.

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires :

Les comptages permanents : sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.

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

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

Les Enquêtes :

a)-Les Enquêtes Origine Destination :

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

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination. Il existe plusieurs types d'enquêtes :

b)-Les Enquêtes papillons ou distributions :

Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes entrées et sorties, un agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou on distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons et sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

Les avantages de la méthode : sont la rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit.

Les inconvénients de la méthode : c'est que l'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

c)-Relevé des plaques minéralogiques

On relève, par enregistrement sur un magnétophone, en différents points (à choisir avec soin) du réseau, les numéros minéralogiques des véhicules ou au moins une (de l'ordre de quatre à chiffres ou lettres), la comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux.

Cette méthode permet d'avoir des résultats sans aucune gêne de la circulation, par contre, le relevé des numéros est sujet à un risque d'erreur non négligeable.

d)- Interview des conducteurs :

Cette méthode est lourde et onéreuse mais donne des renseignements précis, on arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules endifférents points du réseau et on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peines d'irriter l'usager) l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées :(origine, motif, fréquence et durée, trajet utilisé).

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relever directement tels que le type de véhicule.

e)-Les enquêteurs à domicile – Enquête ménage

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'un interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et obtenir de nombreux renseignements, en général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération.

II.2.4) DIFFERENTS TYPES DE TRAFIC :

1. Trafic normal :

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

2. Trafic dévié :

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

3. Trafic induit :

C'est le trafic qui résulte de :

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

4. Trafic total :

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

II.2.5) CALCUL DE LA CAPACITE :

II.2.5.1) Définition de la capacité :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminer.

La capacité dépend :

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

II.2.5.2) Projection Future Du Trafic :

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

$$TJMAh = TJMA_0 (1+\tau)^n$$

Avec : TJMAh : le trafic à l'année horizon.
 TJMA₀ : le trafic à l'année de référence.
 n : nombre d'année.
 τ : taux d'accroissement du trafic (%).

1) Calcul du trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp), en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (uvp).

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1-z) + p.z] TJMAh$$

Avec : T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).
 Z : pourcentage de poids lourd.
 P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds il dépend

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

Tableau 17: coefficient d'équivalence

2) Débit De Pointe Horaire Normal :

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

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

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

3) Débit Horaire Admissible :

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

$$Q_{adm} = K_1 K_2 . C_{th}$$

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K ₁	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau 18: Valeur de K1

Environnement	1	2	3	4	5
E ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E ₂	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E ₃	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau 19: valeur de K2

4) Détermination Nombre Des Voies :

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle : on compare Q à Q_{adm} et on opte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q.
- Cas d'une chaussée unidirectionnelle : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport S.Q/Q_{adm}.

Avec : Q_{adm} : débit admissible par voie

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

APPLICATION AU PROJET

Les données du trafic :

- TJMA₂₀₁₃ = 1255 v/j
- TJMA₂₀₂₁ = 2000 v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté τ = 6%
- Le pourcentage de poids lourds %PL = 10%
- La durée de vie estimée de 20 ans
- Année de mise en service : 4

➤ **Trafic à l'année de mise en service :**

$$T_1 = T_0 (1 + \tau)^4 = 2000(1 + 0.06)^4 = 2525 \text{ V / J}$$

➤ **Le trafic de l'année horizon à la 20ème année « durée de vie »:**

$$T_n = T_1 (1 + \tau)^n = 2525 (1 + 0.06)^{20} = 8099 \text{ VPL/J}$$

$$T_{20} = 8099 \text{ UVP/J}$$

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + P.Z] \times T_{20}$$

Les valeurs de P « coefficient d'équivalence » sont données par le tableau des normes B40.
Pour notre cas : P = 3 (Environnement 1)

$$T_{eff} = [(1 - 0.10) + 3 \times 0.10] \times 8099$$

$$T_{eff} = 9719 \text{ V/j}$$

$$1/n = 0.12$$

$$Q_{\text{Horizon}} = 0.12 T_{eff}$$

$$Q = 0.12 \times 9719 = 1166 \text{ UVP/h}$$

$$Q = 1166 \text{ UVP/h}$$

➤ **Débit admissible « d » :**

$$d = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th} .$$

Les valeurs de K_1 sont données par le tableau B40, elles sont en fonction du niveau de service (environnement, catégorie).

K_1 : coefficient dépendant de l'environnement

K_2 : coefficient de réduction

Les valeurs de K_1 sont les suivants :

Catégorie 3 et Environnement 1 $\Rightarrow K_1 = 0.75, K_2 = 1$

Pour la chaussée bidirectionnelle : $C_{th} = Q_{\text{Horizon}}$

$$C_{th} = 1500 \text{ UVP/h}$$

$$d = 0.75 \times 1.00 \times 1500 = 1125 \text{ UVP/J}$$

$$d = 1125 \text{ UVP/J}$$

Nombre de voies :

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{Q}{d} = \frac{2}{3} \times \frac{1166}{1125} = 0.69 \approx 1 \text{ voies / sens}$$

II.3) CONCLUSION :

L'étude de la route existante nous a permis de relever ce qui suit :

- Le nombre de virage est : 20
- La route est d'une sinuosité moyenne.
- Onze (11) virages sont inférieurs au RHm
- La largeur de la chaussée varie en 4 et 5 m

On a aussi constaté que la chaussée existante est en mauvais état dans son ensemble sauf quelques points de l'axe.

Pour assurer donc, la sécurité et le confort et donner à l'infrastructure la capacité à écouler le trafic actuel qu'elle doit supporter, cette route doit être réhabilitée en réduisant au maximum le nombre de virage d'une part et en renforçant le corps de chaussée d'autre part.

A cet effet la réhabilitation de cette route est donc justifiée

Dans la partie qui suit, nous proposerons une solution tout en optant pour le tracé que nous jugerons meilleur.

CHAPITRE III : REHABILITATION DE LA ROUTE

III.1) INTRODUCTION

Définir les caractéristiques d'une route, c'est concevoir les trois éléments géométriques simples qui la composent:

1. le tracé en plan, projection de la route sur un plan horizontal.
2. le profil en long, développement de l'intersection de la surface de la route avec le cylindre à génératrice verticale passant par l'axe de celui-ci.
3. le profil en travers, coupe suivant un plan vertical perpendiculaire à l'axe.

Les normes fixent les règles relatives à la construction de ces trois éléments. Les exigences qui ont prévalu à l'élaboration des normes sont de deux ordres: sécurité des usagers et capacité des infrastructures à écouler le trafic qu'elles supportent.

III.2) TRACE EN PLAN :

II.2.1) 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 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.

III.2.2) 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 qu'elles nous semblent pertinentes.

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

i. -Devers en alignement

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée.

L'épaisseur du film d'eau est conditionnée par deux types de paramètres :

- Paramètres indépendants de la route : intensité et durée de la pluie
- Paramètre liés à la route : nature et état du revêtement de surface

ii. -Devers vers l'intérieur des courbes

En courbe, le devers permet de :

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

Le devers minimal nécessaire à l'écoulement des eaux en courbes est identique à celui préconisé en alignement droit.

Le devers maximal admissible dans les courbes est essentiellement limité par les conditions de stabilité des véhicules lents ou l'arrêt, dans des conditions météorologiques exceptionnelles.

Les valeurs préconisées pour les normes algériennes sont les suivantes :

Environnement Devers	Facile	moyen	Difficile
Devers Minimal			
- Cat 1-2	2.5%	2.5%	2.5%
- Cat 3-4-5	3%	3%	3%
Devers Maximal			
- Cat 1-2	7%	7%	7%
- Cat 3-4	8%	8%	7%
- Cat 5	9%	9%	9%

Tableau 20: Devers en fonction de l'environnement

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 :

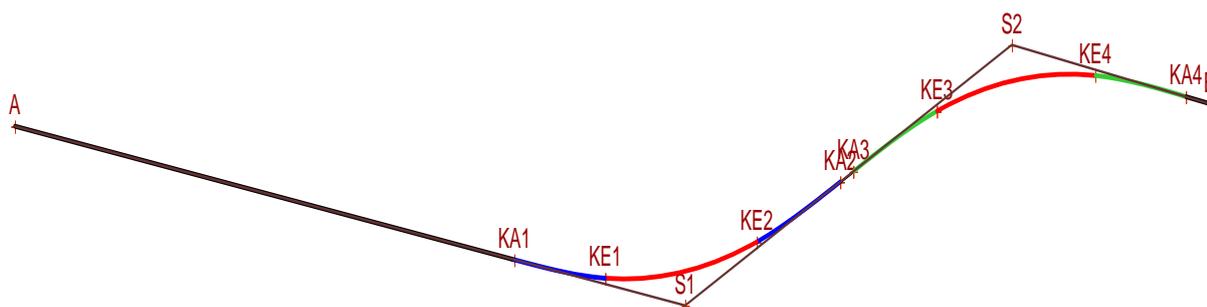


Figure 7: les éléments d'un tracé en plan

Notre présente étude portera sur les différentes étapes suivantes :

A- Tracé en plan :

- Détermination des coordonnées définissant l'axe de la route
- Détermination des angles au centre des parties circulaires
- L'environnement de la route
 - Dénivelée cumulée
 - Sinuosité
- Détermination de la vitesse de référence Vr
- Calculs des rayons en plan RHm, RHN, Rhd et RHnd
- Choix des rayons
 - Calcul des devers associées aux rayons

- Calcul de tous les éléments des raccordements circulaires ainsi que le pourcentage d'alignement droit et courbe.
- Passage des raccordements circulaires aux raccordements progressifs
 - Calcul des éléments de chaque clothoïde
 - Calcul des devers associées

B- Profil en long

C- Profil en travers

D- Cubatures

E- Signalisation

Application au projet

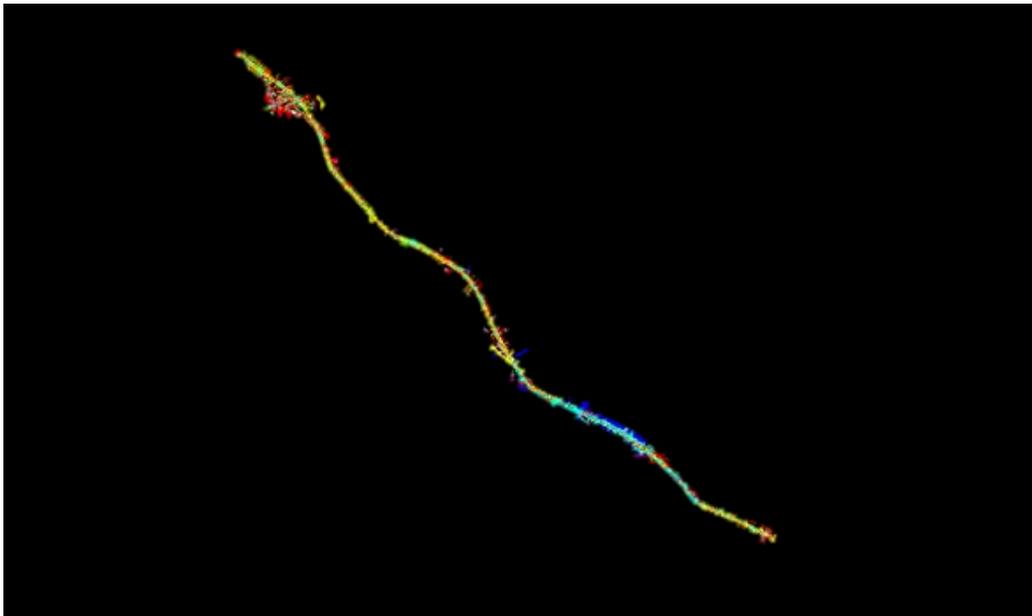


Figure 8:trace en plan

1) Coordonnées planimétrique définissant l'axe

Pts	X (m)	Y (m)
A	111658,74	4056,6822
S1	111970,6	3828,8268
S2	112036,27	3585,2964
S3	112282,38	3308,5137
S4	112399,44	3268,4157
S5	112578,07	3162,8963
S6	112643,21	3069,7227

S7	112723,42	2878,4909
S8	112847,32	2685,1209
S9	113251,64	2486,527
S10	113377,4	2384,8962
S11	113463,94	2298,4773
S12	113531,96	2205,7926
S13	113690,23	2141,2225
B	113822,78	2073,5432

Tableau 21: Coordonnée planimétrique de la route réhabilitée

2) Environnement et Dénivelée cumulée :

N°	Distance (m)		Altitudes (m)	Dn i (m)
	Cumulée	Partielle		
1	0,00	0,00	613,42	
2	30,00	30,00	614,11	0,69
3	60,00	30,00	614,86	0,74
4	90,00	30,00	614,49	-0,37
5	120,00	30,00	614,50	0,01
6	150,00	30,00	621,57	7,06
7	180,00	30,00	628,48	6,91
8	210,00	30,00	632,66	4,18
9	240,00	30,00	625,42	-7,24
10	270,00	30,00	606,88	-18,54
11	300,00	30,00	605,35	-1,53
12	330,00	30,00	605,09	-0,25
13	360,00	30,00	608,82	3,72
14	390,00	30,00	612,62	3,81
15	420,00	30,00	615,09	2,47
16	450,00	30,00	615,45	0,36
17	480,00	30,00	615,36	-0,09
18	510,00	30,00	615,80	0,43
19	540,00	30,00	616,50	0,70
20	570,00	30,00	616,82	0,32
21	600,00	30,00	616,99	0,17
22	630,00	30,00	616,90	-0,09
23	660,00	30,00	617,85	0,96
24	690,00	30,00	618,73	0,88
25	720,00	30,00	620,71	1,98
26	750,00	30,00	622,39	1,68
27	780,00	30,00	623,83	1,44
28	810,00	30,00	626,00	2,17
29	840,00	30,00	627,48	1,48
30	870,00	30,00	628,35	0,87
31	900,00	30,00	629,24	0,89
32	930,00	30,00	629,28	0,04

33	960,00	30,00	629,73	0,45
34	990,00	30,00	630,07	0,34
35	1020,00	30,00	630,01	-0,06
36	1050,00	30,00	629,80	-0,22
37	1080,00	30,00	629,25	-0,55
38	1110,00	30,00	627,74	-1,51
39	1140,00	30,00	626,01	-1,73
40	1170,00	30,00	623,90	-2,11
41	1200,00	30,00	622,06	-1,84
42	1230,00	30,00	620,21	-1,84
43	1260,00	30,00	619,47	-0,75
44	1290,00	30,00	619,46	-0,01
45	1320,00	30,00	618,65	-0,80
46	1350,00	30,00	618,30	-0,36
47	1380,00	30,00	618,53	0,23
48	1410,00	30,00	618,36	-0,17
49	1440,00	30,00	618,32	-0,05
50	1470,00	30,00	618,63	0,31
51	1500,00	30,00	619,31	0,68
52	1530,00	30,00	619,80	0,49
53	1560,00	30,00	620,31	0,50
54	1590,00	30,00	621,05	0,75
55	1620,00	30,00	621,39	0,34
56	1650,00	30,00	621,31	-0,08
57	1680,00	30,00	621,92	0,61
58	1710,00	30,00	622,27	0,35
59	1740,00	30,00	622,78	0,51
60	1770,00	30,00	623,23	0,44
61	1800,00	30,00	623,92	0,70
62	1830,00	30,00	625,60	1,68
63	1860,00	30,00	627,09	1,49
64	1890,00	30,00	627,99	0,90
65	1920,00	30,00	628,01	0,02
66	1950,00	30,00	628,14	0,13
67	1980,00	30,00	628,24	0,10
68	2010,00	30,00	628,51	0,27
69	2040,00	30,00	628,20	-0,31
70	2070,00	30,00	628,14	-0,07
71	2100,00	30,00	628,30	0,16
72	2130,00	30,00	628,71	0,41
73	2160,00	30,00	628,90	0,18
74	2190,00	30,00	629,29	0,40
75	2220,00	30,00	629,70	0,40
76	2250,00	30,00	629,83	0,13
77	2280,00	30,00	629,95	0,12
78	2310,00	30,00	630,21	0,26

79	2340,00	30,00	630,38	0,17
80	2370,00	30,00	630,15	-0,23
81	2400,00	30,00	630,24	0,09
82	2430,00	30,00	629,89	-0,35
83	2460,00	30,00	629,92	0,02
84	2490,00	30,00	630,30	0,38
85	2520,00	30,00	631,15	0,85
86	2550,00	30,00	632,02	0,86
87	2580,00	30,00	633,18	1,16
88	2610,00	30,00	634,53	1,35
89	2640,00	30,00	637,82	3,29
90	2670,00	30,00	639,78	1,96
91	2700,00	30,00	640,36	0,58
92	2730,00	30,00	640,92	0,56
93	2760,00	30,00	641,08	0,17
94	2790,00	30,00	641,55	0,47
95	2820,00	30,00	640,87	-0,68
96	2850,00	30,00	640,80	-0,06
97	2880,00	30,00	640,62	-0,19
98	2910,00	30,00	640,66	0,04
99	2940,00	30,00	640,00	-0,65
100	2970,00	30,00	640,11	0,10
101	3000,00	30,00	640,05	-0,06
102	3030,00	30,00	640,08	0,03
103	3035,75	5,75	640,08	0,00
			Σ	26,66
			Dcumulée	0,88%

Décumulée =	0,88%	Terrain Plat
-------------	-------	--------------

Tableau 22: Dénivelée cumulée de la route réhabilitée

Longueur Totale	3035,93 m	
% Alignement Droit	57%	
% Courbe	43%	
Ls =	0,08	Faible
Dc =	0,88%	Terrain Plat

Environnement	E1
Vitesse Vr =	80km/h

Dévers

Dévers	Cat3
dmin	-3,0%
dmax	8,0%
ft	0,150
F''	0,070

Tableau 23: détermination des devers max et min

Rayon en Plan normés

Rayons Normés	Calculés (m)	B40 (m)	devers
RHm =	219,10	220	8%
RHN =	374,95	375	6%
RHd =	839,90	800	3%
RHnd =	1259,84	1200	3%

Tableau 24: Rayons en plan normés

Rayons choisis

Rayons choisis (m)					
R1	450	R3	235	R5	280
R2	200	R4	300	R6	300
R7	800	R9	400	R11	400
R8	150	R10	400	R12	150
R13	400				

Tableau 25: Rayons en plan choisis

3) Calculs des Gisements des alignements droits, les angles au centre et les distances :

Direction	ΔX (m)	ΔY (m)	Gisements (gr)	Angle au centre (gr)		Distances (m)
A-S1	311,8624	-227,8554	140,1699			386,233
S1-S2	65,6688	-243,5304	183,2322	β_1	43,0623	252,229
S2-S3	246,1057	-276,7827	153,7307	β_2	29,5015	370,374
S3-S4	117,0626	-40,0980	121,0090	β_3	32,7217	123,740
S4-S5	178,6287	-105,5194	133,9680	β_4	12,9590	207,467
S5-S6	65,1397	-93,1736	161,1575	β_5	27,1895	113,686
S6-S7	80,2091	-191,2318	174,7169	β_6	13,5594	207,372
S7-S8	123,9033	-193,3700	163,7222	β_7	10,9947	229,661

S8-S9	404,3129	-198,5939	129,0664	β_8	34,6558	450,454
S9-S10	125,7618	-101,6308	143,2694	β_9	14,2030	161,694
S10-S11	86,5401	-86,4189	149,9554	β_{10}	6,6860	122,301
S11-S12	68,0194	-92,6847	159,6954	β_{11}	9,7400	114,966
S12-S13	158,2768	-64,5701	124,6593	β_{12}	35,0361	170,941
S13-B	132,5497	-67,6793	130,0541	β_{13}	5,3948	148,828
					Σ	3059,9460 m

Tableau 26: Détermination des gisements, distances et les angles au centre

4) Calculs des éléments des raccordements circulaires :

Rayon (m)	Tangente (m)	Développée (m)	Bissectrice (m)	flèche (m)	Ls (m)
450	158,28	304,39	27,02	25,49	0,00
200	47,19	92,68	5,49	5,34	92,68
235	61,76	120,79	7,98	7,72	0,00
300	30,64	61,07	1,56	1,55	0,00
280	60,72	119,59	6,51	6,36	0,00
300	32,07	63,90	1,71	1,70	0,00
800	69,25	138,16	2,99	2,98	0,00
150	41,87	81,66	5,73	5,52	81,66
400	44,81	89,24	2,50	2,49	0,00
400	21,02	42,01	0,55	0,55	0,00
400	30,66	61,20	1,17	1,17	0,00
150	42,35	82,55	5,86	5,64	82,55
400	16,96	33,90	0,36	0,36	0,00
Σ	657,58 m	1291,14 m			256,89 m

Tableau 27: Les éléments de raccordements

5) Longueur totale du tronçon :

Longueur des alignements droits	1744.79 m
Longueur des courbes	1291.14m
Longueur Totale: Lt =	3035.93 m

Tableau 28:longueur totale

6) Pourcentage des alignements droit et courbe :

Longueur Totale: Lt =	3035.93 m
Pourcentage en alignement droit	57%
Pourcentage en Courbe	43%

Tableau 29: pourcentage des alignements droit et courbe

III.3) Détermination des dévers aux rayons en plan :

1er cas :

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

2ème cas :

Le rayon choisi : $R_{Hd} \leq R \leq R_{HNd}$ → Le dévers associé est le dévers minimal de l'alignement droit.

3ème cas :

Si $R_{HN} \leq R \leq R_{Hd}$, le dévers associé « d » est calculé par interpolation entre le dévers associé à R_{HN} et celui associé à R_{Hd} .

$$\frac{d(R) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}} = \frac{d(R_{HN}) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R_{HN}} - \frac{1}{R_{Hd}}}$$

4ème cas :

Si $R_{Hm} < R < R_{HN}$, la route est déversée à l'intérieur du virage et « d » est calculé par interpolation linéaire en $1/R$.

$$\frac{d(R) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{HN}}} = \frac{d(R_{Hm}) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{HN}}}$$

$$\frac{d(R) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{HN}}} = \frac{d(R_{Hm}) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{HN}}} \quad d(R) = \left[\frac{d(R_{Hm}) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{HN}}} \right] \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{HN}} \right) + d(R_{HN})$$

$$\frac{d(R) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}} = \frac{d(R_{HN}) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R_{HN}} - \frac{1}{R_{Hd}}} \quad d(R) = \left[\frac{d(R_{HN}) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R_{HN}} - \frac{1}{R_{Hd}}} \right] \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}} \right) + d(R_{Hd})$$

Application au projet

Devers associés au rayon en plan :

Rayons en plan	Normes B40
RHm =	220
RHN =	375
RHd =	800
RHnd =	1200

Tableau 30: rayon en plan normés

Rayons en plan		Devers associé d(R)	Rayons en plan		Devers associé d(R)
R1	RHN < 450 m < RHd	5.06%	R8	150 m < RHm	8%
R2	200 m < RHm	8%	R9	RHN < 400 m < RHd	5.65%
R3	RHm < 235 m < RHN	7.69%	R10	RHN < 400 m < RHd	5.65%
R4	RHm < 300 m < RHN	6.71%	R11	RHN < 400 m < RHd	6,22%
R5	RHm < 280 m < RHN	6.96%	R12	150 m < RHm	8%
R6	RHm < 300 m < RHN	6,70%	R13	RHN < 400 m < RHd	5,65%
R7	800 m = RHd	3%			

Tableau 31: devers associés aux rayons

III.4) RACCORDEMENTS PROGRESSIFS :

Le raccordement direct de deux alignements droits par un arc de cercle ne tient pas compte de la vitesse des véhicules qui l'empruntent.

En effet, dans un virage à rayon de courbure constant, tout véhicule est soumis à une action centrifuge d'intensité inversement proportionnelle au rayon R. Quand on passe de l'alignement droit à l'arc de cercle, la valeur du rayon R passe brutalement d'une valeur infinie (droite) à une valeur finie (cercle), ce qui demande en théorie au conducteur une manœuvre brutale et instantanée d'adaptation de sa trajectoire sur une distance nulle ; sa seule marge de manœuvre est due à la largeur de la chaussée.

Pour réaliser la transition en douceur du rayon infini au rayon fini de l'arc de cercle, on intercale entre l'alignement droit et l'arc de cercle (fig.10) raccordement progressif, généralement une clothoïde. La même transition se retrouve en fin de virage pour revenir à l'alignement suivant. Le raccordement progressif permet aussi de passer graduellement du dévers de chaussée en alignement droit au dévers de chaussée en arc de cercle

III.4.1) Courbe de raccordement :

Le raccordement direct de deux alignements droits par un arc de cercle ne tient pas compte de la vitesse des véhicules qui l'empruntent.

En effet, dans un virage à rayon de courbure constant, tout véhicule est soumis à une action centrifuge d'intensité inversement proportionnelle au rayon R. Quand on passe de l'alignement droit à l'arc de cercle, la valeur du rayon R passe brutalement d'une valeur infinie (droite) à une valeur finie (cercle), ce qui demande en théorie au conducteur une manœuvre brutale et instantanée d'adaptation de sa trajectoire sur une distance nulle ; sa seule marge de manœuvre est due à la largeur de la chaussée.

Pour réaliser la transition en douceur du rayon infini au rayon fini de l'arc de cercle, on intercale entre l'alignement droit et l'arc de cercle un raccordement progressif.

La même transition se retrouve en fin de virage pour revenir à l'alignement suivant. Le raccordement progressif permet aussi de passer graduellement du dévers de chaussée en alignement droit au dévers de chaussée en arc de cercle

Rôle et nécessité

1. Stabilité transversale des véhicules.
2. Confort des passages en véhicules.
3. Transition de la forme de la chaussée.
4. Tracé élégant, souple fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

III.4.2) Type de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont la condition désirée d'une variation continue de la courbe, on a trois types de courbes suivantes :

a) parabole cubique :

L'emploi de cette courbe est limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemins de fer).

b) Lemniscate :

Courbe utilisée pour certains problèmes de tracé de route par exemple trèfle d'autoroute sa courbure est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur à partir du point d'inflexion ou centre de symétrie.

c) Clothoïde :

La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou il est infini jusqu'au point asymptotique ou il est nul la courbure de la clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

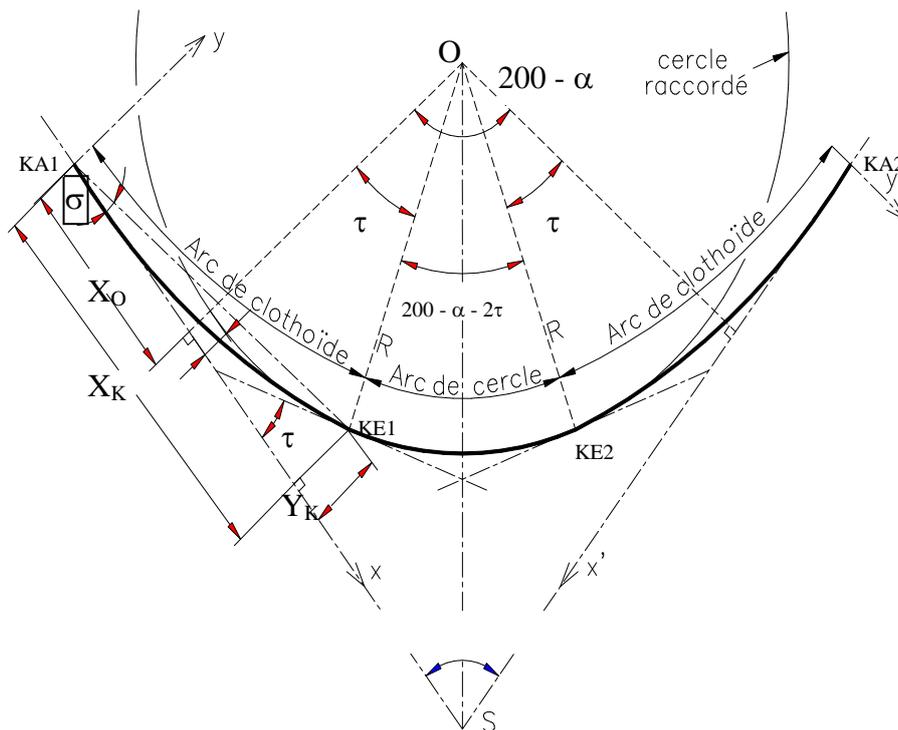


Figure 9: les éléments d'un clothoïde

- R : rayon de cercle.
- L : longueur de la branche de clothoïde.
- A : paramètre de la clothoïde.
- K_A : origine de la clothoïde.
- K_E : extrémité de la clothoïde.
- ΔR : ripage.
- τ : angle des tangentes.
- TC : tangente courte.
- TL : tangente longue.
- σ : angle polaire.
- S_L : corde $K_E - K_A$.
- M : centre du cercle d'abscisse X_M .
- X_M : abscisse du centre du cercle de M à partir de K_A .
- Y_M : ordonnée du centre du cercle M à partir de K_A .

A-Propriétés de la clothoïde

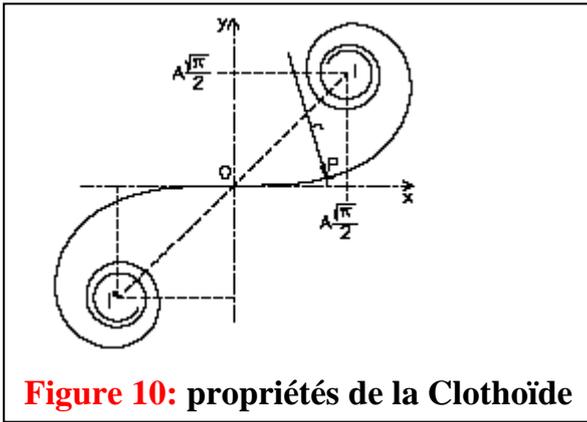


Figure 10: propriétés de la Clothoïde

Le rayon de courbure d'une clothoïde (fig.10) varie progressivement d'une valeur infinie en O, point de tangence avec l'alignement Ox, à une valeur finie, r, en un point donné P de la courbe. Un véhicule qui parcourt cette courbe voit donc le rayon de braquage de ses roues diminuer progressivement en passant par toutes les valeurs comprises entre l'infini et r.

L'équation caractéristique est donnée par :

$$A^2 = r \times L$$

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

B-Longueur des raccordements :

La longueur des raccordements progressifs est une combinaison de plusieurs conditions de natures différentes : parmi ces conditions les trois principales sont :

B-1 La condition de confort dynamique

Cette condition a pour objet d'assurer l'introduction progressive du dévers et de la courbure de façon en particulier à respecter les conditions de stabilité et de « confort dynamique », en limitant par unité de temps, la variation de la sollicitation transversale des véhicules.

$$L_1 \geq \frac{Vr^2}{18} \cdot \left(\frac{Vr^2}{127 R} - \Delta d \right)$$

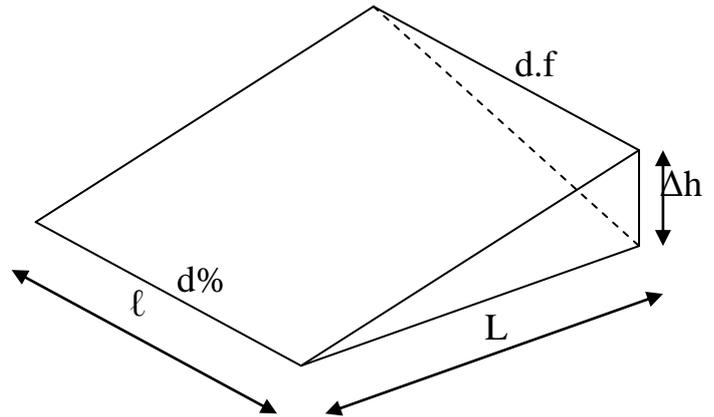
B-2 La condition Optique

Cette condition a pour objet d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels, et en particulier de rendre perceptible suffisamment à l'avance la courbure du tracé, de façon à obtenir la sécurité de conduite le plus grand possible.

$$L_2 \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

B-3 Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la route un aspect satisfaisant, en particulier dans les zones de variation de dévers. Elle se traduit par la limitation de pente relative du profil en long du bord de la chaussée déversée par rapport à celle de son axe.

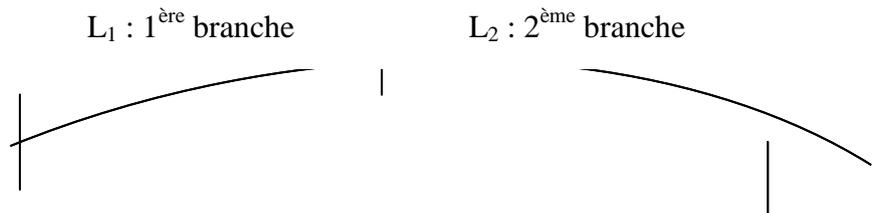


$$L_3 \geq l \cdot \Delta d \cdot Vr$$

Figure 11: Condition de gauchissement

1. Vérification de non chevauchement

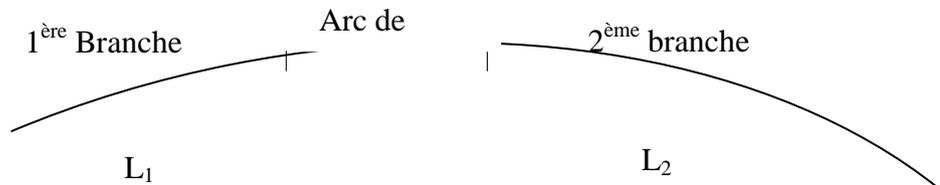
1^{er} cas :



$$\tau = \frac{\beta}{2}$$

Figure 12: Clothoïde sans arc de cercle

2^{ème} cas :



$$\tau < \frac{\beta}{2}$$

Figure 13: Clothoïde avec arc de cercle.

3^{ème} cas :

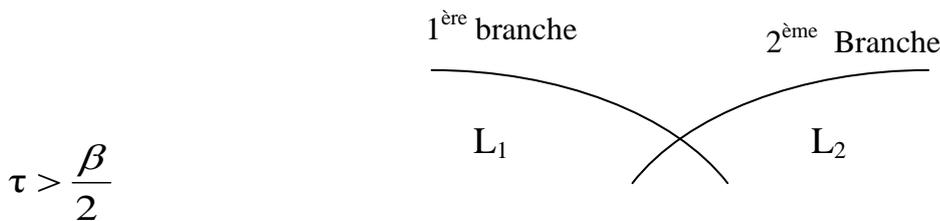


Figure 14: Clothoïde impossible.

Application au projet :

N° Virages	Conditions					Longueur L		Observations
	Gauchi- ssement L1 (m)	confort dynamique L2 (m)	Optique (m)	Chevauchement (gr)		Long. Max (m)	Long. Choisie (m)	
	L1	L2	L3	τ	$\beta/2$	Lmax	L choisie	
1	45,13	11,16	73,48	5,2344	21,531	73,48	74	non chevauchement
2	61,60	50,48	48,99	9,8039	14,751	61,60	62	non chevauchement
3	59,87	38,23	53,10	8,1271	16,361	59,87	60	non chevauchement
4	54,37	25,20	60,00	6,3662	6,479	60,00	60	non chevauchement
5	55,79	28,57	57,97	6,5936	13,595	57,97	58	non chevauchement
6	54,37	25,20	60,00	6,3662	6,780	60,00	60	non chevauchement
7	33,60	1,06	97,98	3,8993	5,497	97,98	98	non chevauchement
8	61,60	80,34	42,43	17,1887	17,328	80,34	81	non chevauchement
9	48,42	14,05	69,28	5,5704	7,102	69,28	70	non chevauchement
10	48,42	14,05	69,28	5,5704	3,343	69,28	70	chevauchement
11	48,42	14,05	69,28	5,5704	4,870 gr	69,28	70	chevauchement
12	61,60	80,34	42,43	17,1887	17,518	80,34	81	non chevauchement
13	48,42	14,05	69,28	5,5704	2,697	69,28	70	chevauchement

Tableau 32: Longueur de la clothoïde "L"

1) Calcul des paramètres des deux clothoïde :

Eléments de la clothoïde	
Paramètre de la clothoïde (m)	$A : A = \sqrt{R \cdot L}$
Angle des alignements droits	α
Angle au centre (Raccordement circulaire)	$\beta: \beta = 200 - \alpha$
Angle des tangentes	$\tau: \tau = \frac{L}{2R}$

Angle Polaire	$\sigma : \sigma = \arctg \frac{Y_{KE}}{X_{KE}}$
Angle au centre Partie circulaire	$\gamma : \gamma = 200 - \alpha - 2\tau$
Abscisse de l'extrémité de la clothoïde	$X_{KE} : X_{KE} = L - \frac{L^3}{40R^4}$
Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde.	$Y_{KE} : Y_{KE} = \frac{L^2}{6R}$
Longueur de la corde KA-KE	$SL : SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$
Abscisse du centre	$X_o : X_o = X_{KE} - R \sin \tau$
Ordonnées du centre	$Y_o : Y_o = Y_{KE} + R \cos \tau$
Ripage	$\Delta R : \Delta R = \frac{L^2}{24R}$
Développée totale	$DT : DT = 2L + \text{Dev cercle}$
Distance S-KA	$T : T = X_o + (R + \Delta R) \cot g(\alpha/2)$
Tangente courte	$TK : TK = \frac{Y_{KE}}{\sin \tau}$

Tableau 33:Elément de la clothoïde

Les paramètres des clothoïdes :

	Paramètre de la clothoïde	Virage 1	Virage 4	Virage 7	Virage 9
R	Rayon (m)	450	300	800	400
L	Longueur de la clothoïde (m)	74	60	98	70
A	Paramètre de la clothoïde (m)	182,48	134,16	280,00	167,33
α	angle au centre (gr)	43,062	12,959	10,995	14,203
τ	angle des tangentes (gr)	5,234	6,366	3,899	5,570
γ	angle au centre Partie circulaire (gr)	32,594	0,227	3,197	3,063
XKE	abscisse de l'extrémité de la clothoïde (m)	74,00	60,00	98,00	70,00
YKE	ordonnée de l'extrémité de la clothoïde (m)	2,03	2,00	2,00	2,04
σ	angle Polaire	1,7444	2,1213	1,2996	1,8563
Lcercle	Long, de la partie circulaire (m)	230,40	1,07	40,17	19,25
SL	longueur de la corde KA-KE (m)	74,03	60,03	98,02	70,03
Xo	abscisse du centre (m)	37,04	30,05	49,03	35,05
Yo	ordonnées du centre (m)	450,51	300,50	800,50	400,51
KA-O	distance Ka-centre (m)	452,03	302,00	802,00	402,04
ΔR	Ripage (m)	1,00	1,00	1,00	1,00
DT	Développée totale (m)	378,40	121,07	236,17	159,25
T	distance S-KA (m)	195,67	60,79	118,37	79,97
TK	tangente courte (m)	24,70	20,03	32,69	23,36
TL	tangente Longue (m)	71,96	57,99	96,00	67,95
B	bissectrice (m)	28,08	2,57	4,00	3,51

Tableau 34:Valeur les éléments de la clothoïde

i. -Variation du dévers dans la clothoïde :

Selon la variation du dévers et la longueur de la clothoïde on peut déterminer le dévers relatif à un point quelconque de la clothoïde.

ii. -Méthode de calcul des dévers en clothoïde

Cette méthode consiste à déterminer la distance (X) entre le début de la clothoïde et le profil en travers et déterminer son dévers.

$$d_{int} = \begin{cases} d_{min} & \text{si } x < \frac{6L}{\Delta d} \\ d_{ext} & \text{si } x > \frac{6L}{\Delta d} \end{cases}$$

Application au projet

Virage 1	
Rayon (m)	450
Longueur de la clothoïde (m)	74
Paramètre de la clothoïde (m)	182,48

L =	74,00 m	x =	55,09 m
N° Profil	xi	dext	dint
KA	0	-3,00%	3,00%
P1	10	-1,91%	3,00%
2	20	-0,82%	3,00%
P3	30	0,27%	3,00%
P4	40	1,36%	3,00%
P5	50	2,45%	3,00%
P6	60	3,53%	3,53%
P7	70	4,62%	4,62%
KE	74,00 m	5,06%	5,06%

Virage 4	
Rayon (m)	300
Longueur de la clothoïde (m)	60
Paramètre de la clothoïde (m)	134,16

L =	60,00 m	x =	37,08 m
N° Profil	xi	dext	dint
KA	0	-3,00%	3,00%
P1	10	-1,38%	3,00%
P2	20	0,24%	3,00%

P3	30	1,85%	3,00%
P4	40	3,47%	3,47%
P5	50	5,09%	5,09%
KE	60,00 m	6,71%	6,71%

Virage 7	
Rayon (m)	800
Longueur de la clothoïde (m)	98
Paramètre de la clothoïde (m)	280,00

L =	98,00 m	x =	98,00 m
N° Profil	xi	dext	dint
KA	0	-3,00%	3,00%
P1	10	-2,39%	3,00%
P2	20	-1,78%	3,00%
P3	30	-1,16%	3,00%
P4	40	-0,55%	3,00%
P5	50	0,06%	3,00%
P6	60	0,67%	3,00%
P7	70	1,29%	3,00%
P8	80	1,90%	3,00%
P9	90	2,51%	3,00%
KE	98,00 m	3,00%	3,00%

Virage 9	
Rayon (m)	400
Longueur de la clothoïde (m)	70
Paramètre de la clothoïde (m)	167,33

L =	70,00 m	x =	48,57 m
N° Profil	xi	dext	dint
KA	0	-3,00%	3,00%
P1	10	-1,76%	3,00%
P2	20	-0,53%	3,00%
P3	30	0,71%	3,00%
P4	40	1,94%	3,00%
P5	50	3,18%	3,18%
P6	60	4,41%	4,41%
KE	70,00 m	5,65%	5,65%

CHAPITRE IV : PROFIL EN LONG

IV.1) DEFINITION :

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain, il représente la surface de la chaussée avec un plan vertical passant par l'axe de la route. Le trait d'intersection donne le profil en long.

Il est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements circulaires (ou paraboliques) caractérisés par leur rayon.

Les profils en long ont été exécutés à l'échelle 1/1000 et 1/100 comme celle du levé topographique

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du trace et une bonne perception des points singuliers.

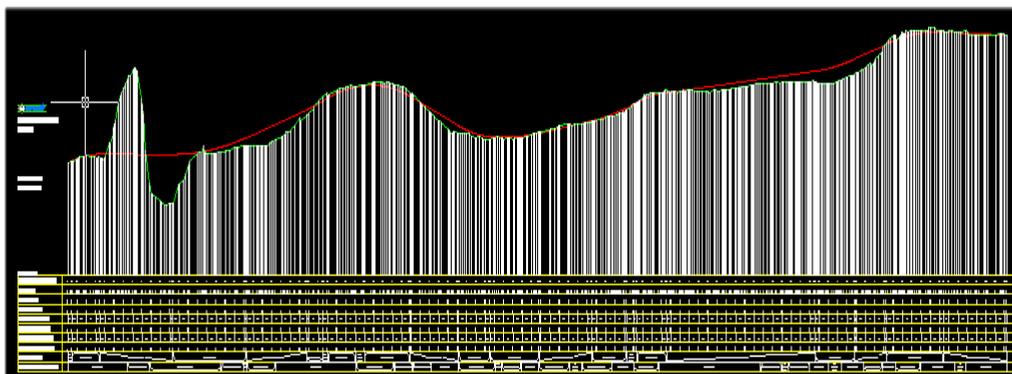


Figure 15 : Profil en long

IV.2) LIGNE DE PROJET :

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.
- Eviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance

Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage

- D'adapter le terrain pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux

- De rechercher un équilibre entre le volume des déblais et le volume des remblais
- Eviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Assurer une bonne coordination du tracé en plan et le profil en long ;
- Opter pour une déclivité minimale de 0.5% de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

IV.3) LES ALIGNEMENTS:

Les alignements sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités.

IV.4) DECLIVITE:

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

A) Déclivité moyenne :

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 :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m. 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.

L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

Et selon (B40) elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à la vitesse de base.

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

Tableau 35: Valeur de déclivité maximale

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

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

IV.5) APPLICATION AU PROJET:

La vitesse de base qu'on a retenue dans notre projet est 80Km/h, donc la déclivité maximale est de 6%.

IV.5.1) Raccordement en profil en long :

a)-Raccordements verticaux :

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

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 :

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.

$$R_v = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{(h_0 + h_1)})}$$

D_1 : la distance d'arrêt

h_0 : hauteur de l'œil

h_1 : hauteur de l'obstacle

COVADIS - LISTING DU PROFIL EN LONG DU PROJET Description

Caractéristiques	Long. 2D (m)	Long. 3D (m)	S = Abscisse	Z projet (m)	(X,Y) en plan	Z TN (m)
			-0.000	613.420	111658.742, 4056.682	613.420
Rampe = 3.016 %	12.539	12.544				
			12.539	613.798	111668.866, 4049.285	613.788
Arc de parabole	90.896	90.910				
Rayon = -3000.0000						
			103.434	615.163	111742.260, 3995.662	614.480
Pente = -0.014 %	235.087	235.087				
			338.521	615.131	111922.877, 3846.282	604.894
Arc de parabole	238.784	238.819				
Rayon = 8000.0000						
S bas = 339.521						
Z bas = 615.131						
			577.305	618.662	112023.606, 3632.273	616.816
Rampe = 2.971 %	193.786	193.871				
			771.091	624.420	112133.836, 3475.572	623.313
Arc de parabole	54.471	54.504				
Rayon = 5500.0000						
			825.562	626.309	112170.031, 3434.866	627.009
Rampe = 3.962 %	15.179	15.191				
			840.741	626.910	112180.118, 3423.522	627.346
Arc de parabole	90.095	90.126				
Rayon = -3000.0000						
			930.837	629.126	112239.984, 3356.193	629.296
Rampe = 0.958 %	28.533	28.534				
			959.369	629.400	112260.021, 3335.903	629.732
Arc de parabole	145.754	145.784				
Rayon = -3000.0000						
S haut = 988.369						
Z haut = 629.538						
			1105.123	627.256	112389.084, 3270.729	628.045
Pente = -3.900 %	158.294	158.415				
			1263.417	621.083	112526.923, 3193.106	619.411
Arc de parabole	101.851	101.881				
Rayon = 3000.0000						
			1365.268	618.839	112603.064, 3126.306	618.385
Pente = -0.505 %	0.115	0.115				
			1365.383	618.839	112603.136, 3126.216	618.386
Arc de parabole	159.234	159.238				
Rayon = 8000.0000						
S bas = 1405.383						
Z bas = 618.737						
			1524.617	619.619	112678.101, 2986.538	619.725
Rampe = 1.485 %	169.578	169.597				
			1694.195	622.138	112752.426, 2834.326	622.070
Arc de parabole	111.610	111.644				
Rayon = 6000.0000						
			1805.805	624.834	112812.136, 2740.035	624.239
Rampe = 3.346 %	33.740	33.759				

Tableau 36: Listing du profil en long du projet

Pour les chaussées unidirectionnelles, les valeurs retenues pour le rayon minimal absolu assurent pour un œil placé à 1.10m de hauteur, la visibilité derrière l'angle saillant de l'obstacle éventuel de 0.15m cat 1-2 ou 0.20 m cat 3-4-5 a la distance d'arrêt $d_{(vr)}$

$$R_{vm} = a \cdot d^2$$

$a = 0.24$ 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 80 km/h est

$$\text{de : } R_{vm_1} = 0.22 d^2 = 901.12 \text{ m}$$

Les rayons minimaux normaux sont obtenues par application de même relations pour la vitesse $V = V_r + 20 = 80 \text{ km/h}$ $d = 99 \text{ m}$

$$R_{vn} = 0.22 d^2 = 2156.22 \text{ m}$$

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

Rayon RV	V_{vl} symbole	120	100	80	60	40
CAT 3-4-5 unidirectionnel	min. absolu RV m1	10000	4500	2000	800	250
	.min. normal RV n1	15000	10000	4500	2000	800
Bidirectionnel	.min . absolu RV m2	16000	8000	3500	1300	450
	.min . normal RV n2	16000	16000	8000	3500	1300
	.dépassement RV D	27000	16000	9000	5000	2300

Tableau37 : récapitulatif des rayons en angle saillant

$$R_{Vm} = 3500$$

$$R_{Vn} = 8000$$

$$R_{VD} = 9000$$

c)-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 aux sets suivants :

Soit : $\frac{g}{30}$ pour la CAT 3.

Rayon minimal absolu

$$\frac{V_r^2}{RVM'} = \frac{g}{30} \Rightarrow RVM' = 0.30 V_r^2.$$

$$Rvm_{(V_r)} = 0.3 V_r^2 = 0.3 \times 80^2 = 1920 \text{ m}$$

Rayon minimal normal

Les rayons verticaux minimaux normaux en angle rentrant sont obtenus par application de la formule suivante :

$$Rvn' = Rvm'(V_r + 20).$$

$$Rvn = Rvm_{(V_r+20)}$$

$$Rvn = 0.3 \times 100^2 = 3000 \text{ m}$$

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

Rayon R'V	V _{v1} symbole	120	100	80	60	40
CAT 3-4-5						
. min. absolu	R'Vm	3500	2400	1600	1100	500
. min. normal	R'Vn	4500	3500	2400	1600	1100

Tableau38:Rayons concaves (angle rentrant)

$$R'Vm = 1600$$

$$R'Vn = 2400$$

IV .6) COORDINATION DU TRACE 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.

Il est nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long (en tenant compte également de l'implantation des points d'échanges) afin d'assurer de bonnes conditions générales de visibilité et, pour les routes neuves, d'assurer si possible un certain confort visuel en évitant de donner au tracé un aspect trop brisé ou discontinu , cela conduit en général à chercher à faire coïncider les courbes du tracé en plan et les courbes du profil en long et à prévoir des rayons de profil en long importants relativement à ceux du tracé en plan

Cependant, pour des raisons de sécurité, le début des courbes (surtout lorsqu'elles ont des rayons inférieurs à 300 m) ne devraient pas coïncider avec un point haut du profil en long (ou se situer à proximité immédiate), ceci étant susceptible de dégrader fortement la perception du virage

Les carrefours ou accès riverains ne doivent pas coïncider avec des courbes du tracé en plan ni avec des zones à visibilité réduite.

Sous réserve de la vérification des conditions de visibilité, on peut cependant admettre dans certains cas l'implantation d'un carrefour giratoire ou exceptionnellement d'un carrefour en T ou d'un accès (à condition que la route secondaire ou l'accès .se raccorde à la route principale du coté externe de la courbe) dans une courbe de rayon supérieur au rayon non déversé.

Sur les routes existantes, certains accès ou carrefours sont situés dans des courbes ou autres situations défavorables. Une démarche de type "diagnostic de sécurité" doit alors permettre de prendre les dispositions éventuellement nécessaires pour les modifier ou les déplacer.

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.

Chapitre V : ETUDE CINEMATIQUE

V.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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V_r^2}{(f_{rl} \pm e)}$$

En palier : $d_0 = 0.04 \cdot \frac{V_r^2 (km/h)}{g \cdot f_l}$

En rampe : $d_0 = 0.04 \cdot \frac{V_r^2 (km/h)}{g \cdot (f_l - i)}$

En pente : $d_0 = 0.04 \cdot \frac{V_r^2 (km/h)}{g \cdot (f_l + i)}$

Avec :

V_r : vitesse de référence en Km/h.

e : déclivité.

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

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	/

Tableau 39: Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40

Pour notre projet on a $f_{rl} = 0.43$

V.2) TEMPS DE REACTION:

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.

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 :

Catégorie 3- 4 – 5 (normes B40)

t = 2 s pour des vitesses ≤ 80 Km/h

t = 1.8 s pour des vitesses > 80 Km/h

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

$$d_1 = v \times t$$

Avec :

v : vitesse en m/s

t : temps en seconde

V.3) DISTANCE D'ARRET:

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)** :

$$d = d_1 + d_0$$

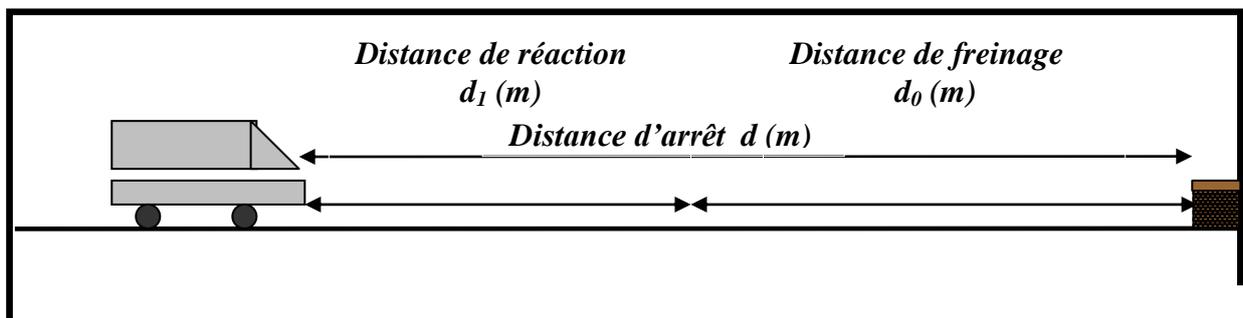


Figure 16: Distance d'arrêt et de freinage

-En alignement droit

Pour $V_r > 80\text{Km/h}$ et quand $t = 1.8\text{ s}$: $d = d_0 + 0.50 \times V_r$

Pour $V_r \leq 80\text{ Km/h}$ et quand $t = 2\text{ s}$: $d = d_0 + 0.56 \times V_r$

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.

Application :

N°	Déclivités		Distance de freinage d_0 (m)	Distance d'arrêt d_1 (m)	Distance de perception d_2 (m)
1	Rampe	3.016%	55.63	95.63	109.54
2	Pente	-0.014%	59.55	99.55	114.44
3	Rampe	2.971%	55.69	95.69	109.61
4	Rampe	3.962%	54.51	94.51	108.14
5	Rampe	0.958%	58.24	98.24	112.80
6	Pente	-3.900%	65.47	105.47	121.84
7	Pente	0.505%	58.84	98.84	113.55
8	Rampe	1.485%	57.55	97.55	111.93
9	Rampe	3.346%	55.24	95.24	109.05
10	Rampe	0.924%	58.28	98.28	112.85
11	Rampe	3.074%	55.56	95.56	109.45
12	Pente	-0.316%	59.98	99.98	114.97

Tableau 40: Détermination des distances (freinage -d'arrêt -perception)

V.4) Manœuvre de dépassement :

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 de dépassement

V_r (Km/h)	40	60	80	100	120	140
Distance de visibilité et de dépassement Minimale (m)	4v	4v	4v	4.2v	4.6v	5v
	160	240	320	420	550	700
Distance de visibilité et de dépassement Normale(m)	6v	6v	6v	6.2v	6.6v	7v
	240	360	480	620	790	980
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	70	120	200	300	425	/

Tableau 41: Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse

D'après le tableau des normes de B40, on tire les valeurs de d_{vdm} , d_{vdn} et d_{md} en fonction de la vitesse.

$$\begin{array}{lll} & V_r = 80 \text{ Km/h} & \\ \mathbf{d_{vdm}} = 320 \text{ m} & \mathbf{d_{vdN}} = 480 \text{ m} & \mathbf{d_{md}} = 200 \text{ m} \end{array}$$

Chapitre VI : PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES

VI .1) PROFIL EN TRAVERS :

VI .1.1) DEFINITION :

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

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

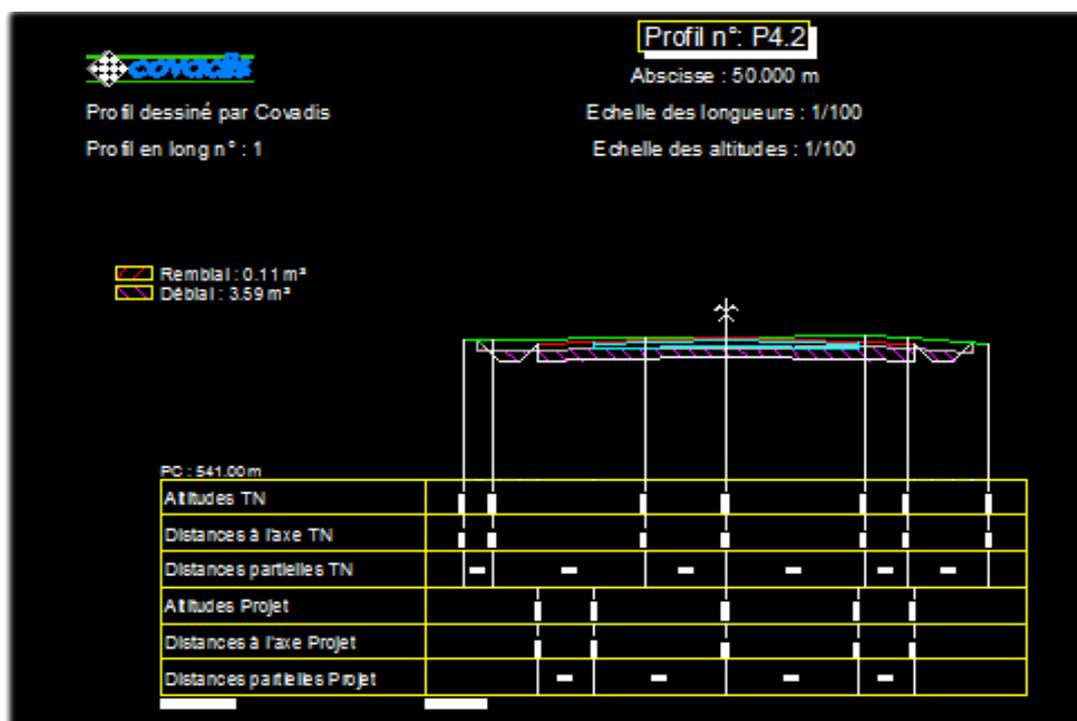


Figure 17 : profil en travers

VI.1 .2) PROFIL EN TRAVERS:

C'est une pièce dessinée de base des projets de route nouvelle, il représente une section transversale dans le corps de la chaussée. Étant composé en trois couches (couche de roulement, couche de base, couche de fondation)

VI.1.2.1) Les éléments constituant un profil en travers type :

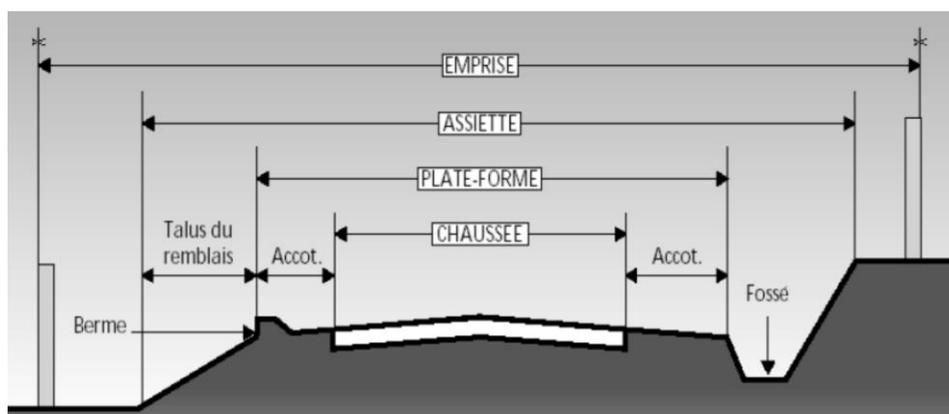


Figure 18: Les éléments d'une route

La largeur roulable :

Elle comprend les surlargeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.

Surlargeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

La plate-forme :

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.

Assiette :

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

L'emprise :

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

Les accotements :

Les accotements sont les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.

Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage.
- Une bande d'arrêt.
- Une berme extérieure.

Le terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les surlargeurs de chaussée (bande de guidage).
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

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.

VI.1.3) PROFIL EN TRAVERS TYPE DE NOTRE PROJET :

Notre tronçon comportera un profil en travers type, qui contient les éléments suivants :

- deux chaussées de deux voies de 3.80m chacune : $(2 \times 3.5) = 7 \text{ m}$
- un accotement de 1.5m pour de part et d'autre. : $2 \times 1.5 = 3.00 \text{ m}$

VI.1.4) DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE:

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 **réaliser** 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 vide.

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.

VI .1.5) PRINCIPE DE LA CONSTUTION DES CHAUSSEES :

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

- **De la charge des véhicules**

La charge maximale autorisée sur un jumelage isolé est de 65 KN (6.5 tonnes) soit un essieu standard de 130 KN (13 T).

Il arrive également que cette charge maximale dépassée à cause de phénomène de surcharge.

- **Des intempéries**

Les variations des de température peuvent engendre dans les solides élastiques des champs de contrainte et engendre aussi : les effets du gel, les efforts de l'ensoleillement sur la déformation des mélanges bitumineux, et sur le vieillissement du bitume.

- **Des efforts tangentiels**

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

- De la transmission de l'effort moteur ou du freinage.
- De la mise en rotation des roues non motrice.
- De la résistance aux efforts transversaux.

Toutes ces actions tangentielles s'accompagnent de frottement dans lesquels se dissipent de l'énergie et qui usent les pneumatiques et les chaussées.

VI.1.5.1) La chaussée :

Définition :

- **Au sens géométrique :** c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Au sens structurel :** c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges.

VI.1.5.2) Structure de la chaussée :

Définition :

La chaussée d'une route est destinée à supporter les différentes actions mécaniques des véhicules et à les transmettre au sol de fondation, sans qu'il ne se produise de déformations permanentes dans le corps de chaussée ou dans le sol.

On voit tout de suite, que nous aurons deux facteurs bien différents à étudier pour déterminer la résistance de la chaussée donc son épaisseur. Il faudra tenir compte :

- des efforts dus aux véhicules
- de l'aptitude du terrain de fondation à résister aux efforts.

Les efforts dus aux véhicules :

Des études complexes ont montré qu'un véhicule transmettait à la chaussée :

- des forces verticales dues au poids du véhicule entraînant un poinçonnement en cas de stationnement prolongé ;
- des efforts tangentiels dus à l'effort du moteur pour faire avancer le véhicule, à l'effort inverse en cas de freinage et à la résistance aux efforts transversaux (force centrifuge)
- des forces dynamiques dues aux vibrations des véhicules (mouvement relatif entre les roues et le châssis par l'intermédiaire des amortissements.
- Il existe enfin une cause importante de l'usure des chaussées qui est la répétition de passage des charges. La route se fatigue au fur et à mesure d'une façon irréversible.

Il est intéressant de signaler que les actions des agents atmosphériques collaborant à l'usure de la structure de la chaussée provoquée par l'infiltration d'eau et la variation journalière et saisonnière de la température.

Résistance des sols de fondation :

La connaissance du sol de fondation est indispensable pour déterminer la résistance d'une chaussée. En effet suivant la résistance propre du sol on sera amené à diminuer ou à augmenter l'épaisseur de la chaussée.

Il faut noter que la présence de l'eau dans le sol rend difficiles tous calculs théoriques car cette eau peut provoquer des modifications importantes de certains sols et causer des désordres très graves en cas de gel.

Enfin, le compactage du sol de fondation peut améliorer sa résistance.

VI.1.5.3) Les différentes catégories de chaussées :

Chaussées souples :

Elles sont constituées en théorie d'une superposition de couches de matériaux ou agrégats compactés recouvert d'un revêtement plus ou moins épais à base de bitume appelé couche de roulement.

Les couches formant ce type de chaussées ne présentent pas de résistance à la traction, alors les contraintes se répartissent dans les différentes couches puis dans le sol. Ce qui implique que le sol peut être souple mais doit avoir une certaine résistance.

Chaussées rigides :

Elles sont composées principalement de dalles en béton qui réfléchissent élastiquement, transmettent et répartissent sur les grandes surfaces les charges. Ceci entraîne que les contraintes dans le sol de fondation sont très faibles mais la fatigue de la dalle est très grande. La fatigue des chaussées rigides se caractérise par des fissures et s'ensuit des détériorations rapides. Elles sont recommandées pour les routes à trafic lourd et sont à éviter sur des sols souples.

Chaussées semi rigides :

Elles sont constituées tout ou partie de matériaux traités aux liants hydrauliques (ciment, laitier granulé, par exemple).

VI.1.5.4) Choix de types de chaussées :

La recherche de l'économie implique donc l'utilisation des matériaux à limite de leur résistance mécanique sans qu'il y ait déformation.

On retiendra dans notre projet le type de chaussées souple elles sont économiques.

- Elles sont les plus employées dans la voirie urbaine car les charges et le trafic, ne sont pas importantes.
- Elles permettent l'utilisation des matériaux locaux
- Elles sont antidérapantes même mouillé
- Leur mise en place et leur entretien est facile
- Elles représentent une surface agréable au roulement.

VI.1.5.5) Structure de la chaussée souple :

Couche de roulement :

Son rôle est d'absorber les efforts de cisaillement dus à la circulation des véhicule et d'assurer l'étanchéité de la chaussée.

Elle est réalisée avec des enrobés en bitume soit à chaud soit à froid, elle peut être à bicouches ou à tri couches.

Couche de base :

C'est la couche essentielle de la chaussée. Son rôle est à résister aux charges verticales dues à la circulation et de répartir les pressions à la couche de fondation et de résister également aux efforts de cisaillement.

Elle est réalisée avec grave concassée et pouvant être améliorée par un compactage ou par l'incorporation d'un liant hydraulique (ciment ou chaux) ou hydrocarbonée (bitume, goudron).

Couche de fondation :

Elle sert de liaison avec le sol et répartit les contraintes dans celui-ci. Elle est réalisée avec des matériaux les moins nobles, comme tout venant, bien que parfois on utilise des graves améliorés ou ciment ou laitier pour faire des couches de fondation et augmenter ainsi la rigidité de l'ensemble.

Couche anti-contaminante :

Elle évite la pollution des couche de fondation par des remontées du terrain sous-jacent (terrain à sols fins : remontée d'argile et de limons à granulométrie très sensible à l'eau).

En outre cette couche peut être :

Couche anti-capillaire.C

Couche drainante.

Protection anti-gel.

VI.1.5.6) Les différentes catégories de chaussée :

Il existe deux catégories de chaussées:

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

Structures de chaussée.

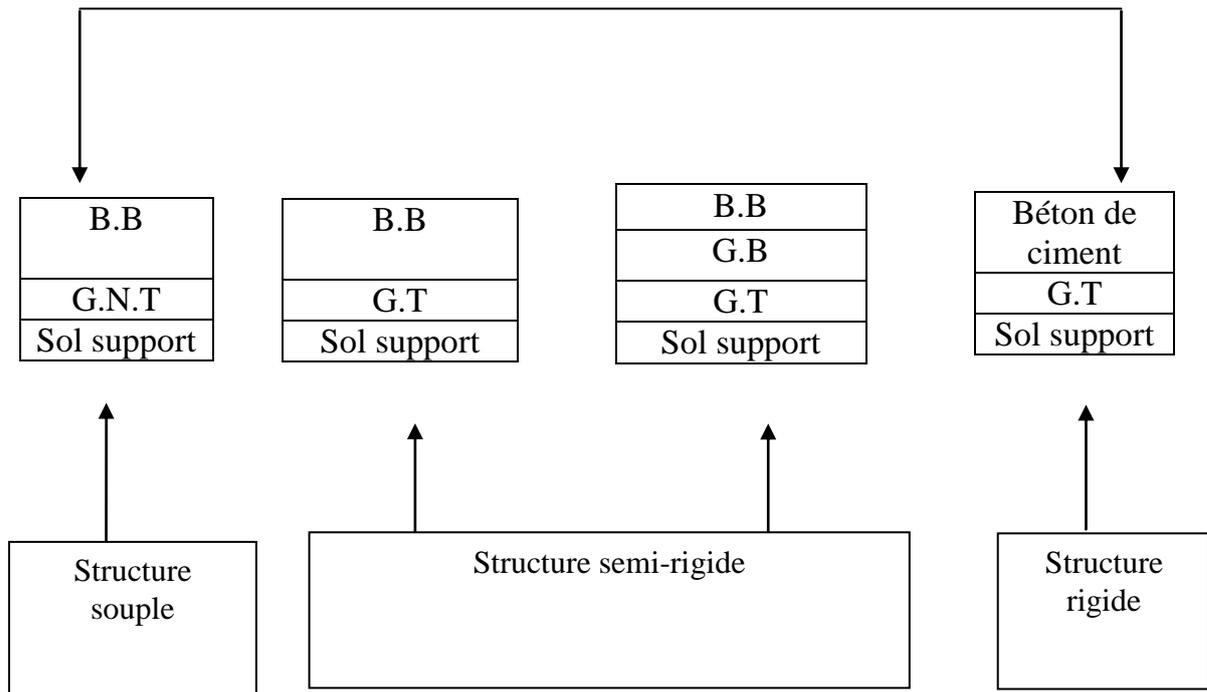


Figure 19: les différentes catégories de chaussée

BB : béton bitumineux

GB : grave bitume

GT : grave traité

G.N.T : grave non trait.

Le dimensionnement des structures constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier car 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 chaussée devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation: action des essieux des véhicules lourds, effets 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 ces charges pendant sa durée de vie.

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

Enfin, on examinera les différentes méthodes de dimensionnements avec une application au projet.

VII .6) LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes :

- les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

VI.1.6.1) Méthode C.B.R (CALIFORNIA - BEARING – RATIO) :

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

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:

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

Avec:

e: épaisseur équivalente

I: indice CBR (sol support)

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

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

Log: logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

$a_1 \times e_1$: couche de roulement

$a_2 \times e_2$: couche de base

$a_3 \times e_3$: couche de fondation

Où:

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Coefficient d'équivalence

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

MATERIAUX UTILISES	COEFFICIENT D'EQUIVALENCE
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60

Tableau 42:coefficient d'équivalence des matériaux

VI.1.6.2) Méthode A.A.S.H.O :(American Association of State Highway ficials):

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

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

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

VI.1.6.3) Méthode d'Asphalt Institute :

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

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

VI.1.6.4) Méthode du catalogue des structures :

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA »

Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).

Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 Véh/J.

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

Trafic cumulé de poids lourds à la 15^{ème} année Tj.

Les caractéristiques de sol (Sj).

a) Détermination de la classe de trafic :

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

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant:

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

Tableau 43:classe de trafic

Le trafic cumulé est donné par la formule :

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

- **T_{PL}** : trafic poids lourds à l'année de mise en service
- **n** : durée de vie (n = 20 ans)

b) Détermination de la classe du sol :

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante. Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants :

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

Tableau 44:classe de sol

VI.1.6.5) La méthode L.C.P.C (laboratoire central des ponts et chaussées) :

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

$$T_{eq} = [TJMA \cdot a [(1+Z)^n - 1] \times 0.75 \times P \times 365] / [(1+z) - 1]$$

T_{éq} = trafic équivalent par essieu de 13t.

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

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds.

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

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

VI.1.6.6) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

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

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

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

- Approche théorique.
- Approche empirique

La démarche du catalogue :

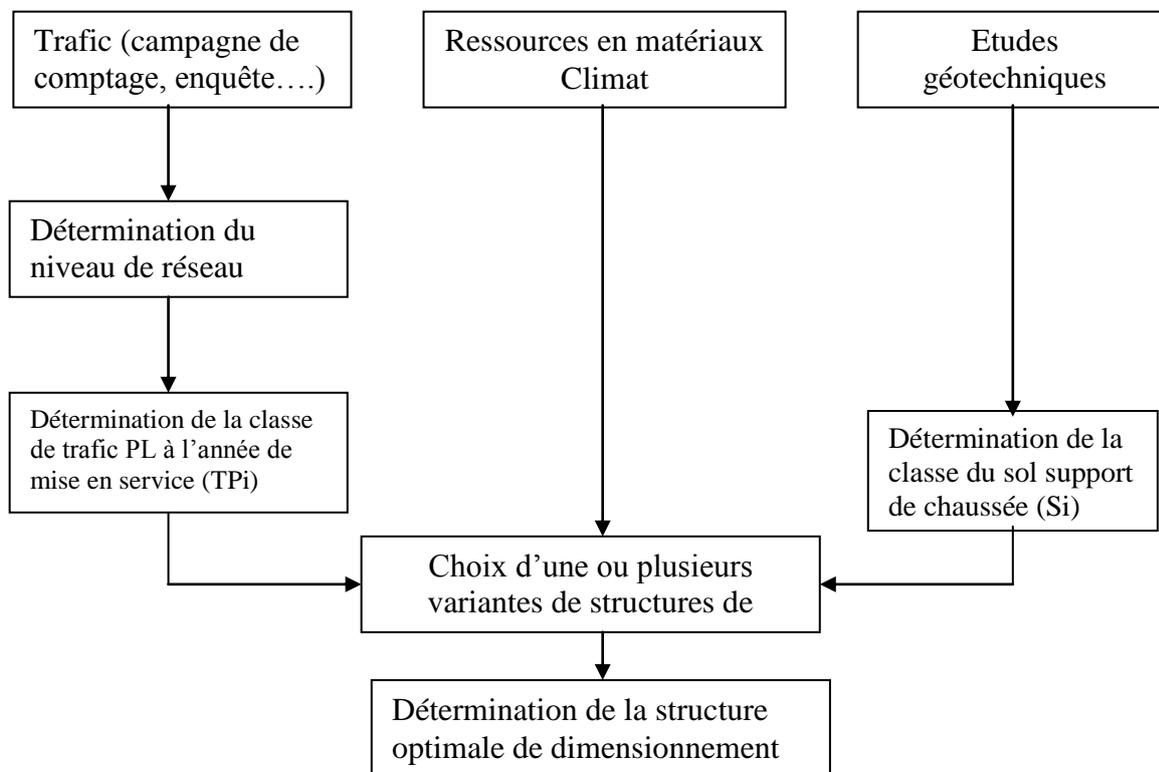


Figure 20: les démarches du catalogue

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on a utilisé: la méthode CBR.

APPLICATION AU PROJET :

TMJA2013	1255 v/j
Année de comptage	2013
Année de mise en service	2025
Le % Poids lourds	10%
Taux d'accroissement	6%
La durée de vie	20
n =	4

$$TJMA_{2020} = 2000 \text{ v/j}$$

$$N_0 = (TJMA \times \% \text{ pl})$$

$$N_0 = (2000 \times 0.10) = 200$$

$$N_1 = (1+\tau)^n \times N_0 \quad N_1 = (1+0.06)^4 \times 200 = 252/\text{j/sens}$$

$$N_{20} = (1+\tau)^n \times T_1$$

$$N_{20} = (1+0.06)^{20} \times 252 = 810 \text{ pl/j/sens}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{p}) \times (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times (75 + 50 \log 810/10)}{6 + 5} = 48.9 \text{ cm} \approx 49 \text{ cm}$$

$$E_{eq} = 49.00 \text{ cm}$$

On a : $E_{eq} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ai)	Épaisseur équivalente (cm)
BB	6	02	12
GB	13	1.7	22
TUF	30	0.5	15
TOTAL	49		49

Tableau45: épaisseur du corps de chaussée

Notre structure comporte : **6BB + 13GB + 30TUF**

6 cm BB (Béton Bitumineux)

13 cm GB(Graves Concassées)

30cm TUF



Figure 21: Corps de chaussée

VI.2) CUBATURES :

VI.2.1) DEFINITION :

Les cubatures de terrassement est la détermination des volumes de remblais et déblais nécessaire à la réalisation du projet, cela nécessite la connaissance :

- Des profils en long.
- Des profils en travers.
- Des distances entre ces profils.

VI.2.2) METHODE DE CALCUL :

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 a utilisé le logiciel Covadis 10.1, les résultats sont illustrés dans le tableau suivant :

Profi n°	Abs-cisse	Long. d'appl	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)	Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol (m ³)
P1	0.00	6.27	1.44	1.89	3.33	20.87	20.87	0.14	0.06	0.19	1.22	1.22
P1.1	12.54	15.00	14.24	0.94	15.18	227.74	248.61	0.12	0.00	0.12	1.79	3.01
P2	30.00	23.73	36.45	0.82	37.27	884.51	1133.12	0.08	0.08	0.16	3.75	6.76
P3	60.00	30.00	50.21	1.57	51.78	1553.41	2686.54	0.06	0.06	0.12	3.63	10.39
P4	90.00	21.72	13.46	0.00	13.46	292.21	2978.75	1.23	2.83	4.06	88.07	98.46
P4.1	103.43	15.00	13.60	0.00	13.60	204.06	3182.81	0.86	5.48	6.34	95.03	193.49
P5	120.00	23.28	43.31	0.00	43.31	1008.35	4191.15	0.18	10.13	10.31	239.97	433.46
P6	150.00	30.00	147.27	32.67	179.94	5398.10	9589.25	0.07	0.03	0.10	3.01	436.47
P7	180.00	30.00	368.22	120.31	488.53	14655.78	24245.04	0.07	0.03	0.10	3.07	439.55
P8	210.00	30.00	357.63	191.46	549.09	16472.75	40717.79	0.07	0.03	0.10	3.04	442.58
P9	240.00	30.00	115.41	114.26	229.66	6889.84	47607.62	0.05	0.04	0.09	2.76	445.34
P10	270.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47607.62	69.49	109.72	179.21	5376.36	5821.70
P11	300.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47607.62	109.12	153.15	262.27	7868.12	13689.82
P12	330.00	19.26	0.00	0.00	0.00	0.00	47607.62	117.23	128.46	245.69	4732.16	18421.99
P12.1	338.52	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47607.62	116.66	118.17	234.83	3522.44	21944.42
P13	360.00	25.74	0.00	0.00	0.00	0.00	47607.62	91.64	53.66	145.30	3740.03	25684.46
P14	390.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47607.62	28.33	10.41	38.74	1162.22	26846.67
P15	420.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47607.62	7.01	0.39	7.40	221.96	27068.63
P16	450.00	30.00	0.00	16.99	16.99	509.78	48117.41	2.01	0.42	2.43	72.83	27141.46
P17	480.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.01	48117.41	6.10	2.66	8.76	262.75	27404.22
P18	510.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48117.41	8.59	3.62	12.21	366.22	27770.44
P19	540.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48117.41	7.93	4.34	12.27	368.22	28138.66
P20	570.00	18.65	0.00	0.00	0.00	0.00	48117.41	10.95	8.63	19.58	365.24	28503.89
P20.1	577.31	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48117.41	11.94	9.86	21.80	326.99	28830.89
P21	600.00	26.35	0.00	0.00	0.00	0.00	48117.41	17.66	13.93	31.59	832.26	29663.15
P22	630.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48117.41	27.48	24.66	52.14	1564.23	31227.38
P23	660.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48117.41	26.98	21.01	47.99	1439.59	32666.97

P24	690.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48117.41	26.75	17.63	44.38	1331.26	33998.23
P25	720.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48117.41	32.32	10.93	43.24	1297.29	35295.52
P26	750.00	25.55	0.00	0.00	0.00	0.00	48117.41	10.32	5.41	15.73	401.75	35697.27
P26.1	771.09	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48117.41	5.86	2.65	8.51	127.64	35824.91
P27	780.00	19.45	0.00	0.48	0.48	9.41	48126.82	3.95	1.51	5.46	106.17	35931.09
P28	810.00	22.78	2.17	5.28	7.44	169.53	48296.35	0.06	0.05	0.11	2.55	35933.63
P28.1	825.56	15.00	4.50	7.98	12.49	187.29	48483.64	0.04	0.04	0.08	1.17	35934.81
P29	840.00	7.59	4.66	8.26	12.92	98.05	48581.69	0.04	0.04	0.08	0.61	35935.41
P29.1	840.74	15.00	4.24	8.22	12.47	186.99	48768.68	0.04	0.04	0.08	1.20	35936.61
P30	870.00	29.63	4.37	8.28	12.65	374.70	49143.39	0.05	0.04	0.09	2.54	35939.15
P31	900.00	30.00	3.23	7.88	11.10	333.14	49476.52	0.04	0.05	0.09	2.78	35941.93
P32	930.00	15.42	2.62	3.16	5.79	89.24	49565.76	0.04	0.05	0.09	1.38	35943.31
P32.1	930.84	14.68	2.64	3.09	5.73	84.13	49649.90	0.04	0.05	0.09	1.32	35944.63
P32.2	959.37	14.58	4.24	2.31	6.56	95.60	49745.50	0.04	0.05	0.09	1.38	35946.00
P33	960.00	15.32	4.26	2.34	6.60	101.07	49846.57	0.04	0.05	0.09	1.44	35947.44
P34	990.00	30.00	5.47	4.09	9.56	286.67	50133.24	0.04	0.05	0.09	2.59	35950.03
P35	1020.00	30.00	5.30	5.92	11.21	336.39	50469.62	0.04	0.05	0.09	2.64	35952.67
P36	1050.00	30.00	7.49	6.81	14.30	428.95	50898.57	0.04	0.05	0.09	2.70	35955.37
P37	1080.00	27.56	6.12	13.42	19.54	538.53	51437.10	0.04	0.05	0.09	2.47	35957.85
P37.1	1105.12	15.00	5.07	8.63	13.70	205.52	51642.63	0.03	0.06	0.09	1.34	35959.19
P38	1110.00	17.44	4.20	7.41	11.61	202.41	51845.03	0.03	0.06	0.09	1.56	35960.75
P39	1140.00	30.00	0.44	2.96	3.40	102.07	51947.10	0.45	0.06	0.51	15.33	35976.08
P40	1170.00	30.00	0.00	0.70	0.70	21.06	51968.17	8.27	1.17	9.44	283.33	36259.41
P41	1200.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51968.17	12.17	6.13	18.30	549.08	36808.48
P42	1230.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51968.17	18.53	10.88	29.41	882.26	37690.74
P43	1260.00	16.71	0.00	0.00	0.00	0.00	51968.17	11.24	8.99	20.23	337.95	38028.69
P43.1	1263.42	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51968.17	12.80	7.68	20.48	307.16	38335.85
P44	1290.00	28.29	0.00	0.00	0.00	0.00	51968.17	4.79	2.22	7.01	198.39	38534.24
P45	1320.00	30.00	0.00	0.02	0.02	0.60	51968.77	4.78	1.57	6.35	190.43	38724.68
P46	1350.00	22.63	0.00	0.00	0.00	0.00	51968.77	4.22	1.43	5.65	127.89	38852.56
P46.1	1365.27	7.69	0.00	0.17	0.17	1.34	51970.11	3.23	0.41	3.64	27.98	38880.55
P46.2	1365.38	7.37	0.00	0.18	0.18	1.31	51971.41	3.22	0.40	3.62	26.68	38907.23
P47	1380.00	22.31	0.00	1.15	1.15	25.63	51997.04	2.42	0.07	2.49	55.58	38962.82
P48	1410.00	30.00	0.00	0.01	0.01	0.31	51997.35	2.53	0.58	3.10	93.07	39055.88
P49	1440.00	30.00	0.00	0.07	0.07	2.20	51999.55	3.35	0.58	3.94	118.07	39173.96
P50	1470.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.09	51999.64	1.27	0.32	1.60	47.95	39221.91
P51	1500.00	27.31	1.28	1.53	2.80	76.54	52076.18	0.08	0.07	0.14	3.90	39225.81
P51.1	1524.62	15.00	2.96	0.87	3.84	57.57	52133.75	0.05	0.04	0.08	1.26	39227.07
P52	1530.00	17.69	2.97	0.77	3.73	66.04	52199.78	0.05	0.06	0.11	1.86	39228.93
P53	1560.00	30.00	3.43	0.90	4.34	130.14	52329.93	0.05	0.06	0.11	3.22	39232.16
P54	1590.00	30.00	4.31	3.22	7.53	225.88	52555.81	0.04	0.04	0.09	2.64	39234.80
P55	1620.00	30.00	3.48	2.50	5.98	179.34	52735.15	0.04	0.05	0.09	2.83	39237.63
P56	1650.00	30.00	0.88	0.01	0.89	26.65	52761.79	0.07	0.23	0.30	8.99	39246.62
P57	1680.00	22.10	1.50	0.70	2.19	48.47	52810.27	0.06	0.07	0.13	2.81	39249.43
P57.1	1694.20	15.00	1.13	0.43	1.56	23.33	52833.60	0.07	0.05	0.12	1.82	39251.26
P58	1710.00	22.90	0.45	0.22	0.67	15.29	52848.89	0.03	0.22	0.25	5.69	39256.94
P59	1740.00	30.00	0.00	0.12	0.12	3.72	52852.61	0.22	0.30	0.52	15.73	39272.67
P60	1770.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52852.61	1.61	1.51	3.12	93.58	39366.25
P61	1800.00	17.90	0.00	0.00	0.00	0.00	52852.61	2.99	3.09	6.07	108.76	39475.00
P61.1	1805.80	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52852.61	1.71	2.39	4.10	61.50	39536.51
P62	1830.00	16.87	2.32	0.13	2.44	41.23	52893.83	0.04	0.62	0.66	11.14	39547.65
P62.1	1839.55	15.00	2.21	0.21	2.42	36.25	52930.08	0.05	0.21	0.26	3.86	39551.51
P63	1860.00	25.23	7.92	3.63	11.55	291.27	53221.36	0.05	0.04	0.09	2.31	39553.82
P64	1890.00	30.00	8.82	4.71	13.53	405.91	53627.27	0.06	0.05	0.11	3.18	39557.01
P65	1920.00	23.21	2.82	3.16	5.99	138.92	53766.19	0.05	0.05	0.10	2.34	39559.35
P65.1	1936.41	15.00	3.47	3.66	7.13	106.92	53873.11	0.05	0.04	0.10	1.46	39560.81
P66	1950.00	21.79	2.20	1.38	3.57	77.90	53951.01	0.05	0.06	0.11	2.41	39563.22
P67	1980.00	30.00	1.93	0.00	1.93	57.90	54008.91	0.05	0.18	0.23	6.87	39570.08
P68	2010.00	30.00	0.66	0.29	0.95	28.63	54037.53	0.08	0.03	0.11	3.19	39573.28

P69	2040.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	2.59	3.75	6.34	190.07	39763.35
P70	2070.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	4.92	5.68	10.60	318.00	40081.35
P71	2100.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	5.67	6.49	12.17	365.00	40446.35
P72	2130.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	4.11	6.75	10.86	325.72	40772.07
P73	2160.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	4.69	7.05	11.74	352.16	41124.24
P74	2190.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	4.58	5.29	9.87	296.20	41420.44
P75	2220.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	3.50	4.83	8.32	249.73	41670.17
P76	2250.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	4.96	5.25	10.20	306.12	41976.29
P77	2280.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	6.32	5.65	11.97	359.10	42335.39
P78	2310.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	6.99	7.31	14.30	429.03	42764.42
P79	2340.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	7.33	8.80	16.13	483.81	43248.23
P80	2370.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	10.77	12.09	22.86	685.75	43933.99
P81	2400.00	23.14	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	11.36	13.46	24.82	574.33	44508.31
P81.1	2416.28	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	11.52	15.35	26.87	403.06	44911.38
P82	2430.00	21.86	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	16.94	18.84	35.78	782.32	45693.69
P83	2460.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	25.07	22.79	47.86	1435.69	47129.39
P84	2490.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	24.55	23.73	48.28	1448.44	48577.82
P85	2520.00	27.63	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	21.56	23.02	44.57	1231.40	49809.22
P85.1	2545.25	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	25.26	22.22	47.48	712.26	50521.48
P86	2550.00	17.37	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	25.21	22.04	47.25	820.99	51342.47
P87	2580.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	22.16	18.92	41.09	1232.62	52575.09
P88	2610.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54037.53	17.30	14.03	31.33	940.00	53515.09
P89	2640.00	18.14	5.53	0.02	5.55	100.73	54138.26	0.06	2.76	2.82	51.09	53566.18
P89.1	2646.29	15.00	8.68	0.28	8.96	134.42	54272.68	0.06	1.54	1.60	24.03	53590.22
P90	2670.00	26.86	15.35	3.84	19.19	515.27	54787.95	0.06	0.08	0.13	3.59	53593.80
P91	2700.00	30.00	10.91	3.97	14.88	446.35	55234.30	0.06	0.05	0.10	3.07	53596.87
P92	2730.00	30.00	11.54	5.65	17.19	515.60	55749.90	0.07	0.05	0.11	3.32	53600.19
P93	2760.00	30.00	9.40	6.19	15.60	467.90	56217.80	0.05	0.05	0.09	2.81	53603.00
P94	2790.00	30.00	11.46	4.86	16.32	489.68	56707.48	0.04	0.04	0.09	2.65	53605.65
P95	2820.00	21.36	4.84	1.97	6.80	145.32	56852.80	0.05	0.05	0.10	2.12	53607.77
P95.1	2832.72	15.00	4.93	1.52	6.45	96.73	56949.54	0.05	0.07	0.12	1.82	53609.59
P96	2850.00	23.64	5.36	1.06	6.42	151.77	57101.30	0.05	0.04	0.09	2.02	53611.61
P97	2880.00	30.00	2.50	0.69	3.19	95.56	57196.86	0.05	0.11	0.16	4.77	53616.37
P98	2910.00	30.00	3.61	0.50	4.11	123.16	57320.02	0.04	0.61	0.65	19.56	53635.93
P99	2940.00	30.00	0.01	0.00	0.01	0.41	57320.44	0.43	1.08	1.52	45.53	53681.46
P100	2970.00	30.00	0.76	0.21	0.97	29.10	57349.54	0.08	0.14	0.22	6.60	53688.05
P101	3000.00	30.00	0.98	0.50	1.48	44.35	57393.89	0.07	0.03	0.10	2.99	53691.04
P102	3030.00	17.67	1.72	1.39	3.11	54.89	57448.78	0.06	0.07	0.13	2.23	53693.27
P103	3035.33	2.67	1.98	1.34	3.32	8.85	57457.62	0.05	0.07	0.11	0.31	53693.57

Tableau 46: Cubatures

Volume cumulé déblais (m ³)	57457.62
Volume cumulé remblais (m ³)	53693.57
Excès de remblai (m ³)	3764.05

Chapitre VII : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

VII.1) SIGNALISATION :

VII.1.1) INTRODUCTION :

Le rôle joué par la signalisation routière dans la sécurité et l'exploitation des infrastructures n'est plus à démontrer. Elle constitue aujourd'hui encore, et pour longtemps, le principal média d'information, entre d'une part, le gestionnaire de voirie et l'autorité de police, et d'autre part, les usagers de la route.

Visibilité, lisibilité, uniformité, homogénéité, simplicité, continuité des directions signalées, cohérence avec les règles de circulation et avec la géométrie de la route constituent les grands principes de la signalisation. Ils sont intangibles pour que l'utilisateur puisse toujours la comprendre, s'y fier et la respecter.

Ces principes ont été déclinés dans la réglementation de la signalisation routière qui trouve ses fondements dans la convention internationale

Ce corpus juridique s'applique à l'ensemble des voies ouvertes à la circulation publique et tous les maîtres d'ouvrages et gestionnaires routiers doivent s'y conformer. La mise en place d'une signalisation non conforme à la réglementation est interdite.

Cette réglementation évolue régulièrement, afin de répondre aux besoins des usagers de la route et à ceux des gestionnaires.

Qu'il s'agisse d'une route neuve ou de l'aménagement d'une route existante, la conception du projet doit tenir compte, lors des études et le plus en amont possible, des dispositions qui seront prises pour l'exploitation de la route (la signalisation, les dispositifs de retenue, les équipements, etc.) afin que la géométrie de l'aménagement soit compatible avec les exigences et les performances des équipements

La signalisation routière enquire une importance de plus en plus grande au fur et à mesure que le trafic de la circulation augmente ou se développe et aussi dans le cas de tronçons où la vitesse des véhicules est importante.

VII.1.2) L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.

- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

VII.1.3) REGLES A 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.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

VII.1.4) CATEGORIES DE SIGNALISATION:

La signalisation routière se divise en deux catégories de signalisation verticale et horizontale.

VII.1.4.1) Signalisation verticale lumineuse et non lumineuse :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.
- La signalisation par feux.

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

a-Signaux de danger :

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

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

b-Signaux comportant une prescription absolue

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

- les panneaux de danger, de forme triangulaire, imposent aux usagers une vigilance spéciale et un ralentissement adapté aux dangers signalés : virage à droite ou à gauche, cassis, chaussées rétrécies, passage pour piétons, etc.
- les panneaux d'intersection et de priorité, de forme triangulaire, carrée (placés sur pointe) et octogonale
- les panneaux de prescription, circulaires, se subdivisent en panneaux d'interdiction (circulation interdite, sens interdit, interdiction de tourner à droite ou à gauche, etc.), panneaux de fin d'interdiction, panneaux d'obligation (obligation de contourner un giratoire, direction obligatoire, chemin obligatoire pour piétons), panneaux de fin d'obligation ;
- les panneaux d'indication, rectangulaires éventuellement complétés par les pointes de flèche. C'est dans cette catégorie que se range la signalisation de direction sur laquelle nous reviendrons.
- Dans la conception et l'implantation de ces panneaux, on doit prendre en compte les conditions de leur perception par l'utilisateur qui se déplace à vitesse élevée et qui est sollicité par les exigences de la conduite. On doit, pour cela, respecter les principes suivants :
 - l'inflation des signaux nuit à leur efficacité, il ne faut donc les placer que s'ils sont vraiment utiles
 - il ne faut pas demander à l'automobiliste un effort de lecture ou de mémoire excessif. On doit donc réduire et simplifier les indications le plus possible et, le cas échéant, répartir les signaux sur plusieurs supports échelonnés
 - on a pu montrer que l'observateur moyen ne peut d'un seul coup percevoir et comprendre plus de deux symboles ;
 - en signalisation de direction, le nombre de mentions signalées ne doit pas dépasser six, dont pas plus de quatre de la même couleur.

Sur autoroutes et routes à chaussées séparées, la signalisation de jalonnement est placée sur des poteaux ou des portiques surmontant chacune des chaussées pour être visibles de loin par des véhicules circulant à vitesse élevée

c-Signalisation de direction

Elle vise à rationaliser le choix des mentions à porter sur les panneaux en évitant à la fois un excès et une insuffisance du nombre de lieux signalés et, dans tous les cas de fréquentes discontinuités, des messages le long des itinéraires. Elle vise également à assurer une meilleure homogénéité par grandes liaisons, ce qui est une condition indispensable pour le confort et la sécurité des grands déplacements.

Catégories de panneaux

1. Panneaux de danger ; (type A) triangle équilatéral, pointe en haut.
2. Signaux de réglementation, se subdivisons-en :
 - Signaux de priorités (type B)
 - Signaux d'intersection ou de restriction (type C)
 - Signaux d'obligation (type D)
3. Signaux d'indication

VII.1.4.2) Dispositions générales :

Les panneaux de signalisation sont à implanter de façon à introduire un recul minimal de 0,70m entre le bord du panneau et la bande dérasée de droite ou, pour les panneaux implantés sur les îlots en saillie, le bord de la voie la plus proche

Tous les éléments de signalisation (panneaux de priorité, de prescription, ou signalisation directionnelle, balise J5, etc.), à l'approche et dans le carrefour, sur le bord de la route ou sur les îlots séparateurs, doivent être implantés de façon à ne pas compromettre les conditions de visibilité. Afin que la signalisation de la route principale soit en dehors des triangles de visibilité, il convient de l'implanter à une distance de 200 m environ dans la situation de CEDEZ LE PASSAGE, et de 50 m au moins dans la situation d'arrêt (STOP).

VII.1.4.3) Signalisation horizontale non lumineuse ou réfléchissante :

- Le Marquage routier.
- La signalisation routière sur chaussées.

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

Il a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation ou à certaines catégories d'usagers, ainsi que, dans certains cas, la conduite que doivent observer les usagers.

Le marquage des chaussées n'est pas obligatoire, sauf sur routes express et autoroutes ainsi que dans certains cas spécifiques (ligne complétant les panneaux Stop...).

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité u différente suivant le type de route. On adopte pour valeur de u : 7,5 cm pour les routes à chaussées séparées, 6 cm pour les routes importantes, 5 cm pour les autres types de route.

Les marquages horizontaux se divisent en trois types :

1) Marquages longitudinaux :

Lignes discontinues de type T1, T2 ou T3.

Lignes mixtes : lignes continues doublées par ligne discontinue du type T1 dans le cas général :

- Continues infranchissables,
- Discontinues axiales ou de délimitation des voies (T1 et T'1),
- Discontinues d'annonce d'une ligne continue ou de délimitation des voies en agglomération (T3)
- Discontinues de marquage de rive (T2),
- Mixtes (ligne discontinue du type T1 ou T3, accolée à une ligne continue) qui ne peuvent être franchies qu'à partir d'un seul côté
- continues ou discontinues de délimitation de voies réservées à certaines catégories de véhicules (T3) ou de délimitation de bande d'arrêt d'urgence (T'3)

2) Marquages transversaux :

Ligne STOP : c'est une ligne qui oblige les usagers de marquer un arrêt et elle est continue

Ligne «cédez le passage » (T1, 5U).

Ligne «effet des signaux » (T2, 3U).

3) Autres marquages :

- Flèche de rabattement.
- Flèche de direction

Obligatoire : la mise en place de l'équipement est rendue obligatoire par un texte réglementaire

Recommandé : aucun texte réglementaire n'impose la mise en place de cet équipement mais le groupe d'experts l'estime indispensable

Possible : équipement qui n'est pas systématique et qui peut être mis en place selon les besoins du maître d'ouvrage ou du gestionnaire

Déconseillé : le groupe d'experts ne préconise pas la mise en place de cet équipement

Application au projet :

En respectant les critères annoncés précédemment ainsi que la réglementation routière algérienne, on mentionne sur le plan de signalisation la codification des panneaux (le contenu des panneaux se trouve à l'annexe) et les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont :



B14

Limitation de vitesse. Ce panneau notifie l'interdiction de dépasser la vitesse indiquée



A18

Circulation dans les deux sens



A1b

Virage à gauche



A1a

Virage à droite

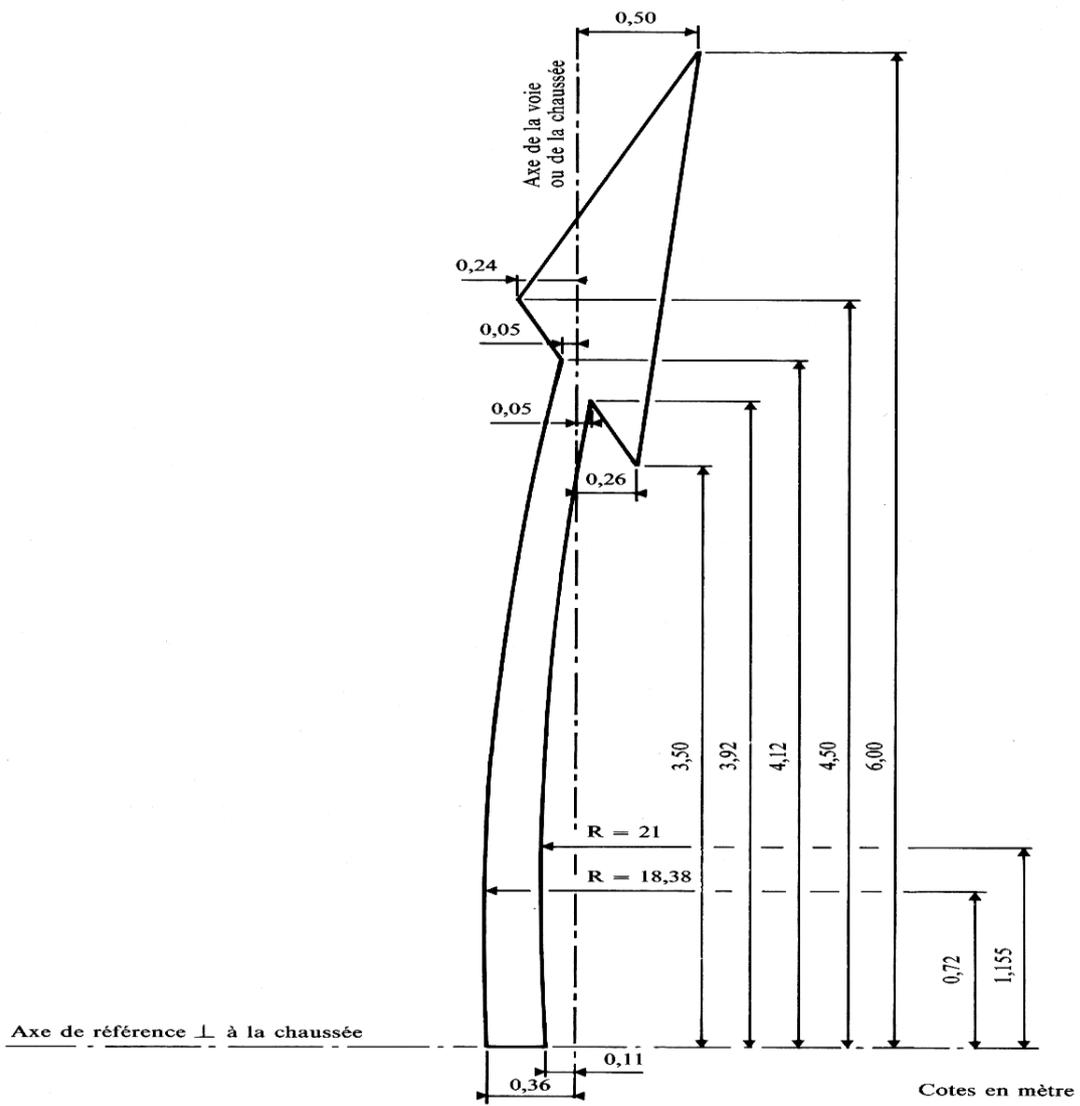


Figure 22:Détail flèche de rabattement

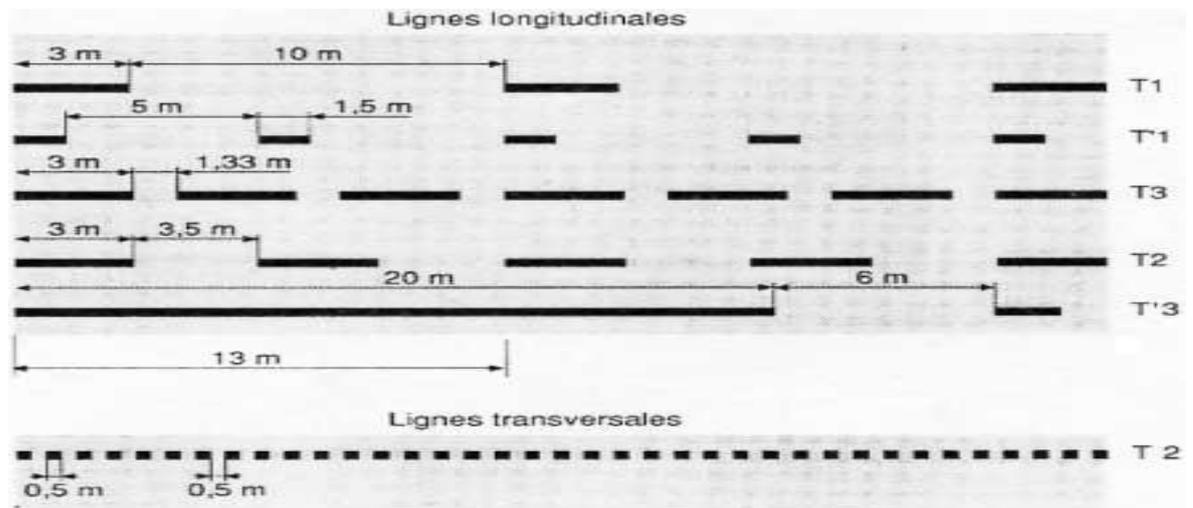
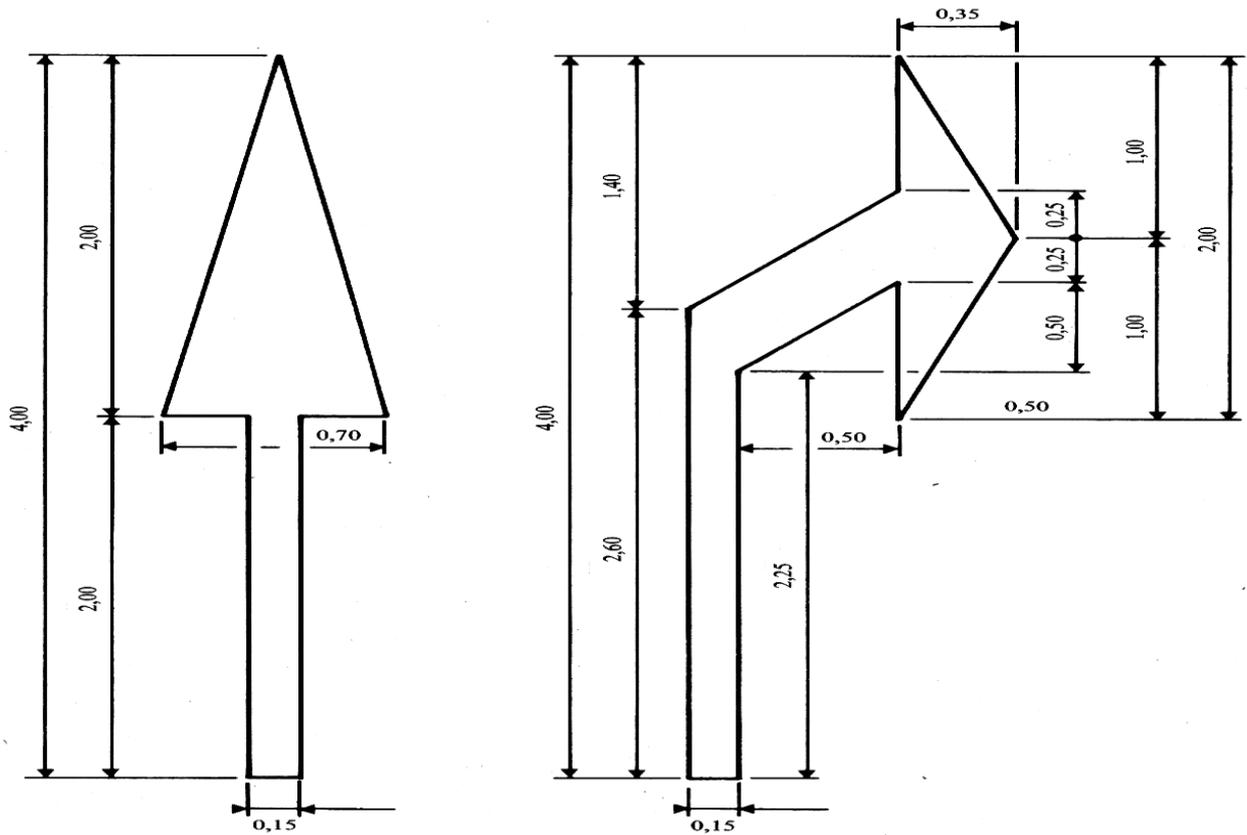


Figure 23:Détail des lignes longitudinales et transversales



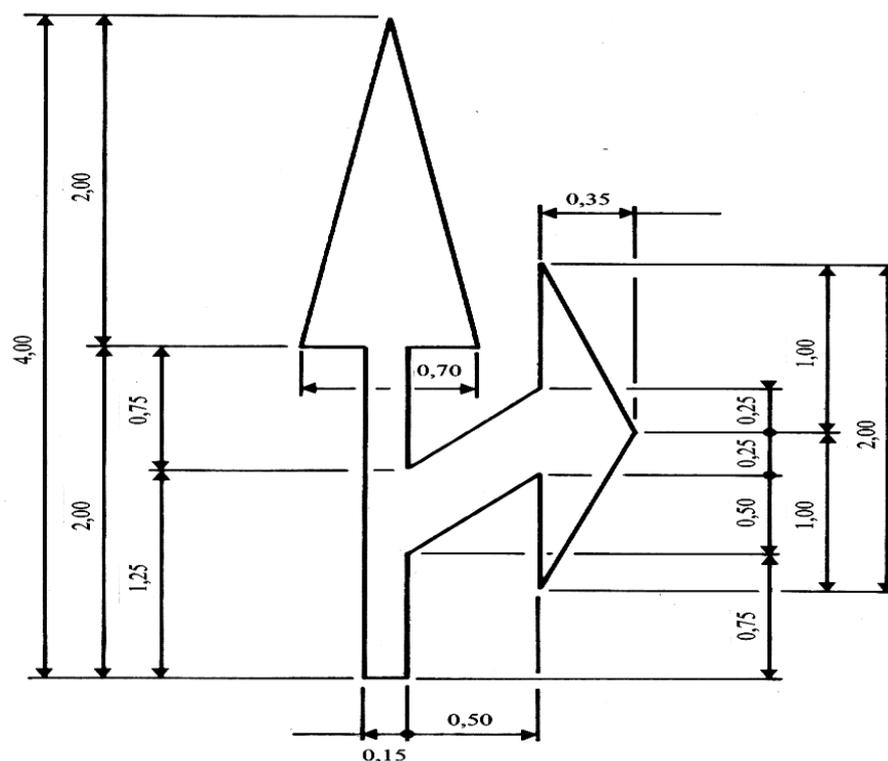


Figure24:Détail flèche de direction

Les couleurs utilisées pour les panneaux sont strictement codifiées.

Ils peuvent être réfléctorisés. La réfléctorisation standard n'étant efficace que jusqu'à 4 m, il faut, au-delà de cette hauteur, utiliser des réfléctorisations « haute densité ».

Les panneaux de jalonnement sur portiques peuvent également être éclairés de l'intérieur.

Précisons enfin que, comme le prescrit la loi, le droit de placer en vue du public, par tous les moyens appropriés, des indications ou signaux concernant à un titre quelconque la circulation

N'appartient qu'aux administrations (nationales, départementales ou communales) chargées des services de la voirie, leur pouvoir s'exerçant dans le strict respect du Code de la route.

La hauteur réglementaire de la partie basse des panneaux au-dessus du sol est de 1 m en rase campagne. En agglomération, les panneaux peuvent être placés jusqu'à 2,30 m de hauteur pour tenir compte, en particulier, des véhicules qui peuvent les masquer

VII.2) ECLAIRAGE:

VII .2.1) INTRODUCTION:

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

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

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

VII .2.2) CATEGORIES D'ECLAIRAGE:

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

VII.2.3) ECLAIRAGE DANS UN GIRATOIRE :

Dans tous les cas, il faut éviter les mâts d'éclairage implantés sur l'îlot central des carrefours giratoires (comme tout autre obstacle ou disposition agressifs). Cependant, si pour des raisons particulières un éclairage ne peut être implanté sur l'extérieur de la chaussée annulaire, on peut à la rigueur envisager un mât central,²⁸ à condition toutefois que le rayon de l'îlot central (R,) soit au moins de 10 m. Cette disposition est d'autre part déconseillée pour des valeurs de R, supérieures à 20 m (mât trop haut, puissance lumineuse installée devenant excessive).

Il faut par ailleurs proscrire l'implantation De candélabres en bordure de l'îlot central ou sur les îlots séparateurs.

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

VII.2.4) CROISEMENT DE DEUX ECLAIRAGE :

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

VII.2.5) ECLAIRAGE D'UN CROISEMENT DE ROUTE :

L'espace (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.

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

VII 2.6) PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES :

Eclairage de la voie (le long de la route)

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

Chapitre VIII : IMPLANTATION

VIII.1) IMPLANTATION :

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)

VIII.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

A- Implantation planimétrique des sommets des alignements :

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 planter et on reporte ensuite sur cette direction la distance correspondante jusqu'à matérialiser le point.

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.

3- Par coordonnées polaires :

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

B -Implantation de courbes :

a – Raccordement circulaire :

Méthode d'implantation :

- Par Abscisses et ordonnées sur la tangente

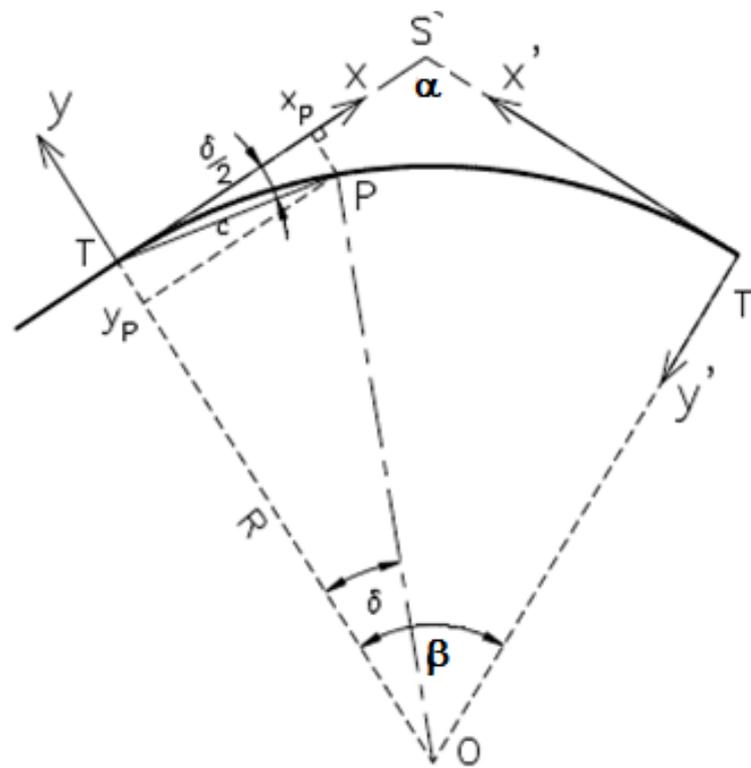


Figure 25: Implantation d'arc de cercle par abscisses et ordonnées sur la tangente

- 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.

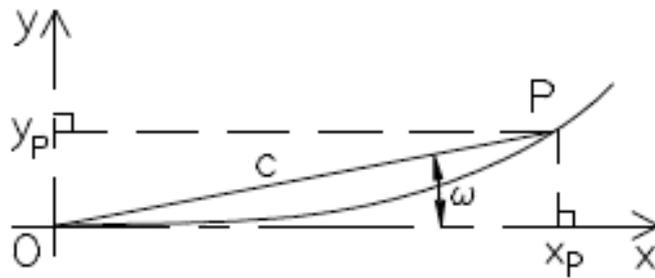


Figure 26: Implantation de clothoïde

- **Piquetage par coordonnées rectangulaires :**

$$x_i = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{40A^4} + \frac{i\Delta L^9}{3456A^8} \quad y_i = \frac{i\Delta L^3}{6A^2} - \frac{i\Delta L^7}{336A^6}$$

- **Piquetage par coordonnées Polaires :**

$$c = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{90A^4} + \frac{i\Delta L^9}{22680A^8} \quad W_{\text{radians}} = \frac{i\Delta L^2}{6A^2} - \frac{i\Delta L^6}{2835A^6}$$

VIII.3) IMPLANTATION EN ALTIMETRIE:

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.

Application à notre projet :

L'absence de canevas topographique (pièce non jointe avec le levé topographique) ne nous a pas permis de traiter la partie implantation des alignements droits. On contentera au piquetage des parties courbes (clothoïde et cercle).

Raccordement progressif 1 (forme symétrique)

Virage 1	
Rayon (m)	450
Longueur de la clothoïde (m)	74
Paramètre de la clothoïde (m)	182,48
ΔL (m)	10
n	7

L =	74,00 m	x =	55,09 m
N° Profil	xi	dext	dint
KA	0	-3,00%	3,00%
P1	10	-1,91%	3,00%
P2	20	-0,82%	3,00%
P3	30	0,27%	3,00%
P4	40	1,36%	3,00%
P5	50	2,45%	3,00%
P6	60	3,53%	3,53%
P7	70	4,62%	4,62%
KE	74,00 m	5,06%	5,06%

Tableau 47: Implantation de la branche de clothoïde « 1^{er} virage »

Virage 2 : Arc de cercle

Données

R = 200 m
 β = 29,5015gr
 $\beta/2$ = 14,7508gr
n = 5 pts
 δ = 2,9500 gr

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	$i\delta$	$Xi = R \cdot \sin i\delta$	$Yi = R(1 - \cos (i\delta))$
T	0,000 gr	0,000 m	0,000 m
1	2,9500 gr	9,264 m	0,215 m
2	5,9000 gr	18,509 m	0,858 m
3	8,8500 gr	27,714 m	1,929 m
4	11,8000 gr	36,859 m	3,426 m
5	14,7500 gr	45,925 m	5,344 m

M	14,7508 gr	45,927 m	5,345 m
----------	-------------------	----------	---------

Virage 3 : Arc de cercle

Données

R = 235 m
 β = 32,7217 gr
 $\beta/2$ = 16,3609 gr
n = 5 pts
 δ = 3,2720 gr

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	iδ	Xi = R . sin iδ	Yi= R(1 - cos (iδ))
T	0,0000 gr	0,000 m	0,000 m
1	3,2720 gr	1,681 m	0,594 m
2	6,5440 gr	3,358 m	2,375 m
3	9,8160 gr	5,025 m	5,339 m
4	13,0880 gr	6,680 m	9,476 m
5	16,3600 gr	8,317 m	14,777 m
M	16,3609 gr	8,317 m	14,779 m

Virage 4 : Clothoïde

Données

R = 300 m
L = 60 m
A = 134,16 m
 ΔL = 10 m
n = 6

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	iΔL	X	Y
KA	0 m	0,000 m	0,000 m
1	10 m	10,000 m	0,009 m
2	20 m	20,000 m	0,074 m
3	30 m	29,998 m	0,250 m
4	40 m	39,992 m	0,593 m
5	50 m	49,976 m	1,157 m

KE	60 m	59,940 m	1,999 m
----	------	----------	---------

Arc de cercle

Données

R =	300 m
γ =	13,5594gr
$\gamma/2$ =	6,7797 gr
n =	5 pts
δ =	1,3560 gr

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	$i\delta$	$X_i = R \cdot \sin i\delta$	$Y_i = R(1 - \cos(i\delta))$
T	0,0000 gr	0,000 m	0,000 m
1	1,3560 gr	6,390 m	0,068 m
2	2,7120 gr	12,776 m	0,272 m
3	4,0680 gr	19,157 m	0,612 m
4	5,4240 gr	25,529 m	1,088 m
M	6,7797 gr	31,888 m	1,700 m

Virage 5 : Arc de cercle

Données

R =	280 m
β =	27,1895gr
$\beta/2$ =	13,5948gr
n =	5 pts
δ =	2,7190 gr

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	$i\delta$	$X_i = R \cdot \sin i\delta$	$Y_i = R(1 - \cos(i\delta))$
T	0,0000 gr	0,000 m	0,000 m
1	2,7190 gr	11,955 m	0,255 m
2	5,4380 gr	23,888 m	1,021 m
3	8,1570 gr	35,778 m	2,295 m
4	10,8760 gr	47,603 m	4,076 m

M	13,5948 gr	59,339 m	6,360 m
----------	-------------------	----------	---------

Virage 6 : Arc de cercle

Données

R = 300 m
 β = 13,5594gr
 $\beta/2$ = 6,7797 gr
n = 5 pts
 δ = 1,3560 gr

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	$i\delta$	$X_i = R \cdot \sin i\delta$	$Y_i = R(1 - \cos (i\delta))$
T	0,0000 gr	0,000 m	0,000 m
1	1,3560 gr	6,390 m	0,068 m
2	2,7120 gr	12,776 m	0,272 m
3	4,0680 gr	19,157 m	0,612 m
4	5,4240 gr	25,529 m	1,088 m
M	6,7797 gr	31,888 m	1,700 m

Virage 7 : Clothoïde

Données

R = 800 m
L = 98 m
A = 280,00 m
 ΔL = 10 m
n = 9

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	$i\Delta L$	X	Y
KA	0 m	0,000 m	#DIV/0!
1	10 m	10,000 m	0,005 m
2	20 m	20,000 m	0,040 m
3	30 m	30,000 m	0,135 m
4	40 m	40,000 m	0,320 m
5	50 m	49,999 m	0,626 m
6	60 m	59,997 m	1,081 m
7	70 m	69,993 m	1,716 m
8	80 m	79,987 m	2,561 m
9	90 m	89,976 m	3,645 m

KE	98 m	97,963 m	4,704 m
----	------	----------	---------

Arc de cercle

Données

R = 800 m
 $\gamma = 3,1967$ gr
 $\gamma/2 = 1,5984$ gr
n = 5 pts
 $\delta = 0,3200$ gr

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	i δ	Xi = R . sin i δ	Yi= R(1 - cos (i δ))
T	0,0000 gr	0,000 m	0,000 m
1	0,3200 gr	0,164 m	0,006 m
2	0,6400 gr	0,329 m	0,023 m
3	0,9600 gr	0,493 m	0,051 m
4	1,2800 gr	0,658 m	0,091 m
M	1,5984 gr	0,821 m	0,142 m

Virage 8 : Arc de cercle

Données

R = 150 m
 $\beta = 34,6558$ gr
 $\beta/2 = 17,3279$ gr
n = 5 pts
 $\delta = 3,4660$ gr

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	i δ	Xi = R . sin i δ	Yi= R(1 - cos (i δ))
T	0,0000 gr	0,000 m	0,000 m
1	3,4660 gr	0,012 m	0,000 m
2	6,9320 gr	0,025 m	0,001 m
3	10,3980 gr	0,037 m	0,003 m
4	13,8640 gr	0,049 m	0,005 m
M	17,3279 gr	0,061 m	0,008 m

Virage 9 :Clothoïde

Données

R = 400 m
 L = 70 m
 A = 167,33 m
 $\Delta L = 10$ m
 n = 7

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	i ΔL	X	Y
KA	0 m	0,000 m	0,000 m
1	10 m	10,000 m	0,006 m
2	20 m	20,000 m	0,048 m
3	30 m	29,999 m	0,161 m
4	40 m	39,997 m	0,381 m
5	50 m	49,990 m	0,744 m
6	60 m	59,975 m	1,285 m
KE	70 m	69,946 m	2,041 m

Arc de cercle

Données

R = 400 m
 $\gamma = 3,0630$ gr
 $\gamma/2 = 1,5315$ gr
 n = 5 pts
 $\delta = 0,3060$ gr

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	i δ	Xi = R . sin i δ	Yi= R(1 - cos (i δ))
T	0,0000 gr	0,000 m	0,000 m
1	0,3060 gr	1,923 m	0,005 m
2	0,6120 gr	3,845 m	0,018 m
3	0,9180 gr	5,768 m	0,042 m
4	1,2240 gr	7,690 m	0,074 m
5	1,5300 gr	9,612 m	0,116 m
M	1,5315 gr	9,622 m	0,116 m

Virage 10 : Arc de cercle

Données

R = 400 m
 β = 6,6860 gr
 $\beta/2$ = 3,3430 gr
n = 5 pts
 δ = 0,6690 gr

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	i δ	Xi = R . sin i δ	Yi= R(1 - cos (i δ))
T	0,0000 gr	0,000 m	0,000 m
1	0,6690 gr	4,203 m	0,022 m
2	1,3380 gr	8,406 m	0,088 m
3	2,0070 gr	12,608 m	0,199 m
4	2,6760 gr	16,809 m	0,353 m
M	3,3430 gr	20,995 m	0,551 m

Virage 11 : Arc de cercle

Données

R = 400 m
 β = 9,7400 gr
 $\beta/2$ = 4,8700 gr
n = 5 pts
 δ = 0,9740 gr

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	i δ	Xi = R . sin i δ	Yi= R(1 - cos (i δ))
T	0,0000 gr	0,000 m	0,000 m
1	0,9740 gr	0,149 m	0,047 m
2	1,9480 gr	0,298 m	0,187 m
3	2,9220 gr	0,447 m	0,421 m
4	3,8960 gr	0,596 m	0,749 m
M	4,8700 gr	0,744 m	1,170 m

Virage 12 : Arc de cercle

Données

R = 150 m
 β = 35,036 gr
 $\beta/2$ = 17,5181 gr
n = 5 pts
 δ = 3,5040 gr

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	$i\delta$	$X_i = R \cdot \sin i\delta$	$Y_i = R(1 - \cos(i\delta))$
T	0,0000 gr	0,000 m	0,000 m
1	3,5040 gr	1,927 m	0,053 m
2	7,0080 gr	3,849 m	0,212 m
3	10,5120 gr	5,759 m	0,477 m
4	14,0160 gr	7,651 m	0,846 m
M	17,5181 gr	9,520 m	1,318 m

Virage 13 : Arc de cercle

Données

R = 400 m
 β = 5,3948 gr
 $\beta/2$ = 2,6974 gr
n = 5 pts
 δ = 0,5390 gr

Méthode d'implantation

1- Abscisses et ordonnées sur la tangente

Pts	$i\delta$	$X_i = R \cdot \sin i\delta$	$Y_i = R(1 - \cos(i\delta))$
T	0,0000 gr	0,000 m	0,000 m
1	0,5390 gr	3,387 m	0,014 m
2	1,0780 gr	6,773 m	0,057 m
3	1,6170 gr	10,159 m	0,129 m
4	2,1560 gr	13,544 m	0,229 m
5	2,6950 gr	16,928 m	0,358 m

M	2,6974 gr	16,943 m	0,359 m
----------	------------------	----------	---------

Chapitre IX : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Devis Quantitatif et Estimatif					
N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	Unité	Prix.u.	Quantité	Prix
1	installation de chantier		f	f	f
2	décapage de la terre végétale	m2	30,00 DA	57225	1716750,00
3	abattage et dessouchage des arbres	U	2000,00 DA	300,00	600000,00
4	Scarification de la route existante	m2	300,00 DA	2109,5235	632857,05
SERIE 01 PREPARATION DU TERRAIN					
SERIE 01 TERRASSEMENT					
	Déblai en terrain meuble	M3	170,00 DA	57458	9767860
5	Déblais mise en dépôt	m3	250,00 DA	3765,00	941250
6	Remblai mis-en d'emprunt	m3	950,00 DA	555,36	527592,00
SERIE 02: CORPS DE CHAUSSEE ET AUTRES					
7	Couche de fondation en tuf 30 cm, y/c le transport la manutention l'étalage le compactage, l'arrosage essais de compacité et toutes sujétions comprises	m3	450,00 DA	17167,50	7725375,00
8	Couche de base en GB 13 cm	t	3100,00 DA	7984,80	24752864,50
9	Couche de roulement en béton bitumineux 6cm	t	4200,00 DA	3765,41	15814701,00
SERIE 03. TRAVAUX DE FINITION					
10	Rechargement des accotements sur une épaisseur de 21 cm y compris compactage et arrosage et toutes sujétions comprises	m3	450,00 DA	2804,03	1261811,25
11	Panneaux de signalisation verticale	U	8000,00 DA	60,00	480000,00
12	Peinture de signalisation horizontale	ml	100,00 DA	22890	2289000,00
13	Ouverture de fossé bétonné	ml	1500,00 DA	2000,00	3000000,00
14	Réalisation d'un ouvrage busé diamètre 500	ml	29,00 DA	144,00	4176,00
				PRIX HT	69514236,80
				TVA 19%	13207704,99
				PRIX TTC	82721941,79

Tableau 48: Devis Quantitatif Et Estimatif

Le présent devis est arrêté à la somme de : Quatre-vingt-deux millions sept cent vingt et un mille neuf cent quarante et un dinars et soixante-dix-neuf centimes

CONCLUSION GENERALE

En diminuant le nombre de virage de 20 à 13; en choisissant des rayons en plan et verticaux obéissant aux normes du B40 et en optant pour la largeur de la chaussée ainsi que le corps de chaussée pour des valeurs donnant à l'infrastructure la capacité à écouler le trafic actuel qu'elle doit supporter et ceci afin d'assurer la sécurité et le confort, on peut conclure que la nouvelle route a été dotée des caractéristiques d'un chemin de wilaya. Et ceci s'est concrétisé en moyennant les actions suivantes qui résument l'objectif de notre étude :

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

Le document de base qui est le plan numérique, par sa richesse en points topographiques nous a beaucoup aidé à passer d'une étape à une autre sans rencontrer de problème.

Cette étude de réhabilitation de chemin de wilaya nous a permis de cerner tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet routier et a été donc une l'occasion pour mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation.

Il ressort de ce travail que la réalisation d'un projet routier n'est pas une chose aisée. C'est par une documentation très ample qu'on doit s'orienter dans une réflexion tout en faisant appel à des connaissances théoriques.

C'est un travail de base qu'on vient de réaliser, il est d'une utilité incontestable parce qu'il nous a confrontés à certains problèmes et nous a permet entre autre de tirer profit des expériences des personnes qualifiées dans le domaine

Encore une fois, ce modeste travail et grâce à notre encadreur, nous a poussé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de calcul et de dessin notamment L'EXCEL, Word et L'AUTO CAD, COVADIS, vu leur traitement rapide et précision de leurs résultats.

De toute façon, il nous a immergé dans le milieu professionnel dans lequel nous serons appelés à édifier notre pays et de contribuer à son développement.

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

BIBLIOGRAPHIE

- Topographie et topométrie modernes (Tome 1) : Techniques de mesure et de représentation **Serge Milles et Jean Lagofun**
- Topographie et topométrie modernes (Tome 2) : Calculs **Serge Milles et Jean Lagofun**
- Les travaux Publics **R. ALLARD et G. KIENERT**
- Métré de travaux Publics **P. PEYRONNET**
- Voies de communications **Nicolas BOS**
- Cour de Routes **Hervé BRUNEL**

B40

- Normes techniques d'aménagement des routes
- Etudes générales techniques et économiques des aménagements routiers

Mémoires

1. Etude de la réhabilitation d'un tronçon du chemin de wilaya N° 24 « CW24 ».

Mémoire de master Encadré par : **M. A.TALIA**

2. Etude de la modernisation de la RN90

Mémoire de master Encadré par : **M. A.TALIA**

3. la modernisation d'un tronçon « Tronçon Ain tedles – Sour »

Mémoire de master Encadré par : **M. A.TALIA**

4. la conception du dédoublement d'un tronçon routier reliant AIN TEDELES –SOUR.

Mémoire de master Encadré par : **M. A.TALIA**

5. Etude d'APS et d'APD d'un tronçon de la bretelle autoroutière reliant la ville de Mostaganem à l'autoroute Est Ouest.

Mémoire de master Encadré par : **M. A.TALIA**