

Faculty of Sciences and Technology

كلية العلوم والتكنولوجيا

Civil Engineering Department

قسم الهندسة المدنية

N° d'ordre : M2.../GC/2024

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie civil

Option : voies et Ouvrage d'art (V.O.A)

Thème

**ETUDE DEDOUBLEMENT CV2 RELIANT ES SENIA
CENTRE VERS CHERIF YAHIA SUR UN
LINEAIRE DE 1.4 KM**

Présenté par :

GUENOUNA TOUATI

Soutenu le 27/06/2024 devant le jury composé de

M r	Président :	SOLTANE BENALOU KADOUR	Université de Mostaganem
M r	Encadrant :	BOUHALOUFA AHMED	Université de Mostaganem
M r	Examineur :	ROUAM SEDEK MOHAMED	Université de Mostaganem
M r	Invité.	CHERIF MOURAD	Université de Mostaganem

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu et avant tout le tout puissant, qui m a donné la force et la patience d'accomplir mon travail dans les meilleures conditions.

je tiens à remercier mes encadreur Mr 'bouarfa zohir', Mr 'Bouhaloufa Ahmed' et MrCHERIF Mourad ; pour leurs précieux conseils et orientations.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront le plaisir d'apprécier.

Aussi je remercie tout le personnel du département de Génie Civil.

Enfin, mes pensées vont à tous ceux qui mon aidé pour la réalisation de ce modeste travail.

Mr: GUENOUNA touati

Dédicace

« Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur que l'on dédie du fond du coeur à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant sa gratitude et sa reconnaissance durant toute notre existence ».

Au sens de gratitude et d'amour je dédie ce travail à Dieu tout puissant Allah qui m'a donné la volonté et la puissance pour réaliser cette étude dont je souhaiterai qu'elle soit acceptée par lui et qu'il m'aide à continuer.

Je dédie ce travail à :

A mon très cher pere qui m'a toujours poussé pour aller de l'avant avec ses conseils tantôt avec patience et tantôt avec sévérete mais qui m'ont mené jusqu'à finir mon projet de fin d'études.

A ma chère maman qui m'a comblée d'amour et tendresse et qui a rendu les choses les plus difficiles sembler bien plus simple que je ne le croyais.

A mes frères et soeurs, qui je leurs souhaitent pleins de succès et de réussites dans la vie.

En fin, à mes professeurs du département de Génie civil en souhaitant qu'on ait été à la hauteur de ce qu'ils attendaient de nous.

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicace

SOMMAIRE

CHAPITRE 01 :

1- Présentation de la wilaya.....	01
2- Présentation du projet.....	04
3- L'objectif de l'étude	05

CHAPITRE 02 :

Etude choix de variante

1- Variante 01	07
2- Variante 02	16
3- Choix de la variante	18
4- Conclusion	20

CHAPITRE 03 :

Tracé en plan

Introduction	21
1- Définition	21
2- Règles à respecter dans le tracé en plan	22
3- Les éléments du tracé en plan	23
4- Les alignements	24
5- Arc de cercle	24
6- Les raccordements progressifs(clothoide).....	25
7- Combinaison des éléments du tracé en plan.....	26
8- Paramètres fondamentaux.....	28
9- La vitesse de référence(de base.....)	29
10-	

CHAPITRE 04 :**LES PARAMETRES CINEMATEQUES**

1-Definition.....	37
2-Distance de frinage	37
3-Temps dereaction	38
4-Distance d'arret.....	39.
5-Distance de perception.....	39
6-Distance securite entre deux vehicules.....	41

CHAPITRE 05 :**Profil en travers**

1-Définition	50
2-Différente types de profil en travers	51
3-Eléments constitutif	52
4-Pente transversales	53
5-Profil en travers du CV02	54

CHAPITRE 06 :**Etude de trafic**

1- Définition	60
2-Calcul de la capacité	61
3-Application au projet	65

CHAPITRE 07:**Dimensionnement du corps chaussée**

1-Itroduction	81
---------------------	----

2-La chaussée.....	84
3-Les différentes catégories.....	85
4-Les principales méthode de dimensionnement.....	87
5-Application au projet.....	90

CHAPITRE 08

Profil en long

1- Définition.....	95
2- Les règles à respecter dans la conception du profil en long	96
3- Coordination du tracé en plan et profil en long	97
4- Déclivité	98
5- Raccordements en profil en long.....	99
6- Caractéristique des rayons en long	102

CHAPITRE 09 :

Profil en travers

1- Définition	105
2- Différente types de profil en travers	105
3- Eléments constitutif	108
4- Pente transversales	108

CHAPITRE 10 :

CUBATURE

1-Définition	111
2-Méthode de calcul	112
3-Application au projet.....	115

CHAPITRE 11 :

Signalisation et éclairage

1- L'objet de la signalisation routier	122
2- Types de signalisation	123
3- Caractéristiques générales des marques	127
Application au projet	129

CHAPITRE 12 :

Devis estimatif et quantitatif

1- Devis estimatif	142
--------------------------	-----

INTRODUCTION GENERALE

Dans le cadre du renforcement du réseau routier et la gestion de la circulation la commune d'ES SENIA ORAN , On étudie de la signalisation verticale de la ville

Chapitre (1)

Présentation

de projet

Taux de croissance de la population :

Le taux d'accroissement annuel moyen de la wilaya était de 2,45%. Répartition de la population occupée par secteur d'activité :

- BTPH : 36%.
- Commerces : 18%.
- Transport & communication : 9%.
- Hôtellerie et restauration : 8%.
- Industrie : 6%.

Daïra et nombre de communes :

- 9 Daïras.

- 26 communes.

Infrastructures de base existantes :

Réseau routier :

- Routes nationales 187KM.
- Chemins de wilaya 592KM.
- Chemins communaux 291 Km.
- AUTOROUTES .

Infrastructures portuaires :

La wilaya compte trois ports possédant :

- Port d'Oran : 2^{ème} Port commercial du pays.
- Port d'Arzew : 1^{er} Port pétrolier du pays.
- Port de BETHIOUA : Port pétrolier du pays.

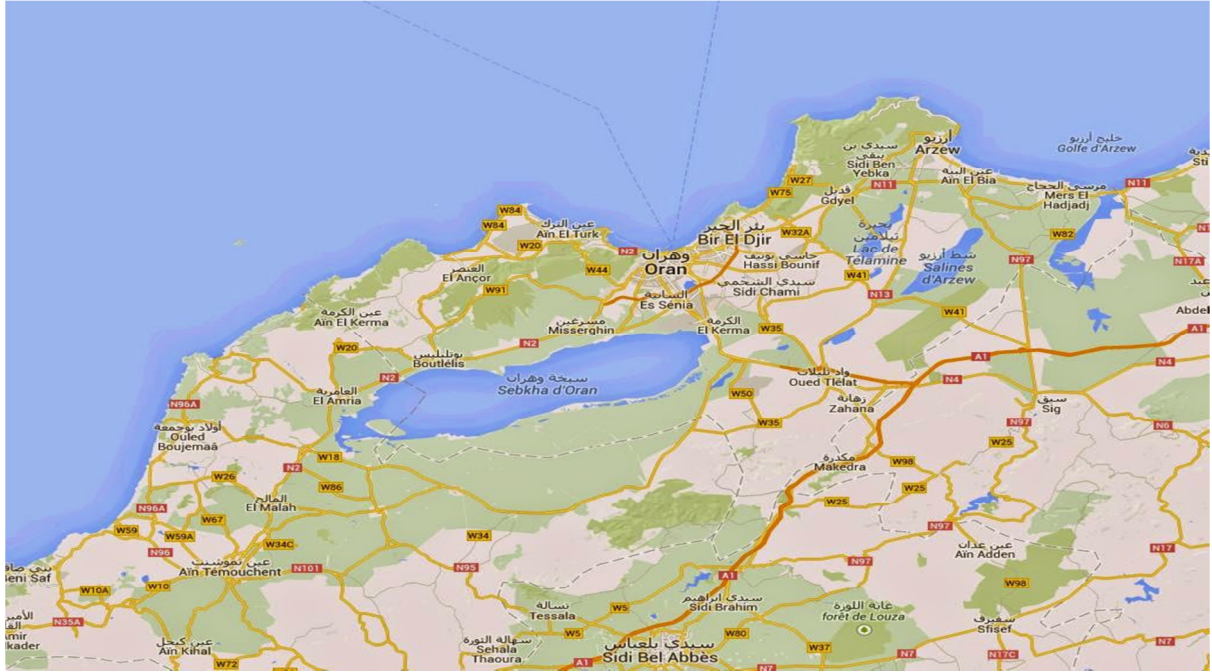


Figure n°8 : carte du réseau routier de la wilaya d'Oran.

I.2.Présentation de projet:

Figure n°9 : tracé globale de la deuxième rocade sud d'Oran section sania



Figure n°10 : tracé du tronçon étudié de la deuxième rocade sud d'Oran section sania



I.3. Justification du projet :

Ce projet s'installe dans le cadre de l'amélioration du réseau routier de la wilaya d'Oran, de créer des déviations pour désengorger la circulation et fluidifier le trafic, le doublement du CV apportera un plus à la wilaya d'Oran.

I.4. Objectifs du projet :

La commune d'ES-SENIA est en pleine expansion économique et sociale, la gestion du réseau routier demeure une impérieuse pour assurer une meilleure fluidité du trafic et assurer la sécurité et le confort des usagers de la route et des citoyens.

CHAPITRE

(02)

Etude de variante 1 :

1. Etude de chaque variante sera axé sur les étapes suivantes :

- Traçage l'axe de la route.
- Détermination des angles au sommet des virages à partir le calcul de gisements.
- Mesurer des longueurs des tangents.
- Détermination des rayons des parties circulaires de route existante.
- Détermination des éléments de raccordements circulaires.
- Vérification du pourcentage des alignements droits et courbes.

1.1 Traçage l'axe de la route :

Tableau n08 :Calcul les dénivelées V1.

Profil		Distance	Z TN Axe	DN	Pente
P01	0,0000		99,6430		
P02	13,1560	13,156	99,7019	0,0590	0,45
P03	20,0000	6,844	99,7440	0,0421	0,61
P04	40,0000	20,000	99,8471	0,1031	0,52
P05	53,4356	13,436	99,9488	0,1017	0,76
P06	60,0000	6,564	99,8932	-0,0556	-0,85
P07	62,3475	2,348	99,9774	0,0841	3,58
P08	80,0000	17,652	100,1098	0,1325	0,75
P09	100,0000	20,000	99,6765	-0,4333	-2,17
P10	120,0000	20,000	99,3882	-0,2883	-1,44
P11	139,6324	19,632	99,5462	0,1580	0,80
P12	140,0000	0,368	99,5490	0,0029	0,78
P13	160,0000	20,000	99,4235	-0,1255	-0,63
P14	180,0000	20,000	99,3069	-0,1166	-0,58
P15	200,0000	20,000	99,1758	-0,1311	-0,66
P16	220,0000	20,000	98,8369	-0,3389	-1,69
P17	240,0000	20,000	98,9240	0,0871	0,44
P18	260,0000	20,000	98,7990	-0,1250	-0,63
P19	280,0000	20,000	98,6303	-0,1686	-0,84
P20	300,0000	20,000	98,6996	0,0693	0,35
P21	320,0000	20,000	98,7928	0,0932	0,47
P22	340,0000	20,000	98,6692	-0,1237	-0,62
P23	346,3091	6,309	98,8648	0,1956	3,10
P24	360,0000	13,691	98,8031	-0,0617	-0,45
P25	380,0000	20,000	98,9199	0,1168	0,58

P26	400,0000	20,000	98,8088	-0,1111	-0,56
P27	420,0000	20,000	99,0080	0,1992	1,00
P28	440,0000	20,000	99,0034	-0,0045	-0,02
P29	460,0000	20,000	99,3421	0,3387	1,69
P30	480,0000	20,000	99,1296	-0,2126	-1,06
P31	500,0000	20,000	99,2788	0,1492	0,75
P32	520,0000	20,000	99,4434	0,1646	0,82
P33	540,0000	20,000	99,5179	0,0745	0,37
P34	560,0000	20,000	99,9732	0,4553	2,28
P35	580,0000	20,000	100,2710	0,2978	1,49
P36	600,0000	20,000	99,9387	-0,3323	-1,66
P37	620,0000	20,000	100,1626	0,2239	1,12
P38	640,0000	20,000	100,4758	0,3132	1,57
P39	660,0000	20,000	100,9877	0,5120	2,56
P40	680,0000	20,000	101,2813	0,2936	1,47
P41	700,0000	20,000	101,6117	0,3304	1,65
P42	720,0000	20,000	101,7921	0,1804	0,90
P43	740,0000	20,000	102,2383	0,4462	2,23
P44	750,9855	10,986	102,4550	0,2167	1,97
P45	760,0000	9,014	102,4826	0,0275	0,31
P46	780,0000	20,000	103,1791	0,6966	3,48
P47	800,0000	20,000	103,2623	0,0832	0,42
P48	820,0000	20,000	103,9305	0,6681	3,34
P49	840,0000	20,000	104,4522	0,5217	2,61
P50	840,9717	0,972	104,4670	0,0148	1,53
P51	860,0000	19,028	104,5110	0,0440	0,23
P52	880,0000	20,000	105,3362	0,8252	4,13
P53	900,0000	20,000	106,1265	0,7903	3,95
P54	920,0000	20,000	106,8027	0,6762	3,38
P55	940,0000	20,000	107,5111	0,7084	3,54
P56	960,0000	20,000	107,9858	0,4747	2,37
P57	980,0000	20,000	108,7354	0,7496	3,75
P58	1000,0000	20,000	109,4702	0,7348	3,67
P59	1020,0000	20,000	110,6435	1,1733	5,87
P60	1040,0000	20,000	111,3210	0,6774	3,39
P61	1060,0000	20,000	112,0442	0,7233	3,62
P62	1080,0000	20,000	112,6767	0,6325	3,16
P63	1100,0000	20,000	113,8631	1,1864	5,93
P64	1120,0000	20,000	114,5082	0,6451	3,23
P65	1140,0000	20,000	115,4566	0,9484	4,74
P66	1160,0000	20,000	116,1159	0,6594	3,30
P67	1180,0000	20,000	117,1036	0,9877	4,94
P68	1200,0000	20,000	118,2348	1,1311	5,66
P69	1220,0000	20,000	119,2132	0,9784	4,89
P70	1240,0000	20,000	120,1622	0,9490	4,75

P71	1260,0000	20,000	120,9499	0,7877	3,94
P72	1280,0000	20,000	121,7174	0,7675	3,84
P73	1300,0000	20,000	122,3851	0,6677	3,34
P74	1320,0000	20,000	123,1623	0,7771	3,89
P75	1340,0000	20,000	124,2495	1,0873	5,44
P76	1360,0000	20,000	124,7937	0,5442	2,72
P77	1360,4489	0,449	124,8114	0,0177	3,95
P78	1380,0000	19,551	125,5839	0,7725	3,95
P79	1399,4145	19,414	126,3275	0,7436	3,83
P80	1400,0000	0,586	126,3326	0,0051	0,87
P81	1420,0000	20,000	127,2264	0,8938	4,47
P82	1440,0000	20,000	128,0776	0,8513	4,26
P83	1460,0000	20,000	128,7684	0,6908	3,45
P84	1472,9248	12,925	129,0056	0,2372	1,84
P85	1480,0000	7,075	129,1403	0,1347	1,90
P86	1500,0000	20,000	129,6032	0,4629	2,31
P87	1520,0000	20,000	129,9343	0,3311	1,66
P88	1538,3763	18,376	130,4770	0,5427	2,95
P89	1540,0000	1,624	130,5143	0,0373	2,30
P90	1556,0625	16,062	130,5704	0,0561	0,35
			somme DN	30,9274	
			H/L (%)	1,99	

1.2 La dénivelée cumulé moyenne :

$$\frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma Dist} = \frac{10.78}{4106.47} = 0.002624904 < 1.5\% \implies \text{Terrain plat.}$$

1.3 Détermination les angles des raccordements circulaires :

A partir de tracé en plan de la route existante, on tracé l'axe de cette dernière et on a relevé les coordonnées qui définissent les raccordements circulaires.

Une fois les coordonnées relevés, on calcul les gisements qui nous permet de calcul les angles des raccordements, cette procédure de but de calculée les rayons planimétrique des virages de la route existante.

Tableau n°09 : les coordonnées des points au sommet de la route existante V1.

Pts	X	Y
A	1026.7148	20033.1293

S1	990.3821	19975.1070
S2	420.9447	19573.4252
S3	213.4733	19026.2487
B	164.3299	18910.2487

a. Gisement :

Le gisement d'une direction est angle horizontal mesuré positivement dans section horaire entre l'axe des coordonnées et cette direction.

Exemple :(Virage n°1)

b. Le calcul de l'angle « a » se fait comme suit :

$$G_{ASI} = \arctg [\Delta X / \Delta y] = \arctg [(X_{SI} - X_A) / (Y_{SI} - Y_A)]$$

$$\text{Si : } \Delta X > 0, \Delta y > 0 \quad G_{ASI} = G'_{ASI}$$

$$\Delta X > 0, \Delta y < 0 \quad G_{ASI} = 200 - G'_{ASI}$$

$$\Delta X < 0, \Delta y > 0 \quad G_{ASI} = 400 - G'_{ASI}$$

$$\Delta X < 0, \Delta y < 0 \quad G_{ASI} = 200 + G'_{ASI}$$

Dans notre projet on a :

$$G_{ASI} = \arctg[\Delta X / \Delta y] = \arctg\left[\frac{X_{SI} - X_A}{Y_{SI} - Y_A}\right]$$

$$G_{ASI} = \arctg[36.33/58.0829] = 32.0253 \text{ grad.}$$

$$\Delta X < 0, \Delta y < 0 \quad \longrightarrow \quad G_{ASI} = 200 + G'_{ASI} = 232.0253 \text{ grad.}$$

$$\longrightarrow \quad G_{S1S2} = 260.2163 \text{ grad.}$$

$$\longrightarrow \quad G_{S2S3} = 261.2568 \text{ grad.}$$

$$\longrightarrow \quad G_{S3S4} = 223.0655 \text{ grad.}$$

$$\longrightarrow \quad G_{S4B} = 225.5461 \text{ grad.}$$

c. Détermination des angles:

$$a_1 = G_{S1S2} - G_{ASI} = 85.86 \text{ grad.}$$

$$a_2 = G_{S2S3} - G_{S1S2} = 37.77 \text{ grad}$$

$$a_3 = G_{S3S4} - G_{S2S3} = 2.22 \text{ grad.}$$

$$a_4 = G_{S4B} - G_{S3S4} = 12.22 \text{ grad}$$

d. La distance:

$$D_{AS1} = 225.82 \text{ m} \quad D_{S1S2} = 585.36 \text{ m}$$

$$D_{S2S3} = 551.07 \text{ m} \quad D_{S3S4} = 354.81 \text{ m} \quad D_{S4B} = 268.46 \text{ m}$$

Tableau n°10: les gisements et les angles au sommet de la route existante V1.

N de virage	Directions	Valeurs de ΔX et Δy	Gisement	L'angle au sommet a_i
Virage 1	AS1	$\Delta X = 1320.2176$ $\Delta y = 3373.6348$	GAS1 235.6158	a1= 37.77grd
	S1S2	$\Delta X = -787.3214$ $\Delta y = -1025.1293$	GS1S2 261.2568	
Virage 2	S2S3	$\Delta X = -283.3068$ $\Delta y = 374.8453$	GS2S3 223.0655	a2= 2.222 grad
	S3B	$\Delta X = -306.9157$ $\Delta y = -42.4353$	GS3S4 225.5461	a3= 12.22grd

1.4 Détermination des rayons en plan et des éléments de raccords:

Pour déterminer les rayons en plan, il faut mesurer les tangentes (ST=ST') à partir de tracé en plan de la route existante.

a. La tangente «T»:

La tangente est la distance entre le sommet considéré et l'extrémité du raccordement elle est calculée ainsi:

$$T = R (\operatorname{tg} (a/2))$$

Avec :

a: angle au sommet (grd).

R: rayon choisit (m).

a. La bissectrice «B_x»: est obtenu à la suite:

$$B_x = R \left(\frac{1}{\cos \frac{a}{2}} - 1 \right)$$

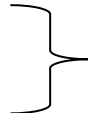
C. Enfin de développement de l'arc «Le» sera:

$$D = R \frac{\pi a}{200}$$

➤ **Application au projet:**

$$a = 37.77$$

$$T = 21.40$$



(virage 01)

$$\frac{1}{\cos \frac{a}{2}} - 1$$

$$\frac{1}{\cos \frac{a}{2}} - 1$$

$$\left\{ \frac{1}{\cos \frac{37.772}{2}} \right\}$$

$$= 0.63\text{m}$$

La bissectrice: Bi=

$$B_i = 0.63\text{m.}$$

$$\text{La longueur de raccordement: } LC = R \frac{\pi a}{200} = 200 \frac{37.772}{200} = 37.77 \text{ m}$$

$$LC = 37.77 \text{ cm}$$

Les résultats de calcul des autres raccordements sont représentés dans le tableau suivant:

Tableau n°11: les éléments de raccordement circulaire de la route existante V1.

<i>N° de virage</i>	<i>R le rayon proposé</i>	<i>Angle grade</i>	<i>T(m)</i>	<i>Lc(m)</i>	<i>Bs</i>
<i>1</i>	<i>200</i>	<i>37.77</i>	<i>21.40</i>	<i>37.77</i>	<i>0.63</i>
<i>2</i>	<i>150</i>	<i>2.22</i>	<i>2.90</i>	<i>5.2281</i>	<i>0.01</i>
<i>3</i>	<i>350</i>	<i>12.22</i>	<i>37.46</i>	<i>67.1489</i>	<i>0.35</i>

1.5 Détermination de la longueur totale du tracé:

a. La longueur totale du tracé mesurée: $L_t = 1585.52$

$$L_t = 1585.52$$

b. La longueur totale des courbes:

$$L_c = L_{c1} + L_{c2} + L_{c3}$$

$$L_c = 110.197 \text{ m.}$$

c. La longueur totale des alignements droits.

$$L_{AD} = L_t - L_c = 1585.52 - 110.197 = 1474.55 \text{ m.}$$

$$\mathbf{LAD = 1474.77 \text{ m}}$$

1.6 Vérification de pourcentage des alignements droits dans le tracé:

Le tracé rectiligne est considéré comme le tracé le plus court d'une route, mais il présente des inconvénients dans les grands alignements droits parce qu'il cause la fatigue au conducteur (monotone) dans la conduite, en même temps ils sont gênants en nuit du fait de l'éblouissement causé par les phares, et encore, ils permettent la conduite avec une vitesse excessive qui peut être la cause des graves accidents.

Donc il est préférable de remplacer les lignes droites par des alignements droits et des courbes, en respectant le pourcentage d'alignement droit qui a compris entre 20% et 80%.

$$60\% \leq \frac{LAD}{L_t} \leq 80\%$$

$$20\% \leq \frac{LAD}{L_t} = \frac{1474.77}{1940.52} \times 100 = 76\% \dots \dots \dots \text{condition vérifiée.}$$

Étude de variante 2:

2.3 Détermination les angles des raccordements circulaires:

A partir de tracé en plan de la route existante, on tracé l'axe de cette dernière et on a relevé les coordonnées qui définissent les raccordements circulaires.

Une fois les coordonnées relevé, on calcul les gisements qui nous permet de calcul les angles des raccordements, cette procédure de but de calculée les rayons planimétrique des virages de la route existante.

Tableau n°13: les coordonnées des points au sommet de la route existante v2:

Pts	X	Y
A	1344.2893	9188.4042
S1	1356.7967	104438005
S2	1383.9971	10561.7622
B	1394.6420	11760.2351

Tableau n°14: les gisements.

N de virage	Direction s	Valeurs de ΔX et Δy	gisement	L'angle au sommet a_i
Virage 1	AS1	$\Delta X = 156.4350$ $\Delta y = 1576.1987$	GAS1 206.5088	$a_1 = 12.4138$ grd.
	S1S2	$\Delta X = 739.8617$ $\Delta y = 13914.9626$	GS1S2 12.98460	
Virage 2				
	S2B	$\Delta X = 113.3138$ $\Delta y = 143633.292$	GS2B 5.5008	$a_2 = 24.6741$ grd;

2.5 Détermination de la longueur totale du tracé:

a. La longueur totale du tracé mesurée: $L_t = 3298.29$ m.

$$L_t = 2829.29 \text{ m.}$$

b. La longueur totale des courbes:

$$L_c = L_{c1} + L_{c2} + L_{c3}$$

$$L_c = 79.208 \text{ m.}$$

a. La longueur totale des alignements droits:

$$L_{AD} = L_t - L_C = 4085.21 - 948.06 = 3181.2779 \text{ m.}$$

$$L_{AD} = 2750.082 \text{ m.}$$

2.6 Vérification du pourcentage des alignements droits dans le tracé:

Le tracé rectiligne est considéré comme le tracé court d'une route, mais il présente des inconvénients dans les grands alignements droits parce qu'il cause la fatigue au conducteur (monotone) dans la conduite, en même temps ils sont gênants en nuit du fait de l'éblouissement causé par les phares, et encore, ils permettent la conduite avec une vitesse excessive qui peut être la cause des graves accidents.

Donc il est préférable de remplacer les lignes droites par des alignements droits et des courbes, en respectant le pourcentage d'alignement droit qui a compris entre 20% et 60%.

$$60\% \leq \frac{L_{AD}}{L_t} \leq 80\%$$

$$20\% \leq \frac{L_{AD}}{L_t} = \frac{2750.082}{2829.29} \times 100 = 97.20 \dots \dots \dots \text{condition non vérifiée.}$$

4.1 Les cubatures approchées de la variante 1 et 2:

Les résultats de calcul des cubatures sont joints en Annexe.

Choix de la variante:

L'évaluation de l'intérêt d'un investissement d'un projet dépend essentiellement de l'étude de rentabilité. Le principe générale d'étude de rentabilité consiste à comparer l'ensemble des AVANTAGES et INCONVENIENTS apportées à collectivité par l'ouvrage, de comparer l'ensemble des DEPENSES supportés par celle collectivité.

L'évaluation d'un projet est une comparaison des coûts et des avantages de ce projet par rapport à une situation de référence. Les résultats de l'évaluation seront présentés selon dix critères quantitatifs ou qualitatifs, qui tentent de traduire l'efficacité économique et sociale de l'opération à engager. Les principaux critères sont suivants:

1. Développement économique et aménagement sur territoire.
2. Sécurité.
3. Avantage pour les usages.
4. Environnement.
5. Situation initiale exceptionnellement défavorable indice l'autre model.
6. Emploi.
7. Energie.
8. Bilan financier pour la puissance public.
9. Situation des agglomérations(exigence de circulation).
10. La qualité de sole.
11. Point de vue hydrologique et météo logique.
12. Point de vue rentabilité des travaux.
13. Parmi ces critières certaine sont chiffrés (2-3-6-7-8); d'autres apprécié (1-4-5) et en fin à doublé emploi (9-10).
14. Remarque: à cause de manque des données concernant les dix ci-dessus,nous.
15. Limitons notre étude sur les critères techniques qui sont récapitulés dans le tableau 09.

Tableau n°16: Critère de choix de la variante.

Les critères	unités	Variante 01	Variante 02	L'évolution	
				V1	V2
Longueur totale de l'itinéraire	M	1585.52	2829.29	+	-
Longueur total des alignements droits	M	1474.77	2750.082	+	+
Longueur total des parties courbes	M	110.197	79.208	-	-
Pourcentage Alignement droit	%	76	97.20	+	-
Pourcentage courbe	%	22.86	5.76	+	-
Rayons minimal en plan	M	100	400	-	+
Rayon maximal en plan	M	1000	5000	+	-
Nombre de virage en plan	/	4	3	+	+
Divers maximal	%	-2.5	-2.5	+	+
Q déblai	M ³			+	-
Q remblai	M ³			+	-
V _{deb} -V _{remb}	M ³			+	-
Σ				9	4

Conclusion:

Après la comparaison entre les critères des deux variants, on a opté pour la variante la plus avantageuse qui est la variante 1 car elle présente les avantages suivants:

- Toutes les normes sont respectées.

CHAPITRE

(03)

TRACE EN PLAN

I- INTRODUCTION :

Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée, c'est une succession de droites , d'arcs de cercle et de courbes de raccordement .

La combinaison de ces éléments , en coordination avec le profil en long , doit en premier lieu permettre de réserver un proportion convenable de zones où la visibilité est suffisante pour permettre le dépassement . Simultanément , on doit éviter l'effet de monotonie et réduire en conduite nocturne le temps d'éblouissement par les phares lié aux grands alignements droits.

II- Règles à respecter dans la trace en plan :

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

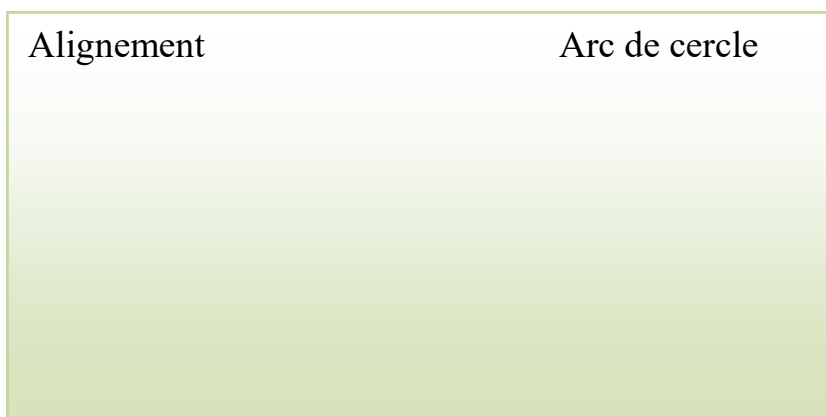
- 1) L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- 2) Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- 3) Eviter de passer sur des terrains agricoles et de zones forestières.
- 4) Eviter au maximum les propriétés privées.

- 5) Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologique.
- 6) Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé.

III- LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

La disposition générale de tracé est dans ses grandes lignes déterminée par un ensemble de contraintes identifiées dans le cadre des étude préalables et relevant des domaines de l'environnement, de la topographie , de la géologie ou de l'habitat croisées avec les fonctionnalités attendues de la voie (localités à desservir, points de passage obligés pour le tracé, etc).

Le tracé en plan est profondément marqué par l'influence de la dynamique des véhicules : leur stabilité n'est acquise qu'à condition de respecter les lois liant vitesse du véhicule, rayon de courbure du tracé en plan et dévers de chaussée (comprenant l'effet des forces centrifuges).



Le tracé en plan comporte :

- ✓ Des alignements droits.

- ✓ Des arcs de cercle.
- ✓ Des arcs de courbe à courbure progressive : essentiellement des arcs de clothoïde.

III.1- Les alignements droits ;

Les alignements droits sont, en premier, définis par la disposition générale du tracé et serviront généralement de bases à la détermination des autres éléments (cercles, clothoïdes).

Ils serviront éventuellement de raccordement entre 2 cercles. Pour des raisons de sécurité, et en particulier éviter la monotonie source d'accidents et l'éblouissement par les phares la nuit

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

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

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

Longueur minimum : $L_{\min} = t \cdot V_r$

Avec :

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

Longueur maximum $L_{\max} = 60 V_r$

III.2- Les arcs de cercle (rayons) :

Les peuvent correspondre d'emblée à une certaine portion du tracé. Ils servent également éventuellement en association avec des arcs de clothoïde à relier deux alignements droits.

Choix du rayon des virages :

Le rayon des arcs de cercle et leurs dévers doivent permettre au minimum à un véhicule roulant à la vitesse de référence (base) V_B de ne pas déraiper, f_t le coefficient de frottement transversal, c'est-à-dire l'adhérence transversale maximale, Soit le rayon minimale dépend donc des dévers et du frottement, le dévers ne doit pas être trop grand pour éviter le risque de glissement à faible vitesse par temps de verglas.

Il est recommandé de le limiter à 7%.

Les valeurs conventionnelles retenues pour f_t dépendent de la vitesse (à partir de B40).

Une fois dépassée la zone éventuelle de raccordement progressif, le rayon de courbure doit rester constant sur toute la longueur du virage.

La Recherche sur les Transports et leur Sécurité a pu montrer que la plupart des virages dangereux se caractérisaient par une variation brusque du rayon de courbure.

Un mauvais uni est également un élément défavorable, de même bien entendu qu'un défaut d'adhérence, qui est fréquent dans les zones où le véhicule est fortement sollicité et où l'usure du revêtement est donc plus rapide.

III. 3- Les arcs de clothoïde :

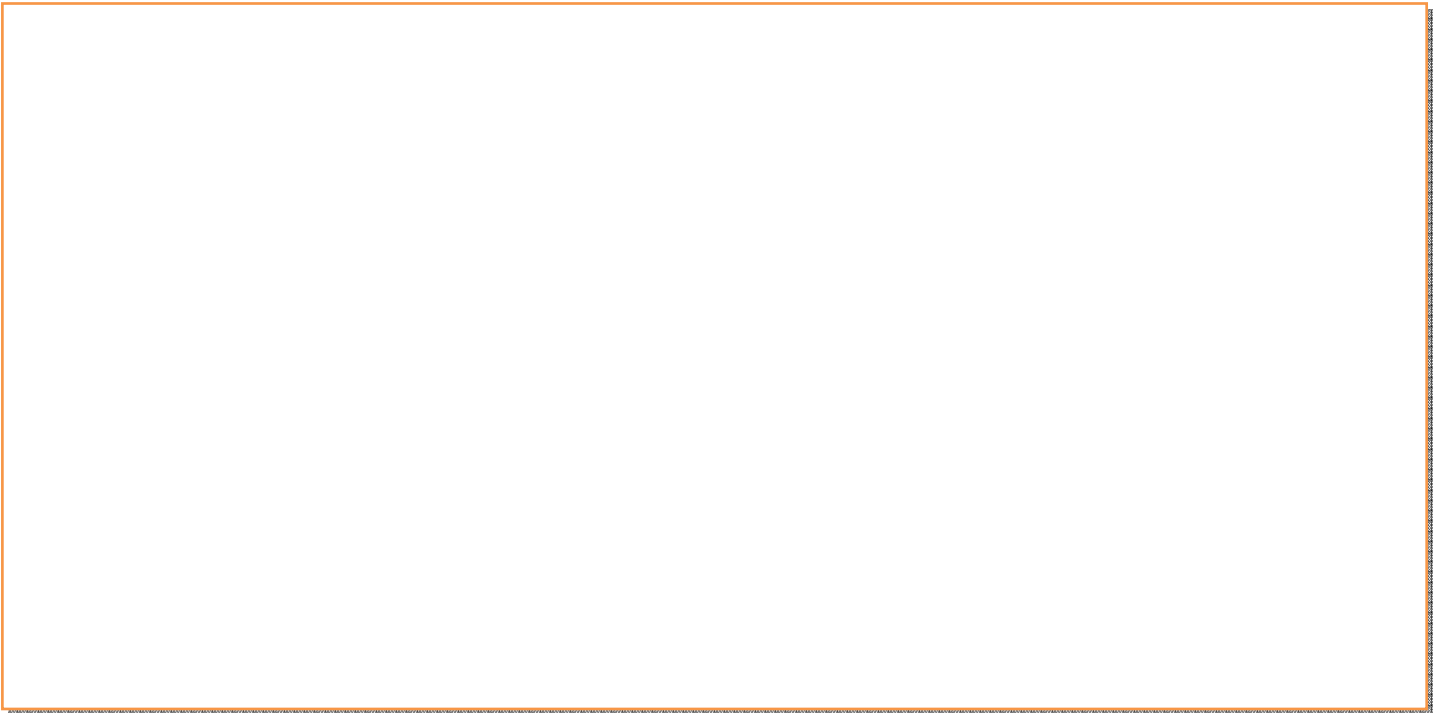
La clothoïde est une courbe transcendante plane dont la courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne.

Elle est également appelée spirale de Cornu, (en référence à Alfred Cornu, le physicien français qui l'a redécouverte), une dénomination utilisée dans la conception des raccordements de virages routiers.

En cinématique, la propriété fondamentale de la clothoïde se traduit par « une trajectoire qui, parcourue à vitesse constante, est telle que sa courbure varie linéairement ». La force centrifuge subie par un observateur circulant de façon continue le long de cette courbe varie donc continûment.

Elle est une courbe utilisée sur les routes pour raccorder une droite à un cercle. Cette courbe est plus connue, c'est la trajectoire suivie par une voiture qui roule à vitesse constante V et dont le conducteur tourne le volant à une vitesse aussi constante.

Les éléments de la clothoïde :



Leurs domaines d'utilisation sont les suivants :

- Ils peuvent constituer d'emblée une partie du tracé.
- Ils servent de raccordement entre deux alignements droits entre deux cercles, entre cercle et alignements droits ,
- Ils sont utilisés pour toutes les zones où le dévers doit varier.

Quelques compositions de courbes sont fréquentes :

- **Courbe en S :**

Formées de deux arcs de clothoïde, de concavités opposées raccordant deux cercles.

- **Courbe à sommet :**

Deux arcs de clothoïde de même concavité

Raccordant deux alignements droits.

- **Courbe en C :**

Un arc de clothoïde de même concavité

Raccordant deux arcs de cercles, l'un intérieur à l'autre.

❖ **Stabilité en courbe :**

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

1- Rayon horizontal minimal absolu (RHm) :

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal :

$$\mathbf{RHm = \frac{VB^2}{127.(ft + dmax)} = 250}$$

f_t : coefficient de frottement transversal.

Ainsi pour chaque V_B on définit une série de couple (R,d).

1- Rayon minimal normal (RHN) :

le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant V_B de 20Km /h de rouler en sécurité.

$$\mathbf{RHN} = \frac{(VB^2 + 20)^2}{127.(ft + dmax)} = 450$$

1- Rayon au dévers minimal (RHd) :

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

$$\mathbf{RHd} = \frac{vB^2}{127.2.dmin} = 1000.$$

Divers associé : $d_{min} = 2.5\%$ en catégorie 1-2

$d_{min} = 3\%$ en catégorie 3-5

1- Rayon minimal non déversé (RHnd) :

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse V_B une courbe de devers égale à d_{min} vers l'extérieur reste inférieure à valeur limitée.

Cat. 1-2

$$\mathbf{RHnd} = \frac{vB^2}{127.0.035}$$

Pour la catégorie 1-2 $f = 0.06$

Cat. 3-4-5

$$\mathbf{RHnd} = \frac{vB^2}{127.(f'' - 0.03)}$$

Pour la catégorie 3-4-5

Avec : $f'' = 0.07$ caté 3

IV. Règles pour l'utilisation des rayon en plan :

- Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant que possible des valeurs de rayon \geq à RHN.
- Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $1/R$ arrondi à 0.5% près.

- Si $RHm < R < RHN$:

$$d = d_{max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) \frac{d_{max} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}}$$

- Si $RHN < R < RHd$:

$$d = d_{min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) \frac{d_{min} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHN}}$$

- ✓ Les rayons compris entre RHd et RHnd sont en dévers minimal d_{min} .

- ✓ Les rayons supérieurs à RHnd peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- ✓ Un rayon RHm doit être encadré par des HRn.

Remarque :

On essayé de choisir les plus grands rayons possibles en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconise.

Sur largeur :

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

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

$$S = \frac{L^2}{2R}$$

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

R :rayon de l'axe de la route.

V. RACCORDEMENT ENTRE ELEMENTS DE TRACE :

a. Raccordement entre alignements droits :

Les alignements droits sont raccordés entre eux des arcs de cercle, éventuellement associés à des arcs de clothoïde, ou par des arcs de clothoïde seuls.

Le rayon de courbure de l'arc de clothoïde variant avec la longueur d'arc d'écrit

b. Raccordement entre cercle et alignement droit :

Tous les cercles de rayon inférieur à RH_{nd} (correspondant aux chaussées "non déversées") sont munis d'arcs de courbe à courbure progressive (clothoïdes) qui font la transition entre arc de cercle à rayon de courbure fini et alignement droit à rayon de courbure infini.

c. Raccordement entre cercles et cercles :

Il doit y avoir entre deux cercles obligatoirement un alignement droit ou un arc de clothoïde, pour employer un alignement droit, il faut que sa longueur soit au moins égale au trajet défini par un parcours de 5 secondes à la vitesse correspondant au plus grand rayon (qui permet la plus grande vitesse ; raison de sécurité). Cette longueur dépend donc de la vitesse de base (référence) et du rayon du cercle.

- Le dévers à partir d'un profil en ligne droite en forme de toit.

VI. LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT :

La clothoïde est définie par une seule donnée : Soit sa longueur L , soit son paramètre A .

Le choix d'une clothoïde doit respecter les conditions suivantes :

1-Condition optique :

- ✓ C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.
- ✓ L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.
- ✓ $\tau \geq 3^\circ$ soit $\tau \geq 1/18$ rad.
- ✓ $\tau = L/2R > 1/18$ rad $\Rightarrow L \geq R/9$ soit $A \geq R/3$.
- ✓ $R/3 \leq A \leq R$
- ✓ Pour $R \leq 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) d'où $L = (24.R.\Delta R)^{1/2}$
- ✓ Pour $1500 < R \leq 5000\text{m}$, $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L = R/9$
- ✓ Pour $R \geq 5000\text{m}$ $\Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit $L = 7,75 (R)^{1/2}$

1- Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un

véhicule. La variation de l'accélération transversale est : $(\frac{v^2}{R} - g \cdot \Delta d)$ Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur $Kg = g/0.2$
 V_B .

Avec une gravitation $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ on opte :

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

V_B : vitesse de base (Km/h).

R : le rayon (m)

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

2-Condition de gauchissement :

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

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte $\Delta p < 0.5/V_B$.

Nous avons :

$$L = l \cdot \Delta d \cdot V_B$$

l : largeur de chaussée.

LES PARAMETRES CINEMATIQUES

LES PARAMETRES CINEMATIQUES

I. Définition :

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

II. 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

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

Avec :

Vr : vitesse de référence en Km/h.

e : déclivité.

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

	V(Km/h)	40	60	80	100	120	140
CAT 1-2	F_1	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
	d_0	14	34	65	111	175	269

CAT 3-4-5	F_{l2}	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	/
	d_0	13	31	59	100	160	/

Tableau39 : de la distance de freinage(e=0).

Pour notre projet on a $f_{rl}=0,39$

Application :

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{vr^2}{(f_{rl} \pm e)} = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{0,39} = 65,64\text{m}$$

En rampe : $e+0.05$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{vr^2}{(f_{rl} \pm e)} = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{0,39} = 58,18\text{m}$$

En pente : $e= -0,05$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{vr^2}{(f_{rl} \pm e)} = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{0,39} = 75,29\text{m}$$

III. Temps de réaction :

Souvent l'obstacle est imprévisible et le conducteur a besoin d'un temps pour réaliser la nature de l'obstacle ou du danger qui lui apparaît. Ce temps est en général appelé temps de perception du conducteur, il diffère d'une personne à une autre et varie en fonction de l'état psychique et physiologique.

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:

$t= 1.2s$ pour un obstacle imprévisible

$t=0.6 s$ pour un obstacle prévisible

En moyenne on peut prendre 0,9 s, mais en pratique on prend toujours :

$t= 1.2s$ pour des vitesses < 100 Km/h

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

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

$$d_1 = v \times t \quad \text{Avec :} \quad v : \text{m/s} \quad t : \text{s}$$

IV. Distance d'arrêt :

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

$$\text{Distance d'arrêt } (d) : \quad d = d_1 + d_0$$

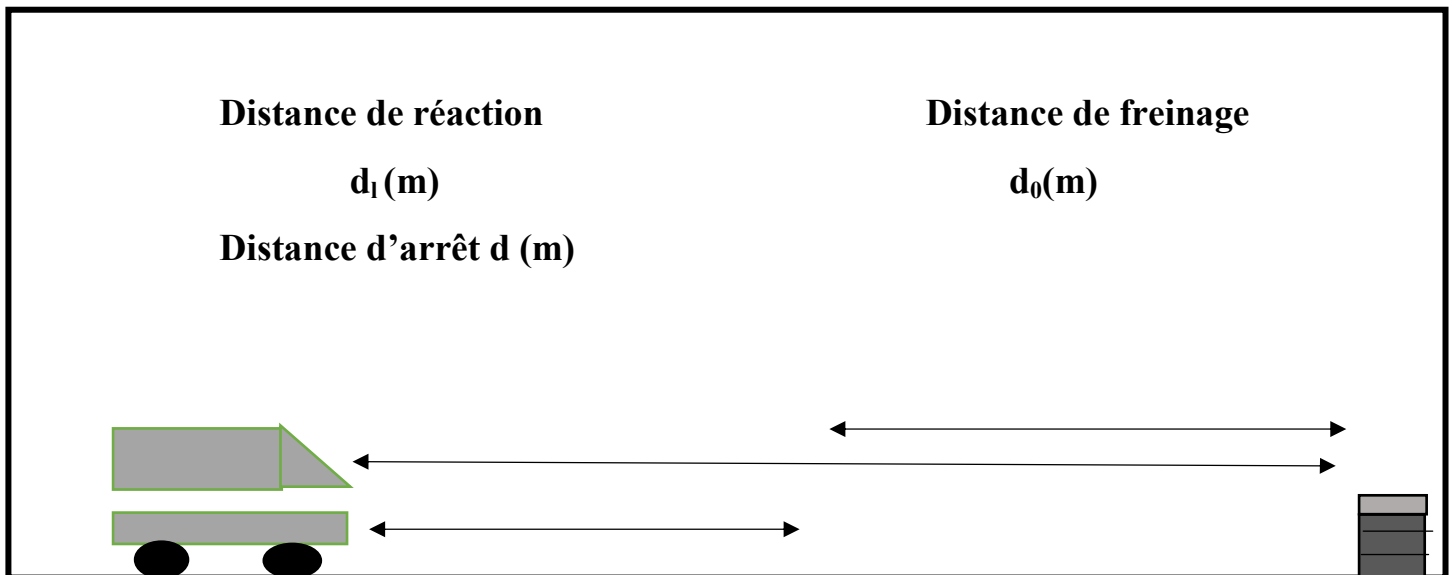


Figure 1 : Distance d'arrêt et de freinage :

IV.1. En alignement droit :

Pour $V_r < 100 \text{ Km/h}$ et quand $t = 2 \text{ s}$: $\Rightarrow d = d_0 + 0.55 \times V_r$

Pour $V_r \geq 100 \text{ Km/h}$ et quand $t = 1.8 \text{ s}$: $\Rightarrow d = d_0 + 0.50 \times V_r$

Application : $V_r = 80 \text{ Km/h}$ $t = 2 \text{ s}$ $\Rightarrow d = d_0 + 0.55$

En palier : $d = 65.64 + (0.55 \cdot 80) = 109.64 \text{ m}$

En rampe : $d = 58.18 + (0.55 \cdot 80) = 102.18 \text{ m}$

En pente : $d = 75.29 + (0.55 \cdot 80) = 119.29 \text{ m}$

V. Distance de perception:

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

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

$$d_p = d + \frac{6}{3.6} V_r \quad V_r \text{ est en Km/h}$$

Application :**V.1 En alignement droit :**

En palier : $d_p = 109.64 + (6/3.6) \times 80 = 242.97\text{m}$

En rampe : $d_p = 102.18 + (6/3.6) \times 80 = 235.51\text{m}$

En pente : $d_p = 119.29 + (6/3.6) \times 80 = 252.62\text{m}$

V.2 En courbe :

En palier : $d_p = 126.05 + (6/3.6) \times 80 = 259.38\text{m}$

En rampe : $d_p = 116.72 + (6/3.6) \times 80 = 250.05\text{m}$

En pente : $d_p = 138.11 + (6/3.6) \times 80 = 271.44\text{m}$

VI. Distance de sécurité entre deux véhicules :

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

La distance de freinage ne change pas et reste d_2 , mais par contre la distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction de second véhicule augmente d'une durée $(t+t')$, avec t' temps de perception et de réaction de second véhicule aux feux arrières de stop de premier véhicule .

L'espacement sera donc théoriquement : $d'_2 = d_2 + v \times t' + l$

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

L : longueur moyenne d'un véhicule

En général, on prend $t = 0.75$ s

En pratique, on prend $t = 3$ s

Distance de sécurité sera **donc**: $d'_2 = d_2 + v \times (t + t') + 1$ (t en s et v en m/s)

Soit E l'espacement supplémentaire de sécurité : $E = v \times t' + 1$

Sachons que $V = \frac{v(Km/h)}{3.6}$ et $t' = 0.75s$ $\Rightarrow E_s = \frac{V}{5} + 1$

Avec:

V : la vitesse en Km/h

L : La longueur de véhicule en prend généralement 5m

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

$$E_s = 1.2 v \text{ ou } E_s = \frac{v}{3}$$

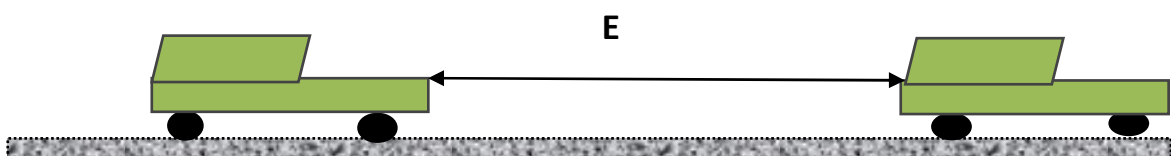
Exemple : si deux véhicules se suivent à une vitesse de $V = 80$ Km/h. La distance de sécurité sera

✓ 1^{er} Cas :

$$E_s = \frac{v}{5} + 1 = \frac{80}{5} + 5 = 21m$$

✓ 2^{ème} Cas :

$$E_s = \frac{V}{3} = \frac{80}{3} = 26.66m$$



VII. 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 et de dépassement

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

Tableau 40 : valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse :

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

Application : V_r= 80Km/h

Dvd_m=320m

dvd_n=480m

dmd=200m

Tableau récapitulatif des paramètres fondamentaux :

Paramètres	Symbole	Valeur
Longueur minimale(m)	L_{\min}	140
Longueur maximale(m)	L_{\max}	1666
Devers minimal(%)	D_{\min}	2.5%
Devers maximal(%)	D_{\max}	7%
Temps de perception réaction (s)	t_1	2
Frottement longitudinal	f_L	0.39
Frottement transversal	f_t	0.13
Distance de freinage en alignement droit (m)	d_0	65.64
Distance d'arrêt (m)	d_1	161
Distance de freinage en courbe(m)	d'_1	194
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	D_{vdm}	320

Distance de visibilité de dépassement normale(m)	Dv _{dn}	480
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	D _{md}	200
RH _m (m) (dévers associe%)	RH _m	250
RH _N (m) (dévers associe%)	RH _N	450
RH _d (m) (dévers associe%)	RH _d	1000
RH _{nd} (m) (dévers associe%)	RH _{nd}	1400

Tableau 41 : Paramètres fondamentaux

PROFIL EN TRAVERS

I. DEFINITION

II. LES ÉLÉMENTS CONSITITUTTIFS DU PROFIL EN TRAVERS

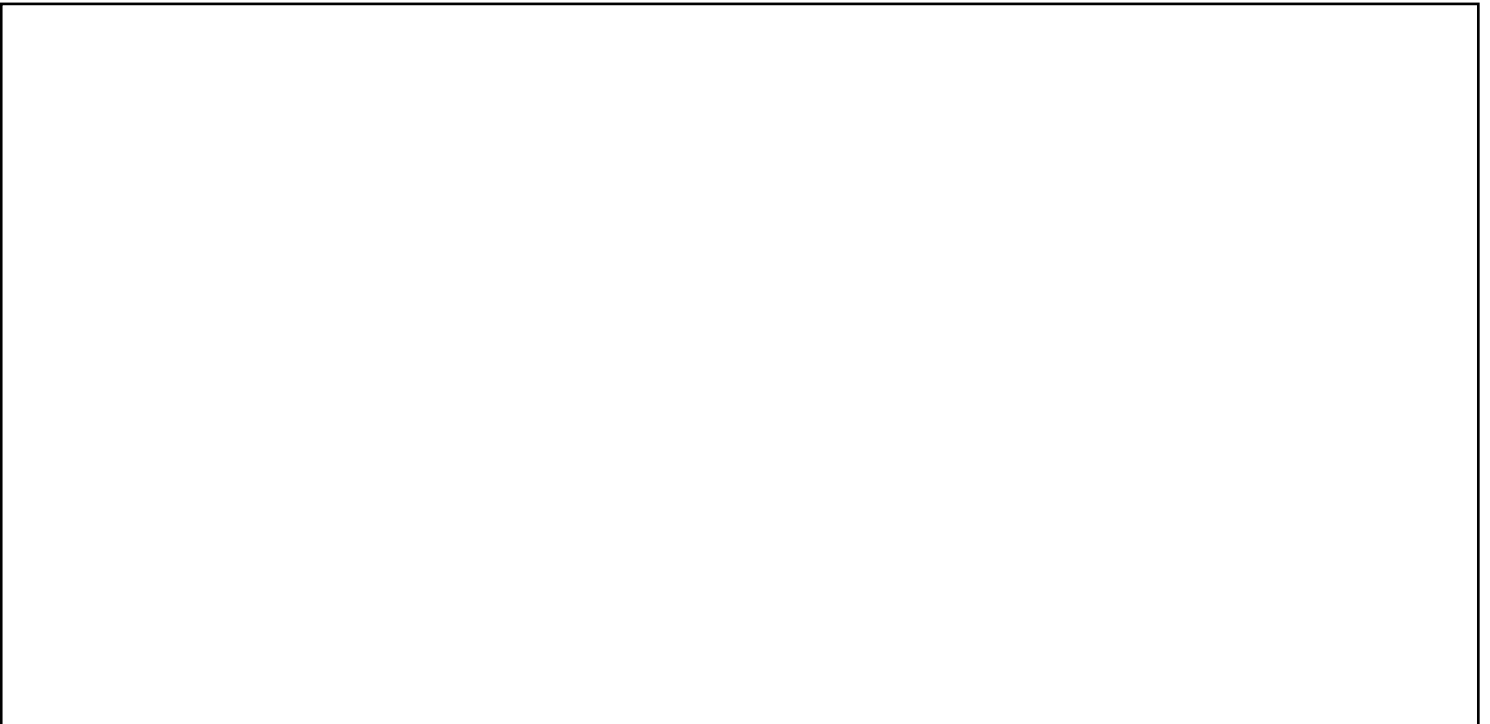
III . PROFIL EN TRAVERS TYPE DU PROJET (Dédoublement)

PROFIL EN TRAVERS

I. DEFINITION :

Le profil en travers c'est la coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances, Il contient (largeur des voies, chaussée et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimension des couche de la superstructure, système d'évacuation des eaux).

II. LES ÉLÉMENTS CONSTITUTIVES DU PROFIL EN TRAVERS :



Profil en travers type.

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

2-1-LA CHAUSSEE:

Le terme "Chaussée" désigne la partie de la voie publique aménagée pour la circulation des véhicules en général.

La largeur maximale des véhicules étant de 2,50 m, cette largeur constitue un minimum pour celle des voies.

2-2-LES ACCOTEMENTS:

Le terme accotement désigne la partie d'une route située entre la limite de la chaussée, au sens géométrique, et le début du talus de remblai ou de déblai, ou en d'autres termes la zone s'étendant de la limite de la chaussée à la limite de la plate-forme.

Les accotements, stabilisés ou non, ne font pas partie de la chaussée.

2-3-LE TERRE-PLEIN CENTRALE :

Terre-plein est tout type d'aménagement implanté longitudinalement pour séparer les chaussées, à l'exception des marquages routier

2-4-LE FOSSE :

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

2-5-LA PLATE-FORME:

La plate-forme d'une route désigne, au sens géométrique, la surface de la route qui comprend la ou les chaussées, les accotements et éventuellement les terre-pleins. Elle peut aussi désigner la structure qui supporte la chaussée.

2-6-L'ASSIETTE :

C'est la surface du terrain occupé par la route et toutes les dépendances indispensables à sa tenue, à savoir la plate-forme, les fossés et les talus.

2-7-L'EMPRISE :

Ce terme désigne la surface du terrain occupé par la route et toutes les dépendances tenue, à savoir la plate-forme, les fossés et les talus, ainsi que indispensables à sa l'ensemble des espaces ou voies nécessaires à son entretien ou à son exploitation L'emprise correspond à la surface de terrains nécessaires à acheter pour construire une route.

III. PROFIL EN TRAVERS TYPE DU PROJET (Dédoublement):

Notre projet comportera un profil en travers type, qui contient les éléments constructifs suivantes:

- Plate forme :19,40m
- Chaussée en dédoublement : 2x7,00m
- GBA :1.80m
- Accotement :2x1,80m

LES CUBATEURES

I. DEFINITION

II. METHODES DE CALCUL DES CUBATEURES

**III. CALCUL DES CUBATEURES DE
TERRASSEMENT**

I. DEFINITION :

C'est l'évaluation des volumes des terres soit à apporter, soit à enlever pour le projet, à partir des surfaces de remblais ou de déblais obtenues par le nivellement et des distances entre profils en travers, indiquées sur le profil en long.

La cubature des terrassements est calculée après définition du terrain naturel et du projet par un tracé en plan, un profil en long et des profils en travers.

La cubature des matériaux de la chaussée est réalisée en fonction de la coupe transversale de la chaussée après dimensionnement de la chaussée.

Le calcul des cubatures a pour objectif la détermination des quantités des différents matériaux :

- ❖ Structure de la plateforme (déblai/remblai).
- ❖ Structure de la chaussée.(BB/GB/GNT/TUF/GC).

II. MÉTHODES DE CALCUL DES CUBATURES :

Simplification : On considère que $S'=(S1+S2)/2$

Alors $V1=L1/6(S1+S2+4(S1+S2)/2)$

Donc :

$V1=L1/2(S1+S2)$

En généralement à l'ensemble du projet :

Le calcul général donne donc :

$V1=L1/2(S1+S2)$

$V2=L2/2(S2+S3)$

$V2=L3/2(S3+S4)$

Problème1 : On interpose un profil en travers fictif pf 1 de surface nulle pour déterminer la partie de remblais et celle de déblais.

Problème2 : On ajoute un profil en travers P3' entre P3 et p4 pour calculer le volume entre P3 et P4

$(V(P3,P4)=V(P3,P3')+V(P3', p4)).$

$V1=L1/2(S1+S2)$

$V2'= L2'/2(S2+0)$

$V2''=L2''/2(0+S3)$

$V3=L3/2 (S3+S3')$

$V3'=L3'/2 (S3+S4)$

$V=V1+V2'+V2''+V3+V3'$

V=

$$(L1/2)S1+S2(L1+L2')/2+Sf1(L2'+L2'')/2+S3(L2''+L3)/2+S3'(L3+L3')/2+S4(L3'/2)$$

Avec : Sf1=0

III. CALCUL DES CUBATEURES DE TERRASSEMENT :

Les calculs sont faits à l'aide du logiciel « piste 5 .05 » et sont joints l'annexe **tableau 24**

CHAPITRE

(05)

2.1 Niveau de service :

Dans chaque catégorie de liaison, la route est caractéristique par des conditions minimales d'aménagement dépendant de :

- ❖ La qualité de service assurée à l'utilisateur .
- ❖ L'intensité du trafic et de sa composition.
- ❖ Caractéristiques topographique .

2.1 Environnement de la route :

L'environnement de la route est caractérisé par deux indicateurs :

La dénivelée cumulée moyenne et la sinuosité .

❖ La dénivelée cumulée moyenne :

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

❖ Sinuosité :

La sinuosité o d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur LS sur le total de l'itinéraire.

$$O = (\text{longueur sinueuse des sections dont } R_i < 200\text{m}) / L_{\text{totale}}$$

Les trois types d'environnement E_i distingué résultent du croisement des deux paramètres précédents selon le tableau ci-dessous :

Tableau n°01 : environnement de la route.

Sinuosité	Faible (o<0.1)	Moyenne 0.1<o<0.3	Forte o>0.3
Relief			
Plat(h/L<1.5%)	E1	E2	
Vallonné (1.5%< h/L<4%)	E2	E2	E3
Montagneux (h/L>4%)		E3	E3

Pour notre projet, on a $\frac{H}{L} = \frac{8,54}{4129,34} = 0,21\%$ Ce qui nous conduit à un terrain plat.

Pour la sinuosité : aucun rayon n'est inférieur à 200m, on déduit que nous sommes dans un environnement E1.

2.1.2 La catégorie de la route :

Le ministère a subdivisé ses routes en cinq (05) catégories suivant leurs finalités économiques et administratives des itinéraires considérés . la CV02 ce dispositif vise spécifiquement à permettre un accès fluide vers Es Senia du trafic en provenance de la 4^{ème} rocade ,en direction de Mesreghine à Oran ,d'une part, et d'assurer également la liaison de Es Senia vers la 4^{ème} rocade,d'autre part .

Ainsi nous classons notre route dans le catégorie 2 (C2).

2.2 Vitesse de référence :

La vitesse de référence est le critère principal pour le définition des paramètres géométriques d'un itinéraire et pour la corrélation de ses paramètres entre ex ; elle dépend de la catégorie ,de l'environnement et de la politique économique du pays.Le choix de la vitesse de référence joue un rôle très important sur le coût du projet.

Choisir une vitesse de base élevée nécessite un aménagement plus approprié et adapté à cette vitesse.

2.3 Vitesse de projet :

La vitesse de projet V_p est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales :

- Route propre sèche ou légèrement humide ,sans neige ou glace ;
- Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible ;
- Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonne conditions ;

Remarque : La vitesse de référence choisie dans notre projet et de :

$$V_r = 80 \text{ Km /h}$$

☐ On résume que Nous dans un environnement E1,catégorie C2,la vitesse de référence 80Km/h.

2.4 Hauteur de l'œil des obstacles :

Les hauteurs de l'œil et des obstacles sont des paramètres intervenant dans les calculs de distance de visibilité en point haut en bas, elles définissent l'origine et l'extrémité du rayon visuel dans le plan vertical.

Tableau n°02 : hauteur de l'œil.

Hauteur de l'œil (H ₀)	Hauteur de l'obstacle Eventuel (h1)	Hauteur de l'obstacle permanent (h2)
1.1m	0.15m	1.20m

2.5 Temps de perception- réaction :

Le temps de perception -réaction est le temps nécessaire pour la mise en œuvre du dispositif de freinage lors d'une situation imprévue exigeant un ralentissement .

On a une route de catégorie 2 et d'environnement E1, donc on aura :

$$t_1 = 1.8s \quad \text{pour} \quad V > 80 \text{Km/h}$$

$$t_1 = 2s \quad \text{Pour} \quad V \leq 80 \text{Km/h}$$

➤ Coefficient de frottement longitudinal fl :

Ce coefficient varie avec la vitesse, il intervient dans la détermination des distances théoriques de freinage .

Pour notre projet $f_l = 0.39$, fonction de la vitesse de base et la catégorie .

➤ Coefficient de frottement transversal f_t :

Ce coefficient dépend de la vitesse de base et utilisé pour déterminer le rayon en tracé en plan associé à un devers donné et inversement.

Dans notre cas on a : $f_t = 0.11$.

➤ Distance élémentaire de freinage d₀ :

C'est la distance parcourue par le véhicule pendant le freinage, sans la distance de perception-réaction :

Sur une route en palier :

$$d_0 = \frac{0.04 \cdot V^2 \left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)}{g \cdot f_1}$$

➤ **Application au projet :**

$$d_0 = \frac{0.04 \cdot V^2 \left(\frac{km}{h}\right)}{g \cdot f_1} \text{ Avec } V_B = 80 \text{ km/h et } f_1 = 0.39$$

En se référant au tableau B40 et avec une vitesse de base 80 km/h :

Sur une route en déclivité :

$$d_0 = \frac{0.04 \cdot V^2 \left(\frac{Km}{h}\right)}{g(fl \pm i)}$$

2.6 La distance d'arrêt :

❖ La distance d'arrêt d_1 :

Avant de s'arrêter la véhicule parcourt deux distances :

☞ Distance parcourue pendant le temps nécessaire au conducteur pour percevoir l'obstacle et pour réagir sur ses freins (temps perception-réaction) qui égale à :

$$V \times t_1 = \frac{V}{3.6} \times t_1$$

☞ Et la distance sur laquelle devrait s'exercer le freinage pour obtenir l'arrêt :

$$d_0 = \frac{0.04 \cdot V^2 \left(\frac{Km}{h}\right)}{g \cdot f_1}$$

$$d_1 = \frac{V}{3.6} \times t_1 + d_0 \quad \text{en parlier et an alignement}$$

Application au projet :

$$d_1 = \frac{V}{3.6} \times t_1 + d_0 \quad , \quad (V_B = 80 \text{ Km/h}, f_1 = 0.39 \text{ et } t_1 = 2 \text{ s})$$

D'après le B40 , et avec $t_1 = 2 \text{ s}$ et $(V = 80 \text{ Km /h})$

$$d_1 = \frac{V}{3.6} \times t_1 + \frac{0.04V^2 \left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)}{g(f_1 \pm i)} \text{ en déclivité.}$$

❖ La distance d'arrêt en courbe d2 :

Lorsqu' un véhicule circule, en courbe ses possibilités de freinage se trouvent réduites :

- Du fait qu'une partie de l'adhérence est mobilisée pour faire échec à la force centrifuge.
- Du fait que la charge des roues internes et externes est inégalement répartie, pour compenser le couple introduit par l'application de la force centrifuge au centre de gravité.

Le règlement français majore de 25% la distance de freinage ,pour tenir compte de ces circonstances, lorsque le véhicule parcourt une courbe de rayon faible :

$$d_2 = d_1 + 0.25 d_0 \quad \text{si } R \leq 5V$$

$$d_2 = d_1 \quad \text{si } R > 5V \text{ avec } R \text{ le rayon en plan.}$$

Tableau n°03 : des normes B40 .

			Vitesse de référence (Km/h)				
Catégorie	Paramètres cinématique		120	100	80	60	40
1-2	Longueur freinage.	d_0	175	111	65	34	40
	Distance d'arrêt.	d_1	235	161	109 (105)	67 (64)	36 (34)
3-4-5	Longueur de freinage.	d_0	160	100	59	31	13
	Distance d'arrêt.	d_1	220	150	99	64	35

CHAPITRE

(06)

Introduction :

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

Il est donc nécessaire de quantifier ces déplacements existants et à venir. La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure , et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activités humaine.

L'étude de trafic s'attachera à la connaissance des :

- Trafic de transit, lorsqu'il s'agira d'apprécier l'opportunité d'une déviation d'agglomération.
- La nature des flux , pour déterminer les points d'échange.
- Le niveau des trafics et leur évolution pour programmer dans le temps les investissements.
- Les mouvements directionnels permettent de définir les caractéristiques des échanges.
- Le niveau de trafic poids lourds détermine directement l dimensionnement de la structure de chaussée.

Une étude de trafic se mène en général en cinq étapes :

- La définition du réseau ;
- L'analyse des trafics existants ;
- La détermination des conditions de circulation ;l'évaluation de l'évolution des trafics ;
- L'affectation des trafics.

3.1 Définitions :

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

- **Trafic de transit** : origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation) ;
- **Trafic d'échange** : origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange) ;
- **Trafic local** : trafic qui se déplace a l'intérieur de la zone étudiée ;
- **Trafic moyen journalier annuel(T.M.JA)** égal au trafic total de l'année divisé par 365 ;
- **Unité de véhicule particulier (U .V .P)** exprimé par jour ou par heure , on tient compte de l'impact plus important de certains véhicules , en particulier les poids lourds en leur affectant un coefficient multiplicateur de deux ;
- Les trafics aux heures de pointe ,avec les heures de pointe du matin (**HPM**), et les heures de pointe du soir(**HPS**) ;
- Le trafic journalier de fin de semaine ;
- Le trafic journalier moyen d'été ;important pour les régions estivales .

3.2 Calcul de la capacité :

3.2.1 Définition de la capacité pratique :

La capacité pratique est le débit horaire moyen à saturation . C'est le trafic horaire au-delà duquel le plus petit incident risque d'entraîner la formation de bouchons.

La capacité dépend :

- Des distances de sécurité (en milieu urbain ce facteur est favorable , il l'est beaucoup moins en rase campagne , où la densité de véhicules sera beaucoup plus faible) ;
- Des conditions météorologique ;
- Des caractéristiques géométrique de la route.

3.2 .1 Projection future du trafic :

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon « TJMAh » :

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

Avec :

Trafic à l'année horizon.

T_{JMA_0} : le trafic à l'année de référence.

n : nombre du trafic(%)

τ : taux d'accroissement du trafic(%)

3.2.3 La procédure de détermination de nombre de voies :

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

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

- Calcul de TJMA à horizon :

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

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

T_0 , τ , n :sont définies précédemment.

- Calcul des trafics effectifs :

C'est le trafic traduit en unités des véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de type de route et de l'environnement ;pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P) .

Le trafic effectif est donné par la relation :

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

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

Z :pourcentage de poids lourds (%)

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds ,il dépend de la nature de la route et l'environnement.

Tableau n°04 : coefficient d'équivalence (B40) .

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

- **Débit de point horaire normal :**

Le débit de point horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon ,il est donné par la formule :

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

(1/n): Coefficient de pointe prise égale 0.12

Q: est exprimé en UVP/h.

- **Débit horaire admissible :**

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

$$Q_{\text{adm}} (\text{uvp/h}) = K1.K2. C_{\text{th}}$$

K1: coefficient lié à l'environnement.

K2: coefficient de réduction de capacité.

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

- **Valeurs de K1 :**

Tableau n°05: valeurs de K1 (B40).

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90-0.95

- Valeurs de K2 :

Tableau n°06 :valeurs K2 de en fonction selon le B40 en fonction de E et C.

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

- Valeur de Cth :capacité théorique du profil en travers en régime stable .

Tableau n°07 :Capacité théorique du profil en travers en régime stable.

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5 m	1500-2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5 m	2400-3200 uvp/h
Route à chaussées séparées.	1500-1800 uvp/h

- Calcul le nombre de voies:

Cas d'une chaussée bidirectionnelle:

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

Cas d'une chaussée unidirectionnelle:

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport

$S = Q/Q_{adm}$ Avec :

S : coefficient égale = 2/3

Q_{adm} ; débit admissible par voie.

➤ Application au projet :

1. Données de trafics:

En se basant sur les comptages de trafic effectués par l'année pour

La région de Oran s'agissant de la CV2, les données sont les suivantes :

- Le trafic a l'année TJMA = 4800 v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic r = 5%
- La vitesse de base sur le tracé VB = 80 Km/h
- Le pourcentage de poids lourds PL = 25%
- L'année de mise en service sera en 2018
- la durée de vie de la route (20 ans).

2. Application à la CV2:

- **Calcul de TJMA horizon:**

$$TJMA_{2018} (1 + \tau)^n \times TJMA$$

$$TJMA_{2018} = (1 + 0.05) \times 4800$$

$$TJMA_{2018} = 5556 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2038} = (1 + 0.05)^{20} \times 5556$$

$$TJMA_{2038} = 14741 \text{ v/j}$$

- **Calcul des trafics effectifs :**

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

Avec :

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon

Z : pourcentage de poids lourds (25%)

P : coefficient d'équivalence

P=2 (route de bonnes caractéristiques, E1)

$$T_{\text{eff}} = [(1-0.25) + 6 \times 0.2] \times 14741$$

$$T_{\text{eff}} = 28744 \text{ uvp/j.}$$

- **Débit de pointe horaire normal:**

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

uvp/h

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

Avec:

(1/n) coefficient de pointe prise égale 0.12

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

$$Q = 0.12 \times 28744$$

$$Q = 3449 \text{ uvp/h}$$

- **Calcul du Débit admissible:**

Il est déterminé par application de formule suivante

$$Q_{adm} = K1.K2.C_{theo}$$

Catégorie C2

$$K1 = 0.75$$

Environnement E1

$$K2 = 1.00$$

En trouve :

$$C_{theo} = 1800 \text{ uvp/h (d'après B40) (pour deux voies)}$$

Donc :

$$Q_{adm} = 0,75 \times 1,00 \times 1800$$

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

- **Détermination de nombre de voies:**

$$Q = 3449 \text{ uvp/h.}$$

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

$$N = (2/3) \times (3449/1350)$$

$$N = 1,68 \quad N = 2 \text{ voie}$$

Donc le nombre de voie par sens égale à deux

Le profil de est 2x2 voies.

- **Calcul de l'année de saturation de 2×2 voies:**

$$T_{eff(2018)} = [(1-z) + p \times z] \times TJMA_{2018}$$

$$T_{eff(2018)} = [(1-0.25) + 6 \times 0.2] \times 5556$$

$$T_{eff(2018)} = 10834 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2018} = 0.12 \times T_{eff2018}.$$

$$Q_{2018} = 0.12 \times 10834$$

$$Q_{2018} = 1300 \text{ uvp /h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times Q_{\text{adm}}$$

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times 1350 = 5400 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2018} \quad N = \frac{\ln(Q_{\text{sat}}/Q_{2018})}{\ln(1 + 0.04)}$$

$$N = 32.74 = 33 \text{ ans}$$

La saturation surviendra 33ans après l'année de mise en service .

Les calculs sont résumés dans le tableau suivant :

	TJMA (V /J)	TJMA 2018(V /J)	TJMA 2037(V/J)	Teff 2018 (Uvp /j)	Q 2017 (Uvp/j)	N
Dédoublement	4800	5556	12284	23953	3449	2

Conclusion :

Le profil en travers retenu pour notre projet est défini comme se suit :

-chaussée : $(2 \times 3.5) \times 2 = 14\text{m}$

-G .B.A=1 .80

-baund d'arit d'ergence: $1,80 \times 2 = 3,60\text{m.}$

-largeur plate forme : 19 ,40m.

=

Chapitre 07

Dimensionnement du Corps de chaussée

IX.1.introduction

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

Et aussi des conditions thermiques, pluie, neige, verglas etc.....

Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

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

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée.

Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants :

- Le trafic
- L'environnement de la route (le climat essentiellement)
- Le sol support

Principe de la constitution des chaussées

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulement 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 de la température peuvent engendrer dans les solides élastiques des champs de contrainte et engendrer 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 tangentiels s'accompagnent de frottement dans lesquels se dissipent de l'énergie et qui usent les pneumatiques et les chaussées.

IX.2. 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 :

- ❖ **Couche de surface :**

Elle composée de la couches de roulement et la couche de liaison et elle est en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure. Son rôle est :

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence) et le confort (bruit et uni.)
- Assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

- ❖ **Couche de base**

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

❖ Couche de fondation

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

❖ Couche de forme

Elle est généralement prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature du sol support :

- Sur un sol rocheux : elle joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

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

IX.3. 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

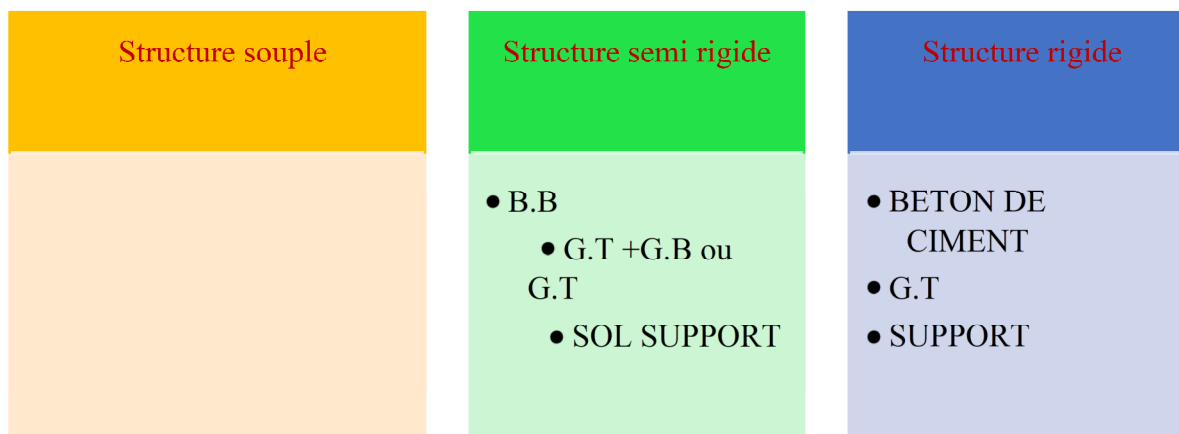


Figure n°23 : les différentes catégories de chaussée.

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.

IX.4. Les principales méthodes 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.

- **Method C.B.R (California – Bearing – Ratio)**

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

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 :

a_1, a_2, a_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 :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
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 n°24: coefficient d'équivalence des matériaux.

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

$$e = \sum_{i=0}^n a_i . e_i$$

IX.5. Application au projet

Méthode de l'indice CBR :

1) Données de l'étude :

- Le trafic à l'année de compactage $TJMA_0 = 4800 \text{ v/j}$
- Le trafic à l'année de mise en service $TMJA = 5556 \text{ v/j}$
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 5\%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 80 \text{ km/h}$
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 25\%$
- L'année de mise en service sera
- Environnement – Catégorie (CAT2)
- La durée de vie estimée de **20 ans**
- **ICBR = 8**

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

$$N_1 = TMJA \times \%PL$$

$$N_1 = 4800 \times 0.25 = 1200 \text{ VPL/J}$$

Calcul du trafic du VPL à l'année horizon :

$$N_n = N_1(1+\tau)^n$$

$$N_{20} = 1200(1+0.05)^{20} = 3685 \text{ VPL/J}$$

2) Calcul d'épaisseur théorique:

On a C.B.R = 8

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log_{10} \frac{3685}{10})}{8 + 5}$$

$$e = 46 \text{ cm}$$

$$e \approx 46 \text{ cm}$$

Calcul des épaisseurs des différentes couches :

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

$$e = \sum_i^n C_i e_i$$

On propose les matériaux suivants de chaque couche :

Couche de roulement « Béton bitumineux BB »

D'après le tableau ci-dessous

$$a_1 = 2.00$$

$$e_1 = 2 \times 6 = 12 \text{ cm}$$

Couche de Base « Grave Bitume GB » :

$$a_2 \times e_2 = 16 \times 1.5 = 24 \text{ cm}$$

Couche de Fondation « Grave Non Traité GNT »:

$$a_3 = 0.6$$

Épaisseur équivalente :

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante :

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

Donc l'épaisseur réelle est de

$$6(\text{BB}) + 20(\text{GB}) + 20(\text{GNT})$$

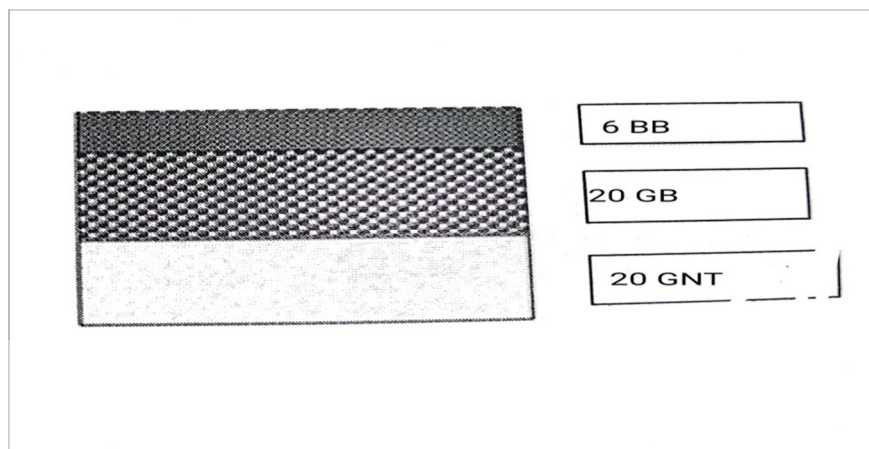


Figure n°24: Les couches de corps de chaussée

CHAPITRE

08

PROFIL EN

LONG

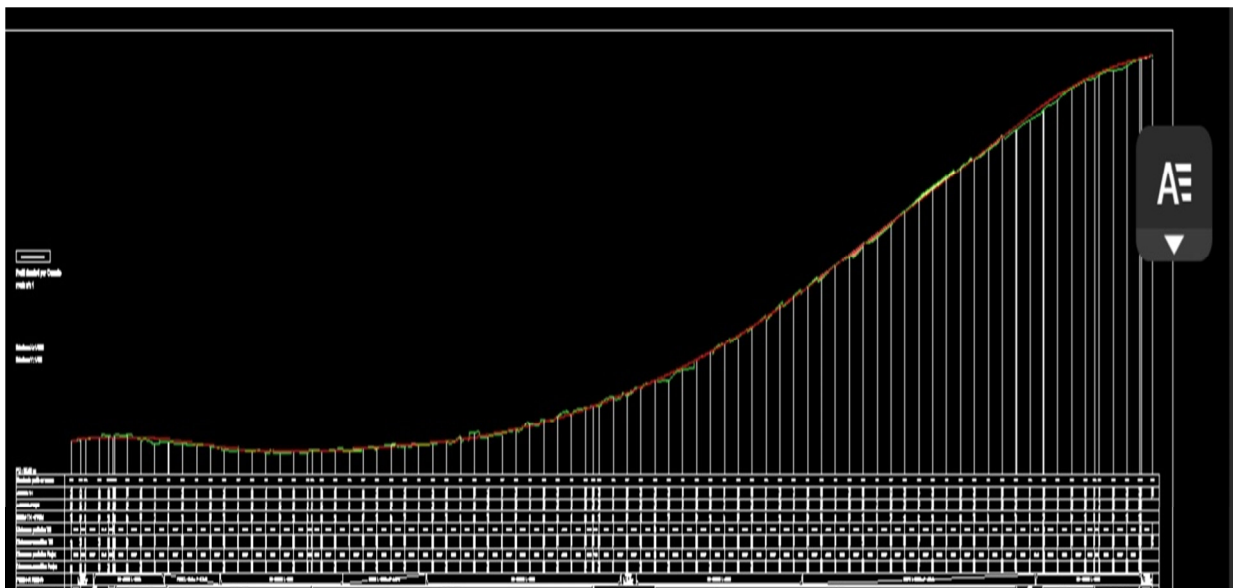
6.1 DEFINITION:

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle.

C'est en général une succession d'alignements droits (rampe et pentes) raccordés par des courbes circulaires.

pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel.
- L'altitude du projet.
- La déclivité du projet etc.....



profil en long de notre projet

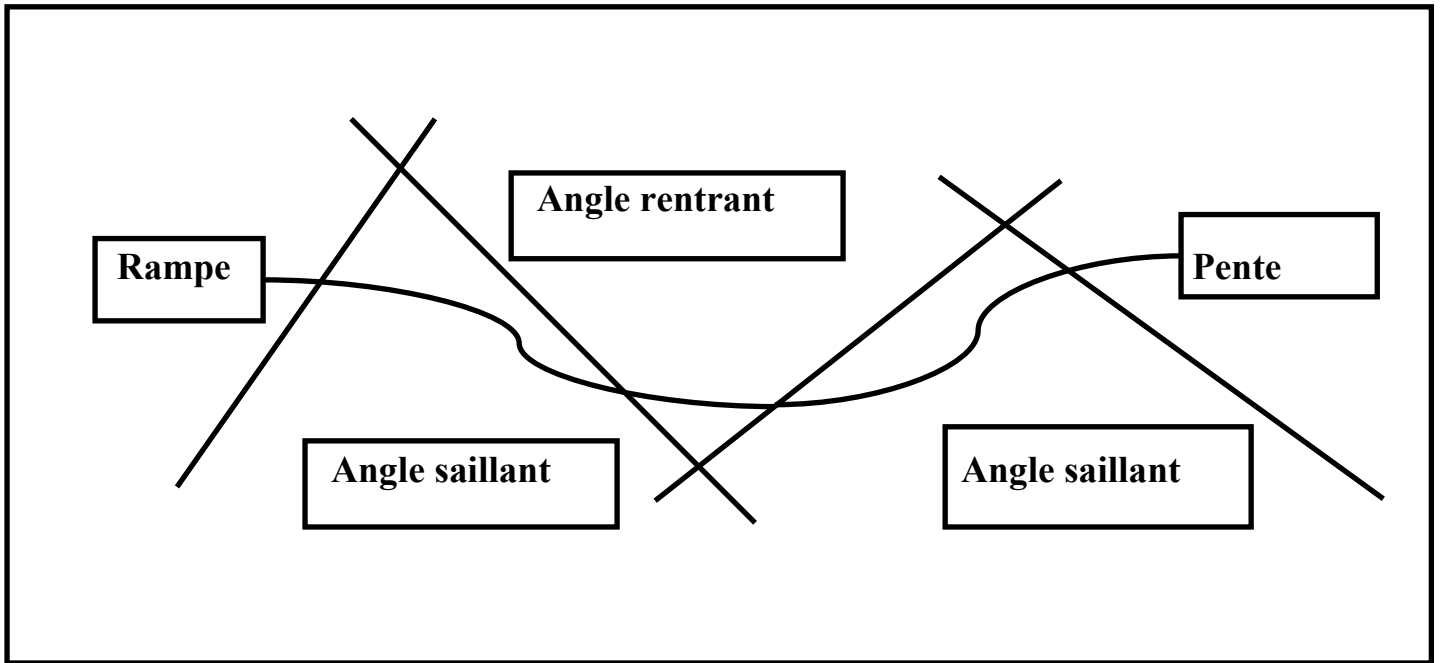


Fig. N°06 : profil en long.

6.2 Les règles à respecter dans la conception du profil en long:

- Respecter les valeurs des rayons préconisés par le règlement actuel.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Ne pas dépasser la valeur maximale de la pente.
- Un bon écoulement des eaux de ruissellement.
- Rechercher un équilibre entre le volume de remblais et le volume de déblais si possible.
- Éviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable par rapport à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux.

- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans une pente du profil en long.

6.3 Coordination du tracé en plan et profil en long:

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'échange afin:

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- De prévoir de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singulier (carrefours, échangeurs, etc....) pour éviter les défauts résultats d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre :
- D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
- D'amorcer la courbe en plan avant un point haut.
- Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

6.4 Déclivités:

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montés.

6.4.1 Déclivité minimum:

Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit être au-dessus de 0.5% et de préférences 1% si possible afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux des pluies le long de la route au bord de la chaussée.

6.4.2 Déclivité maximum:

La déclivité maximale dépend de:

- Condition d'adhérence.
- Vitesse minimum de PL.
- Condition économique .

Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée au nouveau de service «selon le **B40**, environnement **E1**, catégorie **C2**, **V_r= 80Km/h** déclivité maximale :

Selon le B40 .

V_r (Km/h)	40	60	80	100	120	140
I_{max}(%)	8	7	6	5	4	4

6.5 Raccordements en profil en long:

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

6.5.1 Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccords paraboliques en angles saillants sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'oeil

humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.

a. Condition de confort :

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure verticale :

g/40 pour cat. 1-2

$$V_r / R_v < g/40$$

Pour $g=10 \text{ m/s}$

$$R_v \text{ min} = 0.3 V_r^2 \text{ pour 1-2}$$

$$0.23 V_r^2 \text{ pour 3-4-5}$$

Dans notre cas **$R_v \text{ min} = 0.3 V_r^2 = 0.3 \times 80^2 = 1920 \text{ m}^2$** .

Avec :

R_v : rayon vertical (m).

V_r : vitesse référence (Km/h).

b. Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme conditions supplémentaires à celle de confort.

Il faut que deux véhicules circulent en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum. Le rayon de raccordement est donné par l'expression :

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

Avec :

D_1 : distance d'arrêt (m)

h_0 : hauteur de l'oeil (m)

h_1 : hauteur de l'obstacle (m)

6.5.2 Raccordement concaves (angle rentrant):

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

Cette condition s'exprime par la relation :

$$Rv' = \frac{d1^2}{(1.5+0.035d1)}$$

Avec :

Rv' : rayon minimum du cercle de raccordement.

$d1$: distance d'arrêt.

Condition esthétique:

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et ($b > 50$) pour des dévers

$d > 10\%$ (spécial échangeur).

$$Rv \min = 80 \times \frac{50}{\Delta d\%}$$

Avec:

d : changement des dévers.

$Rv \min$: rayon vertical minimal.

6.6 Caractéristiques des rayons en long :

Pour le cas de la CV02, on a respecté les paramètres concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableau suivants (selon le B40) :

Tableau n°21: tableau de caractéristiques des rayons en long.

Catégorie	C2
Environnement	E1
Vitesse de base	(Km/h) 80
Rayon en angle saillant RV	Route unidirectionnelle: (2×2 voies) RVm1 (minimal absolu) en m 1920 RVn1 (minimal normal) en m 1920
Rayon en angle rentrant R'V	Route unidirectionnelle : (2×2 voies) R'Vm1 (minimal absolu) en m R'Vm1 (minimal normal) en m
Déclivité maximale	I _{MAX} (%) 5

Chapitre VII

Profil en travers

VII.1. Généralités :

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

VII.2. Les éléments du profil en travers :

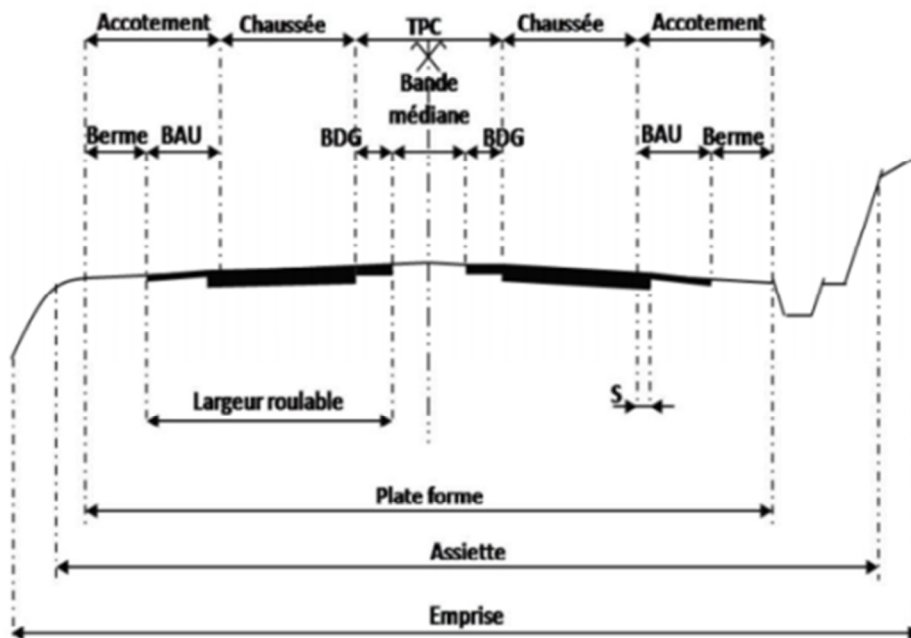


Figure n°20 : Eléments du profil en travers.

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

a- La chaussée :

C'est la partie renforcée et affectée à la circulation des véhicules. Pour subir directement les actions des véhicules et les facteurs naturels, sa largeur dépend essentiellement de considération de débit, elle est divisée en voies de circulations.

b- Les accotements :

Les accotements se trouvent aux cotés de la chaussée, ils étaient utilisés auparavant soit pour le dépôt des matériaux soit pour les piétons, maintenant, ils sont utilisés pour stationnement.

Sur les routes importantes la largeur des accotements est de 2 à 2.5m utilisés comme bande d'arrêt, mais dans notre cas sa largeur est de 1.5m.

c- Plate-forme :

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

d- L'assiette :

C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

e- L'emprise :

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

f- Le talus :

Le talus a une inclinaison qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue, cette inclinaison est désignée par une fraction (A/B) tel que :

A : la base du talus.

B : hauteur du talus.

g- Le fossé :

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

h- Le terre-plein central T.P.C :

Il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

- **Bande dérasée de gauche (B.D.G) :** Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, Elle est dégagée de tous obstacles, revêtu et se raccorde à la chaussée.
- **Bande médiane :** Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation,.. etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implanter.

i-La largeur roulable :

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

VII.3. Classification du profil en travers

Ils existent deux types de profil :

- Profil en travers type.
- Profil en travers courant.

1-Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais). L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la côte du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

2- Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distances régulières (10, 15, 20,25m...).qui servent à calculer les cubatures.

VII.4. Application numérique au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour la pénétrante sera compose d'une chaussée unidirectionnelle

Chapitre VIII

Cubature

VIII.1. Généralités :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle **les cubatures des terrassements.**

VIII.2. Définition :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de

ERROR: syntaxerror
OFFENDING COMMAND: ----nostringval----

STACK: