

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique Et Populaire  
Ministère De L'enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université Mohamed Seddik Benyahia - Jijel  
Faculté des sciences et de la technologie  
Département de génie civil et hydraulique



# MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Pour l'obtention du diplôme de Master en Travaux Publics

Option : Voies et Ouvrages d'Art

Filière : Travaux Publics

## *Thème*

Réalisé par :

- MOHAMED SAID Sidi Mohamed
- HAMADOUCHE Samir

**Étude d'un tronçon autoroutier sur 7km  
reliant le port Djen-Djen à l'autoroute est-  
ouest du PK40+000 au PK47+000**

M. CHIKER Tarek

Enseignant dpt Génie civil et Hyd

Président

M<sup>me</sup>. MENDACI Farida

Enseignant dpt Génie civil et Hyd

Encadreur

M. BOUMEHRAZ M.Amine

Enseignant dpt Génie civil et Hyd

Examineur

Promotion 2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# REMERCIEMENTS





*Nous tenons à remercier Allah, de nous avoir  
donné la force, le courage et la patience pour  
mener à bien ce modeste travail*

*Nous voudrions aussi exprimer nos vifs remerciements à notre  
encadreur M<sup>me</sup> " MENDACI Farida " pour sa sollicitude,  
disponibilité et ces précieux conseils.*

*Nous voudrions également remercier l'ingénieur  
Mr "TEKKOUK Ahmed " qui nous ont prodigué une aide  
précieuse tout au long de notre travail.*

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

*Nos remerciant vont également à tous ceux et celles qui nous  
a porter de soutien de près ou de loin nous ont apporté aide  
et encouragement et surtout nos amis.*



# DÉDICACE



*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mon père et ma mère qui sont la source de ma  
réussite qui m'ont toujours encouragé*

*A mes frères Bachir et Chouaib qui m'ont soutenu*

*A mon binôme S'Mohammed*

*A tous mes amis Bachir, Raouf, Chemssou, Yacoub,  
Yasser, Mehdi, Messaoud et Mohammed avec qui  
j'ai partagé les plus beaux et inoubliables moments  
durant mon cursus du primaire à l'université.*

*SAMIR*



# DÉDICACE



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

**Ma mère, ma fierté.**

**Mon cher frère : Day**

**Mon binôme : Samir**

**Sans oublier tous mes amis avec qui  
j'ai passé des moments inoubliables  
durant tout mon cursus  
universitaire.**

*Sidi Mohamed*

## **Résumé :**

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de transport, et en particulier les routes.

Ce travail présente une étude détaillée du projet d'un tronçon autoroutier en phase d'avant-projet détaillé de la liaison autoroutière reliant le port Djen-Djen à l'autoroute est-ouest et cela du PK40+000 au PK47+000.

Les études menées dans ce mémoire comptent essentiellement : le calcul du trafic, l'assainissement routier et dimensionnement des ouvrages, une partie détaillée de la géométrie de notre projet avec le logiciel Covadis et Autopiste et l'utilisation de logiciel Autocad pour tracer l'axe de la route, ainsi Alize pour dimensionner le corps de chaussée.

A cet effet ce projet traite l'ensemble de la conception de cette route ainsi qu'il met le point sur les problèmes posés par cette route.

## **Mots clés :**

Autoroute, trafic, route, géométrie de la route, tracé, en plan, échangeur.

---

<b>Introduction générale</b>	
<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Présentation du projet</b>	
<b>I.1 Introduction</b> .....	<b>3</b>
<b>I.2 Présentation de la région d'étude</b> .....	<b>3</b>
I.2.1 Présentation de la wilaya.....	3
I.2.2 Climat.....	4
I.2.3 Relief.....	4
I.2.3.1 Zone des plaines.....	4
I.2.3.2 Zone des montagnes.....	4
I.2.4 Contexte géologique.....	5
I.2.5 Population.....	5
I.2.6 Présentation générale de la pénétrante.....	5
I.2.7 Présentation du tronçon à étudier.....	6
I.2.8 Objectifs du projet.....	7
<b>I.3 Données de base</b> .....	<b>7</b>
I.3.1 Objet de l'ICTAAL et domaine d'application.....	8
I.3.2 Conception générale.....	8
I.3.3 Normes géométriques.....	9
I.3.4 Choix de la catégorie.....	9
I.3.5 Détermination de la vitesse de référence.....	10
<b>Chapitre II : Étude de trafic</b>	
<b>II.1 Introduction</b> .....	<b>11</b>
<b>II.2 Analyse de trafic</b> .....	<b>11</b>
<b>II.3 Mesures de trafic</b> .....	<b>11</b>
II.3.1 Les comptages.....	11
II.3.1.1 Les comptages automatiques.....	11
II.3.1.2 Les comptages manuels.....	12
II.3.2 Enquêtes.....	12
<b>II.4 Différents types de trafic</b> .....	<b>12</b>
II.4.1 Trafic normal.....	12
II.4.2 Trafic dévié.....	12
II.4.3 Trafic induit.....	12
II.4.4 Trafic total.....	13
<b>II.5 Environnement de la route</b> .....	<b>13</b>
II.5.1 Dénivelée cumulée moyenne.....	13
II.5.2 Sinuosité.....	13
II.5.3 Le relief.....	13
<b>II.6 Catégories de l'autoroute</b> .....	<b>13</b>
<b>II.7 Vitesse de référence</b> .....	<b>13</b>
<b>II.8 Calcul de la capacité de trafic</b> .....	<b>14</b>
II.8.1 Définition de la capacité.....	14
II.8.2 Projection future du trafic.....	14
II.8.3 Calcul de trafic effectif.....	14
II.8.4 Débit de pointe horaire normale.....	15
II.8.5 Débit horaire admissible.....	15
II.8.6 Détermination du nombre de voies.....	16
<b>II.9 Application au projet</b> .....	<b>16</b>

---

II.9.1 Les données du trafic .....	16
II.9.2 Projection future du trafic .....	17
II.9.3 Calcul de trafic effectif .....	17
II.9.4 Débit de pointe horaire normale .....	17
II.9.5 Débit admissible .....	17
<b>II.10 Conclusion.....</b>	<b>18</b>

**Chapitre III : tracé en plan**

<b>III.1 Introduction .....</b>	<b>19</b>
<b>III.2 Règles à respecter dans le tracé en plan.....</b>	<b>19</b>
<b>III.3 Eléments de la trace en plan .....</b>	<b>19</b>
III.3.1 Alignements droits.....	20
III.3.2 Arc de cercle.....	21
III.3.3 Les courbes de raccordement .....	22
III.3.3.1 Rôle et nécessité des courbes de raccordement.....	22
III.3.3.2 Types de courbe de raccordement .....	22
III.3.3.3 Les conditions de raccordement .....	25
III.3.3.4 Combinaison des éléments de trace en plan .....	27
III.3.3.4.1 Courbe en S.....	27
III.3.3.4.2 Courbe à sommet .....	27
III.3.3.4.3 Courbe en Ovale .....	27
III.3.3.4.4 Courbe en C .....	28
<b>III.4 La vitesse de référence (de base) .....</b>	<b>28</b>
III.4.1 Choix de la vitesse de référence .....	29
III.4.2 Vitesse de projet .....	29
<b>III.5 Application à notre projet.....</b>	<b>29</b>
III.5.1 Exemple de calcul de tracé en plan .....	30
III.5.1.1 Les points du tracé en plan .....	30
III.5.1.2 Calcul des gisements .....	30
III.5.1.3 Calcul de longueur de raccordement progressif .....	31
III.5.1.4 Calcul des angles .....	32
III.5.1.5 Calcul de la tangente .....	33
III.5.1.6 Calcul de la corde polaire à la clothoïde.....	33
III.5.1.7 Calcul de la l'angle polaire.....	33
III.5.1.8 Calcul de la longueur de l'arc de cercle .....	33
III.5.1.9 La longueur de la courbe : 2Clothoïde + Rayon.....	33
III.5.1.10 Calcul les coordonnées des points singuliers .....	33
<b>III.6 Conclusion .....</b>	<b>36</b>

**Chapitre IV : Profil en long**

<b>IV.1 Introduction.....</b>	<b>37</b>
<b>IV.2 Définition .....</b>	<b>37</b>
<b>IV.3 Règle à respecter dans le profil en long .....</b>	<b>37</b>
<b>IV.4 Déclivités .....</b>	<b>38</b>
IV.4.1 Déclivité minimale .....	38
IV.4.2 Déclivité maximale .....	38
<b>IV.5 Raccordement en profil en long.....</b>	<b>38</b>
IV.5.1 Raccordements convexes (angle saillant).....	38
IV.5.2 Raccordement concave (angle rentrant).....	39

<b>IV.6 Valeurs limité .....</b>	<b>39</b>
<b>IV.7 Coordination du profil en long .....</b>	<b>39</b>
<b>IV.8 Courbes de niveaux.....</b>	<b>40</b>
IV.8.1 Définition .....	40
<b>IV.8.2 Principe de l'interpolation .....</b>	<b>40</b>
<b>IV.9 Application au projet.....</b>	<b>41</b>
IV.9.1 Exemple de calcul de profil en long (Cas d'un rayon convexe).....	42
IV.9.1.1 Les points du profil en long.....	42
IV.9.1.2 Calcul des pentes.....	42
IV.9.1.3 Calcul des tangentes .....	42
IV.9.1.4 Calcul de la flèche.....	42
IV.9.1.5 Calcul des coordonnées des points de tangentes .....	42
IV.9.1.6 Calcul de la longueur de raccordement .....	43
IV.9.1.7 Calcul des cordonnées du point J .....	43
<b>IV.10 Conclusion .....</b>	<b>44</b>

## Chapitre V : Profil en travers

<b>V.1 Introduction .....</b>	<b>45</b>
<b>V.2 Profil en travers en section courante.....</b>	<b>45</b>
V.2.1 Chaussée.....	45
V.2.2 Terre-plein central (T.P.C) .....	45
V.2.2.1 Bande dérasée de gauche (B.D.G).....	46
V.2.2.2 Bande médiane .....	46
V.2.2.3 Interruption du T.P.C (I.T.P.C) .....	47
V.2.3 Accotement.....	47
V.2.3.1 Zone de sécurité.....	47
V.2.3.2 La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U).....	47
V.2.3.3 La berme.....	47
<b>V.3 Profils en travers au droit des ouvrages d'art courants .....</b>	<b>48</b>
<b>V.4 Pentés transversales .....</b>	<b>48</b>
V.4.1 En alignement et en courbe non déversée .....	48
V.4.2 En courbe déversée.....	48
V.4.3 Changement de dévers.....	49
<b>V.5 Profil en travers type du notre projet .....</b>	<b>49</b>
<b>V.6 Conclusion .....</b>	<b>54</b>

## Chapitre VI : Cubatures

<b>VI.1 Introduction.....</b>	<b>55</b>
<b>VI.2 Méthodes de calcul des cubatures .....</b>	<b>55</b>
VI.2.1 Formule de Mr SARRAUS .....	56
VI.2.2 Méthode de gulden.....	58
VI.2.3 Méthode linéaire.....	58
<b>VI.3 Calcul des cubatures de terrassement .....</b>	<b>59</b>
VI.3.1 Résultats des calculs des cubatures.....	59



## Chapitre VII : Étude géotechnique

<b>VII.1 Introduction .....</b>	<b>60</b>
<b>VII.2 Objectifs .....</b>	<b>60</b>
<b>VII.3 Les travaux de reconnaissance.....</b>	<b>61</b>
VII.3.1 L'étude des archives et documents existants .....	61
VII.3.2 Les essais « in-situ » .....	61
VII.3.2.1 Les sondages .....	61
VII.3.2.2 Essai pressiométrique.....	65
VII.3.2.3 Essai de pénétration au carottier SPT (Standard Pénétration Test).....	65
VII.3.2.4 Essai de perméabilité .....	66
VII.3.2.4.1 Essai de perméabilité Lefranc .....	66
VII.3.2.4.2 Essai de perméabilité Lugeon.....	68
VII.3.2.5 Piézomètre .....	69
VII.3.3 Essais de laboratoire .....	69
VII.3.3.1 Les essais d'identification.....	69
VII.3.3.1.1 Teneur en eau naturelle .....	69
VII.3.3.1.2 Limite d'Atterberg .....	70
VII.3.3.1.3 Analyse granulométrique (tamisage à sec).....	71
VII.3.3.1.4 Essai au bleu de méthylène .....	71
VII.3.3.2 Les essais mécaniques.....	72
VII.3.3.2.1 Essais de cisaillement rectiligne.....	72
VII.3.3.2.2 Essai œdométrique .....	73
VII.3.3.2.3 Essai Proctor normal et modifié .....	74
VII.3.3.2.4 Essai C.B.R (California Bearing Ratio) .....	75

## Chapitre VIII : Dimensionnement du corps de chaussée

<b>VIII.1 Introduction.....</b>	<b>76</b>
<b>VIII.2 Objectif de la chaussée .....</b>	<b>76</b>
<b>VIII.3 Donnée d'entrées du dimensionnement.....</b>	<b>77</b>
<b>VIII.4 Notions Sur Les Chaussées .....</b>	<b>77</b>
VIII.4.1 Les différents types de chaussées .....	77
VIII.4.1.1 Chaussée souple.....	77
VIII.4.1.1.1 Couche de roulement (surface) .....	78
VIII.4.1.1.2 Couche de base .....	78
VIII.4.1.1.3 Couche de fondation .....	78
VIII.4.1.1.4 couche de forme.....	78
VIII.4.2 Chaussée semi-rigide .....	79
VIII.4.3 Chaussée rigide.....	80
<b>VIII.5 Les différents facteurs pour les études de dimensionnement de la chaussée .....</b>	<b>81</b>
VIII.5.1 Le trafic .....	81
VIII.5.1.1 Trafic à la mise en service .....	82
VIII.5.1.2 Trafic cumulé équivalent (NE) .....	82
VIII.5.2 Environnement .....	82
VIII.5.3 Sol support.....	83

VIII.5.4 Matériaux.....	83
<b>VIII.6 Méthodes de dimensionnement .....</b>	<b>83</b>
VIII.6.1 Méthode CBR (California - Bering - ratio) .....	84
VIII.6.1.1 Bande d'arrêt d'urgence .....	84
VIII.6.1.2 Voie de circulation.....	84
VIII.6.1.3 L'épaisseur équivalente de la chaussée étant comme suit .....	85
VIII.6.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves CTPP.....	85
VIII.6.2.1 la démarche du catalogue .....	86
VIII.6.2.2 Répartition transversale du trafic.....	86
VIII.6.2.3 Détermination de la classe du trafic.....	87
VIII.6.2.4 Détermination de la classe portance du sol support.....	87
VIII.6.2.5 Les zones climatiques.....	88
VIII.6.3 Choix de la méthode de dimensionnement.....	88
<b>VI.7 Application au projet.....</b>	<b>88</b>
VIII.7.1 Données de l'étude .....	89
VIII.7.2.1 Le trafic .....	89
VIII.7.2.1.1 Détermination du type de réseaux principaux.....	89
VIII.7.2.1.2 Définition du poids lourd à l'année de mise en service .....	89
VIII.7.2.1.3 Répartition transversale du trafic .....	89
VIII.7.2.1.4 Détermination de la classe de trafic (TPLi) .....	90
VIII.7.2.1.5 Données climatiques .....	90
VIII.7.2.1.6 Le trafic cumulé de poids lourd (TCi) .....	90
VIII.7.2.1.7 Le trafic cumulé équivalent (TCEi) .....	90
VIII.7.2.1.8 Caractéristique de la plate-forme .....	91
VIII.7.2.1.9 Classe de portance d'arase.....	92
VIII.7.2.1.10 Le risque de calcul $r$ (%).....	92
VIII.7.2.2 Vérification à la fatigue de la structure et de la déformation du sol.....	93
VIII.7.2.2.1 Calcul de la déformation admissible du sol support ( <b><math>\epsilon_{zadm}</math></b> ) .....	93
VIII.7.2.2.2 Calcul de la déformation admissible de traction ( <b><math>\epsilon_{tadm}</math></b> ) a la base de EME2 : .....	93
VIII.7.2.2.3 Performances mécaniques des matériaux bitumineux .....	94
VIII.7.3 Vérification des contraintes à l'aide du logiciel ALIZE Lcpc.....	96
<b>VIII.8 Conclusion .....</b>	<b>98</b>

## Chapitre IX : Assainissement

<b>IX.1 Introduction.....</b>	<b>99</b>
<b>IX.2 L'estimations du débit de point.....</b>	<b>99</b>
IX.2.1 Débit capable de l'ouvrage (à saturation) ( <b><math>Q_c</math></b> ) .....	99
IX.2.2 Débit à évacuer( <b><math>Q_{ev}</math></b> ).....	100
IX.2.3 Coefficient de ruissellement.....	100
IX.2.4 Détermination de l'intensité .....	100
IX.2.5 Comparaison de <b><math>Q_{ev}</math></b> et <b><math>Q_c</math></b> .....	101
<b>IX.3 Traitement des eaux de la plate-forme .....</b>	<b>101</b>
<b>IX.4 Assainissement et drainage .....</b>	<b>102</b>
IX.4.1 Système de drainage longitudinal .....	103
IX.4.1.1 Zone en Déblais.....	103
IX.4.1.2 Zone en remblai.....	103
IX.4.1.3 Terre-Plein central.....	104

IX.4.1.4 Dimensionnement des fossés .....	105
IX.4.2 Système de drainage transversal .....	109
IX.4.2.1 Pont .....	109
IX.4.2.2 Dalot.....	109
IX.4.2.2.1 dimensionnements des dalots .....	110
IX.4.2.3 Buse.....	112
IX.4.2.3.1 Dimensionnements des buses .....	113
<b>IX.5 Conclusion .....</b>	<b>115</b>

## **Chapitre X : Signalisation routière**

<b>X.1 Introduction .....</b>	<b>116</b>
<b>X.2 L’objectif de la signalisation routière.....</b>	<b>116</b>
<b>X.3 Règles à respecter pour la signalisation .....</b>	<b>116</b>
<b>X.4 Catégories de signalisation .....</b>	<b>116</b>
<b>X.5 Les types de signalisation.....</b>	<b>117</b>
X.5.1 Signalisation verticale .....	117
X.5.1.1 La Signalisation de danger .....	117
X.5.1.2 La Signalisation de prescription .....	118
X.5.1.3 La Signalisation d’indication.....	119
X.5.1.4 La Signalisation de direction .....	120
X.5.1.5 La Signalisation d’obligation.....	121
X.5.2 Signalisation horizontale .....	121
X.5.2.1 Caractéristiques générales des marques.....	122
X.5.2.1.1 Couleur des marques de chaussée.....	122
X.5.2.1.2 Largeur des lignes .....	122
X.5.2.1.3 Lignes longitudinales.....	122
X.5.2.1.4 Caractéristiques des lignes discontinues.....	123
X.5.2.1.5 Lignes transversales .....	124
X.5.2.1.6 Les flèches .....	124
X.5.2.1.7 Autres marques .....	125

## **Chapitre XI : Échangeur**

<b>XI.1 Introduction.....</b>	<b>126</b>
<b>XI.2 Rôle de l’échangeur .....</b>	<b>126</b>
<b>XI.3 Les avantages et les inconvénients de l’échangeur .....</b>	<b>127</b>
XI.3.1 Les avantages de l’échangeur.....	127
XI.3.2 les inconvénients de l’échangeur.....	127
<b>XI.4 Règle de conception .....</b>	<b>127</b>
<b>XI.5 Type des échangeurs.....</b>	<b>127</b>
XI.5.1 Echangeurs majeurs .....	128
XI.5.1.1 Type trèfle complet .....	128
XI.5.1.2 Type bifurcation « Y » .....	129
XI.5.2 Echangeur mineur .....	129
XI.5.2.1 Type losange .....	129
XI.5.2.2 Type demi – trèfle .....	130

XI.5.3 Trompette .....	130
<b>XI.6 Constituons des échangeurs .....</b>	<b>131</b>
XI.6.1 Pont .....	131
XI.6.2 Carrefour plan .....	131
XI.6.3 Bretelles.....	131
XI.6.3.1 Type de bretelles .....	132
<b>XI.7 Choix du type de l'échangeur .....</b>	<b>132</b>
<b>XI.8 Types de routes à raccorder.....</b>	<b>133</b>
<b>XI.9 Les diffuseurs .....</b>	<b>133</b>
<b>XI.10 Nœuds.....</b>	<b>134</b>
<b>XI.11 Application au projet.....</b>	<b>134</b>
XI.11.1 Détermination du tracé .....	135
XI.11.1.1 Présentation du site d'implantation .....	135
XI.11.1.2 Types de routes à raccorder.....	135
XI.11.1.3 Etude du trafic .....	135
XI.11.1.4 Vitesse sur les bretelles .....	136
XI.11.2 Configuration de tracé à adopter .....	136
XI.11.2.1 Caractéristiques géométriques des bretelles.....	136
XI.11.2.1.1 Trace en Plan des Bretelles.....	136
XI.11.2.1.2 Profil en long d'une bretelle .....	139
XI.11.2.1.3 Profil en travers d'une bretelle .....	139
XI.11.2.1.4 Profils en travers types des bretelles.....	140
XI.11.2.1.5 Profil en travers types des boucles.....	140
XI.11.2.1.6 Condition de visibilité .....	140
<b>XI.12 Conclusion .....</b>	<b>141</b>

## **Chapitre XII : L'impact sur l'environnement**

<b>XII.1 Introduction .....</b>	<b>142</b>
<b>XII.2 rappel descriptif de la pénétrante.....</b>	<b>142</b>
<b>XII.3 Protocole de l'étude.....</b>	<b>142</b>
XII.3.1 Analyse du cadre juridique et institutionnel .....	143
XII.3.1.1 Cadre juridique.....	143
XII.3.1.2 Cadre administratif.....	144
XII.3.2 Analyse des milieux, variantes et justification du Projet .....	144
XII.3.2.1 Analyse territoriale et morphologie de la pénétrante Djen-Djen-El Eulma .....	144
XII.3.2.2 Territoire de la Pénétrante autoroutière Djen-Djen-El Eulma .....	145
XII.3.2.2.1 Wilaya de Jijel.....	145
XII.3.2.2.2 Wilaya de Mila .....	146
XII.3.2.2.3 Wilaya de Sétif.....	147
XII.3.3 Description détaillée de l'environnement initial.....	148
XII.3.3.1 Milieu urbain.....	148
XII.3.3.1.1 Présentation de l'aire d'étude .....	148
XII.3.3.1.2 Impacts sur le milieu .....	149
XII.3.3.2 Milieu naturel.....	150
XII.3.3.2.1 Présentation de l'aire d'étude .....	150
XII.3.3.2.2 Les impacts sur le milieu.....	151
<b>XII.4 conclusions .....</b>	<b>155</b>

**Conclusion générale**

**Conclusion générale ..... 156**

**références bibliographiques .....**

**Annexe .....**



Liste des tableaux

<b>Tableau I.1</b> : Paramètres géométriques de l'autoroute.....	9
<b>Tableau II.1</b> : Environnement de la route .....	13
<b>Tableau II.2</b> : Coefficient d'équivalence « P ».....	15
<b>Tableau II.3</b> : Valeur de K1.....	15
<b>Tableau II.4</b> : Valeur de K2.....	16
<b>Tableau II.5</b> : Valeur de la capacité théorique (Cth).....	16
<b>Tableau III.1</b> : Données d'arc de cercle.....	21
<b>Tableau III.2</b> : Données de l'ICTAAL.....	29
<b>Tableau IV.1</b> : Limite des paramètres de profil en long.....	39
<b>Tableau IV.2</b> : Paramètres de profil en long.....	41
<b>Tableau V.1</b> : Profil en travers type proposé.....	49
<b>Tableau VIII.1</b> : Les classes de trafic.....	82
<b>Tableau VIII.2</b> : Classe de portance du sol support Si.....	87
<b>Tableau VIII.3</b> : Sur classement avec couche de forme en matériau non traité.....	88
<b>Tableau VIII.4</b> : Les zones climatique de l'Algérie.....	88
<b>Tableau VIII.5</b> : Valeur de coefficient d'agressivité. [8].....	91
<b>Tableau VIII.6</b> : Bornes supérieures des classes de trafic cumules pour les VRS et les VRNS.....	91
<b>Tableau VIII.7</b> : Classes de plate-forme minimales de support de chaussée.....	91
<b>Tableau VIII.8</b> : Classe d'arase.....	92
<b>Tableau VIII.9</b> : Conditions de sur classement de portance des plates-formes avec couche de forme non traitée.....	92
<b>Tableau VIII.10</b> : Risque adopté pour le réseau RP1.....	92
<b>Tableau VIII.11</b> : Valeur de t.....	93
<b>Tableau VIII.12</b> : Caractéristiques des matériaux routiers.....	95
<b>Tableau VIII.13</b> : Représentation des résultats obtenue.....	95
<b>Tableau VIII.14</b> : Caractéristiques des matériaux routiers.....	96
<b>Tableau VIII.15</b> : Résultats de vérification des déformations et contraintes.....	97
<b>Tableau IX.1</b> : Les coefficients de ruissellements.....	100
<b>Tableau IX.2</b> : L'emplacement des BC.....	102
<b>Tableau IX.3</b> : Paramètres relatifs aux temps de retour.....	106
<b>Tableau IX.4</b> : Paramètres relatifs aux temps de retour.....	111
<b>Tableau IX.5</b> : Les données du canal C-42.2.....	111
<b>Tableau IX.6</b> : Les données du BV 42-3.....	113
<b>Tableau XI.1</b> : Les valeurs de la vitesse dans les bretelles.....	<b>136</b>
<b>Tableau XI.2</b> : Valeur limites des rayons.....	136

<b>Tableau XI.3</b> : Les valeurs limites des paramètres du tracé en plan.[3] .....	137
<b>Tableau XI.4</b> : Valeurs de L0 en fonction de R. ....	139
<b>Tableau XI.5</b> : Les valeurs limites des paramètres du profil en long.....	139
<b>Tableau XI. 6</b> : Les valeurs limites des paramètres du profil en travers.....	139
<b>Tableau XI. 7</b> : Bretelle unidirectionnelle à une voie. ....	140
<b>Tableau XI.8</b> : Profil en travers type d'une boucle.....	140
<b>Tableau XI.9</b> : Principales distances de visibilité. ....	140

## Liste des figures

<b>Figure I.1</b> : Situation géographique wilaya de Jijel.....	4
<b>Figure I.2</b> : Autoroute Jijel-Sétif.....	6
<b>Figure I.3</b> : Le tronçon à étudier.....	7
<b>Figure III.1</b> : Schéma des éléments du tracé en plan. ....	20
<b>Figure III.2</b> : CR – Parabole cubique.....	22
<b>Figure III.3</b> : C.R. lemniscate. ....	23
<b>Figure III.4</b> : Courbure de la clothoïde. ....	24
<b>Figure III.5</b> : Éléments de la clothoïde. ....	24
<b>Figure III.6</b> : Courbe en S.....	27
<b>Figure III.7</b> : Courbe à sommet. ....	27
<b>Figure III.8</b> : Courbe en ovale ....	28
<b>Figure III.9</b> : Courbe en C. ....	28
<b>Figure III.10</b> : Tracé en plan.....	30
<b>Figure IV.1</b> : Raccordement en convexe et concave.....	39
<b>Figure IV.2</b> : Courbe de niveau.....	40
<b>Figure IV.3</b> : Profil en long (Cas d'un rayon convexe).....	42
<b>Figure IV.4</b> : Profil en long en autopiste 13.....	44
<b>Figure V.1</b> : Eléments constitutifs du profil en travers en section courante.....	45
<b>Figure V.2</b> : Terre-plein central.....	46
<b>Figure V.3</b> : Les dimensions du profil en travers en section courante. ....	50
<b>Figure V.4</b> : Profil en travers en remblai.....	51
<b>Figure V.5</b> : profil en travers en déblai ....	52
<b>Figure V.6</b> : Profil en travers en déblai. ....	52
<b>Figure V.7</b> : Profil en travers mixte.....	53
<b>Figure VI.1</b> : Surface en déblai et en remblai du profil en travers.....	56
<b>Figure VI.2</b> : Méthode de MR SARRAUS. ....	56
<b>Figure VI.3</b> : Profil en long d'un tracé donné. ....	57
<b>Figure VI.4</b> : Méthode de Gulden. ....	58
<b>Figure VII.1</b> : sondage (puit N° 266) .....	62
<b>Figure VII.2</b> : Sondage (puit N° 240).....	63
<b>Figure VII.2</b> : sondage (puit No 258).....	64
<b>Figure VII.4</b> : Essais pressiométriques. ....	65
<b>Figure VII.5</b> : principe de l'essai SPT .....	66
<b>Figure VII.6</b> : Essais de perméabilité Lefranc. ....	67
<b>Figure VII.7</b> : Essai de perméabilité Lugeon.....	68

<b>Figure VII.8</b> : Piézomètre. ....	69
<b>Figure VII.9</b> : Teneur en eau.....	70
<b>Figure VII.10</b> : Limite d'Atterberg. ....	70
<b>Figure VII.11</b> : Analyse granulométrique. ....	71
<b>Figure VII.12</b> : Essai au bleu de méthylène.....	72
<b>Figure VII.13</b> : Essai de cisaillement.....	73
<b>Figure VII.14</b> : Essai œdométrique.....	73
<b>Figure VII.15</b> : Essai de Proctor. ....	74
<b>Figure VII.16</b> : Essai de CBR. ....	75
<b>Figure VIII.1</b> : Coupe type d'une chaussée souple.....	79
<b>Figure VIII.2</b> : Structure type d'une chaussée semi-rigide.....	80
<b>Figure VIII.3</b> : Structure type d'une chaussée rigide.....	80
<b>Figure VIII.4</b> : Schéma récapitulative des différents types de chaussée.....	81
<b>Figure VIII.5</b> : La démarche du dimensionnement par catalogue. ....	86
<b>Figure VIII.6</b> : Classe du trafic.....	87
<b>Figure VIII.7</b> : Classe de trafic. ....	90
<b>Figure VIII.8</b> : Résultats calcule par alizé de la méthode du catalogue de dimensionnement.....	97
<b>Figure VIII.9</b> : Structure de la chaussée. ....	98
<b>Figure IX.1</b> : Bief de confinement. ....	102
<b>Figure IX.2</b> : Dispositif de drainage en zone de déblais. ....	103
<b>Figure IX.3</b> : Dispositif de drainage en zone de remblai. ....	104
<b>Figure IX.4</b> : Dispositif de drainage en Terre-Plein central.....	105
<b>Figure IX.5</b> : Fossé entre pk 42+907 D et 43+075 D.....	105
<b>Figure IX.6</b> : Bassin versant 43-1-a. ....	106
<b>Figure IX.7</b> : Coupe transversale d'un fossé.....	107
<b>Figure IX.8</b> : Coupe transversale d'un fossé.....	108
<b>Figure IX.9</b> : Un pont.....	109
<b>Figure IX.10</b> : Un dalot.....	109
<b>Figure IX.11</b> : Sous-bassin de BV 42-2. ....	110
<b>Figure IX.12</b> : Canal C-42.2.....	110
<b>Figure IX.13</b> : Coupe transversale d'un dalot. ....	111
<b>Figure IX.14</b> : Une buse.....	113
<b>Figure IX.15</b> : Bassin versant 42-3. ....	113
<b>Figure IX.16</b> : Coupe transversale d'une buse. ....	114
<b>Figure X.1</b> : Types de modulation. [12].....	124
<b>Figure X.2</b> : flèche de rebattement.....	124
<b>Figure X.3</b> : flèches de sélection(unidirectionnelle).....	125

<b>Figure X.4</b> : flèches de sélection(bidirectionnelle).....	125
<b>Figure XI.1</b> : Échangeur trèfle complet.....	128
<b>Figure XI.2</b> : Échangeur bifurcation « Y ». ....	129
<b>Figure XI.3</b> : Échangeur losange.....	130
<b>Figure XI.4</b> : Échangeur demi –trèfle. ....	130
<b>Figure XI.5</b> : Échangeur Trompette. ....	131
<b>Figure XI.6</b> : Type de bretelles. ....	132
<b>Figure XI.7</b> : Courant de circulation. ....	134
<b>Figure XI.8</b> : Vitesse conventionnelle dans une bretelle en fonction du rayon de la courbe. ....	137
<b>Figure XI.9</b> : Dispositif de sortie de l'autoroute. ....	138
<b>Figure XI.10</b> : Dispositif d'entrée en autoroute. ....	138
<b>Figure XI.11</b> : Longueur « d'accélération/décélération » en fonction du rayon. ....	138
<b>Figure XI.12</b> : Vue en plan général (échangeur Djimla-2). ....	141
<b>Figure XII.1</b> : La démarche adoptée pour l'étude. ....	143
<b>Figure XII.2</b> : Les 3 variantes du tracé de la pénétrante. ....	145
<b>Figure XII.3</b> : Localisation de la région de Jijel. ....	146
<b>Figure XII.4</b> : Wilaya de Mila.....	146
<b>Figure XII.5</b> : Wilaya de Sétif.....	147
<b>Figure XII.6</b> : Agglomération de Tlata. ....	148
<b>Figure XII.7</b> : Nuisances du projet pendant la réalisation.....	149
<b>Figure XII.8</b> : Influence de projet sur la qualité de l'air aux niveaux de Tlata.....	150
<b>Figure XII.9</b> : Situation de la forêt Oulben. ....	151
<b>Figure XII.10</b> : Travaux de chantier au niveau de la forêt Oulben. ....	151
<b>Figure XII.11</b> : L'influence sur les eaux de surfaces.....	152
<b>Figure XII.12</b> : Source de l'eau souterraine.....	152
<b>Figure XII.13</b> : Déforestation au niveau de la forêt Oulben. ....	153
<b>Figure XII.14</b> : Source d'extraction de liège. ....	153
<b>Figure XII.15</b> : Végétation aquatique. ....	154
<b>Figure XII.16</b> : Faune terrestre dans son milieu.....	154



*Introduction*

*générale*

### Introduction générale

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie sociale.

Parmi les problèmes fondamentaux auxquels sont confrontés les projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant par saturation, il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Cela conduit à mener des études sur le terrain naturel .

Les terrains naturels surtout en phase humide, sont incapables de supporter un trafic soutenu de véhicules lourds, le rôle d'une chaussée est de pallier à cette inaptitude, elle sera constituée par la superposition de plusieurs couches de matériaux. C'est pour la route, l'équivalent des fondations d'une maison qui vont permettre à la couche de roulement de ne pas se déformer sous le passage des poids lourds. En effet le sol est incapable de supporter le trafic et le corps de chaussée va répartir les charges roulantes évitant ainsi les déformations du sol support .

En ce qui concerne notre région le projet très important qui sera un maillon fort de cette stratégie autoroutière nationale et qui permettra de relier le port de Djen-Djen à l'autoroute Est-Ouest à partir de l'échangeur d'El Eulma en traversant les wilayas de Jijel, Mila et Sétif. Au niveau régional, ce port doit répondre aux besoins induits par le développement industriel de la région de Jijel (site industriel de Bellara) et relancer tout le secteur économique.

Au niveau national, il est appelé à soulager les ports de l'est du pays (Bejaia, Skikda, Annaba) et permettre d'alléger l'asphyxie dont souffre actuellement le port d'Alger en sachant que 40 % des marchandises traitées au niveau de ce dernier port appartiennent à des opérateurs des villes de l'Est du pays.

Au niveau international, il devrait constituer une plaque tournante entre l'Europe et l'Afrique dans les échanges commerciaux en Méditerranée.

Ce sujet de fin d'étude a été proposé par Agence Nationale des Autoroutes de la wilaya de Jijel. Il devra nous permettre d'évaluer et mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant notre cursus universitaire et de s'adapter avec les différentes étapes de la conception routière.

*Chapitre I :*  
*Présentation du*  
*projet*

## **I.1 Introduction**

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

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

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

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

Notre projet consiste en l'étude d'un tronçon autoroutier en phase d'avant-projet détaillé (APD) de la liaison autoroutière reliant le port Djen-Djen à l'autoroute est- ouest et cela du PK40+000 au PK47+000.

## **I.2 Présentation de la région d'étude**

### **I.2.1 Présentation de la wilaya**

La wilaya de Jijel est située approximativement à 357 Km au Nord-est de l'Algérie, elle couvre une superficie de 2577 km<sup>2</sup>. Elle est limitée par la mer Méditerranée au Nord, la wilaya de Bejaïa à l'Ouest, la wilaya de Skikda à l'Est, et au sud par les wilayas de Constantine, Mila et Sétif.



Figure I.1 : Situation géographique wilaya de Jijel [18]

## I.2.2 Climat

La wilaya de Jijel est considérée parmi les régions les plus pluvieuses en Algérie, elle a un climat méditerranéen pluvieux et froid en hiver avec une pluviométrie de l'ordre de 1200 mm/an, chaud et humide en été ayant une température moyenne de 18.1°C.

## I.2.3 Relief

La Wilaya de Jijel est caractérisée par un relief montagneux avec une altitude moyenne de 600 à 1000 m, on la devise en deux régions physiques :

### I.2.3.1 Zone des plaines

Situées au nord, le long de la bande littorale allant des petites plaines de Jijel, les plaines d'El-Aouana, le bassin de Jijel, les vallées d'Oued Kébir, Oued Boussiaba et les petites plaines d'Oued Zhor.

### I.2.3.2 Zone des montagnes

Elles occupent d'environ 82% de la surface de wilaya, et elles sont composées de deux groupes :

- **Groupe 1** : zones moyennes montagnes situées dans la partie littorale et centrale de la wilaya, caractérisée par une couverture végétale très abondante et un réseau hydrographique important.
- **Groupe 2** : zones de montagnes difficiles situées à la limite sud de la wilaya, elles comportent les plus hauts sommets de la wilaya dont les principaux sont : Tamasghida, Tababour, Bouazza et Seddat. [1]

**I.2.4 Contexte géologique**

Il existe en Algérie le long du littoral méditerranéen des montagnes plissées qui sont réparties dans des zones dites hydrogéologique, dans ses mêmes zones on y trouve ce qu'on appelle des massifs métamorphiques de la Kabylie et c'est à cette endroit que se situe la ville de Jijel.

Cette dernière fait partie de la petite Kabylie qui dénombre trois massifs anciens qui sont les Babors, Collo et l'Edough. La région de Jijel regroupe un ensemble de terrains d'âge Mésozoïque et Cénozoïque.

**I.2.5 Population**

La Wilaya de Jijel compte au dernier RGPH d'Avril 2008 une population de 636.948 habitants. Au 31/12/2009, cette population est estimée à 653.272 habitants, soit un volume additif de 16.324 habitants. La population de la wilaya se trouve concentrée en grande partie dans le Nord. A titre indicatif, les communes de Jijel, Taher et El-Milia regroupent 297.771 habitants soit 45,58 % de la population totale.

**I.2.6 Présentation générale de la pénétrante**

La pénétrante autoroutière reliant le port de Djen-Djen à l'autoroute Est-Ouest s'étend sur plus de 110 km. Le tracé retenu passe à proximité des localités de Taher, Texenna, Djmila, d'Ain Sebt, Beni Aziz et Beni Fouda et se termine à l'échangeur de l'autoroute Est-Ouest au niveau d'El Eulma.

Au plan physique, le Projet se développe, dans un premier temps, en un environnement presque plat dans la vallée de l'oued Djen-Djen et, par la suite, se prolonge au sud dans un relief très montagneux et/ou vallonné dans le massif de Tamesquida, en passant à proximité des agglomérations d'Ain Sebt et de Ben Aziz pour rejoindre l'autoroute Est-Ouest.

De façon plus détaillée, le tracé débute d'un embranchement sur la RN43 à la hauteur du port de Djen-Djen et se développe vers le sud sur environ 7 km dans une aire presque plaine de la vallée de l'oued Djen-Djen.

Le tracé bifurque alors vers l'ouest et traverse une zone collinaire, serpente la vallée de l'oued Beni Amrane (affluent de l'oued Mencha), traverse en tunnel le secteur montagneux de Texenna. Par la suite, la pénétrante longe la retenue de Tabellout par le nord et traverse celle-ci par un viaduc majeur.

De là, le tracé poursuit son parcours vers le sud à distance de l’axe général de la RN77 avec de nombreuses courbes pour traverser le massif montagneux de Tamesquida, en passant par la vallée de l’oued El Kebir au niveau des localités d’Ain Sebt et de Ben Aziz. Plus au sud et à partir de Bou Ammar, petite agglomération qui est traversée par la future conduite de transfert d’eau du barrage de Tabellout, la pénétrante autoroutière emprunte alors l’axe existant de la RN77, se dirige vers l’amont de la vallée des oueds El Kebir – Dehamcha – Laatache jusqu’aux hauts plateaux de la ville d’El Eulma, où elle rejoint enfin le tracé de l’autoroute Est-Ouest. [2]

Dans cette pénétrante autoroutière on a 116 Ouvrages, dont 53 Viaducs.

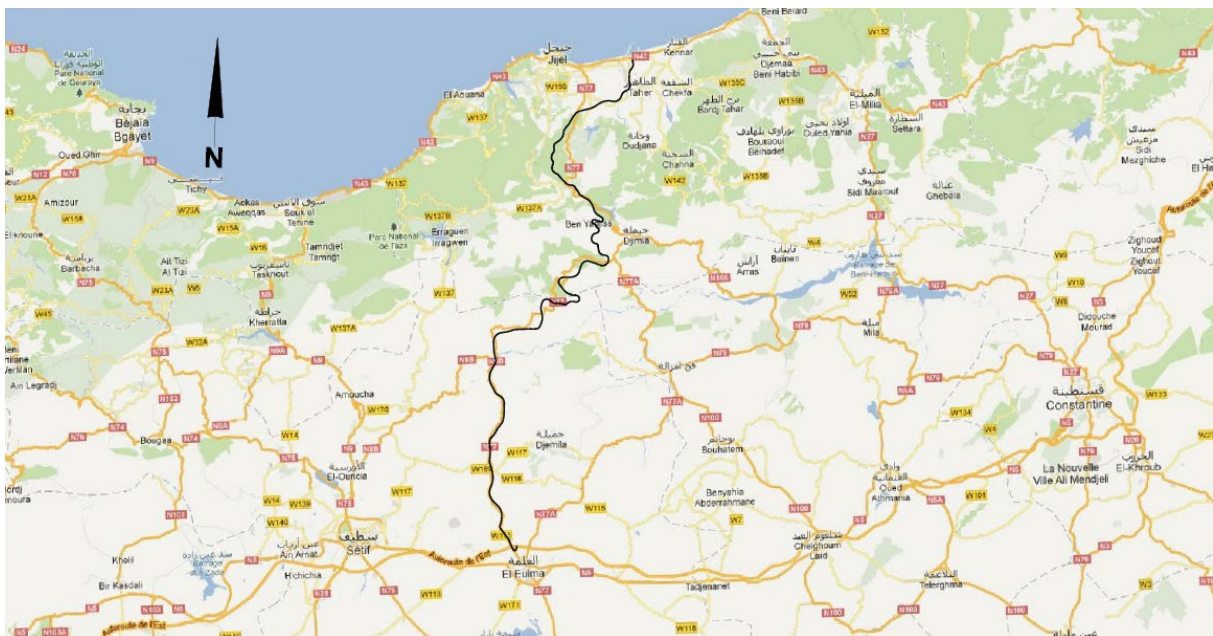


Figure I.2 : Autoroute Jijel-Sétif [19]

### I.2.7 Présentation du tronçon à étudier

Notre projet consiste à étudier un tronçon autoroutier au niveau de point départ PK40+000 allant vers le point d’arrivée soit le PK47+000.

Cette section à étudier s’étend sur une longueur de 7 Km, et véhicule un trafic Journalier moyen important estime de l’ordre de 5 650 véh/h/sens avec un pourcentage de 33% en poids lourds.





Figure I.3 : le tronçon à étudier [20]

### I.2.8 Objectifs du projet

L'objectif principal de la réalisation de la pénétrante autoroutière est :

- Desservir le port de Djen-Djen.
- Ouvrir la région de Jijel vers les hauts plateaux.
- Aider au développement socio-économique des zones desservies
- Promouvoir le tourisme de la région de Jijel.
- Répondre à la demande de trafic et aux besoins en matière de transport et de décongestionner les routes de la région.
- Créer et de valoriser les richesses locales.
- Créer et de valoriser les richesses locales.
- Augmenter la sécurité des transports.
- Augmenter le gain de temps pour les usagers.

### I.3 Données de base

Le but de cette partie est de présenter les normes géométriques qui ont été la base de l'approfondissement de l'APD.

Pour la conception géométrique nous avons utilisé La norme

**ICTAAL 2000** « instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison ».

### **I.3.1 Objet de l'ICTAAL et domaine d'application**

L'ICTAAL traite de la conception des autoroutes interurbaines, qu'il s'agisse de la réalisation d'infrastructures nouvelles ou de l'aménagement du réseau existant. Dans cette instruction, le terme autoroute désigne une route à chaussées séparées comportant chacune au moins deux voies en section courante, isolée de son environnement et dont les carrefours sont dénivelés.

Elle ne s'applique pas :

- Aux autres types de routes principales.
- Les routes express à une chaussée,
- Les artères interurbaines.
- Les routes.
- Les routes à chaussées séparées comportant chacune une seule voie de circulation et des créneaux de dépassement.
- Les autoroutes situées en milieu urbain, considérées comme des voies rapides urbaines, y compris lorsqu'elles assurent la continuité ou l'aboutissement d'une autoroute interurbaine.

### **I.3.2 Conception générale**

La première étape de la conception est le choix des caractéristiques générales :

- Le type de route qui détermine l'instruction à appliquer.
- La catégorie de route qui conditionne les principales caractéristiques géométriques du tracé.
- Le nombre de voies.
- Le synoptique des échangeurs et des aires.
- La progressivité de l'aménagement.
- Prenant en compte les contraintes environnementales, les aspects socio-économiques et les sujétions financières.

### I.3.3 Normes géométriques

Les paramètres géométriques adoptés pour notre projet sont résumés dans le Tableau I.1 selon normes ICTAAL 2000. [3]

Tableau I.1 : Paramètres géométriques de l'autoroute. [3]

N°	Désignations des paramètres	Symbole Unité	Catégorie		
			L1	L2	L2 (montagneux)
1	<i>Vitesse maximale</i>	V (km/h)	130	110	90
2	<b>Tracé en plan</b>				
(1)	<i>Rayon minimum absolu</i>	R <sub>m</sub> (m)	600	400	240
(2)	<i>Rayon minimum non déversée</i>	R <sub>nd</sub> (m)	1000	650	650
(3)	<i>Longueur minimum de clothoïde</i>	L <sub>S</sub> (m)	Max (14 Δδ  ; R/9)	Max (14 Δδ  ; R/9)	8 Δδ
(4)	<i>Rayon minimum sans courbe de transition</i>	R (m)	1500	975	650
3	<b>Profil en long</b>				
(1)	<i>Déclivité maximum</i>	P (%)	7	6	6
(2)	<i>Déclivité minimum</i>	P (%)	0.2	0.2	0.2
(3)	<i>Rayon minimal de raccordement convexe</i>	R <sub>V</sub> (m)	12500	6000	2700
(4)	<i>Rayon minimal de raccordement concave</i>	R <sub>V</sub> (m)	4200	3000	1900
4	<b>Profil en travers</b>				
(1)	<i>Nombre de voies de chaque chaussée</i>	N	2 à 4	2 à 4	2 à 4
(2)	<i>Largeur de voie</i>	L(m)	3.5	3.5	3.5
(3)	<i>Dévers minimum</i>	d(%)	3.5	2.5	2.5
(4)	<i>Dévers maximum</i>	d(%)	7	7	6

### I.3.4 Choix de la catégorie

Les autoroutes ou sections d'autoroute sont classées en deux catégories se distinguant par le niveau de leurs caractéristiques de tracé en plan et de profil en long. Le choix de la catégorie résulte de l'environnement (relief, occupation du sol...) dans lequel s'inscrit l'autoroute et doit être cohérent avec la perception qu'en aura l'utilisateur. On distingue :

- **La catégorie L1**, appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont Modérées.
- **La catégorie L2**, mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'il implique.

- Il y'a une autre catégorie particulière quand un site a un relief difficile, hors catégorie et bénéficie de règles particulières qui s'appelle catégorie **L2 secteur montagneux**.

Notre région est une région montagneuse et le relief oppose des difficultés, donc la catégorie est L2 (secteur montagneux).

### **I.3.5 Détermination de la vitesse de référence**

La vitesse de référence est le critère principal pour la définition des paramètres géométriques d'un itinéraire, 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 cout du projet.

Dans la circulaire du 12 décembre 2000, à l'article 1.2, l'ICTAAL propose deux catégories de vitesse de référence pour les autoroutes, qui se distinguent comme suit :

- **Pour La catégorie L1**, la vitesses Maximales autorisées est de 130km/h.
- **Pour La catégorie L2**, la vitesse maximale autorisée est 110km/h.
- **Pour La catégorie L2 secteur montagneux** La vitesse maximale autorisée appropriée à une section en relief difficile est de 90 km/h (c'est le cas de notre tronçon autoroutier).

On limite la vitesse de référence sur notre tronçon à **90 km/h**.

*Chapitre II :*

*Etude du trafic*

## II.1 Introduction

L'étude du 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.

Elle constitue un moyen crucial de saisir les grands flux à travers un pays ou une région.

Cette étude nous permet de :

- L'appréciation de la valeur économique des projets routiers.
- L'estimation des coûts d'entretien.
- Définition des caractéristiques techniques des différents tronçons de la route.

## II.2 Analyse de trafic

Ce qui concerne les trafics, plusieurs méthodes permettent de recueillir des informations de nature du trafic et d'intérêt variables (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Mais il est nécessaire d'effectuer un comptage, ce dernier implique une organisation appropriée.

## II.3 Mesures de trafic

On peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner l'étude de trafic au fur et à mesure de l'avancement de l'étude de l'ensemble du projet.

Les deux méthodes utilisées sont :

- Comptages sur routes, mesure du nombre de véhicules, composition du trafic.
- Enquêtes de circulation (origine, destination). [4]

### II.3.1 Les comptages

#### II.3.1.1 Les comptages automatiques

Permanents ou temporaires, les comptages permanents sont réalisés pour routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et routes départementales les plus circulées. et les comptages temporaires pour les autres réseaux.

**II.3.1.2 Les comptages manuels**

Ils nous permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs. Ils sont réalisés par des enquêteurs qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indications fournies par les comptages automatiques.

**II.3.2 Enquêtes**

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 est généralement plus approprié de compléter les informations en collectant des données liées à la nature et au flux du trafic par comptage. Diverses méthodes peuvent être utilisées selon les besoins Lors de la réalisation d'enquêtes sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier). [5]

**II.4 Différents types de trafic****II.4.1 Trafic normal**

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

**II.4.2 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.

**II.4.3 Trafic induit**

C'est le trafic, qui résulte de :

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui est 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.

### II.4.4 Trafic total

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

## II.5 Environnement de la route

L'environnement de la route est caractérisé par deux indicateurs : La dénivelée cumulée moyenne et la sinuosité.

### II.5.1 Dénivelée cumulée moyenne

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

### II.5.2 Sinuosité

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

$$\sigma = \frac{L_s}{L_{Tot}}$$

$L_s$  : longueur sinueuse des sections dont  $R_i < 200m$ .

Tableau II.1 : Environnement de la route. [21]

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

### II.5.3 Le relief

Pour notre projet le relief est vallonné avec une forte sinuosité d'où du Tableau L'environnement est E3.



## II.6 Catégories de l'autoroute

Notre catégorie est L<sub>2</sub> secteur montagneux.

## II.7 Vitesse de référence

La vitesse de référence est le critère principal pour la définition des paramètres géométriques d'un itinéraire, 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 cout du projet.

## II.8 Calcul de la capacité de trafic

### II.8.1 Définition de la capacité

La capacité d'une route est le débit horaire maximal des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section uniforme de route (ou dans deux directions) avec ses propres caractéristiques géométriques et de circulation sur une période de temps déterminé. Elle dépend des points suivants [4]:

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

### III.8.2 Projection future du trafic

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

$$TJMA_n = TJMA_0 \times (1 + \tau)^n$$

Tel que :

**TJMA<sub>n</sub>** : trafic journalier moyen à l'année n.

**TJMA<sub>0</sub>** : trafic journalier moyen à l'année 0.

**τ** : taux d'accroissement annuel (%).

**n** : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

### II.8.3 Calcul de 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 d'équivalence pour convertir les PL en (uvp). [6]

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

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

Avec :

$T_{\text{eff}}$  : trafic effectif à l'année horizon en (UVP).

$Z$  : pourcentage de poids lourd.

$P$  : coefficient d'équivalence pour le poids lourd.

Le tableau ci dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

**Tableau II.2** : Coefficient d'équivalence « P ». [21]

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

### II.8.4 Débit de pointe horaire normale

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 :

$$Q = \frac{1}{n} \times T_{\text{eff}}$$

Avec :

$Q$  : débit de pointe horaire.

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

$T_{\text{eff}}$  : trafic effectif.

### II.8.5 Débit horaire admissible

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

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \times K_2 \times C_{\text{th}}$$

Avec :

$K_1$  : coefficient lié à l'environnement.

$K_2$  : coefficient de réduction de capacité.

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

**Tableau II.3 : Valeur de  $K_1$ . [21]**

Environnement	E1	E2	E3
<b>K1</b>	0.75	0.85	0.9 à 0.95

**Tableau II.4 : Valeur de  $K_2$ . [21]**

Environnement	Catégorie de la route				
	C1	C2	C3	C4	C5
<b>E1</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>E2</b>	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
<b>E3</b>	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

**Tableau II.5 : Valeur de la capacité théorique ( $C_{th}$ ). [21]**

	Capacité théorique (uvp/h)
<b>Route à 2voies de 3.5m</b>	1500 à 2000
<b>Route à 3voies de 3.5m</b>	2400 à 3200
<b>Route à chaussée séparée</b>	1500 à 1800

### II.8.6 Détermination du nombre de voies

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

$$S = \frac{Q}{Q_{adm}}$$

Avec :

$Q$  : débit de pointe horaire.

$Q_{adm}$  : débit admissible par voie.

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

## II.9 Application au projet

### II.9.1 Les données du trafic

D'après les données du trafic qui nous ont été fournis par l'ANA, on a :

- Le trafic à l'année 2010 :  $TJMA_{2010} = 5650$  v/j/sens.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic :  $\tau = 3.5\%$ .
- La vitesse de base sur le tracé :  $V_b = 90$ km/h.
- Le pourcentage de poids lourds :  $Z = 33\%$ .
- L'année de mise en service : 2023.
- La durée de vie : 20 ans.

### II.9.2 Projection future du trafic

On a :

$$TJMA_{2023} = TJMA_{2010} \times (1 + \tau)^{13}$$

$TJMA_n$ : trafic à l'horizon (année de mise en service 2023).

$TJMA_0$  : trafic à l'année zéro (origine 2010).

$$TJMA_{2023} = TJMA_{2010} \times (1 + 0.035)^{13} = 8837 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2023} = 8837 \text{ v/j}$$

Le Trafic à l'année (2023) pour une durée de vie de 20 Ans est :

$$TJMA_{2043} = 8837 \times (1 + 0.035)^{20} = 17584 \text{ v/j}$$

### III.9.3 Calcul de trafic effectif

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

Avec :

P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourd. Pour une route à deux voies et un environnement E3, on a  $P=8$ .

Z : le pourcentage de poids lourds est égal à 33%.

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0.33) + 8 \times 0.33] \times 17584 = 58203 \text{ uvp/h}$$

$$T_{\text{eff}} = 58203 \text{ uvp/h}$$

### II.9.4 Débit de pointe horaire normale

$$Q = \frac{1}{n} \times T_{\text{eff}}$$

Avec :

$\frac{1}{n}$ : coefficient de pointe horaire pris est égal à 0.12

$$Q = 0.12 \times 58203 = 6984 \text{ uvp/h}$$

$$Q = 6984 \text{ uvp/h}$$

### II.9.5 Débit admissible

Le débit que supporte une section donnée

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \times K_2 \times C_{\text{th}}$$

$K_1$ : coefficient correcteur pris égal à 0.95 pour E3.

$K_2$ : coefficient correcteur pris égal à 0.91 pour environnement (E3) et catégorie (C1).

$C_{\text{th}}$ : capacité théorique.

$C_{\text{th}} = 1800$  (d'après le B40 pour E3, C1 et Route à chaussées séparées à 3 voies).

$$Q_{\text{adm}} = 0.95 \times 0.91 \times 1800$$

$$Q_{\text{adm}} = 1556 \text{ uvp/h}$$

### II.9.6 Nombre des voies

$$n = S \times \left( \frac{Q}{Q_{\text{adm}}} \right)$$

Avec :

$$S = \frac{2}{3}$$

$$N = \frac{2}{3} \times \left( \frac{6984}{1556} \right) = 2.99 \approx 3$$

$$n = 3 \text{ voies /sens}$$

Donc notre autoroute comporte 2×3 voies.

### II.10 Conclusion

Les calculs menés dans ce chapitre nous permettent de classer la route en catégorie C1 (Liaisons entre les grands centres économiques, les centres d'industrie lourde) se développe dans un environnement E3 (relief très montagneux) avec une chaussée unidirectionnelle constitué de 3 voies par sens.

*Chapitre III :*

*Tracé en plan*

### III.1 Introduction

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain.

Les caractéristiques du tracé doivent assurer les conditions de confort, de stabilité et la condition optique. Ces conditions sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et la rugosité de la chaussée assurée par la couche de roulement.

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontal, Il est constitué en général d'une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif. Ce tracé est caractérisé par une vitesse de base par laquelle on pourra déterminer les caractéristiques géométriques de la route.

### III.2 Règles a respecté dans le tracé en plan

Les règles à respecter pour le tracé en plan sont résumés dans l'ICTAAL comme suit [3]:

- 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'art 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 totale de tracé.

### III.3 Eléments de la trace en plan

Le tracé de l'axe des routes est composé de lignes droites raccordées par des cercles. Mais la pratique de grandes vitesses a imposé l'emploi d'un élément supplémentaire pour le raccordement entre les lignes droites et les cercles qui est le clothoïde.

Les éléments géométriques du tracé en plan sont :

- Droites = alignements.
- Arcs de cercle.
- Courbes de raccordement de courbure progressive « clothoïde ».

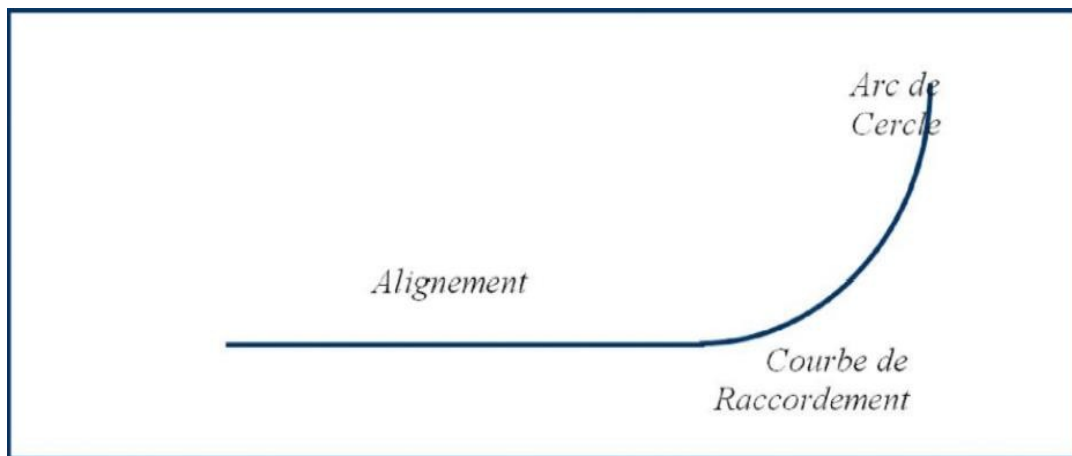


Figure III.1 : Schéma des éléments du tracé en plan.

### III.3.1 Alignements droits

L'utilisation des alignements droits dans le tracé des routes reste restreinte, car s'ils représentent des avantages comme :

- Bonne condition de visibilité
- Il représente le plus court chemin pour relier entre deux points
- Absence de la force centrifuge
- Dépassement facile
- Facilité de réalisation

Cependant il représente aussi des inconvénients qu'on ne peut pas nier telle que :

- Monotonie de conduite qui peut provoquer des accidents
- Eblouissement des usagers à cause des feux de route.
- Mauvaise appréciation des distances entre les véhicules.
- Mauvais aspect esthétique

Bien que l'emploi des courbes à grands rayons supérieurs ou égaux  $1.5 R_{nd}$  est préférable aux alignements droits dans la conception moderne des routes afin d'améliorer le confort et la visibilité et de mieux inscrire le projet dans l'environnement « esthétique » ; quand il y'a lieu d'en faire usage, des valeurs limites sont à respecter en fonction de la vitesse de base.



$$L_{\min} = 5 \times \frac{V_b}{3.6}$$

$$L_{\max} = 60 \times \frac{V_b}{3.6}$$

Avec :

$V_b$  (Km/h) : vitesse de référence.

$L_{\max}$  : correspond à la distance (en m) parcourue en un temps  $t=5s$ .

$L_{\min}$  : correspond à la distance (en m) parcourue en un temps  $t=60s$ .

### Remarque

La longueur minimale des alignements droits ne peut pas être respectée quelque fois en raison de la nature du terrain naturel.

### III.3.2 Arc de cercle

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe:

- L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- La visibilité dans les tranchées en courbe.
- La stabilité des véhicules. [7]

L'instabilité des véhicules sous l'effet de la force centrifuge empêche le concepteur d'incliner la chaussée transversalement vers l'intérieure pour éviter le glissement des véhicules.

**Tableau III.1** : Données d'arc de cercle. [3]

Catégorie		$L_2$	$L_2$ sm
Rayon minimal	$R_{\min}$ (m)	400	240
Rayon minimal non déversé	$R_{nd}$ (m)	650	650

### Remarque

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

### III.3.3 Les courbes de raccordement

Un tracé rationnel de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle et entre eux, des tronçons de raccordement de courbure progressive, passant de la courbure 0 ( $R = \text{infini}$ ) à l'extrémité de l'alignement à la courbure  $1/R$  au début du cercle du virage.

#### III.3.3.1 Rôle et nécessité des courbes de raccordement

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant. [7]

#### III.3.3.2 Types de courbe de raccordement

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- Parabole cubique
- Lemniscate
- Clothoïde [7]

##### a. Parabole cubique

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

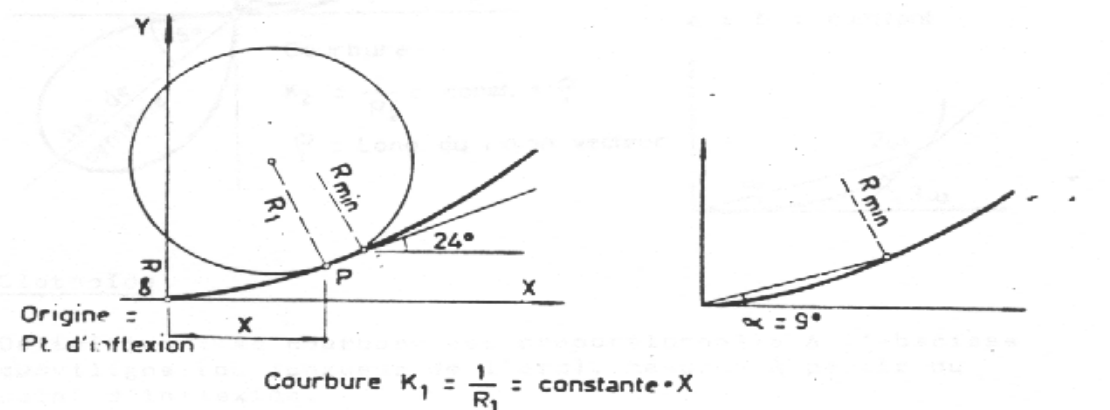


Figure III.2 : CR – Parabole cubique. [7]

**b. Lemniscate**

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

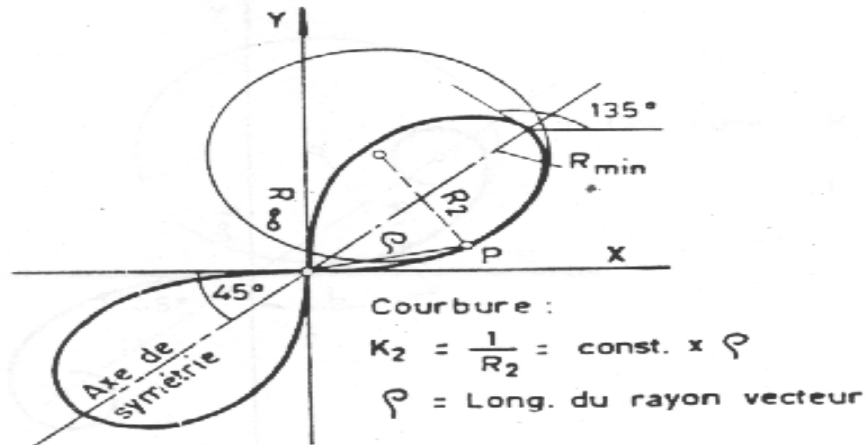


Figure III.3 : C.R. lemniscate. [7]

**c. Clothoïde**

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

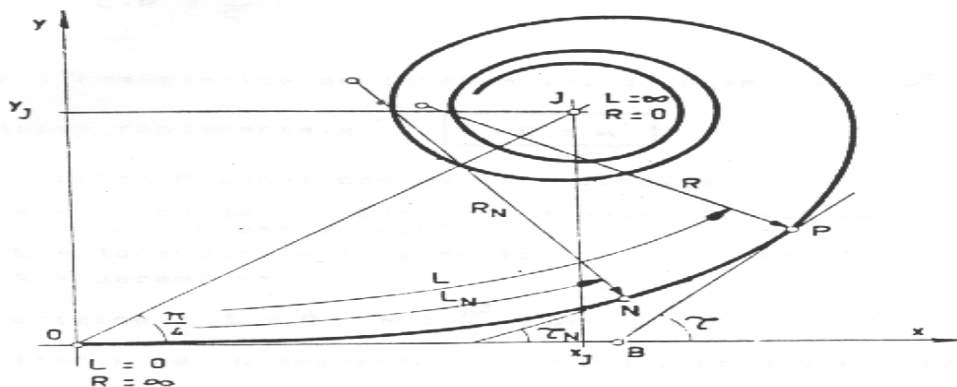


Figure III.4 : Courbure de la clothoïde. [7]



### III.3.3.3 Les conditions de raccordement

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

#### a. Condition de confort 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  $3^\circ$  pour être perceptible à l'œil.

$$\tau \geq 3^\circ \text{ soit } \tau \geq 1/18 \text{ rads}$$

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

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

$$\text{Pour } R < 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m (éventuellement } 0.5\text{m)} \text{ d'où } L = (24 R \Delta R)^{1/2}$$

$$\text{Pour } 1500 < R < 5000 \text{ m } \tau = 3^\circ \text{ c'est-à-dire } L = R / 9$$

$$\text{Pour } R < 5000 \Rightarrow \Delta R \text{ limité à } 2.5 \text{ m soit } L = 7.75 \times (R)^{1/2}$$

#### b. 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.

$$\text{La variation de l'accélération transversale est : } (V_R^2 / (R-g \cdot \Delta d))$$

Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur :

$$K_g = \frac{1}{0.2} \times V_r$$

On opte :

$$L \geq \frac{V_r^2}{18} \times \frac{V_r^2}{127 \times R}$$

$V_r$  : vitesse de base (Km/h)

$R$  : rayon en mètre (m)

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

### c. Condition de gauchissement

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de dévers, elle s'applique par rapport à son axe.

$L$  : longueur de raccordement.

$l$  : Largeur de la chaussée.  $L \geq l \times \Delta d$

$\Delta d$  : variation de dévers.

### III.3.3.4 Combinaison des éléments de trace en plan

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

#### III.3.3.4.1 Courbe en S

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

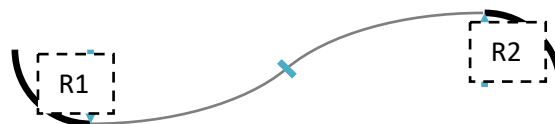


Figure III.6 : Courbe en S. [7]

### III.3.3.4.2 Courbe à sommet

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

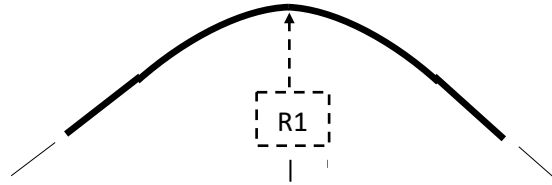


Figure III.7 : Courbe à sommet. [7]

### III.3.3.4.3 Courbe en Ovale

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



Figure III.8 : Courbe en ovale. [7]

### III.3.3.4.4 Courbe en C

Une courbe constituée deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.

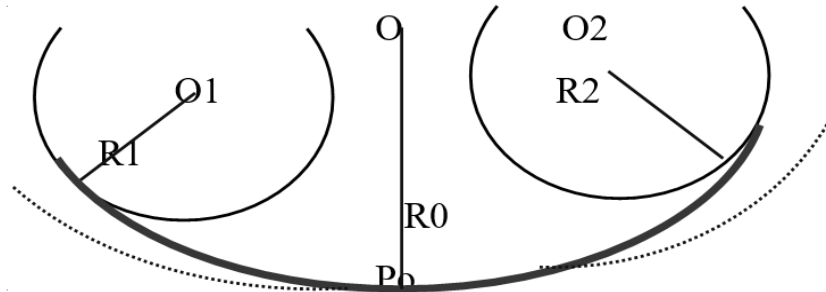


Figure III.9 : Courbe en C. [7]

## III.4 La vitesse de référence (de base)

La vitesse de référence ( $V_B$ ) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traverser d'une ville, modification du relief, etc..).

### III.4.1 Choix de la vitesse de référence

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Catégorie de route.
- Caractéristique de trafic et le poids lourd
- Topographie.
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.



### III.4.2 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.

On entend par 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 normales.

### III.5 Application à notre projet

Notre projet est situé dans un environnement  $E_3$  et classé en catégorie  $L_2$  secteur montagneux avec une vitesse de référence de 90 Km/h, d'après les normes de l'ICTAAL 2000 on a les résultats suivants :

Tableau III.2 : Données de l'ICTAAL.[3]

Paramètre	Symbole	Valeur
La longueur minimale	$L_{\min}(m)$	125
La longueur maximale	$L_{\max}(m)$	1500
Rayon minimal	$R_{\min}(m)$	240
Rayon maximal non déversé	$R_{nd}(m)$	650
Rayon minimum sans courbe de transition	$R(m)$	650

## III.5.1 Exemple de calcul de tracé en plan

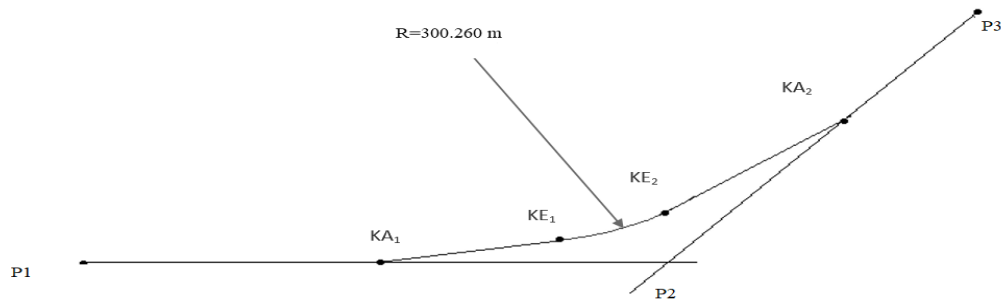


Figure III.10 : Tracé en plan.

## 1) Les points du tracé en plan

$$P_1 (X = 55911.351 \quad Y = 163934.541)$$

$$P_2 (X = 56273.849 \quad Y = 163799.745)$$

$$P_3 (X = 56439.593 \quad Y = 163487.499)$$

$$R = 300.260 \text{ m.}$$

Pour notre projet on a :

$$R_{\min} = 240 \text{ m} \Rightarrow d=6\%$$

$$R_{\text{nd}} = 650 \Rightarrow d= 2.5\%$$

## 2) Calcul des gisements

$$\begin{cases} |\Delta x_{12}| = |x_{P_2} - x_{P_1}| = 362.498 \text{ m} \\ |\Delta y_{12}| = |y_{P_2} - y_{P_1}| = 134.796 \text{ m} \end{cases}$$

$$P_2P_1 = 386.749 \text{ m}$$

$$G_{P_1}^{P_2} = 100 + \text{Arctg} \left( \frac{|\Delta y_{12}|}{|\Delta x_{12}|} \right) = 122.664 \text{ grade}$$

$$G_{P_2}^{P_1} = 200 + 122.664 = 322.664 \text{ grade}$$

$$\begin{cases} |\Delta x_{23}| = |x_{P_3} - x_{P_2}| = 165.744 \text{ m} \\ |\Delta y_{23}| = |y_{P_3} - y_{P_2}| = 312.246 \text{ m} \end{cases}$$

$$P_3P_2 = 353.509 \text{ m}$$

$$G_{P_2}^{P_3} = 100 + \text{Arctg}\left(\frac{|\Delta y_{23}|}{|\Delta x_{23}|}\right) = 168.933 \text{ grade}$$

$$G_{P_3}^{P_2} = 200 + 94.899 = 368.933 \text{ grade}$$

$$\begin{cases} |\Delta x_{13}| = |x_{P_3} - x_{P_1}| = 528.242 \text{ m} \\ |\Delta y_{13}| = |y_{P_3} - y_{P_1}| = 447.042 \text{ m} \end{cases}$$

$$P_3P_1 = 692.016 \text{ m}$$

$$G_{P_1}^{P_3} = 100 + \text{Arctg}\left(\frac{|\Delta y_{13}|}{|\Delta x_{13}|}\right) = 144.712 \text{ grade}$$

$$G_{P_3}^{P_1} = 200 + 87.478 = 344.712 \text{ grade}$$

### 3) Calcul de longueur de raccordement progressif

On prend un rayon  $R = 300.260 \text{ m}$ , d'après l'ICTAAL 2000 le rayon est inférieur à  $R_{nd}$  (650m) :

Le dévers de la courbe  $\delta_1 = 5.97\%$  (par interpolation linéaire en fonction de  $1/R$  entre 2.5% pour  $R_{nd}$  et 6% pour  $R_{min}$ ).

$$L_S = 8|\Delta\delta| = 8|\delta_1 - \delta_0|$$

Avec :

$\delta_0$  : Représente la pente transversale initiale  $\Rightarrow \delta_0 = -2.5\%$

$\delta_1$  : Représente le dévers de la courbe  $\Rightarrow \delta_1 = 5.97\%$

$$L_S = 8|\Delta\delta| = 8|5.97 + 2.5| = 67.76 \text{ m}$$

$$L_S = 67.76 \text{ m.}$$

$$\text{Le paramètre } A = \sqrt{L_S \times R} = 142.638 \text{ m}$$

On a:  $\frac{R}{3} \leq A \leq R \Rightarrow \text{Donc: } 100.087 \text{ m} \leq 142.638 \text{ m} \leq 300.26 \text{ m}$  (vérifié).

### 4) Calcul des angles

$$\alpha_1 = |G_{P_1}^{P_3} - G_{P_3}^{P_1}| \Rightarrow \alpha_1 = 22.048 \text{ grade.}$$

$$\alpha_2 = |G_{P_2}^{P_3} - G_{P_1}^{P_3}| \Rightarrow \alpha_2 = 24.222 \text{ grade.}$$

$$\alpha_3 = 200 - (\alpha_1 + \alpha_2) \Rightarrow \alpha_3 = 153.731 \text{ grade.}$$

$$\gamma = 200 - \alpha_3 = 46.269 \text{ grade}$$

$$\tau = \frac{200 \times L}{2\pi \times R} \approx 7.183 \text{ grade}$$

$$\text{On a } \tau < \frac{\gamma}{2} \Rightarrow \text{non chevauchement}$$

D'après la table de clothoïde on a :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \times R} = 0.637$$

$$X = L - \frac{L^5}{40 \times A^4} = 67.674 \text{ m}$$

$$X_m = \frac{L}{2} - \frac{(L/2)^5}{40 \times A^4} = 33.877 \text{ m}$$

$$Y = \frac{L^3}{6 \times A^2} = 2.549 \text{ m}$$

$$Y_m = R + \Delta R = 300.897 \text{ m}$$

$$\frac{L}{R} = \frac{67.76}{300.26} = 0.226 \Rightarrow X_m = 33.877 \text{ m}, X = 67.674 \text{ m}, Y = 2.549 \text{ m}$$

### 5) Calcul de la tangente

$$T = t + X_m = \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) \times (R + \Delta R) + X_m$$

$$T = 148.304 \text{ m}$$

### 6) Calcul de la corde polaire à la clothoïde

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{67.674^2 + 2.549^2} \approx 67.722 \text{ m}$$

**7) Calcul de la l'angle polaire**

$$\sigma = \text{Arctg}\left(\frac{Y}{X}\right) = 2.396 \text{ grade}$$

**8) Calcul de la longueur de l'arc de cercle**

$$b = \frac{\pi \times R \times (\psi - 2\tau)}{200} = 150.467\text{m}$$

**9) La longueur de la courbe : 2Clothoide + Rayon**

$$\text{courbe} = (2 \times L) + b = 285.987\text{m}$$

**10) Calcul les coordonnées des points singuliers**

$$K_{A_1} = \begin{cases} x_{K_{A_1}} = x_{P_2} - T \times \sin(G_{P_1}^{P_2}) = 56134.844 \text{ m} \\ y_{K_{A_1}} = y_{P_2} - T \times \cos(G_{P_1}^{P_2}) = 163851.434 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E_1} = \begin{cases} x_{K_{E_1}} = x_{K_{A_1}} + S_L \times \sin(G_{P_1}^{P_2} - \sigma) = 56199.163 \text{ m} \\ y_{K_{E_1}} = y_{K_{A_1}} + S_L \times \cos(G_{P_1}^{P_2} - \sigma) = 163830.236 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E_2} = \begin{cases} x_{K_{E_2}} = x_{K_{A_2}} - S_L \times \sin(G_{P_2}^{P_3} + \sigma) = 56313.902 \text{ m} \\ y_{K_{E_2}} = y_{K_{A_2}} - S_L \times \cos(G_{P_2}^{P_3} + \sigma) = 163729.720 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{A_2} = \begin{cases} x_{K_{A_2}} = x_{P_3} - (P_2P_3 - T) \times \sin(G_{P_2}^{P_3}) = 56343.381 \text{ m} \\ y_{K_{A_2}} = y_{P_3} - (P_2P_3 - T) \times \cos(G_{P_2}^{P_3}) = 163668.751 \text{ m} \end{cases}$$

**Remarque**

Les calculs d'axe sont faits à l'aide du logiciel **autopiste 13** et sont joints dans l'Annex.



Figure III.11 : Axe en plan du projet.[22]

### III.6 Conclusion

Lors de la modélisation avec autopiste 13 nous avons essayé d'éviter les obstacles urbaines (maisons, serres...) et les obstacles naturels tels que : oued et Chaabat. Aussi, après avoir insertion des courbes de niveaux on a essayé d'éviter les montagnes, vu que notre catégorie est L<sub>2</sub> secteur montagneux. Par conséquent le rayon minimal adoptée est étant de 240 m et un rayon minimum sans courbe de transition de 650 m et si on excède ce rayon il sera nécessaire lors des raccordements d'inclure la clothoïde.

La longueur de l'axe s'élève à 7000.501 mètres avec des plages de rayon allant de 300.260 m au 975.000 m.

*Chapitre IV :*

*Profil en long*



## IV.1 Introduction

Les règles de dimensionnement du profil en long visent à garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort adaptées à chaque catégorie d'autoroute.

S'il en résulte une économie sensible ou une meilleure insertion dans le site, il est possible de dissocier les deux chaussées par leur profil en long ou leur tracé en plan.

## IV.2 Définition

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain, suivant le plan vertical passant par l'axe du tracé, il est constitué d'une succession d'alignements raccordés par des courbes circulaires.

Le profil fictif est le profil situé au point de rencontre de la ligne du terrain naturel et de la ligne du projet.

Le pourcentage de déclivité dans les rampes et les pentes est choisie de manière à [9]:

- Assurer une circulation, sans gêne pour les poids en limitant la valeur des rampes.
- Assurer l'assainissement de la plateforme dans les longueurs section en déblais ou dans les zones de devers nul par création de pentes longitudinale.

## IV.3 Règle à respecter dans le profil en long

Dans ce paragraphe on va citer les règles à considérer (sauf dans des cas exceptionnels) lors de la conception du profil en long. L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes [10]:

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- 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.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, au niveau du virage pour permettre une bonne distinction du carrefour et pour prévoir de loin l'évolution du tracé.

## IV.4 Déclivités

La déclivité d'une route est l'angle tangent que fait le profil en long avec l'horizontal, on l'appelle pente pour les décentes et rampes pour les montées.

### IV.4.1 Déclivité minimale

La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas pour l'écoulement des eaux de pluies, il faut éviter les paliers (tronçons de route absolument horizontaux) pour que l'eau accumulé latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante.

### IV.4.2 Déclivité maximale

La déclivité maximum dépend de :

- Condition d'adhérence entre pneus et chaussée.
- Vitesse minimum de PL.
- Condition économique.

Toute fois dans les sinuosités (dans une courbe en plan), il est nécessaire de réduire de déclivité maximum.

## IV.5 Raccordement 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 de raccords :

### IV.5.1 Raccords convexes (angle saillant)

Les rayons minimaux admissibles des raccords paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain.

La conception doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.
- Condition esthétique.

### IV.5.2 Raccordement concave (angle rentrant)

Dans un raccordement concave, les conditions de confort et de visibilité de jour ne sont pas déterminées, par contre on a un problème de visibilité de nuit pour les routes non éclairées.

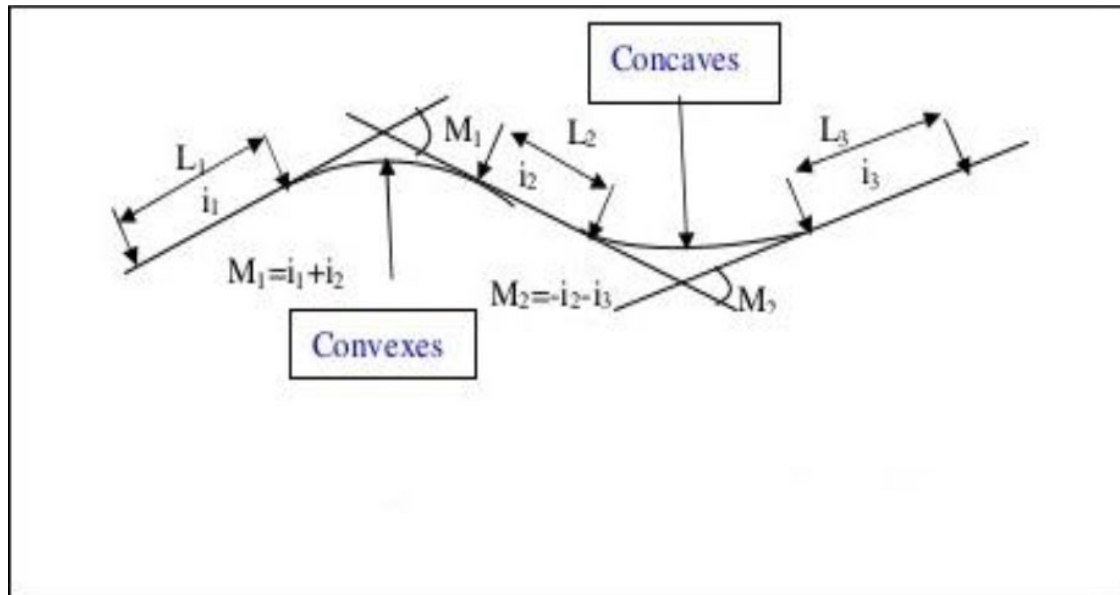


Figure IV.1 : Raccordement en convexe et concave.

### IV.6 Valeurs limitées

Les paramètres de profil en long doivent respecter les valeurs limitées données dans le tableau selon L'ICTAAL :

Tableau IV.1 : Limite des paramètres de profil en long.[3]

Profil en long				
Désignations des paramètres	Symbole (Unité)	Catégorie		
		L1	L2	L2(sm)
Déclivité maximum	$I_{\max}$ (%)	7	6	6
Déclivité minimum	$I_{\min}$ (%)	0.2	0.2	0.2
Rayon minimal de raccordement convexe	$R_{cv}$ (m)	12500	6000	2700
Rayon minimal de raccordement concave	$R_{cc}$ (m)	4200	3000	1900

### IV.7 Coordination du profil en long

La coordination du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble afin d'assurer une bonne insertion dans le site. Le respect des règles de visibilité et autant que possible, un certain confort visuel, ces objectifs incitent à [3]:

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :  $R_{vertical} > 6R_{horizontal}$ , pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible ; lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

## IV.8 Courbes de niveaux

### IV.8.1 Définition

Les courbes de niveau sont destinées à donner sur une carte un aperçu du relief réel. Une courbe de niveau est l'intersection du relief réel avec un plan horizontal d'altitude donnée en cote ronde (généralement un nombre entier).

Les courbes sont équidistantes en altitude ; leur espacement horizontal dépend de la déclivité du terrain à représenter et de l'échelle du plan ou de la carte.

On visualise en trois dimensions le terrain dessiné à plat sur la carte. Cela est renforcé sur les cartes par des coloriages pour souligner les lignes de crête : ils représentent l'ombre créée par une lumière fictive qui viendrait du nord-ouest de la carte.

Sur l'exemple ci-après, on peut lire sur la vue en plan les pentes du terrain naturel ; on repère les sommets, les cols topographiques, les cuvettes (ou dolines), les ruptures de pente.

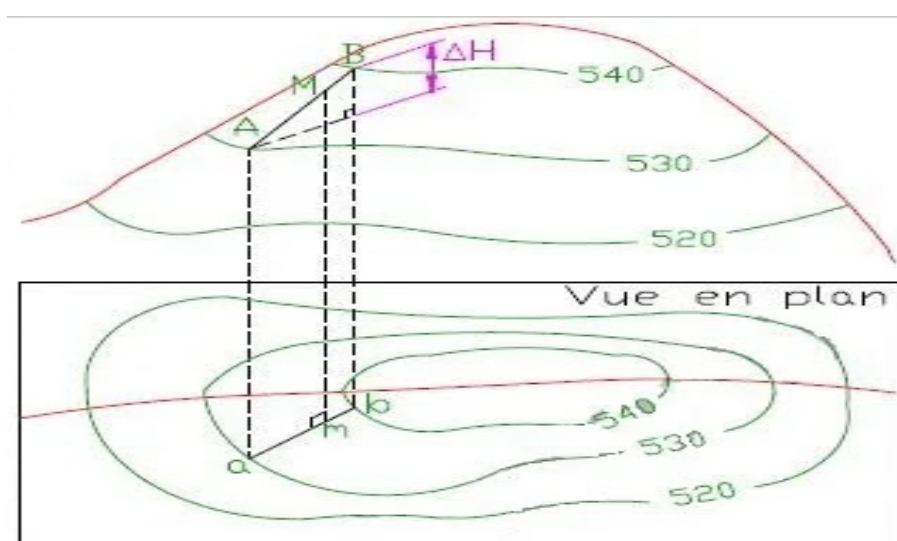


Figure IV.2 : Courbe de niveau.

### IV.8.2 Principe de l'interpolation

Comprendre l'interpolation permet de choisir judicieusement le nombre et la position des points à lever.

L'altitude au point M situé entre les courbes de niveau 530m et 540m (exemple) est déterminée en considérant le terrain en pente constante entre A et B. Les points A et B sont les points les plus proches de M sur les courbes de niveau 530m et 540m ; ici  $\Delta H = 10$  m.

La pente au point M vaut :

$$p = \frac{\Delta H}{AB}$$

La distance AB est la distance réelle, c'est-à-dire la distance mesurée sur le plan et divisée par l'échelle du plan.

L'altitude de M est :

$$H_M = H_A + AM$$

On peut appliquer cette dernière formule avec les distances mesurées sur le plan, le facteur d'échelle se simplifie.

### IV.9 Application au projet

Dans notre projet on a  $V_B = 90$  km/h, catégorie L2 secteur montagneux, d'après les normes de l'ICTAAL 2000, on a les résultats suivants :

**Tableau IV.2 :** Paramètres de profil en long. [3]

Catégorie	L2 secteur montagneux
Déclivité minimum (%)	0.2
Déclivité maximum (%)	6
Rayon minimal en angle saillant (m)	2700
Rayon minimal en angle rentrant (m)	1900

L'utilisation de rayons supérieurs aux rayons minimaux est préconisée si cela n'induit pas de surcoût sensible [3].



$$C \begin{cases} X_C = X_S + T \Rightarrow X_C = 5149.595 + 445.341 = 5594.936 \text{ m} \\ Z_C = Z_S - T \times |P_2| \Rightarrow Z_C = 936.491 - 445.341 \times |-3.99\%| = 918.741 \text{ m} \end{cases}$$

**C(5594.936; 918.741)**

#### IV.9.1.6 Calcul de la longueur de raccordement

$$L = 2 \times T \Rightarrow L = 2 \times 445.341 \Rightarrow L = 890.683 \text{ m}$$

#### IV.9.1.7 Calcul des cordonnées du point J

$$\begin{cases} X_{J/A} = R \times P_1 = 527.464 \text{ m} \\ Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{(X_{J/A})^2}{2 \times R} = 15.264 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_j = X_B + X_{J/A} \Rightarrow X_j = 5231.717 \text{ m} \\ Z_j = Z_B + Z_{J/A} \Rightarrow Z_j = 925.980 \text{ m} \end{cases}$$

**J(5231.717; 925.980)**

$$\begin{cases} X_{J/B} = R \times P_2 = 363.219 \text{ m} \\ Z_{J/B} = X_{J/B} \times P_2 - \frac{(X_{J/B})^2}{2 \times R} = 7.238 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_j = X_C - X_{J/B} \Rightarrow X_j = 5231.717 \text{ m} \\ Z_j = Z_C + Z_{J/B} \Rightarrow Z_j = 925.980 \text{ m} \end{cases}$$

**J(5231.717; 925.980)**

#### Remarque

Les calculs sont faits à l'aide du logiciel **autopiste 13** et sont joints dans l'annexe.

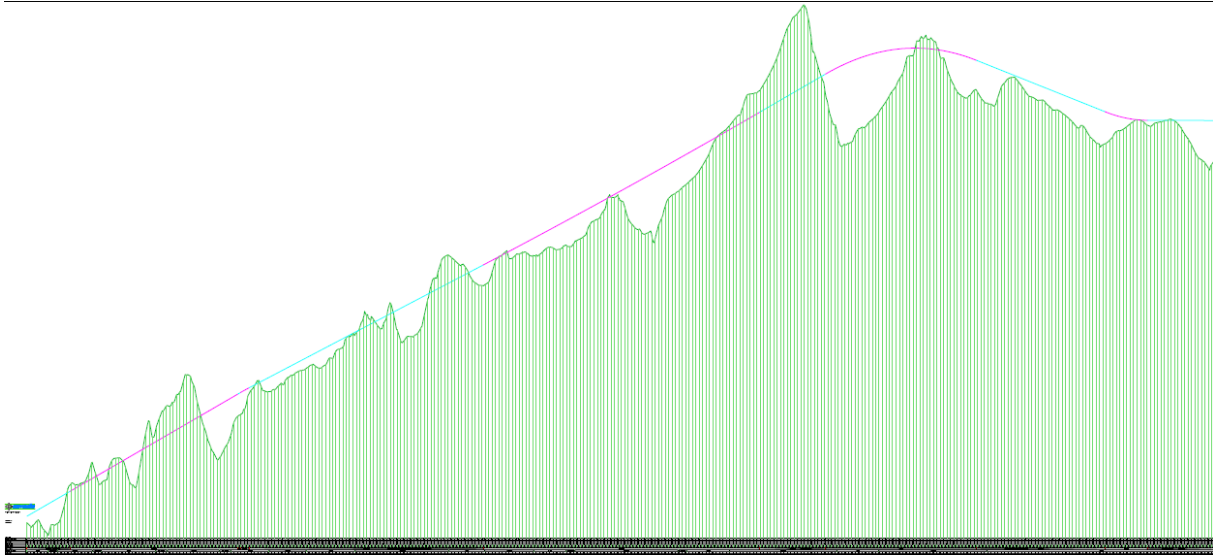


Figure IV.4 : Profil en long en autopiste 13.[22]

## IV.10 Conclusion

Dans ce chapitre, on a fait l'étude du profil en long, il est une coupe longitudinale du terrain, suivant le plan vertical passant par l'axe du tracé, vu que notre terrain est montagneux, la limite des normes surtout la pente est souvent atteinte 6% et cela au niveau dans la route et même dans les ouvrages d'arts.



*Chapitre V :*  
*Profil en travers*

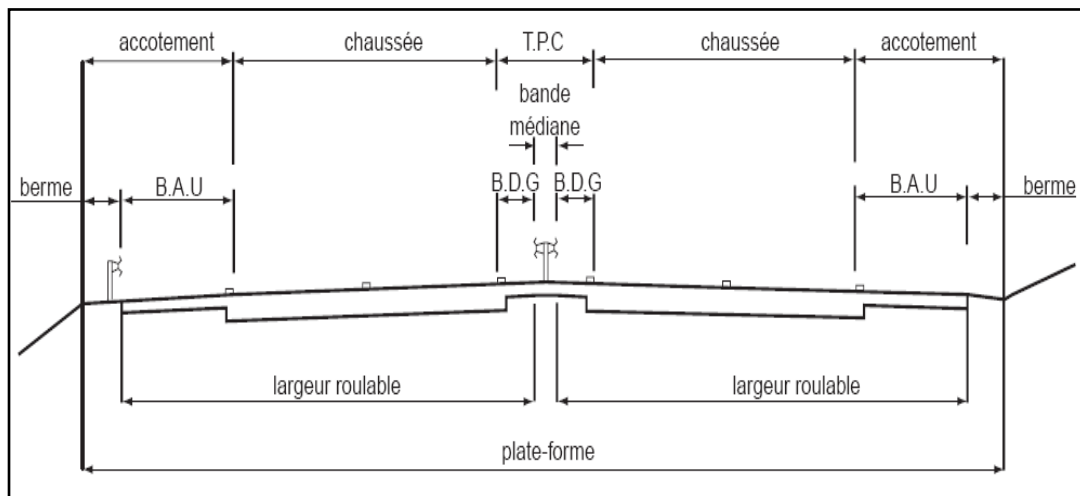
## V.1 Introduction

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan vertical.

Il existe deux types de profil :

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

## V.2 Profil en travers en section courante



**Figure V.1** : Eléments constitutifs du profil en travers en section courante.[3]

T.P.C : Terre-Plein Central.

B.A.U : Bande d'Arrêt d'Urgence.

B.D.G : Bande Dérasée de Gauche.

### V.2.1 Chaussée

D'après l'étude de trafic, nous avons trouvé une chaussée de 2×3 voies larges de 3.50 m.

### V.2.2 Terre-plein central (T.P.C)

Le T.P.C assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

### V.2.2.1 Bande dérasée de gauche (B.D.G)

- Elle est destinée à permettre de légers écarts de trajectoire et à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité. Elle contribue dans les courbes à gauche au respect des règles de visibilité.
- Elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation. Sa largeur est de 1.00 m.

### V.2.2.2 Bande médiane

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux) et, le cas échéant, des piles d'ouvrages et des aménagements paysagers.

Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés.

Si elle est inférieure ou égale à 3 m, elle est stabilisée et revêtue pour en faciliter l'entretien.

Sinon, elle peut être engazonnée et plantée d'arbustes, à moins que sa largeur et la topographie du site ne permettent la conservation du terrain naturel et de la végétation existante ; dans ce cas, une berme de 1,00 m est maintenue en bordure de la B.D.G.

Pour notre projet, nous avons implanté une DBA (double séparateur en béton adhérent) comme séparateur physique.

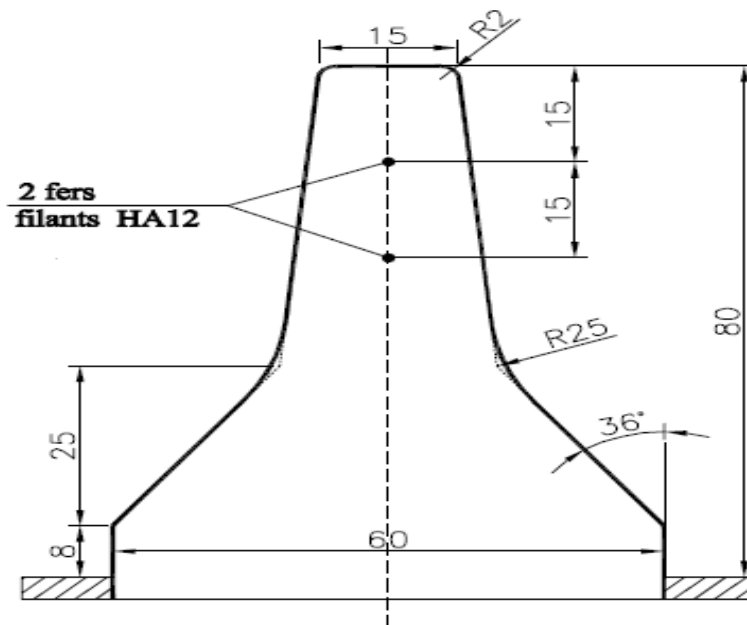


Figure V.2 : Terre-plein central.

### V.2.2.3 Interruption du T.P.C (I.T.P.C)

Elle permet, en cas de besoin, de basculer la circulation d'une chaussée vers l'autre.

Les **I.T.P.C** sont implantées de part et d'autre des ouvrages d'art non courants, des tunnels et des échangeurs, et avec un intervalle maximal de 3 km.

### V.2.3 Accotement

L'accotement comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) revêtue et bordée à l'extérieur d'une berme.

#### V.2.3.1 Zone de sécurité

La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de 10 m, doit être isolée par une clôture métallique.

#### V.2.3.2 La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)

La **B.A.U** facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chaussée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation.

Elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée d'une surlargeur de chaussée qui porte le marquage en rive, puis d'une partie dégagée de tout obstacle, revêtue et apte à accueillir un véhicule lourd en stationnement. Aucune dénivellation ne doit exister entre la chaussée et la B.A.U.

Sa largeur est de 3.00 m lorsque le trafic poids lourd excède 2 000 v/j (deux sens confondus)  $L_{(B.A.U)} = 3 \text{ m}$ .

#### V.2.3.3 La berme

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements : barrières de sécurité, signalisation verticale. [9]

Sa largeur qui dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place est de 1.00 m minimum ; mais elle peut être intégrée à un dispositif d'assainissement dont la pente ne dépasse pas 25 %.

### V.3 Profils en travers au droit des ouvrages d'art courants

Au droit de tout ouvrage d'art courant, les voies de circulation, les B.A.U et les bandes dérasées conservent la même largeur qu'en section courante.

Pour un passage supérieur, le choix du type d'ouvrage (nombre, position et largeur des piles) nécessite d'en intégrer les conséquences quant aux éléments du profil en travers. Par ailleurs, l'ouvrage doit dégager une hauteur libre de 4.75 m en tout point de la largeur roulable de l'autoroute.

En outre, une revanche – habituellement de 0.10 m – est réservée pour permettre un rechargement ultérieur de la chaussée. La hauteur libre d'une structure légère (passerelle piétons, portique de signalisation...) est majorée de 0.50 m.

### V.4 Pentes transversales

Les courbes de rayon inférieur à  $R_{nd}$  sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

#### V.4.1 En alignement et en courbe non déversée

La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.

La pente d'une B.A.U (ou d'une B.D.D), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la surlargeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques.

Les pentes des B.D.G et du versant en toit d'un T.P.C revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.

La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

#### V.4.2 En courbe déversée

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de  $1/R$ , entre 2,5 % pour  $R_{nd}$  et 7 % pour  $R_{min}$ .

La pente de la B.A.U (ou la B.D.D) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la B.A.U extérieure (ou la B.D.D) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au

dévers et égale à 1,5 %, hormis la surlargeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

### V.4.3 Changement de dévers

La variation du dévers est habituellement linéaire le long du raccordement progressif.

Point de rotation des dévers :

Lorsque le T.P.C est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme ; sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord gauche de la chaussée. [9]

## V.5 Profil en travers type du notre projet

Tableau V.1 : Profil en travers type proposé.

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur Totale (m)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Voie de circulation 2x3</b></li> <li>• <b>Terre-plein central (T.P.C)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bande dérasée de gauche (B.D.G)</li> <li>- Bande médiane (B.M)</li> </ul> </li> <li>• <b>Accotement</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)</li> <li>- La berme</li> </ul> </li> </ul>	<b>3.5</b> <b>3.0</b> 1.0 1.0 <b>4.0</b> 3.0 1.0	<b>6</b> <b>1</b> 2 1 <b>2</b> 2 2	<b>21.0</b> <b>3.0</b> 2.0 1.0 <b>8.0</b> 6.0 2.0
<b>32.00 Totale</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de sécurité à l'extérieur des voies de circulation</li> </ul>	6	2	12.0
<b>Dévers en section droite</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chaussée</li> <li>- Bande dérasée de gauche (B.D.G)</li> <li>- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)</li> <li>- Berme extérieure</li> </ul>	2,5 % vers l'extérieur. Identique à celle de la chaussée. 4 % vers l'extérieur. 8% vers l'extérieur.		
<b>Dévers en courbe</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chaussée</li> <li>- Bande dérasée de gauche (B.D.G)</li> <li>- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)</li> </ul>	6 % (maximum). Identique à celle de la chaussée.		

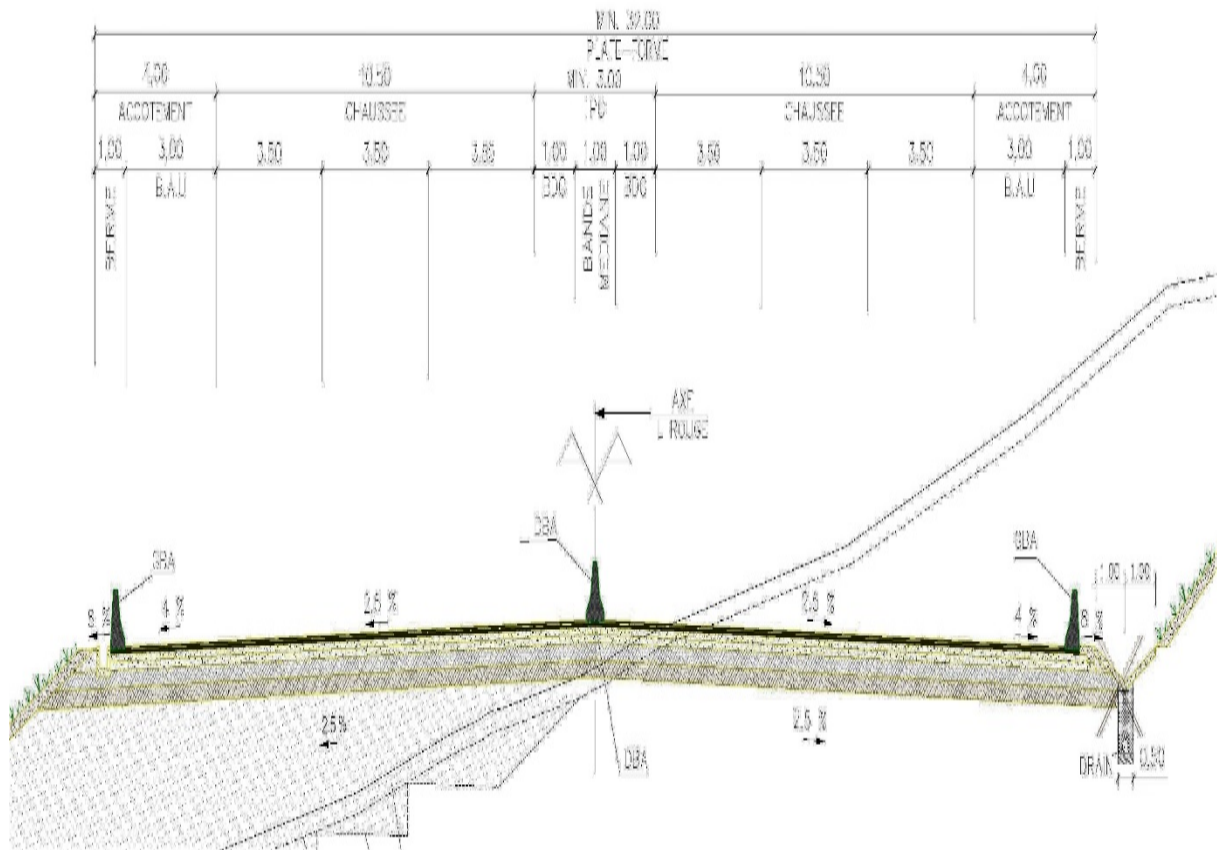


Figure V.3 : Les dimensions du profil en travers en section courante.



Profil dessiné par AutoPISTE

Profil en long : axe final

**Profil n° : 113**

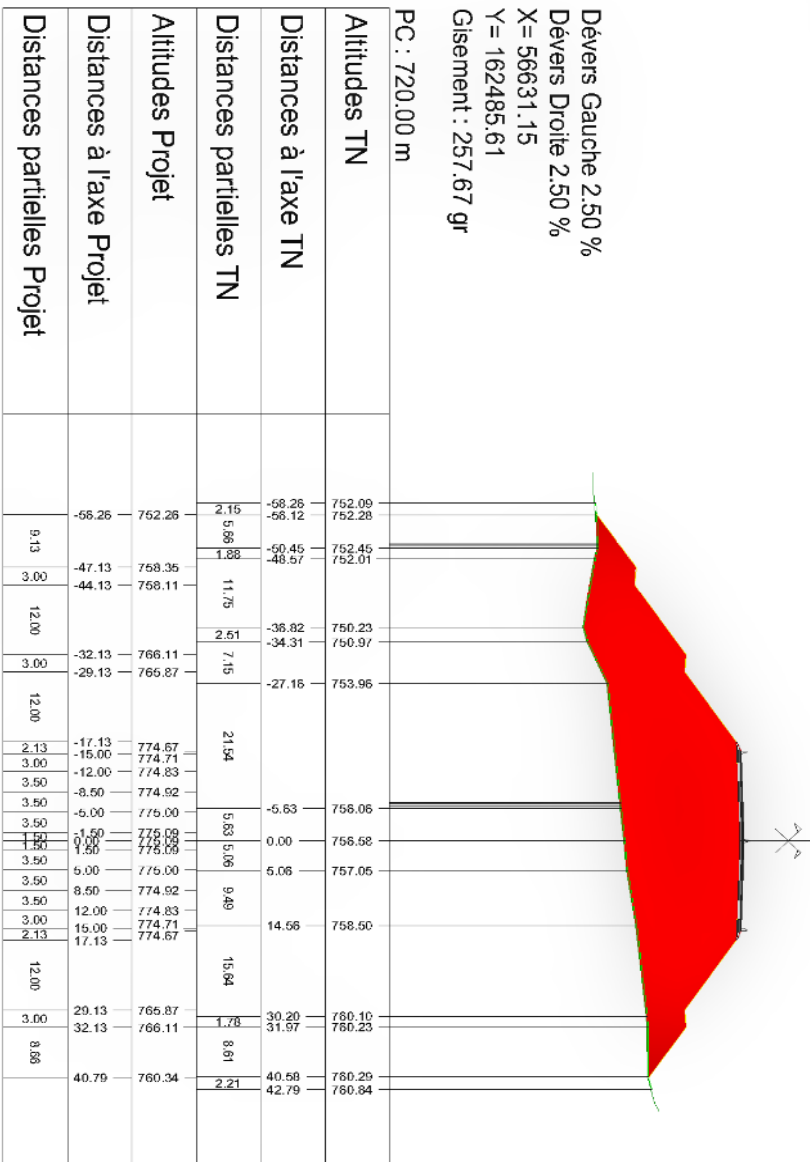
Abscisse : 42240.00 m

Echelle des longueurs : 1/1000

Echelle des altitudes : 1/1000

profil en travers type final 1 <= Profils types => profil en travers type final 1

■ Remblai : 1199.42 m<sup>2</sup>



Date : 13/07/2021

Dossier : PK40+000 AU PK47+000

Figure V.4 : Profil en travers en remblai.[22]





Profil dessiné par AutoPISTE

Profil en long : axe final

**Profil n° : 38**

Abscisse : 40740.00 m

Echelle des longueurs : 1/1000

Echelle des altitudes : 1/1000

profil en travers type final1 <= Profils types => profil en travers type final1

Remblai : 0.06 m<sup>2</sup>  
Déblai : 550.05 m<sup>2</sup>

Dévers Gauche 2.50 %  
Dévers Droite -2.50 %  
X = 56195.10  
Y = 163831.15  
Gisement : 222.24 gr

PC : 662.00 m

Altitudes TN	Distances à l'axe TN		Distances partielles TN		Altitudes Projet		Distances à l'axe Projet		Distances partielles Projet	
693.87	-24.61	3.79	3.79	694.01	693.87	-22.61	2.47	2.47	694.01	2.47
694.14	-20.82	6.23	6.23	692.37	694.14	-20.13	5.13	5.13	692.37	5.13
693.96	-14.59	8.08	8.08	693.16	693.96	-15.00	3.00	3.00	693.16	3.00
696.00	-6.50	3.23	3.23	692.20	696.00	-12.00	3.50	3.50	692.20	3.50
696.57	-3.27	3.27	3.27	693.32	696.57	-8.50	3.50	3.50	693.32	3.50
697.37	-0.00	11.90	11.90	693.41	697.37	-5.00	3.50	3.50	693.41	3.50
700.28	11.90	2.48	2.48	693.50	700.28	-1.50	1.50	1.50	693.50	1.50
701.54	14.71	1.60	1.60	693.50	701.54	5.00	5.00	5.00	693.50	5.00
702.20	14.71	11.90	11.90	693.41	702.20	8.50	3.50	3.50	693.41	3.50
702.87	14.71	2.48	2.48	693.32	702.87	12.00	3.00	3.00	693.32	3.00
703.53	14.71	1.60	1.60	693.20	703.53	15.00	5.13	5.13	693.20	5.13
704.20	14.71	14.71	14.71	693.16	704.20	20.13	12.00	12.00	693.16	12.00
710.07	30.69	7.38	7.38	700.37	710.07	32.13	3.00	3.00	700.37	3.00
714.24	38.07	5.41	5.41	700.13	714.24	35.13	12.00	12.00	700.13	12.00
713.89	43.48	8.82	8.82	708.13	713.89	47.13	3.00	3.00	708.13	3.00
715.71	52.30	17.70	17.70	707.89	715.71	50.13	12.00	12.00	707.89	12.00
717.81	70.00			715.89	717.81	62.13	3.00	3.00	715.89	3.00
				715.65		65.13	2.87	2.87	715.65	2.87
				717.56		68.00			717.56	

Date : 13/07/2021

Dossier : PK40+000 AU PK47+000

Figure V.6 : Profil en travers en déblai. [22]



Profil dessiné par AutoPISTE

Profil en long : axe final

Remblai : 267.63 m<sup>2</sup>  
Déblai : 261.84 m<sup>2</sup>

Dévers Gauche 2.50 %  
Dévers Droite 2.50 %  
X = 56585.78  
Y = 162551.45  
Gisement : 265.51 gr

PC : 717.00 m

Altitudes TN	Distances à l'axe TN	Distances partielles TN	Altitudes Projet	Distances à l'axe Projet	Distances partielles Projet
747.52	-58.83	5.08	747.70	-56.83	9.70
747.98	-53.77	10.51	754.17	-47.13	3.0
750.05	-49.26	5.23	753.93	-44.13	12.00
755.05	-38.03	8.29	761.93	-32.13	3.0
757.61	-29.74	13.10	761.69	-29.13	12.00
761.71	-16.64	3.53	770.48	-17.13	2.13
762.55	-13.13	3.82	770.52	-15.00	3.0
762.82	-11.13	11.60	770.64	-12.00	3.0
769.33	0.00	10.17	770.73	-8.50	3.0
774.59	10.17	6.31	770.82	-5.00	3.0
777.81	16.48	5.47	770.86	-1.50	3.0
779.73	21.96	21.56	770.82	5.00	3.0
787.09	43.51	4.32	770.73	8.50	3.0
788.02	47.83	9.91	770.64	12.00	3.0
789.05	57.74		770.52	15.00	3.0
			770.48	20.13	12.00
			788.99	32.13	3.0
			777.69	35.13	12.00
			777.45	47.13	3.0
			785.45	50.13	3.0
			785.21	55.74	5.63
			788.94		

Date : 13/07/2021

Dossier : PK4+000 AU PK4+000

Profil n° : 109

Abscisse : 42160.00 m

Echelle des longueurs : 1/1000

Echelle des altitudes : 1/1000

profil en travers type final 1 <= Profils types => profil en travers type final 1

Figure V.7 : Profil en travers mixte. [22]

## **V.6 Conclusion**

Dans cette partie, on a présenté les caractéristiques géométriques des profils en travers types et courants selon les différentes configurations : remblai, délai et mixte ; courant et en courbe. Les équipements et sur largeurs nécessaires sont considérés tels : terre pleine centrale, (la berme et la bande d'arrêt d'urgence).

*Chapitre VI :*

*Cubatures*

## VI.1 Introduction

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).

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet.

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

## VI.2 Méthodes de calcul des cubatures

Les cubatures sont Les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet.

Les cubatures sont fastidieuses, mais Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

Le travail consiste a calculé les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

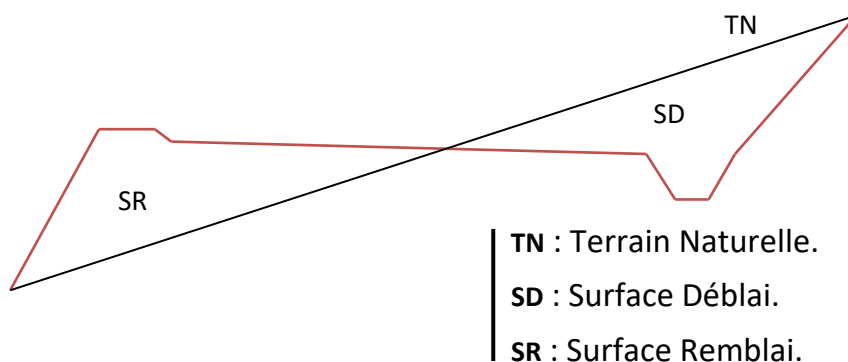


Figure VI.1 : Surface en déblai et en remblai du profil en travers.

On utilise la méthode SARRAUS, c’est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

**VI.2.1 Formule de Mr SARRAUS**

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste a calculé le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY})$$

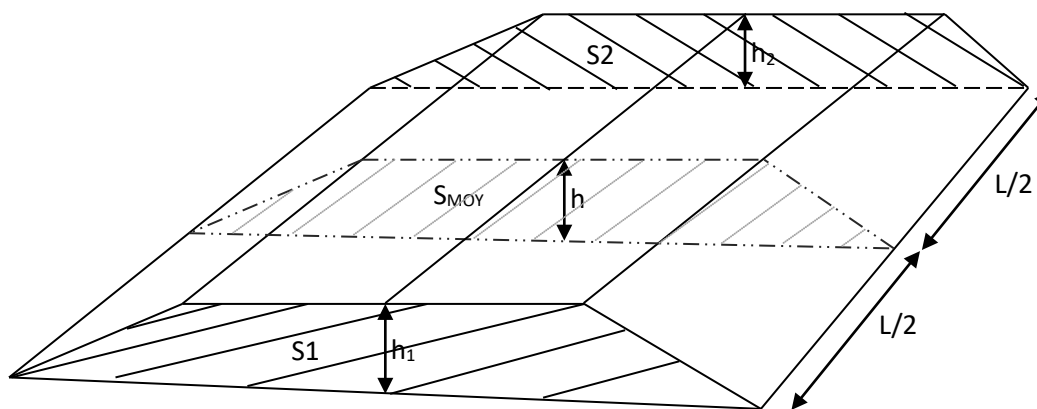


Figure VI.2 : Méthode de MR SARRAUS.

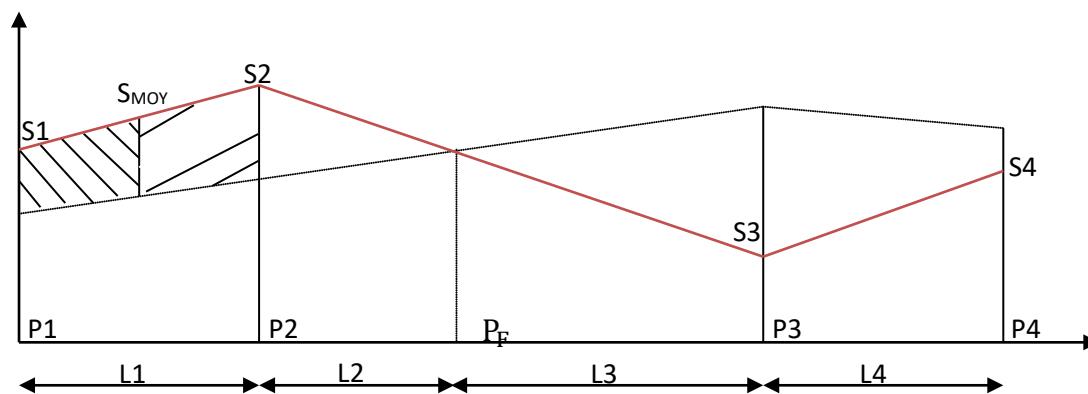


Figure VI.3 : Profil en long d'un tracé donné.

$P_F$  : profil fictive, surface nulle

$S_i$  : surface de profil en travers  $P_i$

$L_i$  : distance entre ces deux profils

$S_{moy}$  : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance  $L_i$ )

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions  $S_{moy}$  et  $\frac{(S_1+S_2)}{2}$ .

Ceci donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

$$V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2) \quad \text{Entre P1 et P2}$$

$$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0) \quad \text{Entre P2 et PF}$$

$$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3) \quad \text{Entre PF et P3}$$

$$V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4) \quad \text{Entre P3 et P4}$$

En additionnant membre à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2} S_2 + \frac{L_2 + L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3 + L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4$$

### VI.2.2 Méthode de gulden

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée.

Pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée.

Si on utilise la méthode de gulden, la quantité « longueur d'application » n'a plus de sens.

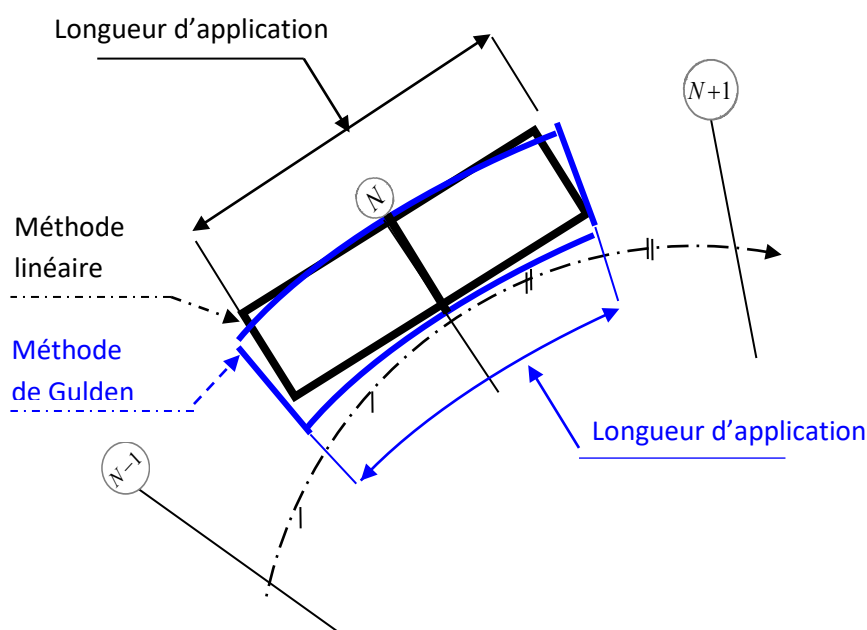


Figure VI.4 : Méthode de Gulden.

### VI.2.3 Méthode linéaire

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

#### Remarque

La méthode de calcul la cubature a été utilisé c'est la méthode de GULDEN.



### VI.3 Calcul des cubatures de terrassement

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel (AUTOPISTE 13).

#### VI.3.1 Résultats des calculs des cubatures

Pour le calcul automatique des cubatures par logiciel AUTOPISTE 13, La méthode utilisée est celle de GULDEN, les résultats sont présentés annexes.

- Volume de Déblai = **2220123 m<sup>3</sup>**
- Volume de Remblai = **2171596 m<sup>3</sup>**

*Chapitre VII :*  
*Etude géotechnique*

## VII.1 Introduction

L'étude géotechnique consiste à donner les précautions nécessaires concernant le sol où sera implanté notre aménagement. Pour cela, une campagne de sondage doit être faite pour définir les caractéristiques du sol support, de dimensionner la chaussée et, éventuellement, les fondations des ouvrages d'art prévus.

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé l'axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologique, hydrogéologique, hydraulique de la région.

Une interprétation physico- mécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

Les travaux de reconnaissance géologiques et géotechniques effectués par le Laboratoire national de l'habitat et de la construction LNHC.

## VII.2 Objectifs

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Définition des conditions géologiques, hydrogéologiques et géotechniques de Référence, sur la base des données tirées des lèves géologiques, puits d'exploration, Sondages, essais pressiométriques, essais SPT, mesures piézométriques et essais De laboratoire.
- Caractérisation sismique de référence et définition de l'action sismique.
- Vérification de la stabilité globale des remblais selon la méthode de l'équilibre limite, Aussi bien en conditions statiques que séismiques.
- Évaluation des tassements, avec une attention particulière aux tassements différés dans le temps en correspondance des terrains cohésifs dans les fondations.
- Évaluation du degré de liquéfaction des terrains.

**VII.3 Les travaux de reconnaissance**

1. L'étude des archives et documents existants.
2. Les essais « in-situ ».
3. Les essais en laboratoire.

**VII.3.1 L'étude des archives et documents existants**

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologique et géotechnique des formations existantes.

**VII.3.2 Les essais « in-situ »****VII.3.2.1 Les sondages**

Les sondages réalisés sont les suivants :

TYPE DE SONDAGE		TYPE D'ÉCHANTILLON		TYPE D'ESSAI		LOCALISATION		
<input checked="" type="checkbox"/> Puits à la Pelle mécanique	<input type="checkbox"/> Tranchée	<input type="checkbox"/> TA : Tarière	<input checked="" type="checkbox"/> MA : Manuel	Wn	Teneur en eau (%)	Date d'ouverture du puit : 29/09/2014		
<input type="checkbox"/> Tarière	Diam. _____ mm	<input type="checkbox"/> TM : Tube	<input type="checkbox"/> BL : Bloc	Pro	L'essai Proctor	Puits N°: 266		
PHOTOGRAPHIE		<input checked="" type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non	CBRI :	L'essai CBR imbibé	Pk : 45+550		
STRATIGRAPHIE						ÉCHANTILLON / ESSAI		
PROF. (m)	DESCRIPTION DES SOLS (type, couleur, oxydation, consist, humidité, etc)	Log	PROF d'échantillon nage (m)	LES ESSAIS REALISER	RÉSULTAT Wn %			
0,50	Terre végétale,		0,5m	Wn	17,72			
1,00	Argile brune caillouteuse peu humide avec traces de racines,		1,0m	Wn- Proc-CBR	17,16			
	Argile grise consolidée avec traces de racines et roche rouge,		1,5m	Wn	13,69			
			2,0m	Wn	11,50			
			2,5m	Wn	9,95			
3,00			3,0m	Wn	11,09			
		Argile limoneuse schisteuse friable de couleur grise.		3,5m	Wn	13,15		
			4,0m	Wn	12,04			
			4,5m	Wn	12,49			
5,00			5,0m	Wn	13,19			
ARRÊT DU SONDAGE		<input checked="" type="checkbox"/> À la profondeur demandée	<input type="checkbox"/> Refus sur roche	<input type="checkbox"/> Refus sur blocs				
Prof. (m) : 5,00m		<input type="checkbox"/> Suite à l'effondrement des parois	<input type="checkbox"/> Refus sur roche probable	<input type="checkbox"/> Infiltrations d'eau				
		<input type="checkbox"/> À la profondeur maximale de l'appareil	<input type="checkbox"/> Refus sur sol très dense	<input type="checkbox"/> Trops importantes				

Figure VII.1 : Sondage puits N°266. [23]

TYPE DE SONDAGE		TYPE D'ÉCHANTILLON		TYPE D'ESSAI		LOCALISATION		
<input checked="" type="checkbox"/> Puits à la Pelle mécanique	<input type="checkbox"/> Tranchée	<input type="checkbox"/> TA : Tarière	<input checked="" type="checkbox"/> MA : Manuel	Wn	Teneur en eau (%)	Date d'ouverture du puit : 27/08/2014		
<input type="checkbox"/> Tarière	Diam. _____ mm	<input type="checkbox"/> TM : Tube	<input type="checkbox"/> BL : Bloc	Pro	L'essai Proctor	Puits N°: 240		
PHOTOGRAPHIE <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non				CBRI :	L'essai CBR imbibé	Pk : 45+750		
STRATIGRAPHIE						ÉCHANTILLON / ESSAI		
PROF. (m)	DESCRIPTION DES SOLS (type, couleur, oxydation, consist, humidité, etc)	Log	PROF d'échantillon nage (m)	LES ESSAIS REALISER	RESULTAT Wn			
0,45	Terre végétale,							
			0,5m	Wn - Proc-CBRI	8,45			
			1,0m	Wn	12,07			
			1,5m	Wn	12,63			
	Argile limoneuse brune peu humide, peu plastique avec des blocs de grès,		2,0m	Wn	17,40			
			2,5m	Wn	17,68			
			3,0m	Wn	18,68			
3,50			3,5m	Wn	15,42			
	Argile limoneuse grise jaunâtre peu humide et peu plastique,		4,0m	Wn	14,82			
			4,5m	Wn	14,67			
5,00			5,0m	Wn	17,43			
ARRÊT DU SONDAGE		<input checked="" type="checkbox"/> À la profondeur demandée		<input type="checkbox"/> Refus sur roche	<input type="checkbox"/> Refus sur blocs			
Prof. (m) : 5,00m		<input type="checkbox"/> Suite à l'effondrement des parois		<input type="checkbox"/> Refus sur roche probable	<input type="checkbox"/> Infiltrations d'eau			
		<input type="checkbox"/> À la profondeur maximale de l'appareil		<input type="checkbox"/> Refus sur sol très dense	<input type="checkbox"/> Trops importantes			

Figure VII.1 : Sondage puits N°240. [23]

TYPE DE SONDAGE		TYPE D'ÉCHANTILLON		TYPE D'ESSAI		LOCALISATION		
<input checked="" type="checkbox"/> Puits à la Pelle mécanique	<input type="checkbox"/> Tranchée	<input type="checkbox"/> TA : Tarière	<input checked="" type="checkbox"/> MA : Manuel	Wn	Teneur en eau (%)	Date d'ouverture du puit : 25/09/2014		
<input type="checkbox"/> Tarière	Diam. _____ mm	<input type="checkbox"/> TM : Tube	<input type="checkbox"/> BL : Bloc	Pro	L'essai Proctor	Puits N°: 258		
PHOTOGRAPHIE		<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		CBRI :	L'essai CBR imbibé	Pk : 46+250		
						Profil : Remblai		
STRATIGRAPHIE					ÉCHANTILLON / ESSAI			
PROF. (m)	DESCRIPTION DES SOLS (type, couleur, oxydation, consist, humidité, etc)			Log	PROF d'échantillonnage (m)	LES ESSAIS REALISER	RESULTAT Wn	
0,40	Terre végétale							
1,00	Argile jaune avec petits blocs de roche (d<30cm) et traces de racines,				0,5m	Wn		15.45
					1,0m	Wn- Pro-CBRI		18.49
					1,5m	Wn		16.01
	Argile grise rougeâtre avec la présence de petits blocs de roche,				2,0m	Wn		20.51
					2,5m	Wn		20.24
					3,0m	Wn		23.76
					3,5m	Wn		23.14
					4,0m	Wn		21.49
					4,5m	Wn		22.10
5,00					5,0m	Wn		14.91
ARRÊT DU SONDAGE		<input checked="" type="checkbox"/> À la profondeur demandée		<input type="checkbox"/> Refus sur roche	<input type="checkbox"/> Refus sur blocs			
Prof. (m) : 5,00m		<input type="checkbox"/> Suite à l'effondrement des parois		<input type="checkbox"/> Refus sur roche probable	<input type="checkbox"/> Infiltrations d'eau Trops importantes			
		<input type="checkbox"/> À la profondeur maximale de l'appareil		<input type="checkbox"/> Refus sur sol très dense				

Figure VII.1 : Sondage puits N°258. [23]

### VII.3.2.2 Essai pressiométrique

L'essai pressiométrique est un essai de chargement du sol en place. Il consiste à dilater radialement au sein du sol une sonde cylindrique et à déterminer la relation entre la pression appliquée sur le sol selon un programme de chargement imposé et le déplacement de la paroi de la sonde.



Figure VII.1 : Essais pressiométriques.

### VII.3.2.3 Essai de pénétration au carottier SPT (Standard Pénétration Test)

L'essai consiste à mesurer le nombre de coups nécessaire à l'enfoncement sur 30cm d'un carottier. L'essai s'applique aux sols pulvérulents (grenus).

L'appareillage est composé d'un équipement de forage, un dispositif de battage, un train de tiges, un carottier ( $\varnothing=3,5\text{cm}$ ) et d'un système de mesure pour compter le nombre de coups de mouton. Le mouton a une masse de 63,5kg et une hauteur de chute de 0,76m, il tombe à une cadence de battage de 15 à 30 coups/mn.



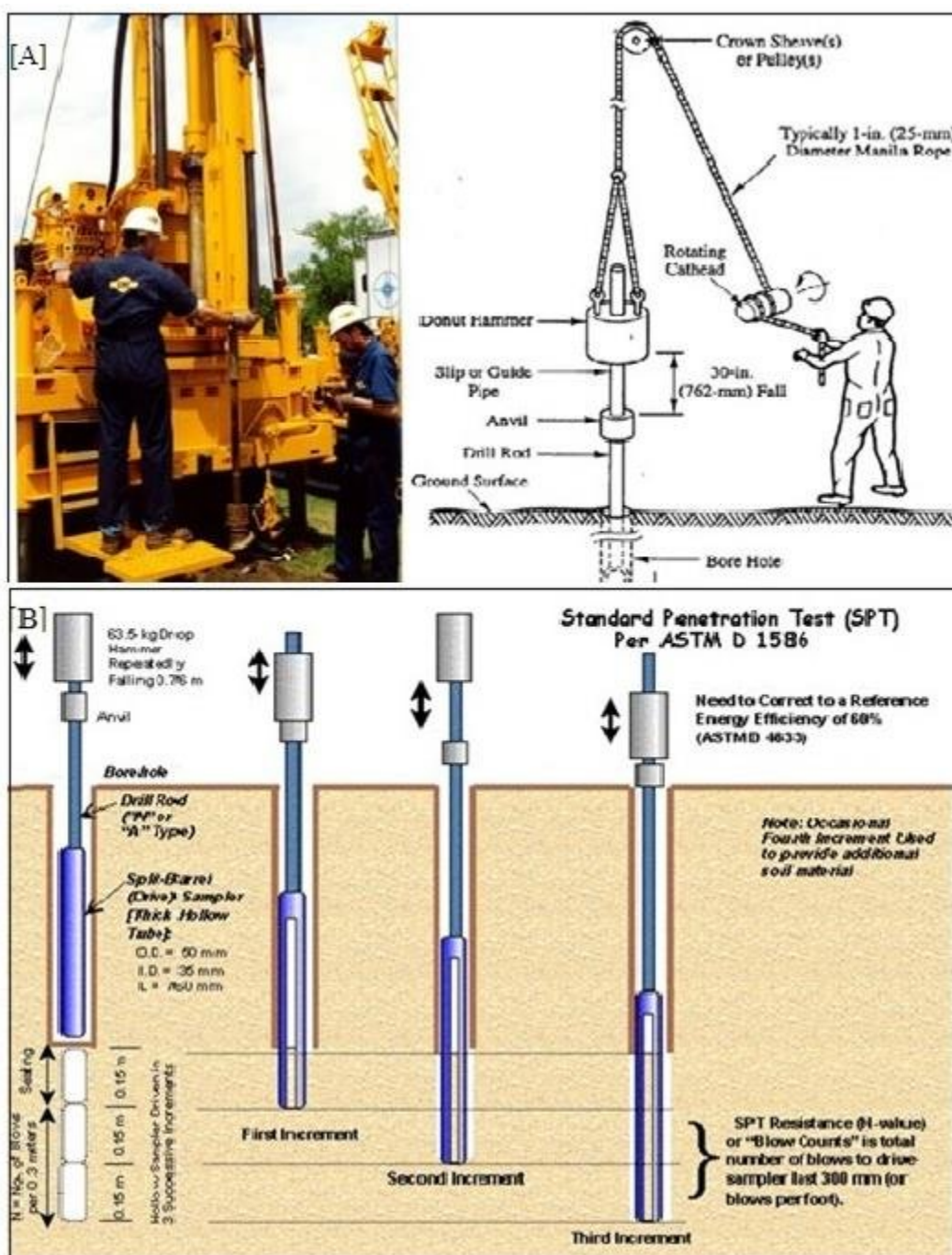


Figure VII.2 : principe de l'essai SPT

### VII.3.2.4 Essai de perméabilité

#### VII.3.2.4.1 Essai de perméabilité Lefranc

L'essai Lefranc est un essai qui permet d'évaluer ponctuellement la perméabilité horizontale d'un terrain aquifère situé au-dessous de la nappe (sol saturé).

Il consiste :

- À créer une charge différentielle, par rapport à la charge correspondant au niveau initial de la nappe, dans une cavité de dimension connue préalablement réalisée dans le terrain à la base d'un forage et aménagée de telle sorte que la filtration de l'eau engendrée par cette charge différentielle ne se fasse que par les parois de cette cavité .
- À mesurer l'évolution dans le temps de cette charge différentielle qui peut être produite soit par le prélèvement soit par l'apport dans la cavité d'un débit d'eau constant.

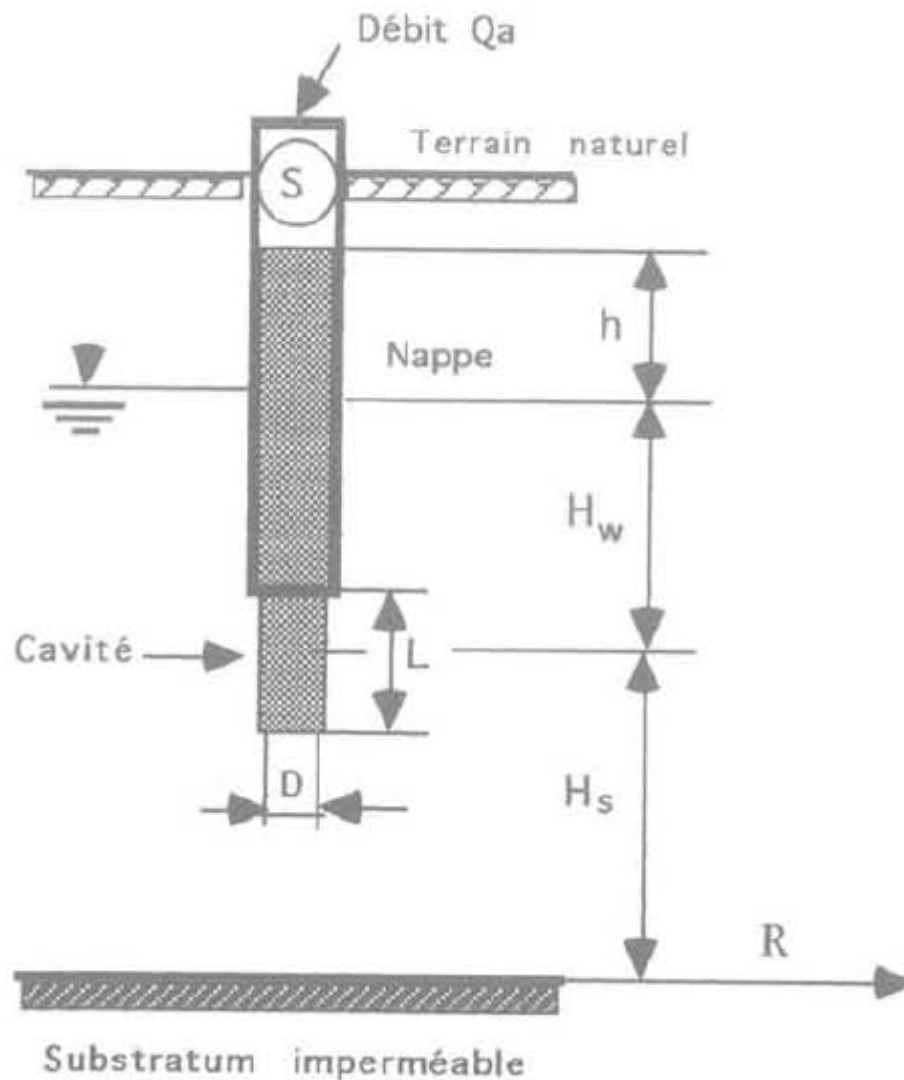


Figure VII.3 : Essais de perméabilité Lefranc.

### VII.3.2.4.2 Essai de perméabilité Lugeon

L'essai Lugeon est essentiellement destiné à évaluer les possibilités de circulation de l'eau dans une roche ou une maçonnerie. Il consiste à injecter de l'eau sous pression dans une cavité constituée d'une portion de forage de dimensions connues, et à mesurer le débit d'injection pour différents paliers de pression, pendant un temps donné.

La cavité est réalisée dans le sol à la base d'un forage. Elle est limitée à sa partie inférieure par le fond du forage et à sa partie supérieure par un obturateur. Un tube d'injection relie cette cavité à la surface du sol. Le résultat de l'essai est un paramètre qualitatif d'absorption d'eau exprimé en unité Lugeon, laquelle correspond à un débit d'un litre par minute par mètre de longueur sous une pression de 1 MPa maintenue constante pendant 10 minutes.

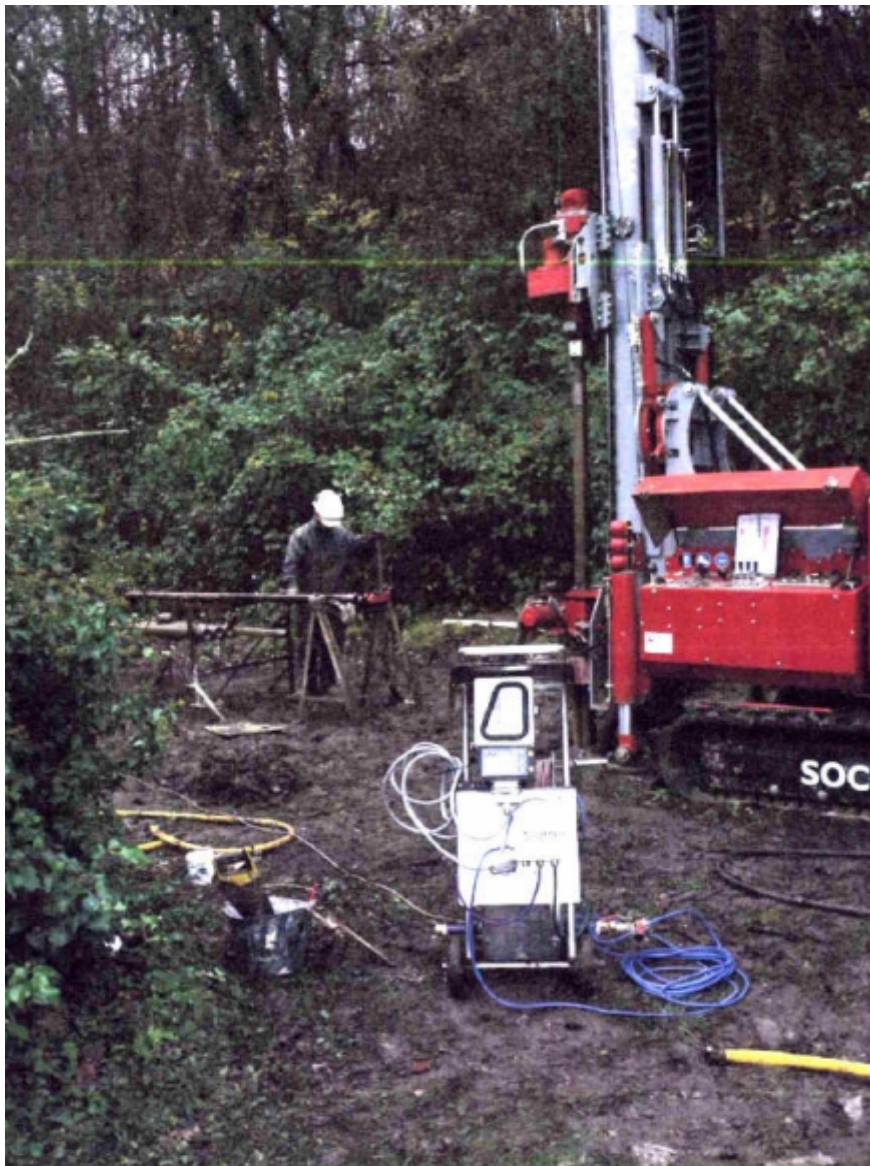


Figure VII.4 : Essai de perméabilité Lugeon .

### VII.3.2.5 Piézomètre

système d'instrument de terrain destiné à mesurer la pression interstitielle ou le niveau piézométrique à l'endroit où le point de mesure est confiné dans le sol ou le remblai de telle sorte que la mesure répond à la pression du fluide autour de la zone ou du point de mesure et non aux pressions du fluide à d'autres élévations.

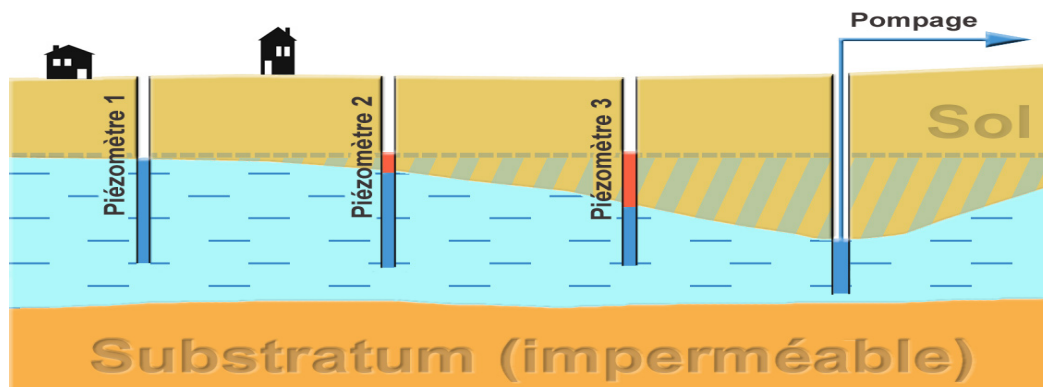


Figure VII.5 : Piézomètre.

### VII.3.3 Essais de laboratoire

Les essais de laboratoire visent à déterminer les propriétés physiques et mécaniques des matériaux afin de choisir le dimensionnement du corps de chaussée ou type de fondations (superficielles ou profondes) et leurs dimensions et ce, pour chaque ouvrage d'art.

Les essais réalisés en laboratoire sont :

#### VII.3.3.1 Les essais d'identification

##### VII.3.3.1.1 Teneur en eau naturelle

La Teneur en eau est un paramètre d'état qui permet d'approcher certaines caractéristiques mécaniques et d'apprécier la consistance d'un sol fin.

La Teneur en eau est donnée par la formule :

$$\omega = W_w/W_s$$





Figure VII.6 : Teneur en eau.

### VII.3.3.1.2 Limite d'Atterberg

Les Limites d'Atterberg sont paramètres géotechniques destinés à identifier un sol et à caractériser son état au moyen de son indice de consistance.

Limites d'Atterberg (limite de liquidité, Limite de plasticité) : teneur en eau pondérales correspondant à des états particuliers d'un sol.

Limite de liquidité ( $W_L$ ) : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états liquides et plastiques.

Limite de plasticité ( $W_P$ ) : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états plastiques et solides.

L'indice de plasticité ( $I_p$ ) : différence entre les limites de liquidité et de plasticité.

$$I_p = W_L - W_P$$



Figure VII.7 : Limite d'Atterberg.

### VII.3.3.1.3 Analyse granulométrique (tamisage à sec)

Analyse granulométrique par tamisage consiste à déterminer les propriétés de grains de différentes tailles dans le sol dont le diamètre  $D$  est supérieur à  $80\mu$ . elle se fait avec des tamis de mailles carrées dont elles sont en progression géométrique  $\sqrt[10]{10}$ . on appelle module d'un tamis de maille  $a$  :

$$m = 10\log a + 1$$



Figure VII.8 : Analyse granulométrique.

### VII.3.3.1.4 Essai au bleu de méthylène

L'essai au bleu de méthylène est déterminé de la valeur de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériau rocheux.

La valeur de bleu de méthylène d'un sol (VBS) mesure la capacité d'absorption d'un sol ou d'un matériau rocheux.

L'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être absorbée par le matériau mis en suspension dans l'eau. Cette quantité est rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol ou le matériau rocheux.

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités de bleu de méthylène et en contrôlant l'adsorption après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tache.



Figure VII.9 : Essai au bleu de méthylène.

### VII.3.3.2 Les essais mécaniques

#### VII.3.3.2.1 Essais de cisaillement rectiligne

Dans le tronçon on a été réalisé 10 essais de cisaillement rectiligne UU ; aucun essai de Cisaillement rectiligne CD, a été réalisé dans le tronçon.

L'essai a pour objet de mesurer les caractéristiques de rupture d'un échantillon de sol fin saturé soumis à un cisaillement direct selon un plan imposé, à une vitesse constante.

En vitesse lente et conditions drainées peuvent être déduites les valeurs de l'angle de frottement effectif  $f'$  et la cohésion effective  $c'$ , paramètres utilisés pour le dimensionnement de fondations, les calculs de vérification des coefficients de sécurité à la rupture de talus et pour la détermination des actions de poussée et de butée sur les ouvrages de soutènement.

L'essai s'effectue sur une éprouvette de sol placée dans un bâti de cisaillement constitué de deux demi-boîtes indépendantes.

Le plan de séparation des deux demi-boîtes constitue un plan de glissement préférentiel correspondant au plan de cisaillement de l'éprouvette.



Figure VII.10 : Essai de cisaillement.

### VII.3.3.2 Essai œdométrique

L'essai œdométrique a pour but de déterminer la compressibilité des sols fins et matériaux fins cohérents, avec chargement par paliers.

L'essai consiste à soumettre l'éprouvette à une série de paliers de chargement et de déchargement d'intensité constante, et à mesurer pour chacun d'eux, la variation de la hauteur  $\gamma_h$  de cette éprouvette au cours du temps.



Figure VII.11 : Essai œdométrique.



### VII.3.3.2.3 Essai Proctor normal et modifié

Les caractéristiques de compactage Proctor sont des paramètres très utilisés pour identifier les matériaux et pour définir les spécifications de compactage qui leur sont applicables lorsqu'ils sont utilisés dans la construction des remblais et des couches de forme.

Les caractéristiques de compactage Proctor d'un matériau sont déterminées à partir des essais dits : Essai Proctor normal ou Essai Proctor modifié.

Les deux essais sont identiques dans leur principe, seules diffèrent les valeurs des paramètres qui définissent l'énergie de compactage appliquée.

Le principe de ces essais consiste à humidifier un matériau à plusieurs teneurs en eau et à le compacter, pour chacune des teneurs en eau, selon un procédé et une énergie conventionnelle. Pour chacune des valeurs de teneur en eau considérées, on détermine la masse volumique sèche du matériau et on trace la courbe des variations de cette masse volumique en fonction de la teneur en eau.

D'une manière générale cette courbe, appelée courbe Proctor, présente une valeur maximale de la masse volumique du matériau sec qui est obtenue pour une valeur particulière de la teneur en eau. Ce sont ces deux valeurs qui sont appelées caractéristiques optimales de compactage Proctor normal ou modifié suivant l'essai réalisé.



Figure VII.12 : Essai de Proctor.

#### VII.3.3.2.4 Essai C.B.R (California Bearing Ratio)

L'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondante, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement.

On compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours. Les passer sur le tamis inférieur à 20 mm dans le moule CBR.

On réalise en général trois essais : CBR standard, CBR immédiat, CBR imbibé.

On s'intéresse actuellement au CBR imbibé.

Cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements.



FigureVII.13 : Essai de CBR.

*Chapitre VIII :*  
*Dimensionnement*  
*du corps de chaussé*

### VIII.1 Introduction

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie d'un pays ainsi que l'état de son infrastructure. Si les routes ne sont pas correctement construites elle se dégradent.

La qualité d'un projet routier, ne se limite pas à l'obtention de bonne caractéristique géométrique (tracé en plan, profil en long). En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des Agents extérieurs (pluie, neige, verglas...) et aux surcharges (véhicules légers et notamment poids lourds) et des efforts (efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et au dérapage).

Le dimensionnement d'une structure de chaussée routière consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie, notamment celles dues au trafic tout en assurant la diffusion des efforts induits par ce même trafic dans le sol de fondation.

### VIII.2 rôle de la chaussée

La surface de chaussée doit permettre aux véhicules de circuler en tout temps avec un maximum de sécurité et de confort, pour cela elle doit résister à un certain nombre de sollicitations :

- Sollicitations dues aux passages des charges et surcharges, que le sol doit prendre en compte et qu'il doit repartir, afin d'éviter une déformation dans le sol support.
- Sollicitation d'origine thermique : Les variations de température (brusque) peuvent engendrer dans les solides élastiques des contraintes qui peuvent modifier les caractéristiques de la chaussée. Il y'a aussi les phénomènes de gel dégel et l'ensoleillement qui peuvent contribuer à la déformation du mélange bitumineux.

### VIII.3 Donné d'entrées du dimensionnement

Les données de base pour les dimensionnements de structure de chaussée sont :

- La durée de vie.
- Le risque de calcul considéré.
- Données climatiques.
- Le trafic TJMA.
- Le sol support de chaussée.
- Les caractéristiques des matériaux.

### VIII.4 Notions Sur Les Chaussées

La chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière, pour assurer une circulation rapide et confortable.

On peut définir la chaussée comme suit :

- Au sens géométrique: la chaussée est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- Au sens structurel : la chaussée représente l'ensemble des couches des matériaux superposés qui permettent la reprise des charges.

#### VIII.4.1 Les différents types de chaussées

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories [8]:

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

##### VIII.4.1.1 Chaussée souple

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction.

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformables que les couches inférieures.

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

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

**VIII.4.1.1.1 Couche de roulement (surface)**

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) de protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagés.

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides. L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

**VIII.4.1.1.2 Couche de base**

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

**VIII.4.1.1.3 Couche de fondation**

Complètement en matériaux non traités (en Algérie), elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base.

**VIII.4.1.1.4 couche de forme**

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe permettant d'adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou du terrain en place, aux caractéristiques mécaniques, géométriques, hydrauliques et thermiques prises comme hypothèses dans la conception de la chaussée.

Elle doit répondre à la fois à des objectifs de court terme (vis-à-vis de la phase de réalisation de la chaussée) et de long terme (lorsque l'ouvrage est en service).

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

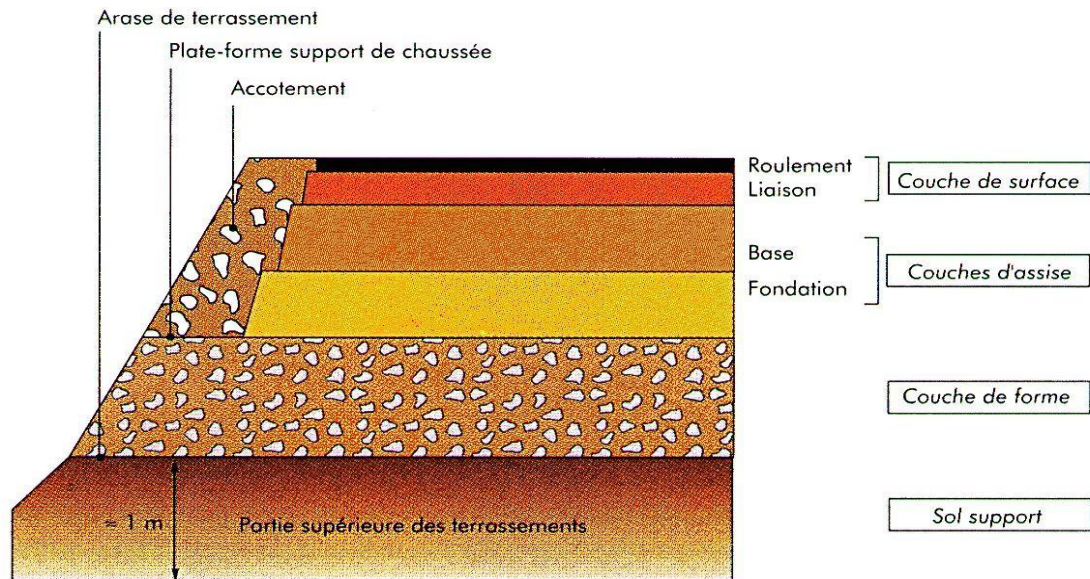


Figure VIII.1 : Coupe type d'une chaussée souple.

#### VIII.4. 2 Chaussée semi-rigide

Ce sont des structures hybrides, leur comportement mécanique est intermédiaire entre celui des chaussées rigides et celui des chaussées souples. Elles sont plus flexibles que les bétons classiques mais moins résistantes, néanmoins elles reposent sur des fondations suffisamment épaisses.

On distingue :

- La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 mm
- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

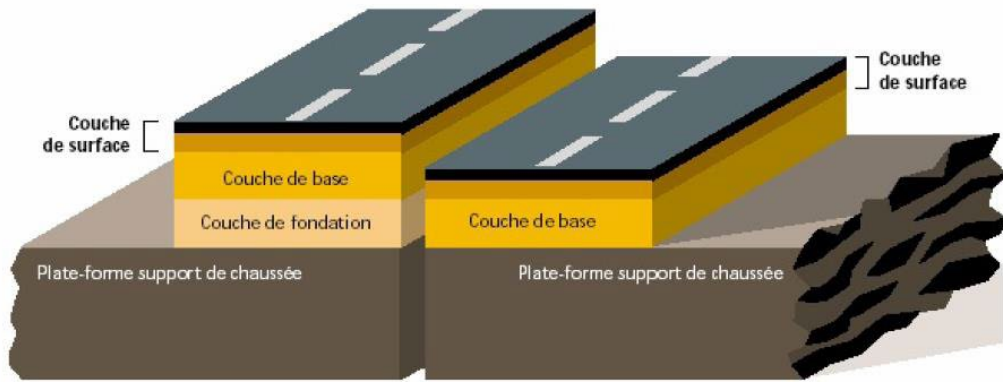


Figure VIII.2 : Structure type d'une chaussée semi-rigide.

### VIII.4. 3 Chaussée rigide

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de la chaussée souple) qui, en fléchissant élastiquement sous les charges, transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisée mécaniquement, elle peut être traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie (sauf pour les chaussées aéronautiques).

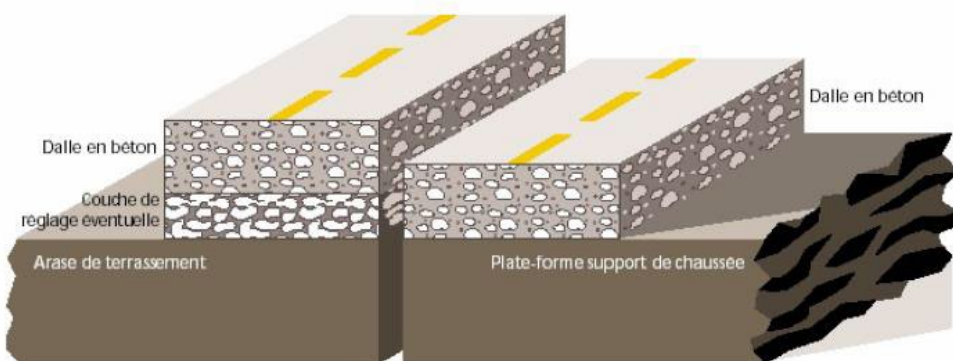
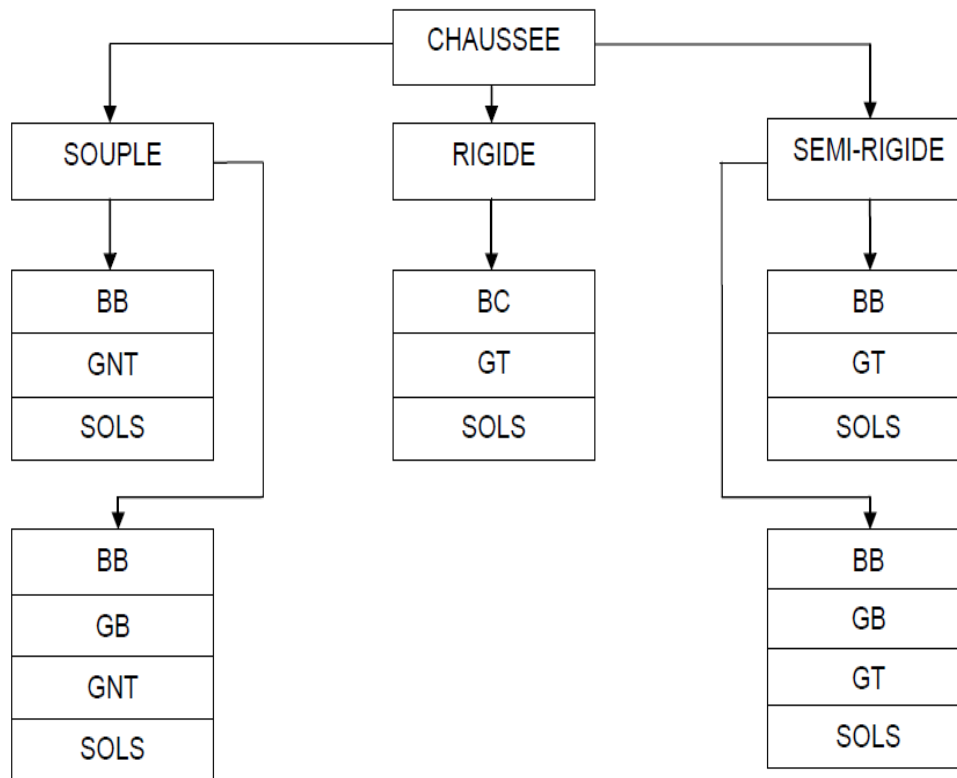


Figure VIII.3 : Structure type d'une chaussée rigide.





**Figure VIII.4 :** Schéma récapitulative des différents types de chaussée.

**Avec :**

**GB :** grave bitume ; **BB :** Béton bitumineux ; **GNT :** Grave non traitée ; **GT :** Grave traité ; **BC :** Béton de ciment.

### VIII.5 Les différents facteurs pour les études de dimensionnement de la chaussée

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

#### VIII.5.1 Le trafic

Pour un bon dimensionnement on ne considère que le trafic des poids lourds, dont il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée. [8]

Pour cela il est nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

### VIII.5.1.1 Trafic à la mise en service

Ce trafic compté sur la base du **TJMA** est estimé à partir du trafic des poids lourds par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service de la route. On définit en générale des classes de trafic en fonction du nombre moyen journalier annuel de **PL > 5t** :

**Tableau VIII.1** : Les classes de trafic.

Classe	Trafic (PL/Jour) sur la voie la plus chargée
<b>T0</b>	750 à 2000
<b>T1</b>	300 à 750
<b>T2</b>	150 à 300
<b>T3</b>	50 à 150
<b>T4</b>	25 à 50
<b>T5</b>	0 à 25

### VIII.5.1.2 Trafic cumulé équivalent (NE)

Le trafic utilisé pour le dimensionnement est le nombre équivalent d'essieux de référence correspondant au trafic PL cumulé sur la durée de service retenue, il est donné par la relation suivante :

$$N = T \times A \times C$$

**Avec :**

**N** : trafic cumulé.

**A** : facteur d'agressivité globale du trafic.

**C** : facteur de cumul

$$C = \frac{[(1 + \tau)^p - 1]}{\tau}$$

**Avec :**

$\tau$  : Taux de croissance du trafic.

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

### VIII.5.2 Environnement

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

variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support.

Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

### **VIII.5.3 Sol support**

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

Les plates-formes sont définies à partir :

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

### **VIII.5.4 Matériaux**

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds) et conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic poids lourds.

## **VIII.6 Méthodes de dimensionnement**

On distingue deux familles de méthodes :

- **Les méthodes empiriques** dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- **Les méthodes rationnelles** basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées. [8]

Toutes les méthodes existantes de dimensionnement du corps de chaussée s'appuyant sur la force portante du sol, le trafic et les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches.

Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement :

- La méthode de C.B.R (California - Bearing - Ratio) :
- La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- La méthode du catalogue des structures du CTTP (Algérie).
- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).

### VIII.6.1 Méthode CBR (California - Bering - ratio)

Cette méthode est fondée sur des études théoriques et expérimentales. L'indice CBR est déterminé sur échantillon du sol support par un essai mécanique consistant à mesurer le tassement de cet échantillon sous une pression réalisée à vitesse constante.

L'épaisseur totale de la chaussée (en cm) est donnée par les deux formules suivantes :

#### VIII.6.1.1 Bande d'arrêt d'urgence

$$E_{eq} = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{I + 52}$$

#### VIII.6.1.2 Voie de circulation

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

**Avec :**

**E<sub>eq</sub>** : Epaisseur équivalente en cm.

**I** : Indice CBR.

**P** : Charge maximale par roue = 6,5t (essieu 13t).

**Log** : Logarithme décimal.

**N** : Nombre moyen de poids lourd à l'année horizon.

$$N = T_n \times PL \text{ et } T_n(1 + \tau)^n$$

**Avec :**

**T<sub>n</sub>** : TJMA de l'année **n**.

**T<sub>0</sub>** : TJMA de l'année origine.

**τ** : taux d'accroissement annuel.

**n** : nombre d'années à partir de l'origine.

L'épaisseur *e* obtenue par cette méthode considère que la chaussée est constituée d'une seule couche d'un même matériau (grave concassée propre de référence de coefficient d'équivalence égale à l'unité).

La détermination des épaisseurs des différentes couches d'une chaussée en matériau divers est obtenue en utilisant les coefficients d'équivalence qui permettent de convertir l'épaisseur calculée en une épaisseur réelle de plusieurs couches.

**VIII.6.1.3 L'épaisseur équivalente de la chaussée étant comme suit**

$$E_{eq} = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3$$

Avec :

**e1** : épaisseur réelle de la couche de roulement.

**e2**: épaisseur réelle de la couche de base.

**e3** : épaisseur réelle de la couche de fondation.

**a1, a2, a3** : coefficients d'équivalence respectivement des couches **e1, e2, e3**.

**VIII.6.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves CTTT**

Cette méthode fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

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

C'est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.

**a. Le réseau principal noté RP**

Il se compose des routes reliant :

- Les Chefs-lieux de wilayat
- Les ports, les aéroports et les postes frontaliers
- Les principales agglomérations et importantes zones industrielles.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

- Le réseau principal de niveau 1 (RP1).
- Le réseau principal de niveau 2 (RP2).

**a.1 Réseau principal de niveau 1 (RP1)**

Il comporte des :

- Liaisons supportant un trafic supérieur à 1500 véhicules 1 jour.
- Liaisons reliant deux chefs-lieux de wilaya.
- Liaisons présentant un intérêt économique et /ou stratégique.

Il s'agit essentiellement d'un réseau composé de routes nationales (RN).

### a.2 Réseau principal de niveau 2 (RP2)

Il est constitué de liaisons supportant un trafic inférieur à 1500 véhicules/jours. Ce réseau est composé de routes nationales (RN), de chemins de wilaya (CW) et de liaisons reliant l'Algérie aux pays riverains.

### b. Le réseau secondaire noté RS

Il se compose du reste des routes qui ne sont pas classées en RP.

#### VIII.6.2.1 la démarche du catalogue

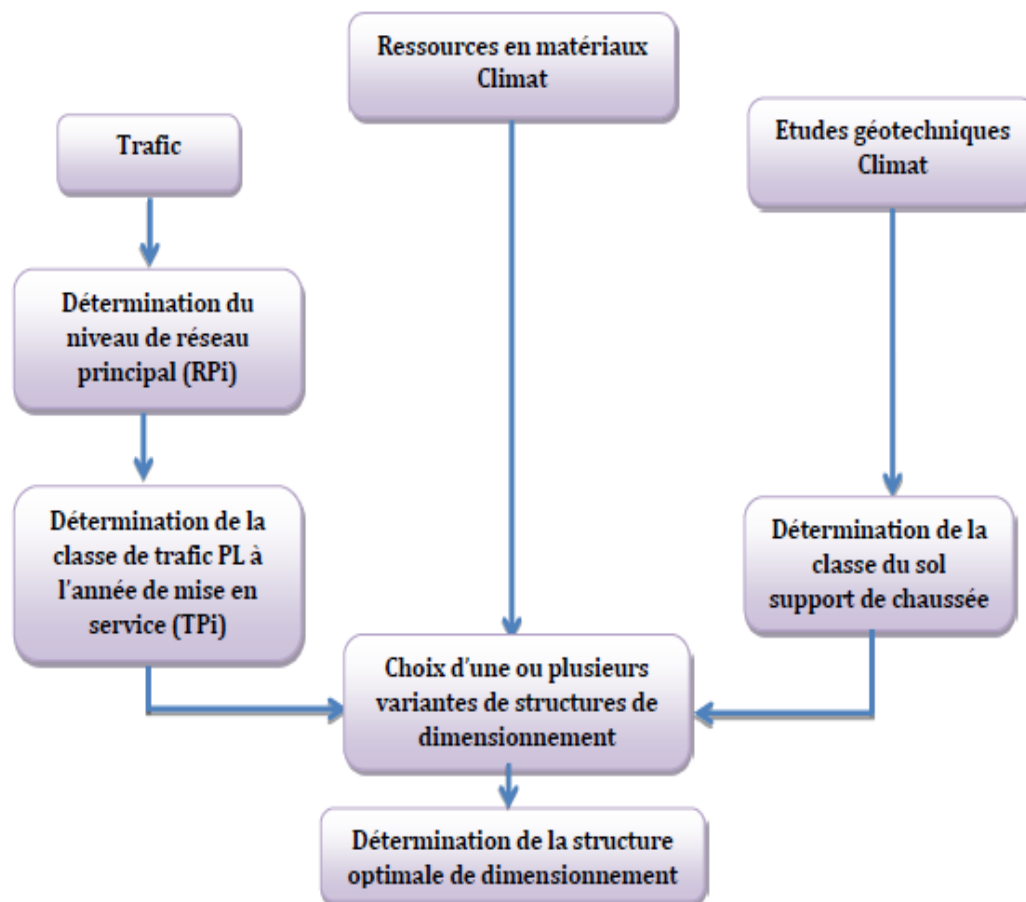


Figure VIII.5: La démarche du dimensionnement par catalogue.

#### VIII.6.2.2 Répartition transversale du trafic

On adoptera les valeurs suivantes :

- Chaussées unidirectionnelles à 2 voies : **90 %** du trafic **PL** sur la voie lente de droite.
- Chaussées unidirectionnelles à 3 voies : **80 %** du trafic **PL** sur la voie lente de droite.
- Chaussées bidirectionnelles à 2 voies : **50 %** du trafic **PL**.
- Chaussées bidirectionnelles à 3 voies : **50 %** du trafic **PL**.

**VIII.6.2.3 Détermination de la classe du trafic**

Les classes sont données pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2) en Nombre de PL par jour et par sens à l'année de mise en service. [8]

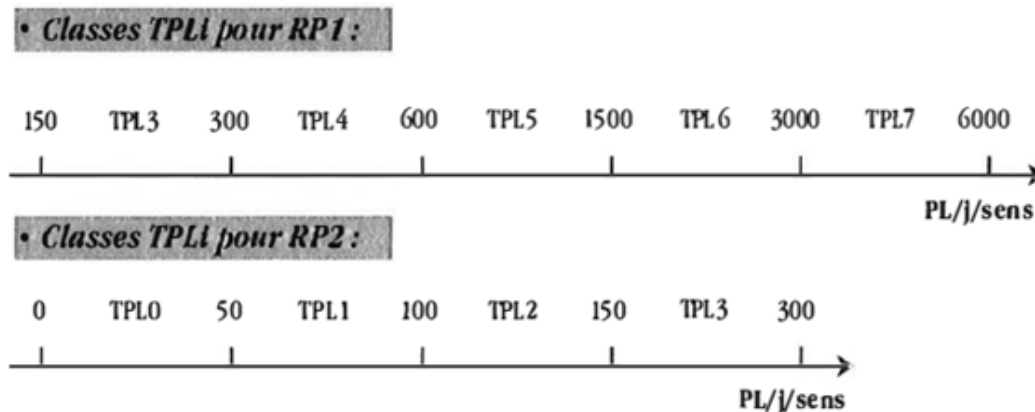


Figure VIII.6 : Classe du trafic.

**VIII.6.2.4 Détermination de la classe portance du sol support**

Le sol doit être classé selon la valeur de **CBR** de densité Proctor modifié maximal.

Les différentes catégories sont données par le tableau qui indique les classes du sol :

Tableau VIII.2 : Classe de portance du sol support Si.

Portance (Si)	S4	S3	S2	S1	S0
CBR	< 5	5 - 10	10 - 25	25 - 40	> 40

**a. Pour les sols sensibles à l'eau**

La portance du sol support est déterminée par :

- L'essai **CBR** imbibé à 4 jours pour les zones climatiques **I** et **II**.
- L'essai **CBR** immédiat pour les zones climatiques **III** et **IV**.

**b. Couche de forme**

Selon les cas de chantiers (trafic, nature des sols, zones climatiques), la couche de forme sera de différents types.

Elle peut être en une ou plusieurs couches suivant le cas de portance du sol terrassé (**Si**) et la classe de sol-support visée (**Sj**).

Dans le cas de sur classement de sols supports, le tableau suivant donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser.

**Tableau VIII.3 :** Sur classement avec couche de forme en matériau non traité.

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériaux de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (Sj)
< S4	Matériaux non traité	50cm en 2 couches	S3
S4	Matériaux non traité	35cm	S3
S4	Matériaux non traité	60cm en 2 couches	S2
S3	Matériaux non traité	40cm en 2 couches	S2
S3	Matériaux non traité	70cm en 2 couches	S2

**Tableau VIII.3 :** Sur classement avec couche de forme en matériau non traité.

### VIII.6.2.5 Les zones climatiques

Les zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau VIII.4 :** Les zones climatique de l'Algérie.

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Température équivalente	Région
I	> 600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, hauts plateaux
II	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateaux
IV	< 100	Arde	30	Sud

### VIII.6.3 Choix de la méthode de dimensionnement

Après avoir effectué une analyse comparative des différentes méthodes citées dessus le choix de notre chaussée à adopter pour notre projet doit satisfaire les deux conditions suivantes :

- Sécurité.
- Economie.

### VI.7 Application au projet

Les calculs ont été réalisés selon les recommandations du Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du Ministère des Travaux Publics de l'Algérie (2001), complété avec le Catalogue de Structures Types de Chaussées Neuves du



SETRA (1998) pour utiliser le logiciel Alizé III (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, France).

### VIII.7.1 Données de l'étude

- Année de comptage : **2010**.
- Année de mise en service : **2023**.
- Le trafic à l'année 2010 **TJMA<sub>2010</sub> = 11300 V/j = 5650 v/j /sens**.
- Le trafic à l'année 2023 **TJMA<sub>2023</sub> = 9000 v/j /sens**.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic  **$\tau = 3.5\%$**
- Le pourcentage de poids lourds **Z = 33%**.
- La durée de vie estimée est **d = 20 ans**.

### VIII.7.2.1 Le trafic

#### VIII.7.2.1.1 Détermination du type de réseaux principaux

Selon le Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du Ministère des Travaux Publics de l'Algérie, il s'agit d'un Réseau principal : Réseau national de niveau 1 (RP1), à savoir :

- Trafic supérieur à 1500 veh/j.
- Routes Nationales (RN) et Autoroutes.

Selon le Catalogue de Structures Types de Chaussées Neuves du SETRA (1998) les autoroutes sont considérées comme des Voies du Réseau Structurant (VRS).

#### VIII.7.2.1.2 Définition du poids lourd à l'année de mise en service

Un poids lourd (PL) est un véhicule de plus de **3,5** tonnes de poids total autorisé en charge.

#### VIII.7.2.1.3 Répartition transversale du trafic

En l'absence d'informations précises sur la répartition de poids lourds sur les différentes voies de circulation, on adoptera la valeur suivante : chaussées unidirectionnelles à 3 voies : **80 %** du trafic **PL**.

$$\mathbf{TPL_{2023}} = \mathbf{TJMA_{2023}} \times \mathbf{PL\%} \times \mathbf{80\%}$$

$$\mathbf{TPL_{2023}} = \mathbf{9000} \times \mathbf{0.33} \times \mathbf{0.8} = \mathbf{2376 \text{ PL/j/sens}}$$

#### VIII.7.2.1.4 Détermination de la classe de trafic (TPLi)

On a  $TPL_{2023} = 2376 \text{ PL/j/sens}$  qui est compris entre 1500 et 3000 ce qui nous permet de classer notre trafic d'après la figure VII.6 en **TPL6**.

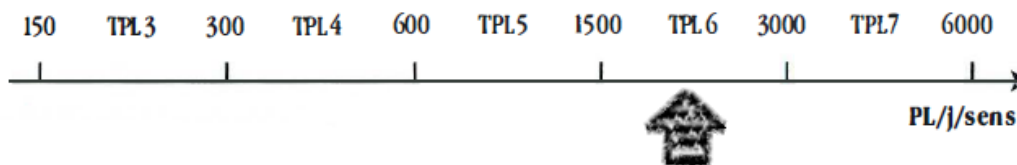


Figure VIII.7 : Classe de trafic.

#### VIII.7.2.1.5 Données climatiques

La région d'étude est située au nord d'Algérie, caractérisée par un climat très humides, d'une pluviométrie supérieure à 600 mm/an.

Alors d'après le **tableau VIII.4** : Notre projet est situé dans la zone climatique **I**.

#### VIII.7.2.1.6 Le trafic cumulé de poids lourd (TCi)

C'est le trafic cumulé des **PL** sur la période considérée pour le dimensionnement (**20ans**), il est donné par la formule suivante :

$$TCi = 365 \times TPLi \times \left[ d + \frac{\tau \times d \times (d - 1)}{2} \right]$$

$$TCi = 365 \times 2376 \times \left[ 20 + \frac{0.035 \times 20 \times (20 - 1)}{2} \right] = 23.11 \times 10^6$$

#### VIII.7.2.1.7 Le trafic cumulé équivalent (TCEi)

C'est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieu équivalents de **13 tonnes** sur la durée de vie considérée (**20ans**).

D'après le tableau VIII.5 Le coefficient d'agressivité structurelle moyenne (CAM) d'un poids lourd est 0,6 d'accord la norme algérienne.

Tableau VIII.5 : Valeur de coefficient d'agressivité. [8]

Niveau de réseau principal (R <sub>Pi</sub> )	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussée à matériaux traités au bitume	0.6
	Chaussée à matériaux traités aux liants hydrauliques	1
RP2	Chaussée à matériaux non traités	0.6
	Matériaux traités au bitume	0.4
RP1 et RP2	Sol support	0.6

Le Trafic cumulé est calculé à partir de la formule suivante :

$$TCE_i = TC_i \times A$$

$$TCE_i = 23.11 \times 0.6 = 13.87 \times 10^6$$

Trafic à l'année horizon (2043) pour une durée de vie de 20 Ans :

$$TMJA_{2043} = 17584 \text{ v/j}$$

$$TCE_{2043} = 23.11 \times 10^6$$

Tableau VIII.6 : Bornes supérieures des classes de trafic cumules pour les VRS et les VRNS.

VRS	TC <sub>1,30</sub>	TC <sub>2,30</sub>	TC <sub>3,30</sub>	TC <sub>4,30</sub>	TC <sub>5,30</sub>	TC <sub>6,30</sub>	TC <sub>7,30</sub>	TC <sub>8,30</sub>
	0,5	1	3	6	14	38	94	
VRNS	TC <sub>1,20</sub>	TC <sub>2,20</sub>	TC <sub>3,20</sub>	TC <sub>4,20</sub>	TC <sub>5,20</sub>	TC <sub>6,20</sub>	TC <sub>7,20</sub>	TC <sub>8,20</sub>
	0,2	0,5	1,5	2,5	6,5	17,5	43,5	

On a  $TC_{2023} = 23.11 \times 10^6$  qui est compris entre 14 et 38 ce qui nous permet de classer notre trafic d'après le Tableau VIII.6 en TCE6.[8]

VIII.7.2.1.8 Caractéristique de la plate-forme

Tableau VIII.7 Classes de plate-forme minimales de support de chaussée.

Classe de trafic	VRS	VRNS
TC7 et TC8	≥ PF3	≥ PF3
TC6	≥ PF3	≥ PF2
≤ TC5	≥ PF2	≥ PF2

A partir du tableau VI.7 la plateforme sera au moins une classe PF3 L'arase de terrassement sera constitué par le matériau avec les suivants caractéristiques :

Module d'essai a la plaque sur l'arase supérieur à 80, tel qu'indiqué dans le CCTP.

Bonne régularité de la surface obtenue.

Nature des sols conformes aux classifications avec vérifications des critères suivants :

- Absence de gonflement
- Insensibilité à l'eau
- Homogénéité correcte des terrains
- Absence de gypses, sel ou matériau évolutif et absence de matières organiques.

VIII.7.2.1.9 Classe de portance d'arase

Tableau VIII.8 : Classe d'arase.

Module en MPa	20	50	120	200	
Classe d'arase	AR0	AR1	<b>AR2</b>	AR3	AR4

On a le module qui égal 80 MPa et après le tableau VIII.8 la classe d'arase AR2.

Pour le cas d'une plateforme rencontrée AR2, il est nécessaire de recourir à une couche de forme pour permettre la mise en œuvre des couches de chaussée dans des conditions acceptables. L'utilisation d'une couche de forme en matériaux sélectionnés permet un sur classement du sol terrassé.

Tableau VIII.9 : Conditions de sur classement de portance des plates-formes avec couche de forme non traitée.

Classe de l'arase	Classe de la plate-forme	Epaisseur de Matériau de couche de forme
AR1	PF3	0.8
AR2	PF3	0.4 à 0.5

À partir du tableau VIII.9 nous Proposons une couche de forme de 40 cm de GNT en 2 couches.

**VIII.7.2.1.10 Le risque de calcul r (%)**

C'est la durée de vie prise pour le dimensionnement de la chaussée, et la probabilité pour qu'apparaissent au cours de cette durée de vie des dégradations structurelles qui impliqueraient des travaux de renforcement de la chaussée.

**Tableau VIII.10 : Risque adopté pour le réseau RP1.**

Classe de trafic	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	20	15	10	5	2

**Tableau VIII.11 : Valeur de t.**

r%	2	3	5	7	10	1	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
r%	20	23	25	30	35	40	50
t	0.842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

**VIII.7.2.2 Vérification à la fatigue de la structure et de la déformation du sol**

Il faut vérifier que  $\epsilon_t$  et  $\epsilon_z$  calculées à l'aide d'Alize Lcpc, sont inférieures respectivement aux valeurs admissibles calculées  $\epsilon_{tadm}$  et  $\epsilon_{zadm}$ .

t : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

z : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

**VIII.7.2.2.1 Calcul de la déformation admissible du sol support ( $\epsilon_{zadm}$ )**

La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduit à partir d'une étude statique de comportement des chaussées algérienne. Cette formule est :

$$\epsilon_{zadm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCEi)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{zadm} = 22 \times 10^{-3} \times (13.86 \times 10^6)^{-0.235} = 461.43 \times 10^{-6} = 461 \mu\text{déf}$$

**VIII.7.2.2.2 Calcul de la déformation admissible de traction ( $\epsilon_{tadm}$ ) a la base de EME2 :**

La valeur admissible de tractions à la base des couches bitumineuses est donnée par la relation suivante :

$$\epsilon_{tadm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_C$$

Avec :

$\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$  : déformation limite détenue au bout de cycles avec une

Probabilité de rupture de **50%** à **10C°** et **25Hz**.

**K<sub>ne</sub>** : Facteur au nombre cumulé d'essieu équivalents supporté par la chaussée.

**K<sub>θ</sub>** Facteur lié à la température.

**K<sub>r</sub>** : Facteur liée au risque et aux dispersions.

**K<sub>C</sub>** : Facteur liée au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.

$$K_{ne} = \left( \frac{TCEi}{10^6} \right)^b \quad K_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10C^{\circ})}{E(\theta_{eq})}} \quad K_r = 10^{-tb\delta}$$

Avec :

**b** : pente de la droite de fatigue (**B < 0**) avec (**b = - 0.2**).

**E (10C°)** : module complexe du matériau bitumineux à **10C°**.

**E(θ<sub>eq</sub>)** : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.

Avec :

$$\theta_{eq} = 20 C^{\circ}$$

$$\delta = \sqrt{Sn^2 + \left( \frac{c}{b} Sh \right)^2}$$

**δ** : La dispersion.

**Sn** : dispersion sur la loi de fatigue.

**Sh** : dispersion sur les épaisseurs.

**C** : coefficient égale à **0.02**.

**t** : Fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté (**r%**).

### VIII.7.2.2.3 Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux sont données dans le tableau suivant :

Tableau VIII.12 : Caractéristiques des matériaux routiers.

Caractéristiques		BBME 0/10	EME2 0/14	BBMA 0/10
Module d'Young 20°C,10Hz, (MPa)	E	6000	11000	3600
Module d'Young 15°C,10Hz, (MPa)	E	9000	14000	5400
Module d'Young 10°C,10Hz, (MPa)	E	12000	17000	7200
Résistance de la fatigue à 10°C et 25Hz (μdef)	$\epsilon_6$	-	130	-
	$-\frac{1}{b}$	-	5	-
	Sn	-	0.25	-
Coefficient de Poisson	v	0.35	0.35	0.35
Coefficient de calage	K <sub>C</sub>	-	1	1.1

**Application numérique**

$$\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) = 130 \times 10^{-6}$$

$$K_{ne} = \left(\frac{13.86 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.2} \quad K_{ne} = 0.59$$

$$K_\theta = \sqrt{\frac{17000}{11000}} \quad K_\theta = 1.24$$

$$K_r = 10^{-(1.645 \times 0.2 \times 0.25)} \quad K_r = 0.83$$

Avec :

$$\delta = \sqrt{0.25^2 + \left(\frac{0.02}{-0.2} \times 0.03\right)^2} = 0.25$$

$$K_C = 1$$

$$\epsilon_{t_{adm}} = 130 \times 10^6 \times 0.59 \times 1.24 \times 0.83 \times 1 = 78.93 \times 10^{-6} = 78\mu.\text{déf}$$

Tableau VIII.13 : Représentation des résultats obtenue.

$\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$	K <sub>ne</sub>	K <sub>θ</sub>	K <sub>r</sub>	K <sub>C</sub>	$\epsilon_{t_{adm}}$
130 × 10 <sup>-6</sup>	0.59	1.24	0.83	1	78.93 × 10 <sup>-6</sup>

## VIII.7.3 Vérification des contraintes à l'aide du logiciel ALIZE Lcpc

Le calcul des déformations sous le chargement standard, et selon les caractéristiques des matériaux de la structure de chaussée et du sol support ont été effectuées selon le modèle multicouche élastique et linéaire de Burmister (méthode mécaniste élastique), moyennant le logiciel alizé, développé par le laboratoire central de ponts et chaussée de France.

Le tableau suivant présente les propriétés de ces matériaux telles que considérées dans le cadre des calculs de dimensionnement structural des chaussées, les matériaux, alors mis en œuvre, devront présenter des propriétés équivalentes ou supérieures à celles utilisées pour les calculs, sinon ces calculs devront être révisés afin de définir les ajustements applicables des épaisseurs des matériaux.

Les déformations ont été calculées aux points d'application de la charge de l'essieu standard de 13 tonnes.

**Tableau VIII.14:** Caractéristiques des matériaux routiers.

Élément de la chaussée	Matériau	Propriétés mécaniques	
		Module a 20°C (MPa, min.)	Coefficient Poisson
<b>Roulement</b>	BBMA (0 -10)	3600	0,35
<b>Liaison</b>	BBME (0-14)	6000	0,35
<b>Base</b>	EME2 (0-20)	11000	0,35
<b>Fondation</b>	EME2 (0-20)	11000	0,35
<b>Couche de forme (2 couches)</b>	GNT (0-31,5)	80	0,35

Avec :

**BBMA** : Béton bitumineux à module amélioré.

**BBME** : Béton bitumineux à module élevé.

**EME** : enrobé module élevée.

**GNT** : grave non traité.



Verification Alizé-Lcpc corps de chaussée PK40+000 au PK47+000							
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,035	3600,0 <b>collé</b>	0,350	0,000	61,8	0,400	31,2	0,660
			0,035	40,9	0,356	61,3	0,652
0,050	6000,0 <b>collé</b>	0,350	0,035	40,9	0,590	16,1	0,652
			0,085	18,8	0,358	32,5	0,546
0,090	11000,0 <b>collé</b>	0,350	0,085	18,8	0,623	6,8	0,546
			0,175	-19,5	-0,216	30,1	0,206
0,090	11000,0 <b>collé</b>	0,350	0,175	-19,5	-0,216	30,1	0,206
			0,265	-75,4	-1,141	69,3	0,026
0,200	80,0 <b>collé</b>	0,350	0,265	-75,4	0,002	203,2	0,026
			0,465	-69,3	-0,003	161,1	0,018
0,200	80,0 <b>collé</b>	0,350	0,465	-69,3	-0,003	161,1	0,018
			0,665	-84,9	-0,009	152,5	0,012
infini	120,0	0,350	0,665	-84,9	0,000	242,5	0,012

Figure VIII.8 : Résultats calcule par alizé de la méthode du catalogue de dimensionnement.

Tableau VIII.15 : Résultats de vérification des déformations et contraintes.

	Déformation admissible calculée	Déformation calculée par Alizé III	Condition	Validation
Déformation calculée sur le sol-support	$\epsilon_{adm} = 78.93 \times 10^{-6}$	$\epsilon_t = 75.4 \times 10^{-6}$	$\epsilon_t < \epsilon_{adm}$	Oui
Déformation calculée à la base de la EME2	$\epsilon_{zadm} = 461.43 \times 10^{-6}$	$\epsilon_z = 242.5 \times 10^{-6}$	$\epsilon_z < \epsilon_{zadm}$	Oui

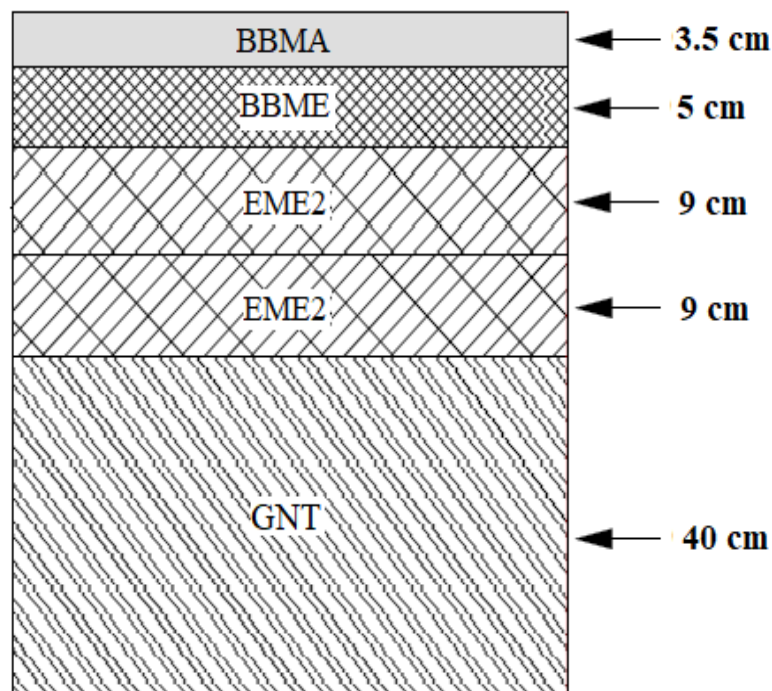
### VIII.8 Conclusion

Dans ce chapitre nous sommes focalisés sur le corps de chaussée car il est l'élément le plus important dans la circulation des véhicules en tout temps avec un maximum de sécurité.

Pour le tronçon d'étude la constitution de la chaussée adoptée pour la liaison autoroutière est du type semi-rigide (selon données de l'ANA).

La constitution des matériaux finals est celle donnée par l'ANA soit calculée par la méthode des catalogues des structures neuves SETRA ou CANADA.

**3.5 BBMA + 5 BBME + 9 EME2 + 9 EME2 + 40GNT**



**Figure VIII.9** : Structure de la chaussée.

D'après le **Tableau VIII.14** on remarque bien que la méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante et uniforme pour l'ensemble du tracé, car les deux conditions sont vérifiées ( $\epsilon t < \epsilon t_{adm}$  et  $\epsilon z < \epsilon z_{adm}$ ).

*Chapitre IX :*  
*Assainissement*

## IX.1 Introduction

Sous toutes leurs formes, météorologiques ou superficielles, les phénomènes de ruissellement constituent une des causes premières des dégradations rencontrées sur la chaussée.

Les problèmes liés au ruissellement superficiel surgissent en des points particuliers : Traversée des ponts sur les oueds importants, franchissement des petits oueds par des ouvrages courants (buse ou dalot), écoulement des eaux pluviales dans les drains artificiels ou fossés, ou passage sur les zones inondables. Les ouvrages hydrauliques constituent les solutions pour résoudre les problèmes ainsi évoqués. Toutefois, leur dimensionnement doit nécessairement maintenir un équilibre entre le coût de l'investissement et les dommages et les risques encourus.

## IX.2 L'estimations du débit de point

Plusieurs méthodes ont été développées pour l'estimation des débits de pointe d'un sous bassin versant, parmi ces méthodes, celle de rationnelle [9].

Cette méthode dont nous rappelons très sommairement le principe :

$$Q_c = Q_{ev}$$

Avec :

$Q_c$  : Débit capable de l'ouvrage (à saturation).

$Q_{ev}$  : débit à évacuer.

### IX.2.1 Débit capable de l'ouvrage (à saturation) ( $Q_c$ )

L'ouvrage est saturé lorsqu'il coule à pleine section. La relation de **mannig-strickler** donne le débit capable à pleine section  $Q_c$  de l'ouvrage :

$$Q_c = k * R_h^{\frac{2}{3}} * P^{\frac{1}{2}} * S_m$$

$Q_c$  : Débit capable à pleine section en l/s.

$K$  : Coefficient de rugosité.

$P$  : Pente en %.

$S_m$  : Section mouillée en m<sup>2</sup>.

$V$  : Vitesse de l'écoulement à pleine section en m/s.

Avec :

$V$  :  $Q / S_m$  (à saturation).

### IX.2.2 Débit à évacuer

Le débit à évacuer est obtenu par la méthode rationnelle :

$$Q_{ev} = 0.278 * C * I * A$$

$Q_{ev}$  : débit à évacuer en l/s.

$C$  : coefficient de ruissellement pondéré de l'impluvium.

$A$  : surface de l'impluvium en Km<sup>2</sup>.

$I$  : intensité moyenne de l'averse décennale en mm/h.

### IX.2.3 Coefficient de ruissellement

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau tombe sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

Tableau IX.1 : Les coefficients de ruissellements.

Type de chaussée	Valeurs prises de C
Les chaussées et parties revêtues	1
Accotement en grave stabilisée traitée	0.8
La terre végétale engazonnée recevant l'eau de la chaussée	0.7
Accotement en grave stabilisé non traitée	0.5
La terre végétale ne recevant pas l'eau de la chaussée et pour les talus hors région méditerranéenne.	0.3

### IX.2.4 Détermination de l'intensité

Intensité moyenne de l'averse décennale correspondant au temps de concentration au point de calcul et donné par la formule de MONTANA :

$$I = a * t_c^{-b}$$

$t_c$  : Le temps de concentration en minute.

$$t_c = t_1 + t_2$$

$t_1$  : temps nécessaire à l'eau de la plate-forme pour atteindre l'ouvrage de recueil.

Dans la pratique,  $t_1$  est pris égal à 3 mn.

$t_2$  : temps en mn mis par l'écoulement dans l'ouvrage sur une longueur L.

$$t_2 = \frac{L}{0.85 * 60 * V(\text{à saturation})} = \frac{L}{51 * V}$$

$L$  : longueur de l'ouvrage en m.

$V$  : Vitesse à section pleine de l'ouvrage en m/s.

### IX.2.5 Comparaison de $Q_{ev}$ et $Q_c$

La démarche consiste à choisir un ouvrage a priori jusqu'à une certaine longueur et de calculer si ses caractéristiques sont soit suffisantes ou insuffisantes ou trop importantes pour évacuer le débit d'apport. [11]

Dans les deux derniers cas, il convient de proposer un ouvrage de plus forte ou de plus faible capacité :

- Si  $Q_{ev} > Q_c$ , la capacité de l'ouvrage retenu est insuffisante : il faut réduire la longueur  $L$  de l'ouvrage et faire suivre cet ouvrage d'un ouvrage de capacité supérieure jusqu'à l'exutoire.
- Si  $Q_{ev} < Q_c$ , l'ouvrage possède une capacité surabondante. Pour des raisons d'économies, il convient d'apprécier si on peut réduire l'ouvrage d'une ou plusieurs classes.
- Si  $Q_{ev} = Q_c$ , l'ouvrage convient, le débit à évacuer est alors égal au débit capable de l'ouvrage.

### IX.3 Traitement des eaux de la plate-forme

Les méthodes de calcul pour la vérification des dispositifs de traitement de l'eau de plate-forme : (Bief de confinement (BC), fosse subhorizontale en enherbe (FSE), bassins multifonctionnels (BM)), sont ceux fournis par "Guide technique Pollution d'origine routière - Conception des ouvrages de traitement des eaux (2007)".

Ce tronçon est classé comme zones moyennement sensibles (Classées Jaunes), donc on prévoit l'utilisation des biefs de confinement (BC).

Les caractéristiques de projet adoptées sont les suivantes [11]:

- Capacité de retenir une pollution accidentelle de  $50 \text{ m}^3$  par temps sec.
- Pente du fond nulle.
- Section trapézoïdale avec talus de pente variable entre 40% et 67%, selon les caractéristiques géotechniques de la zone
- Largeur au fond de l'ordre de 1.20 mètre.
- Hauteur du volume mort de 0.50 mètre en-dessous du fil d'eau du déversoir.
- Ouvrage d'entrée : permet d'isoler le bief de confinement par temps de pluie, par un dispositif de fermeture et un bipasse, après piégeage de la pollution accidentelle.
- Ouvrage de sortie : déversoir muni d'une cloison siphonide. Il est approfondi par rapport au fond du bief de confinement. Le débit décennal doit s'évacuer par surverse au-dessus du seuil de déversement.

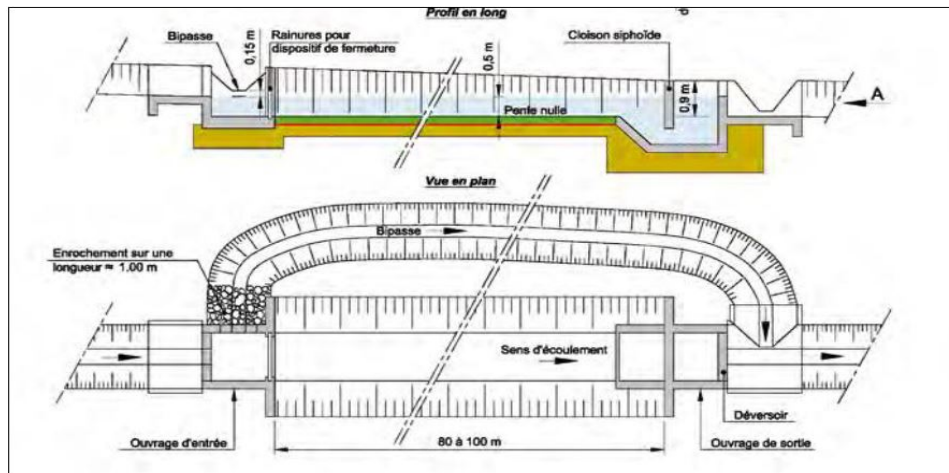


Figure IX.1 : Bief de confinement.

Dans cette section sont fournis onze (11) dispositifs de traitement selon la classification Ci-dessous :

Tableau IX.2 : L'emplacement des BC.

Numéro du BC	Pk
1	41+370
2	41+980
3	42+690
4	43+275
5	43+620
6	44+000
7	45+185
8	45+825
9	46+009
10	46+443
11	46+904

#### IX.4 Assainissement et drainage

Les systèmes retenus varient en fonction que la route soit en déblais ou en remblais et de l'importance des débits et de la sensibilité environnementale du milieu récepteur. Pour ces raisons, l'APD a conçu le réseau d'assainissement longitudinal en deux (2) réseaux distincts :

- Le premier récolte et évacuation des eaux de la chaussée qui doivent transiter par les dispositifs de protection de l'environnement (bassins).
- Le second réseau, constitué essentiellement des fossés de crête, des cunettes, des bermes et des risbermes et une partie des fossés de pied de talus, est prévu pour diriger l'eau

provenant des versants en amont de l'autoroute vers les ouvrages hydrauliques transversaux prévus pour faire transiter celle-ci.

L'assainissement des bermes et des risbermes sera assuré par des cunettes en demi-buse et des cunettes symétriques.

#### IX.4.1 Système de drainage longitudinal

##### IX.4.1.1 Zone en Déblais

Dans les zones en déblais, le dispositif de drainage longitudinal consiste en une cunette dissymétrique en parallèle avec l'accotement, un drain pour le corps de chaussée, un fossé de crête de déblai et des cunettes de risbermes.

La cunette dissymétrique sera reliée à son extrémité avale aux fossés de pied talus pour diriger l'eau provenant de la chaussée vers les dispositifs de protection de l'environnement.

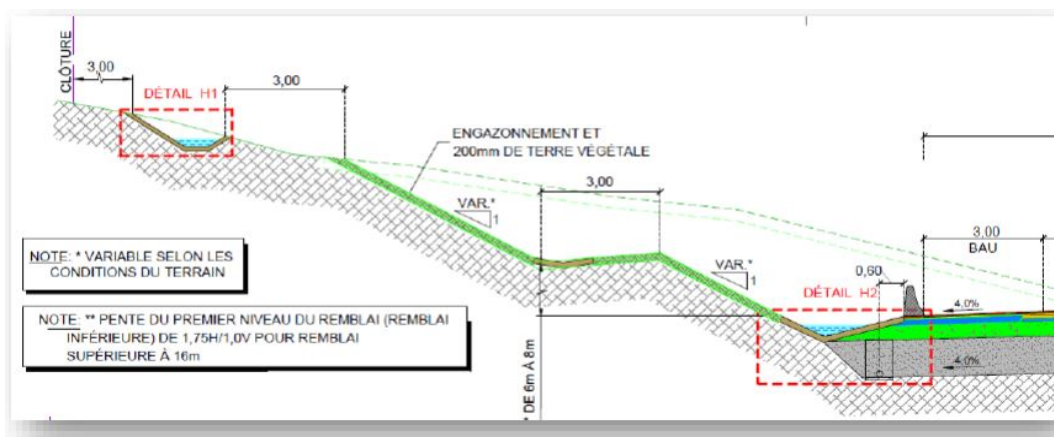


Figure IX.2 : Dispositif de drainage en zone de déblais.

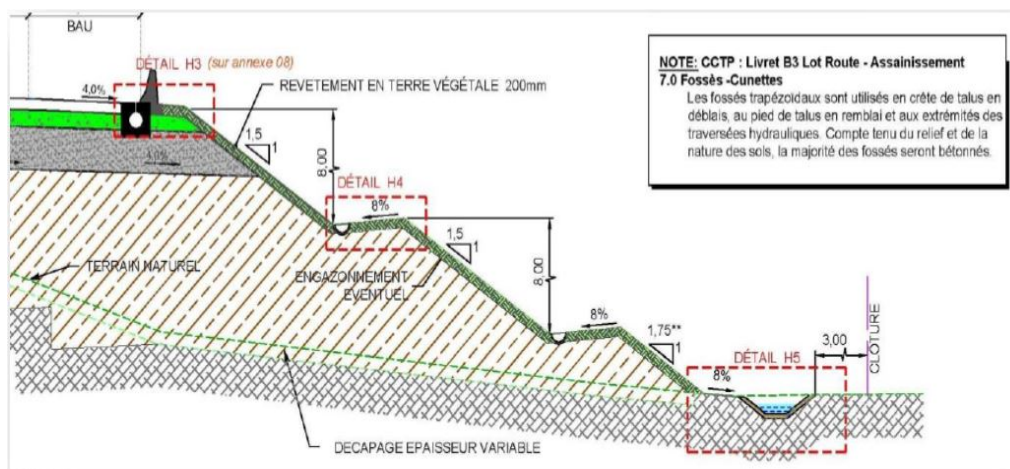
##### IX.4.1.2 Zone en remblai

- Remblais inférieurs à 4 m dans les zones classées non sensibles :  
L'assainissement de chaussée s'effectue par drainage diffus vers le milieu naturel ou le fossé de drainage localisé en pied de talus.
- Remblais supérieurs à 4 m et toutes les autres zones sensibles :  
Pour les remblais supérieurs à 4 m dans les zones classées non sensibles et toutes les autres zones en remblais classées sensibles, les eaux sont collectées par un caniveau à fente à l'avant du GBA latérale conformément à aux requêtes des BCS (voir réf : 222 DP/DRE/ANA/2014 du 03-07-14). Le système consiste à prévoir un caniveau à fente pour la récolte de l'eau de la chaussée. Ce caniveau est déchargé par des collecteurs (D=600 ou D=800) vers les bassins, ou descentes d'eau vers le fossé situé à la base du talus.



Ce dispositif est utilisé le plus souvent lorsque l'autoroute est localisée dans les zones où il est impossible d'installer un dispositif de protection de l'environnement à la base du talus et que le point de rejet vers un autre dispositif est éloigné. Lorsque cela est nécessaire, un caniveau en U peut être relié à son extrémité en aval à la cunette dissymétrique d'une zone en déblais relativement courte. Ce système est notamment utilisé pour les sections avec des murs de soutènement.

Les fossés au pied du relevé ont la fonction de canaliser l'eau qui arrive des versant au côté de l'autoroute et la déplacer au pied du relevé vers les ouvrages hydrauliques transversaux.



**Figure IX.3 :** Dispositif de drainage en zone de remblai.

#### IX.4.1.3 Terre-Plein central

Lorsque le dévers est inversé dans les courbes à faibles rayons, un caniveau à fente collecte les eaux de ruissellement et les évacue vers des regards d'évacuation.

Des buses transversales DN600 et DN800 ont été ajoutés endroits où les caniveaux à fente arriveront à saturation.

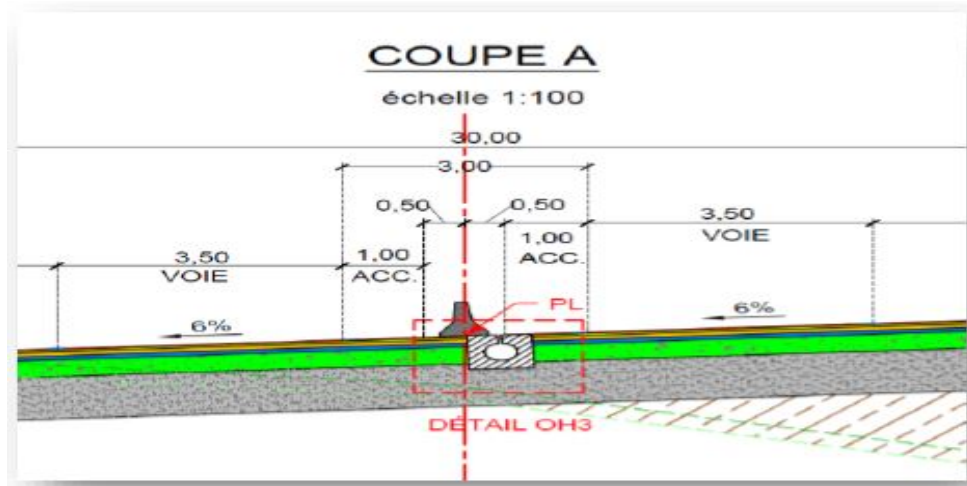


Figure IX.4 : Dispositif de drainage en Terre-Plein central.

#### IX.4.1.4 Dimensionnement des fossés

On fait le dimensionnement du fossé entre le PK 42+ 907 et PK 43+075 de longueur 225 m.

La hauteur des talus est importante alors on prévoit des fossés en béton armé d'une forme trapézoïdale.



Figure IX.5 : Fossé entre pk 42+907 D et 43+075 D.



Figure IX.6 : Bassin versant 43-1-a.

**Calcul du bassin versant**

- Surface de la chaussée

$$A_c = (10.5 + 1 + 3) * 225 = 3262.5 \text{ m}^2 = 0.0032625 \text{ Km}^2$$

- Surface de la berme

$$A_b = 0.5 * 225 = 112.5 \text{ m}^2 = 0.0001125 \text{ Km}^2$$

- Surface du talus

$$A_t = 0.120355 \text{ Km}^2$$

**Calcul des débits à évacuer ( $Q_{ev}$ )**

$$Q_{ev} = 0.278 * C * I * A$$

D'après la Formule de MONTANA :

$$I = a * t_c^{-b}$$

Tableau IX.3 : Paramètres relatifs aux temps de retour.

Périodes de retour 10 ans		
Station météo	F. Montana	
	A	B
Texenna	29.5	0.53

$$t_c = t_1 + t_2$$

$$t_c = 3 + \frac{225}{51 * 11.1} = 3.4 \text{ min} = 0.057 \text{ h}$$

$$I = 29.5 * 0.057^{-0.53} = 134.65 \text{ mm/h}$$

- Débit de la chaussée

$$Q_{ev_c} = 0.278 * 1 * 134.65 * 0.0032625 = 0.122 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Débit de la berme**

$$Q_{ev_b} = 0.278 * 0.5 * 134.65 * 0.0001125 = 0.002 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Débit du talus**

$$Q_{ev_t} = 0.278 * 0.3 * 134.65 * 0.120355 = 1.352 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Le débit total**

$$Q_{ev_T} = 0.122 + 0.002 + 1.352 = 1.476 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pour dimensionner les fossés on prend :

$$Q_{ev} = Q_c = k * R_h^{\frac{2}{3}} * P^{\frac{1}{2}} * S_m$$

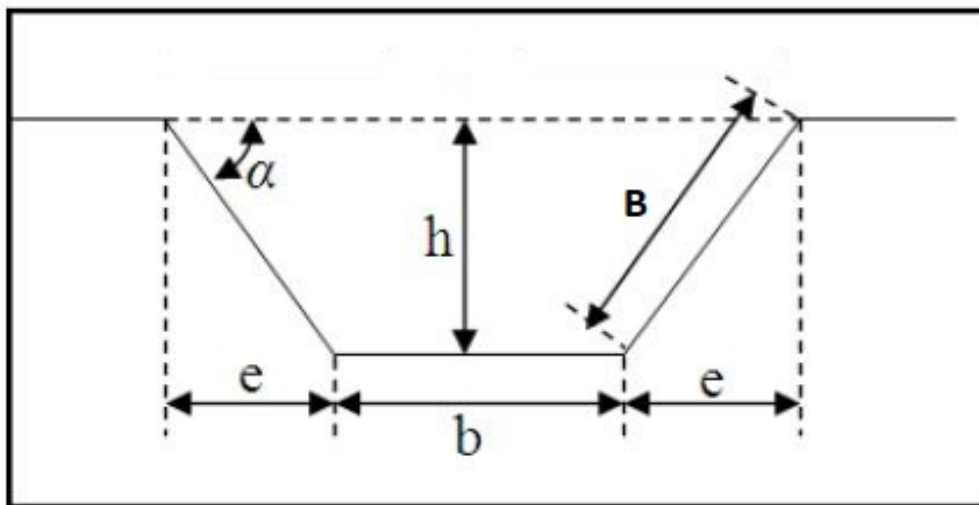


Figure IX.7 : Coupe transversale d'un fossé.

**La surface mouillée**

$$S_m = b * h + 2 * \left( \frac{e * h}{2} \right)$$

Avec :

$$1/\text{tg}(\alpha) = m$$

$$e = m * h$$

$$S_m = h (b + mh)$$

**- Le périmètre mouillé**

$$P_m = b + 2 * B$$

Avec :

$$B = h * \sqrt{1 + m^2}$$

$$P_m = b + 2 * h * \sqrt{1 + m^2}$$

## Le rayon hydraulique

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h(b + mh)}{b + 2 * h * \sqrt{1 + m^2}}$$

On pose :

$$\alpha = 45^\circ \Rightarrow m = 1$$

$$b = 0.5 \text{ m}$$

Pour la pente hydraulique du fossé « P », on met :

$P = 0.1$  C'est assez pour l'écoulement d'eau dans notre section en béton armé.

$K$  : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70 (au béton collé sur place).

Doc on obtient :

$$Q_{ev} = Q_c = 70 * \left( \frac{0.5h + h^2}{0.5 + 2\sqrt{2}h} \right)^{\frac{2}{3}} * (0.1)^{\frac{1}{2}} * (0.5h + h^2)$$

D'après le calcul on trouve :

$$h = 0.211 \text{ m, on prend :}$$

$$h = 0.3 \text{ m Pour des raisons de sécurités}$$

$$\Rightarrow e = 0.3 * 1 = 0.3 \text{ m} \Rightarrow B = \sqrt{0.3^2 + 0.5^2} = \sqrt{0.5} = 0.6 \text{ m}$$

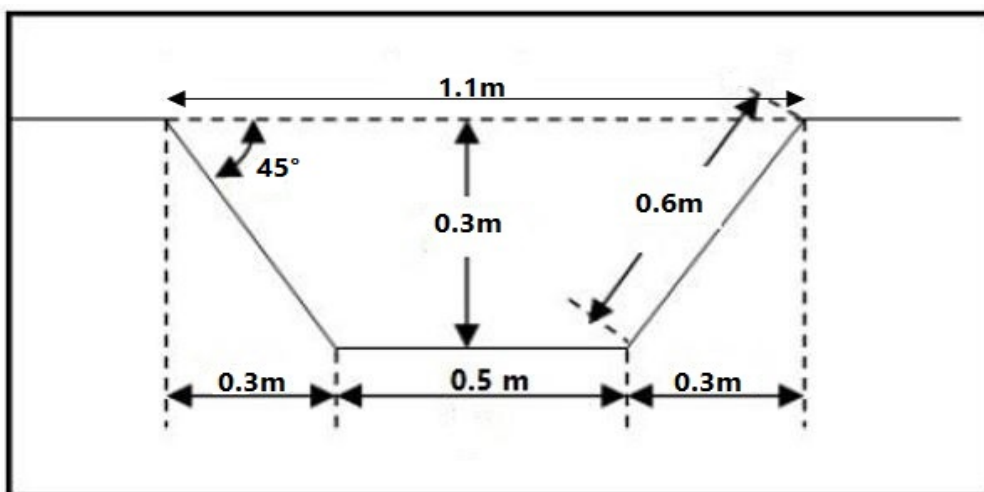


Figure IX.8 : Coupe transversale d'un fossé.



### IX.4.2 Système de drainage transversal

L'écoulement des bassins versants se draine à travers l'autoroute via des ponts, des dalots et des buses.

#### IX.4.2.1 Pont

Un pont est une construction qui permet de franchir un obstacle naturel ou artificiel (dépression, cours d'eau, voie de communication, vallée, ravin, canyon) en passant par-dessus.



Figure IX.9 : Un pont.

#### IX.4.2.2 Dalot

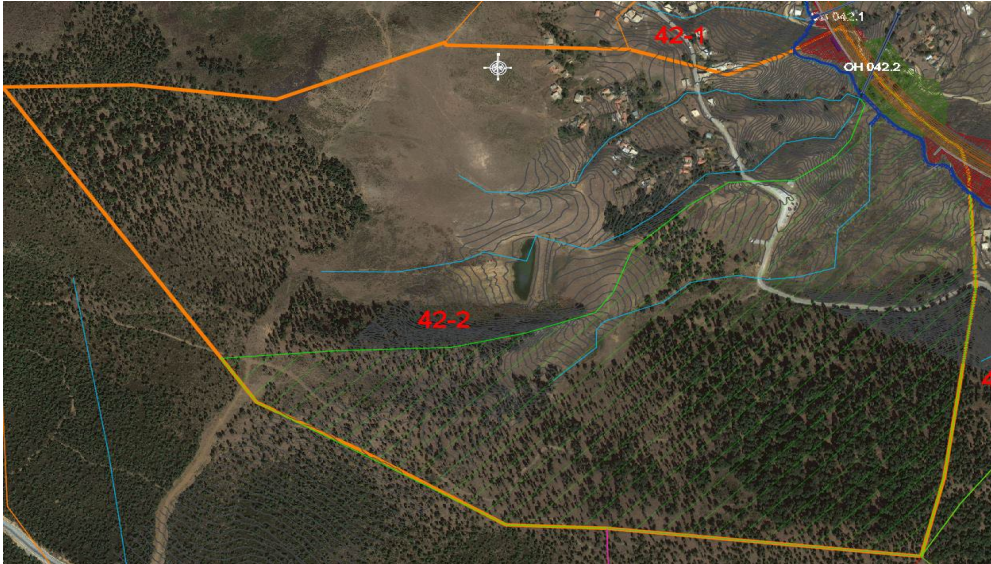
Le dalot est un ouvrage de franchissement placé sous la chaussée. Il est généralement en béton armé et présente une section rectangulaire ou carrée.



Figure IX.10 : Un dalot.

**IX.4.2.2.1 dimensionnements des dalots**

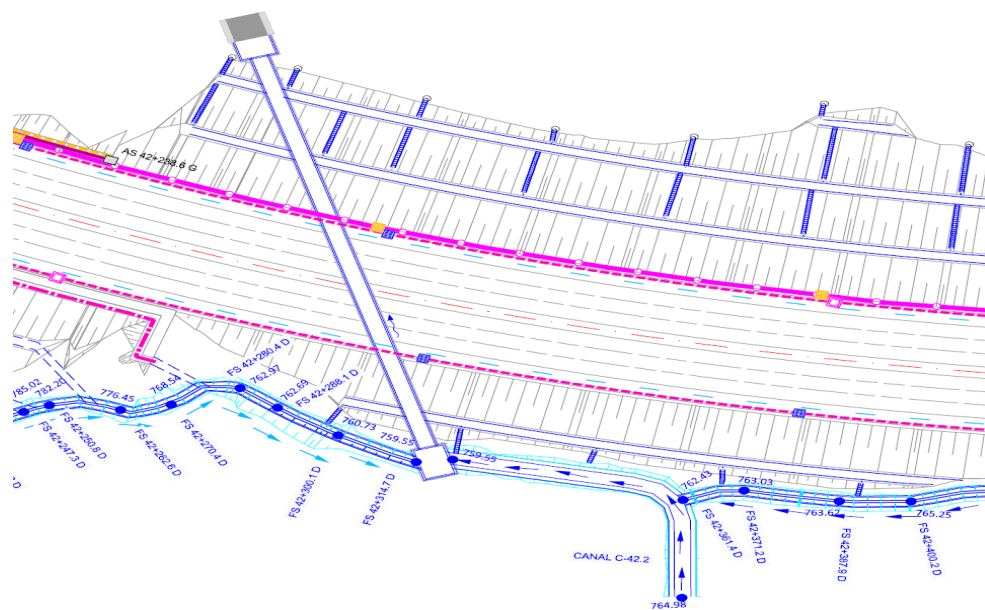
On a fait le dimensionnement du dalot au PK 42+200, au PK 42+361 le fossé de l'autoroute est réuni au canal C-42.2, qu'il recueille un oued avec un bassin versant (sous-bassin de BV 42-2) indiqué dans la figure en couleur verte.



**Figure IX.11 : Sous-bassin de BV 42-2.**

Le canal termine au dalot 42.2 et pour le calcul de l'écoulement du bassin a été utilisée la méthode rationnelle pour un temps de retour égale à 100 ans.

$$Q_{100} = 0.278 * C * I_{100} * A$$



**Figure IX.12 : Canal C-42.2.**

D'après la Formule de MONTANA :

$$I_{100} = \frac{A}{t_c^B}$$

Tableau IX.4 : Paramètres relatifs aux temps de retour.

Périodes de retour 100 ans		
Station météo	F. Montana	
	A	B
Texenna	42	0.53

Avec :

$$t_c = 0.127 * \sqrt{\frac{A}{i_\alpha}}$$

Tableau IX.5 : Les données du canal C-42.2.

Bassin versant	Surface de l'impluvium (km <sup>2</sup> )	Coefficient de ruissellement	Pente de l'Oued	Intensité décennale I <sub>100</sub> (mm/h)	Temps de concentration t <sub>c</sub> (t=100 ans)	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)
BV 42-2-a	0.526970	0.57	14.2%	88.51	0.245	7.39

Donc le débit à évacuer devient la somme du : (débit de fossé ouest (1.017m<sup>3</sup>/s) + le débit du canal c-42.2 (7.39 m<sup>3</sup>/s)

$$Q_T = 8.407 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pour le dimensionnement des dalots on prend :

$$Q_{ev} = Q_c = k * R_h^{\frac{2}{3}} * P^{\frac{1}{2}} * S_m$$

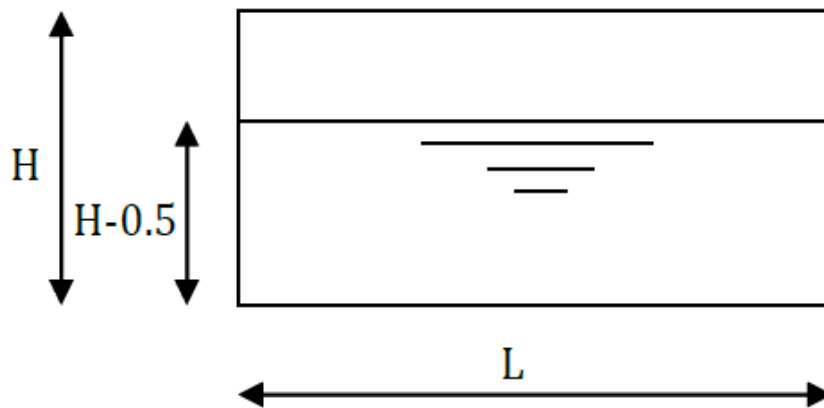


Figure IX.13 : Coupe transversale d'un dalot.



Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$H_r = 0.80 \times H \quad \text{si } H \leq 2 \text{ m}$$

$$H_r = H - 0.5 \quad \text{si } H > 2 \text{ m}$$

**H** : la hauteur du dalot

**La surface mouillée**

$$S_m = (H - 0.5) * L$$

**Le périmètre mouillé**

$$P_m = 2 * ((H - 0.5) + L)$$

**Le rayon hydraulique**

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{(H - 0.5) * L}{2 * ((H - 0.5) + L)}$$

$$Q_{ev} = Q_c = k * R_h^{\frac{2}{3}} * P^{\frac{1}{2}} * S_m$$

K : pour les dalots (béton armé) nous avons pris un coefficient de rugosité égal à 70.

On pose une pente longitudinale de l'ouvrage : P=0.1%

Et on fixe la largeur L=3 m

$$Q_{ev} = Q_c = 70 * \frac{(H - 0.5) * L^{\frac{2}{3}}}{2 * ((H - 0.5) + L)} * 0.001^{\frac{1}{2}} * (H - 0.5) * L$$

D'après le calcul on trouve :

H = 2.026 m, on prend:

H = 2 m

#### IX.4.2.3 Buse

La buse est un ouvrage transversal comme le dalot mais de section circulaire et exécutés exclusivement en béton armé ou en métal.



Figure IX.14 : Une buse.

### IX.4.2.3.1 Dimensionnements des buses

On a fait le dimensionnement de buse au PK 42+776, où nous avons un petit oued qui a un débit calculé en un bassin versant (BV 42-3) :



Figure IX.15 : Bassin versant 42-3.

Tableau IX.6 : Les données du BV 42-3.

BV	Coefficient de ruissellement	Intensité décennale (mm/h)	Surface de l'impluvium (km <sup>2</sup> )
42-3	0.3	136.5	0.1054

Le débit du bassin versant est calculé par la formule suivante :

$$Q_{ev} = 0.278 * C * I * A$$

$$Q_{ev} = 0.278 * 0.3 * 136.5 * 0.1054$$

$$Q_{ev} = 1.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donc le débit à évacuer devient la somme du : (débit de fossé Est (2.4135m<sup>3</sup>/s) +débit de fossé ouest (1.0376m<sup>3</sup>/s) + le débit du bassin versant (1.2 m<sup>3</sup>/s)

$$Q_T = 4.6511 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pour dimensionner les buses on prend :

$$Q_{ev} = Q_c = k * R_h^{\frac{2}{3}} * P^{\frac{1}{2}} * S_m$$

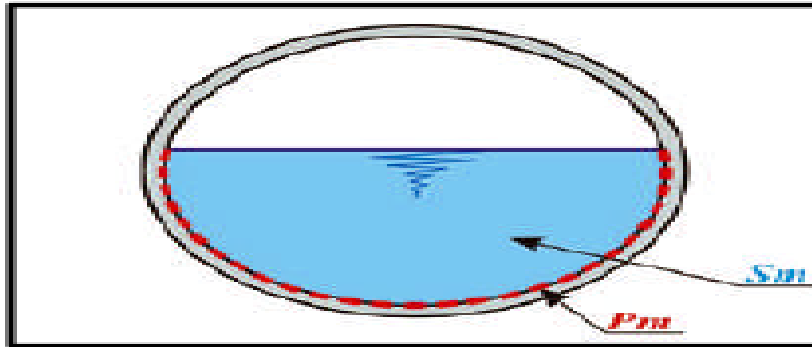


Figure IX.16 : Coupe transversale d'une buse.

Pour les buses, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$H_r = 0,75 \varnothing \quad \text{si } \varnothing \leq 1 \text{ m}$$

$$H_r = 0,80 \varnothing \quad \text{si } \varnothing > 1 \text{ m}$$

$\varnothing$  : diamètre de la buse

#### La surface mouillée

$$S_m = \frac{4}{5} * \pi * R^2$$

#### Le périmètre mouillé

$$P_m = \frac{4}{3} * \pi * R$$

#### Le rayon hydraulique

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\frac{4}{5} * \pi * R^2}{\frac{4}{3} * \pi * R} = \frac{3}{5} * R$$

**R** : rayon de la buse

Pour la pente hydraulique des buses (P), on prend :

P=1% c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé.

K : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 80 (aux buses préfabriqués).

On a :

$$Q_T = 4.3692 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{ev} = Q_c = 1000 * k * R_h^{\frac{2}{3}} * P^{\frac{1}{2}} * S_m = 80 * \left(\frac{3}{5} * R\right)^{\frac{2}{3}} * (0.01)^{\frac{1}{2}} * \frac{4}{5} * \pi * R^2$$

D'après le calcul on trouve :

$$R = 0.656 \text{ m}, \varnothing = 0.641 * 2 = 1.312 \text{ m}$$

On prend le diamètre de la buse :

$$\varnothing = 1.5 \text{ m}$$

## IX.5 Conclusion

Dans ce chapitre, on a montré le principe de dimensionnement hydraulique des principaux ouvrages d'assainissement de la plateforme routière et cela dans le sens longitudinal que selon le sens transversal à travers des exemples pratiques.

Les exemples choisis concernent le calcul des ouvrages suivant : fossé, buse et dalot.

On a bien que le principe de calcul hydraulique est le même, la seule différence est au niveau de l'évaluation du débit de ruissellement ou la délimitation des surfaces drainées reste différente.

*Chapitre X :*  
*Signalisation*

## X.1 Introduction

La signalisation routière permet d'informer les usagers, qu'ils soient conducteurs ou piétons, quant aux règles à respecter lors de leurs déplacements.

Qu'elle soit verticale ou horizontale, permanente ou temporaire, la signalisation routière a été conçue et intégrée dans le code de la route avec un objectif très précis : limiter les causes d'accident de la route.

## X.2 L'objectif de la signalisation routière

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.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.

## X.3 Règles à respecter pour la signalisation

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

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.[13]

## X.4 Catégories de signalisation

On distingue :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisages.
- La signalisation par bornages.
- La signalisation par dispositifs de fermeture (barrières).
- La signalisation permanente.
- La signalisation temporaire.
- La signalisation dynamique.[14]

## X.5 Les types de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

### X.5.1 Signalisation verticale






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







- Signalisation de danger.
- Signalisation de prescription.
- Signalisation d'indication.
- Signalisation de direction.
- Signalisation d'obligation.

#### X.5.1.1 La Signalisation de danger

Informent les usagers de la route sur les endroits où ils doivent redoubler de prudence en raison de la proximité d'une signalisation de prescription, d'obstacles ou d'un danger réel ou potentiel sur un chemin public ou à ses abords. Ils préviennent l'utilisateur qu'il devra, le cas échéant, être vigilant, ralentir, immobiliser son véhicule ou changer de voie. [12]

**Tableau X.1 : Panneau de danger.**





Type de panneau	Type de support	Description
	Poteau	Cédez le passage.
	Poteau	Cédez le passage à 150m.
	Poteau	Sens giratoire.
	Poteau	Succession de virage dangereux le premier à gauche.
	Poteau	Virage à gauche dangereux.

	Poteau	Virage à gauche dangereux à 200 m.
	Poteau	Virage à droite dangereux.
	Poteau	Virage à droite dangereux à 200 m.
	Poteau	Descente dangereuse supérieur à 6%.
	Poteau	Attention pente dangereuse 5.5%.
	Poteau	Attention pente dangereuse à 800 m.





**X.5.1.2 La Signalisation de prescription**

Sont ceux qui ont un caractère d'obligation ou d'interdiction pour les usagers de la route ainsi que ceux qui rappellent certaines dispositions légales. [12]

**Tableau X.2 : Panneau de prescription.**

Type de panneau	Type de support	Description
	Poteau	Accès interdit au véhicule dont la hauteur est supérieure à 5,25 m.
	Poteau	Accès interdit au véhicule dont la hauteur est supérieure à 5,25 à 200m.
	Poteau	Vitesse limitée à 90 km/h.
	Poteau	Vitesse limitée à 80 km/h.










	Poteau	Limitation de vitesse à 40 Km/h.
	Poteau	Interdiction de tourner à gauche.
	Poteau	Sens interdit.
	Poteau	Interdiction de tourner à droite.

**X.5.1.3 La Signalisation d'indication**

Donne à l'usager des indications sur une destination, une distance, une direction, un nom de rue, un point d'intérêt ou des services. [12]

**Tableau X.3 : Panneau d'indication.**











Type de panneau	Type de support	Description
	Poteau	Bande d'arrêt d'urgence.
	Poteau	Emplacement d'arrêt d'urgence à 150 m.
	Poteau	Emplacement Voie de détresse.
	Poteau	Emplacement Voie de détresse à 150 m.
	Poteau	Emplacement Voie de détresse à 500 m.

	Poteau	Début de l'autoroute.
	Poteau	Fin de l'autoroute.

**X.5.1.4 La Signalisation de direction**

L’objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l’itinéraire. Qu’ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d’un rectangle terminé par une pointe de flèche. D’angle au sommet égal à 75°. [12]

**Tableau X.4 : Panneau de direction.**

Type de panneau	Type de support	Description
	Poteau	Panneau d'indication de direction.
	Poteau	Panneau d'indication de direction.
	Poteau	Panneau d'indication de direction.
	Poteau	Panneau d'indication de direction.
	Poteau	Panneau d'indication de direction.
	Poteau	Panneau d'indication de direction.
	Portique	Panneau d'indication de direction.
	Portique	Panneau d'indication de direction.
	Portique	Panneau d'indication de direction.
	Portique	Panneau d'indication de direction.

	Poteau	Panneau d'indication de direction.
	Poteau	Panneau d'indication de direction.
	Poteau	Panneau d'indication de direction.
	Poteau	Panneau d'indication de direction.
	Poteau	Panneau d'indication de direction.
	Poteau	Panneau d'indication de direction.
	Poteau	Panneau d'indication de direction.

**X.5.1.5 La Signalisation d’obligation**

La signalisation d’obligation est l'ensemble des équipements de la voirie destinés à enjoindre aux usagers de la route le respect de certaines prescriptions impératives locales. [12]

**Tableau X.5 : Panneau d’obligation.**

Type de panneau	Type de support	Description
	Poteau	Sens giratoire.
	Poteau	Contournement obligatoire par la droite.

**X.5.2 Signalisation horizontale**

La signalisation horizontale a pour but d’indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d’usages.

Le marquage des chaussées joue un rôle essentiel dans la sécurité routière, il est obligatoire sur autoroute.

Le rôle essentiel de la signalisation horizontale est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière. Un autre rôle est de compléter la signalisation verticale.

Le marquage de la chaussée est réalisé par plusieurs catégories de marques.

### **X.5.2.1 Caractéristiques générales des marques**

#### **X.5.2.1.1 Couleur des marques de chaussée**

Les couleurs utilisées pour les marquages sur la chaussée sont le blanc et le jaune, dont le jaune est pour T4 et de la délimitation du TPC, et le blanc pour d'autres marquages.

Les caractéristiques des peintures ou matériaux utilisés, notamment la durabilité et le rétro-réfléchissement.

#### **X.5.2.1.2 Largeur des lignes**

Les largeurs de ligne sont définies par rapport à une unité U, Les valeurs de U sont :

U = 7,5 cm Sur l'Autoroute et les bretelles des diffuseurs, des nœuds autoroutiers et D'entrée/sortie Sur aires.

U = 6 cm Sur les bretelles de sortie de l'Autoroute après les péages, sur les bretelles d'entrée de l'Autoroute avant les péages et sur les RN.

U = 5 cm Sur toutes les autres routes qui ne sont pas nationales.

#### **N.B**

La valeur de U doit être homogène sur tout un itinéraire. [9]

#### **X.5.2.1.3 Lignes longitudinales**

Pour notre projet la route est de type "autoroute", donc la valeur de U est 7.5 cm.

Tableau X.6 : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées.

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T'3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3U
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3U

## X.5.2.1.4 Caractéristiques des lignes discontinues

Tableau X.7 : Les caractéristiques des lignes discontinues.

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre 2 traits successifs	Rapport plein/vide	Couleur
Axial Longitudinal	T1	3	10	1/3	Blanc
	T3	3	1.33	3	Blanc
Rive	T2	3	3.5	1	Blanc
	T'3	20	6	3	Blanc
	T4	39	13	3	Jaune

SIGNALISATION HORIZONTALE - MODULATION ET TYPOLOGIE			
N°	Type Ligne	Modulations description	Modulations
1	CONTINUE 3U	LIGNE LONGITUDINALE CONTINUE	
2	T1 - 2U	LIGNE LONGITUDINALE DISCONTINUE	
3	T4 - 3U	LIGNE LONGITUDINALE DISCONTINUE	
4	T2 - 5U	LIGNE LONGITUDINALE DISCONTINUE	
5	T3' - 3U	LIGNE LONGITUDINALE DISCONTINUE	
6	T3 - 2U	LIGNE LONGITUDINALE DISCONTINUE	

Figure X.8 : Types de modulation. [12]

### X.5.2.1.5 Lignes transversales

**Ligne stop**, avec une largeur de 50 cm.

**Ligne Cédez le Passage**, largeur de T'2.

### X.5.2.1.6 Les flèches

- **Les flèches de rabattement** : Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

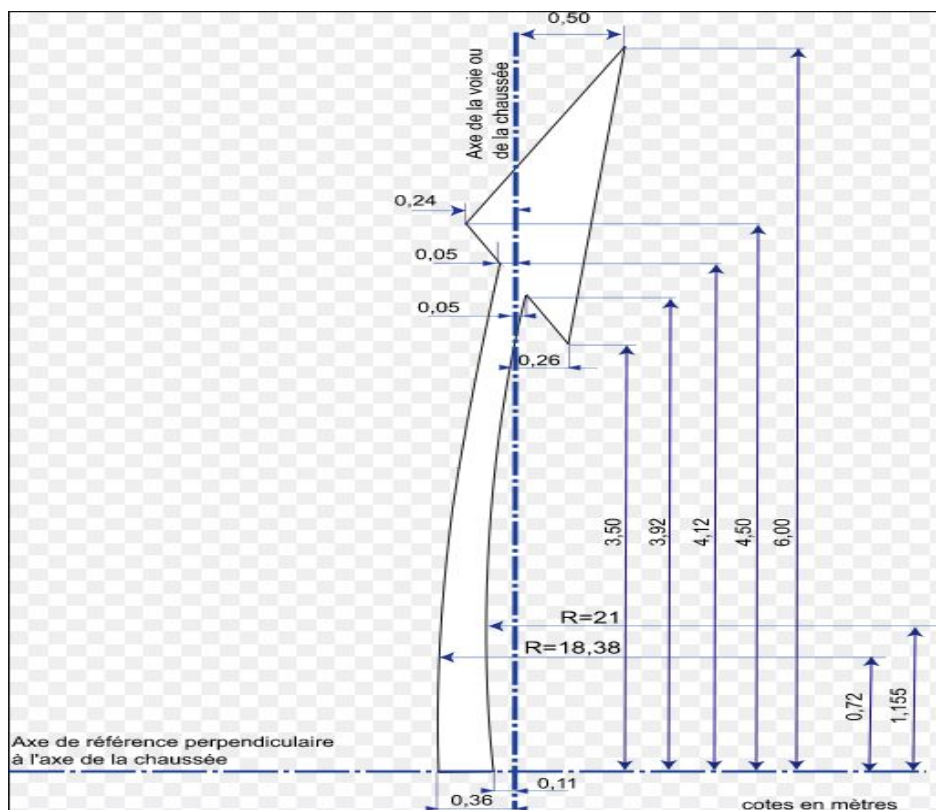


Figure X.2 : flèche de rabattement



*Chapitre XI :*

*Echangeur*



## XI.1 Introduction

L'échangeur est un croisement étagé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.

Son implantation doit permettre de respecter les conditions générales de visibilité et de perception du point d'échange.

Un échangeur autoroutier est un ensemble de bretelles routières permettant de s'engager sur une autoroute ou de la quitter soit pour prendre une autre autoroute soit pour emprunter le réseau routier ordinaire.

Les échangeurs se trouvent donc aux intersections entre autoroutes, ou entre une autoroute et un autre type de route. Ils permettent d'éviter tout croisement à niveau et également tout ralentissement sur les chaussées principales de l'autoroute.

Un échangeur autoroutier compte au minimum un pont permettant à une Autoroute d'enjamber l'autre dans les cas les plus complexes, les chaussées peuvent s'étagé sur quatre niveaux différents (échangeur dit "Four-stack").

Un échangeur peut être complet (bidirectionnel) ou partiel (donnant accès à une seule direction de l'autoroute).

## XI.2 Rôle de l'échangeur

Le but d'un échangeur est d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans le sens considéré selon l'ordre d'importance et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt provoquant des pertes de temps. [16]

## **XI.3 Les avantages et les inconvénients de l'échangeur**

### **XI.3.1 Les avantages de l'échangeur**

- Facilité aux usagers un déplacement dans des bonnes conditions de confort et de sécurité.
- Evite les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Evite les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérables « Problèmes d'encombrement bouchon ».
- Evite les contraintes d'arrêt et de reprise.
- Assure la continuité du réseau autoroutier.

### **XI.3.2 les inconvénients de l'échangeur**

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être pleinement justifiée.

## **XI.4 Règle de conception**

La conception est l'étape la plus déterminante d'un projet puisqu'elle tient compte du prix de revient comparativement aux avantages procurés à moyen et long terme, est pour alléger son prix de revient en évite :

- Passage sur terrain agricole.
- Les longs alignements droits.
- Les terrassements importants.
- Passage au voisinage ou sur des habitations et édifices publics.
- Passages sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement.
- Les sections à forte déclivité.
- Les sites en courbures à faibles rayons.

## **XI.5 Type des échangeurs**

Les échangeurs seront conçus dans un cadre largement opérationnel et sur la base des coûts relatifs afin de déterminer les configurations les plus appropriées.

Les échangeurs entre l'autoroute et les routes transversales peuvent être du type :

- Echangeur majeur : raccordement autoroute- autoroute.
- Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

### XI.5.1 Echangeurs majeurs

L'échangeur majeur raccorde entre autoroute et autoroute sans qu'il y ait cisaillement dans les deux autoroutes à raccordement sont :

- Trèfle complet quand il y a quatre branches à raccorder.
- Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

#### XI.5.1.1 Type trèfle complet

C'est l'un des tout premiers types d'échangeurs, apparu dans les années 30 aux États-Unis. Il est très utilisé également en Allemagne.

C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise, et qui est généralement justifié par un trafic important comprend également des collectrices latérales, destinées à éviter les croisements de flux de circulation.

Il est utilisé pour raccordement à quatre branches, il comporte quatre boucles, quatre diagonales, ce type permet toutes les liaisons sans cisaillement moyennant un seul ouvrage d'art, et la nécessité permettre les boucles et nécessairement Lente, et la nécessité d'y incorporer des voies collectives et distributrices pour permettre les entrées sans croisement le rend finalement très coûteux.



Figure XI.1 : Échangeur trèfle complet.

### XI.5.1.2 Type bifurcation « Y »

Pour le raccordement à trois branches on utilise le type « Y » tel que la branche qui présente le plus faible doit se détacher par la droite de tronc principal en rejoignant par le droit le même tronc principal.

Ce type a une structure asymétrique qui offre une excellente connexion avec les caractéristiques des autoroutes continues.

#### N.B

Pour le raccordement plus que quatre branches on a recours soit :

- Au giratoire qui comporte ou moins un ouvrage d'art.
- Au directionnel qui comporte beaucoup d'ouvrage d'art



Figure XI.2 : Échangeur bifurcation « Y ».

### XI.5.2 Echangeur mineur

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernant par le raccordement sont :

- Losange.
- Demi-trèfle.

#### XI.5.2.1 Type losange

Il est composé de quatre diagonal unidirectionnel est un carrefour à niveau sur la route secondaire, les quatre diagonal sont symétrique entre elle par rapport à l'axe de l'autoroute il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.





Figure XI.3 : Échangeur losange.

### XI.5.2.2 Type demi-trèfle

Comporte deux boucles et deux diagonales et un carrefour à niveau sur la Route secondaire, il est envisagé de préférence au schéma de type losange dans le cas en particulier d'une distribution nettement dissymétrique des trafics d'échange dans la mesure de possible utilisation des boucles en voies d'entrée ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité.

Généralement on a deux types de demi-trèfle :

- Demi-trèfle symétrique.
- Demi trèfle asymétrique « quadrant opposé ».

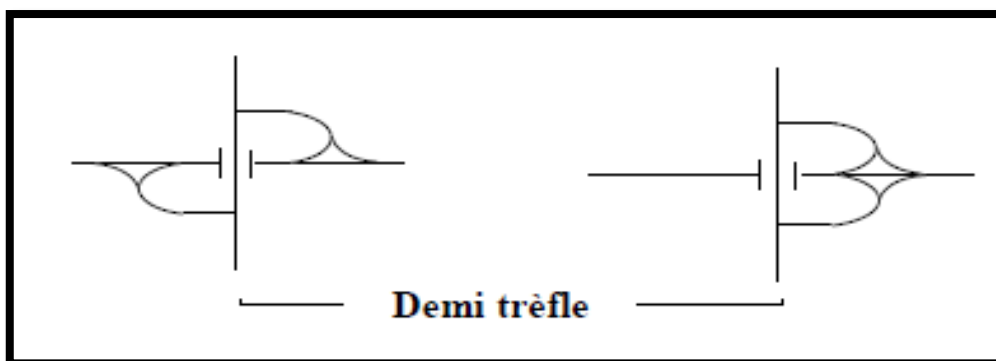


Figure XI.4 : Échangeur demi-trèfle.

### XI.5.3 Trompette

Utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches il comporte :

Alignement droit commun à toutes les bretelles.

- Une boucle « entrée ou sortie ».

- Une diagonale de sortie.

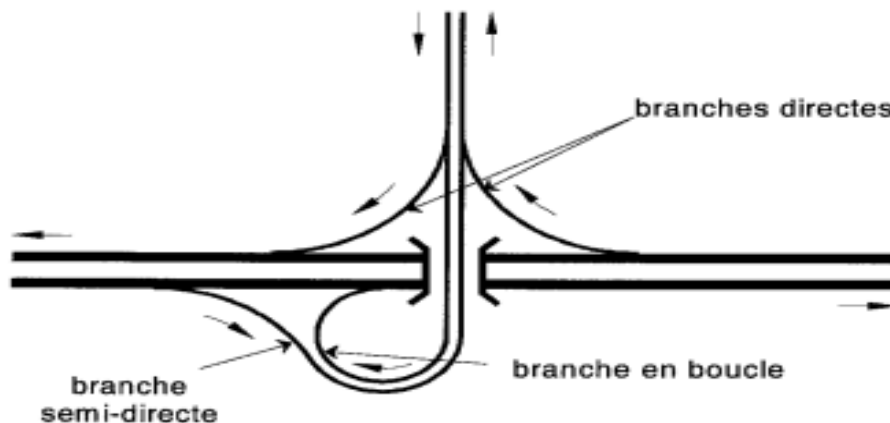


Figure XI.5 : Échangeur Trompette.

## XI.6 Constituons des échangeurs

Les échangeurs sont constitués des éléments suivants :

- Pont.
- Carrefour (s) plans (s).
- Bretelles. [9]

### XI.6.1 Pont

Le fait qu'on parle d'échangeur « qui n'est rien d'autre qu'un carrefour dénivelé implique impérativement une dénivellation de courant qui est assurée par le passage supérieur, ce passage supérieur est un ouvrage d'art désigne pont.

Le nombre d'ouvrage d'art « pont » dans un échangeur est en étroite relation avec :

- Le type d'échangeur choisi.
- La condition de coordination profil en long-tracé en plan.
- Les contraintes du terrain d'implantation.
- Les instructions et réglementation de conception.

### XI.6.2 Carrefour plan

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements autoroute-route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs sécurité commodité et débit. Un compromis entre ces conditions doit être recherché.

### XI.6.3 Bretelles

Ce sont des voies qui se détachent et se raccordent de/et vers l'autoroute « route ordinaire » du côté droit de la chaussée considérée, terminent à une de ses extrémités par une

voie de décélération et à l'autre par des voies d'accélération, comportant une section de manœuvre et une section de décélération proprement dite, dont les caractéristiques découlent principalement de la vitesse d'insertion des véhicules sur l'autoroute ou de départ de celle-ci.

### XI.6.3.1 Type de bretelles

Il y a trois types de bretelles, leurs combinaisons nous donnent plusieurs types d'échangeurs :

- Bretelles diagonales
- Bretelles anse
- Bretelles en boucle

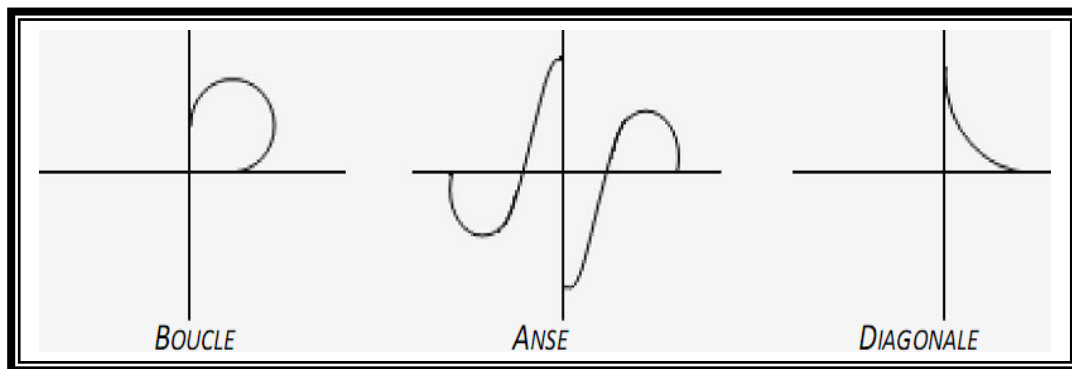


Figure XI.6 : Type de bretelles.

## XI.7 Choix du type de l'échangeur

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « Avantages, inconvénient... » et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée ou cas qui présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre.

Pour ce but on suit les étapes suivantes :

### 1<sup>ère</sup> Etape

Détermination du tracé à partir de :

- Type de route et nombre de branches à raccorder.
- Présentation du site d'implantation.
- Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.
- Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.

### 2<sup>ème</sup> Etape

Configuration du tracé à adopter :

L'échangeur à adopté doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garant en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume da le suivant :

- Tracé respectant les valeurs limitées de conception « valeur de rayon, d'alignements ».
- Longueurs des voies « insertion, décélération » réglementaires.

### **3<sup>émé</sup> Etape**

Analyse :

C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilité, de confort et de sécurité.

## **XI.8 Types de routes à raccorder**

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement qui relie les bretelles à la route nationale RN77 au Nord.

## **XI.9 Les diffuseurs**

Le type de diffuseur est choisi en fonction des échanges à assurer, de l'intensité des trafics, du mode d'exploitation et de la configuration du site. Cette dernière contrainte peut conduire au choix d'un diffuseur de type giratoire dénivelé. Ces giratoires, notamment en position supérieure, sont à éviter pour les raisons suivantes :

- Problèmes de sécurité liés à l'implantation des dispositifs de retenue nécessairement implantés sur l'anneau central.
- Difficultés pour respecter les règles de visibilité au niveau des attaches des bretelles d'entrée sur la chaussée annulaire.
- Vitesses élevées pratiquées sur l'anneau.
- Coût élevé en raison notamment de la réalisation des deux ouvrages d'art en courbe.

Si la localisation d'un échangeur sur une autoroute résulte de considérations socioéconomiques, l'implantation des accès sur les chaussées de cette autoroute doit intégrer l'ensemble des règles et recommandations suivantes :

- Éviter les interférences fonctionnelles entre accès.
- En plus des règles de visibilité sur obstacle, respect des règles de visibilité spécifiques aux accès.



- Éviter les implantations dans des zones géométriquement tourmentées (sinuosité forte, déclivité élevée) générant un cumul des contraintes (accélérations transversales + manœuvres de changement de file).

On distingue les nœuds qui assurent les liaisons entre autoroutes et les diffuseurs qui relient l'autoroute à la voirie ordinaire. [15]

### XI.10 Nœuds

La configuration d'un nœud et les caractéristiques géométriques de ses branches résultent en premier lieu de l'importance des différents courants de circulation.

Un courant supérieur à 800 uvp/h justifie deux voies de circulation pour la branche associée.

A la jonction de deux courants nettement dissymétriques, la branche portant le courant secondaire se rattache à la branche supportant le courant principal ou s'en détache par la droite. Cette règle est indicative si le trafic est modéré sur le tronc commun des deux branches. [15]

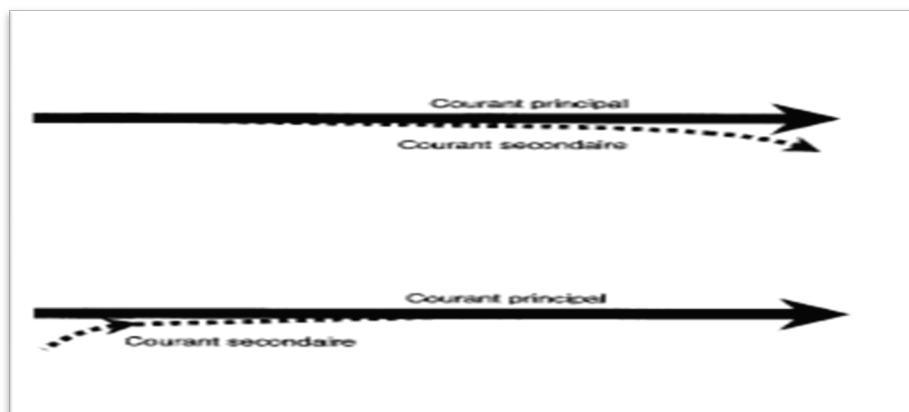


Figure XI.7 : Courant de circulation.

### XI.11 Application au projet

L'échangeur Djimla 2 situé au Pk de début 45+260 et comme Pk final 46+880, par une longueur totale de 1620 m, dans cette section est aussi analysée l'Echangeur Djimla-2 au PK 46+096.

L'échangeur se compose des bretelles de liaison de l'autoroute à deux ronds-points qui relient les routes existantes, au nord et au sud.

La traversée de la RN77 est restaurée avec un passage supérieur à l'autoroute reliant les deux ronds-points.

Ce dernier a pour le but d'assurer la continuité et la fluidité de la circulation à ce niveau et de permettre d'effectuer les différents échanges dans la région.

### XI.11.1 Détermination du tracé

#### XI.11.1.1 Présentation du site d'implantation

Le terrain qui reçoit l'échangeur est un terrain montagneux.

#### XI.11.1.2 Types de routes à raccorder

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre :

La route nationale RN77 (1x2voies) avec la pénétrante (2x3voies) au niveau de cheddia donc l'échangeur et de type losange ou « lunette ».

#### XI.11.1.3 Etude du trafic

##### 1. Pour la pénétrante

L'estimation du trafic pour la pénétrante à l'horizon de 2023 (année de mise en service) est égale à **11300 v/j/sens** (voir chapitre II Etude du trafic).

Nombre de voies = 2x3 (déterminé dans le chapitre II)

##### 2. Pour la RN77

C'est une route nationale unidirectionnelle de 1x2 voies de 3.5 m chacune avec une vitesse de référence de 60 Km/h.

##### 3. Pour les bretelles et les boucles

On estime un TJMA de 20 % de celui de la pénétrante, donc il est de **2260 v/j**.

$$TJMA_{2023} = 2260 \text{ V/J}$$

$$TJMA_{2043} = (2260) \times (1 + 0.04)^{20} = 4952 \text{ V/J}$$

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0.33) + 8 \times 0.33] \times 4952 = 16392 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{2043} = 0.12 \times 16392 = 1967 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{adm}_{2043}} = 0.95 \times 0.91 \times 1800 = 1556 \text{ uvp/h}$$

$$N = (2/3) \times (1967/1556) = 0.84 \approx 1$$

##### 4. Distribution du trafic

- Le croisement est de (7) branches.
- L'échangeur distribue le trafic dans trois (3) directions.

#### XI.11.1.4 Vitesse sur les bretelles

La vitesse de référence des véhicules d'une section de l'autoroute est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ses points particuliers.

Le respect des conditions liées à cette vitesse minimale, permet de garantir l'homogénéité des caractéristiques d'une section de route, la sécurité et le confort de la conduite :

- La vitesse sur la pénétrante est **90Km/h**.
- La vitesse sur la RN 77 est **60 à 80 Km/h**.
- La vitesse sur l'échangeur est **40 à 60 Km/h**.

**Tableau XI.1** : Les valeurs de la vitesse dans les bretelles.

Section	V <sub>B</sub> (km/h)
Section de sortie « décélération »	60
Section d'entrée « accélération »	50
Boucle	40

#### XI.11.2 Configuration de tracé à adopter

##### XI.11.2.1 Caractéristiques géométriques des bretelles

D'après l'ICTAAL 2000 les bretelles des diffuseurs, généralement, sont à **1** ou **2** voies.

##### XI.12.2.1.1 Trace en Plan des Bretelles

**Tableau XI.2** : Valeur limites des rayons.

Rayon	Symbole	1 voie sortie	1 voie boucle
Rayon min	R <sub>m</sub> (m)	40(7%) et 100 le premier rayon rencontré	40 (7%)
Rayon min non déversé	R <sub>nd</sub> (m)	300	/
Rayon max dans la boucle	R <sub>max</sub>	/	60

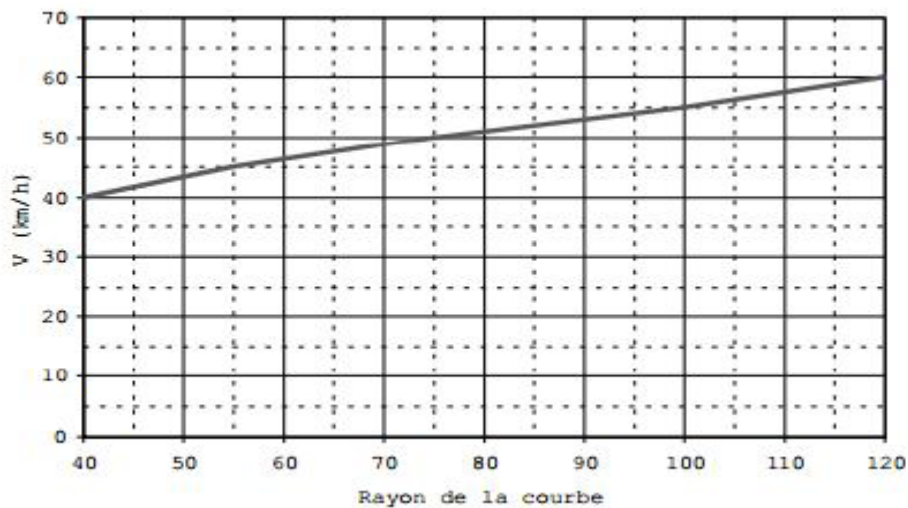


Figure XI.8 : Vitesse conventionnelle dans une bretelle en fonction du rayon de la courbe.

Les valeurs limites des rayons pour notre tracé en plan des bretelles sont illustrées dans le Tableau (XI.3).

Tableau XI.3 : Les valeurs limites des paramètres du tracé en plan.[3]

Section	$V_B$ (km)	Rayon (m)
Section de sortie « Décélération »	60	120
Section d'entrée « Accélération »	50	75
Boucle	40	40

### Zones de décélération et d'accélération

Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisé en entrée par une voie d'insertion, et en sortie par une voie de décélération. [9]

#### a. La zone de décélération

Les sorties à une voie sont le cas le plus courant pour les diffuseurs.

Le dispositif de sortie comporte successivement :

- Une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de 150 m Jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m ;
- Une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 m) à la fin de la

section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée (voir figure XI.9), avec une décélération en palier de 1,5 m/s<sup>2</sup>.

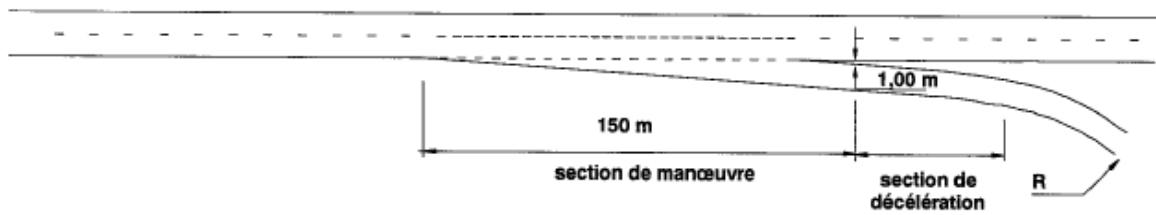


Figure XI.9 : Dispositif de sortie de l'autoroute.

**b. La zone d'accélération**

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5%. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle (voire figure XI.10), doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de 1 m/s<sup>2</sup>.
- Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m et large de 3,50 m ;
- Un biseau long de 75 m.

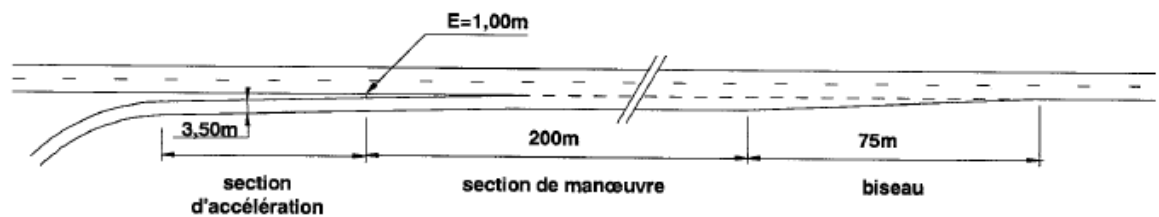


Figure XI.10 : Dispositif d'entrée en autoroute.

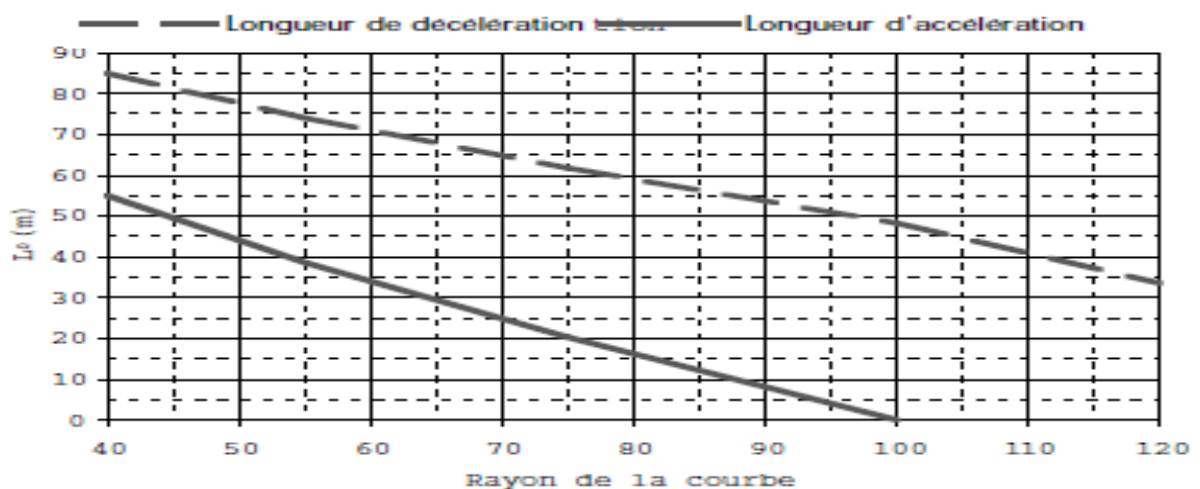


Figure XI.11: Longueur « d'accélération/décélération » en fonction du rayon.

La longueur de décélération et d'accélération en palier en fonction du rayon.

**Tableau XI.4 :** Valeurs de  $L_0$  en fonction de R.

Section	Rayon (m)	L0 (m)
Section de sortie « Décélération »	120	35
Section de sortie « Décélération »	75	20
Boucle	40	/

### XI.12.2.1.2 Profil en long d'une bretelle

**Tableau XI.5 :** Les valeurs limites des paramètres du profil en long.

Déclivité maximale	6 %
Rayon minimal en angle saillant	1 500 m
Rayon minimal en angle rentrant	800

### XI.11.2.1.3 Profil en travers d'une bretelle

L'établissement des profils en travers est basé sur les expériences antérieures sur des projets similaires ou en construction en Algérie, bretelle unidirectionnelle à une voie : selon L'ICTAAL.

**Tableau XI.6 :** Les valeurs limites des paramètres du profil en travers.

Chaussée	Unidirectionnelle	3.5 m + S
	Bidirectionnelle	7 m + S
B.D.D		1.00 m
B.D.G		0.50 m

Dans une courbe de rayon  $R < 100$  m, une surlargeur  $S = \frac{50}{R}$  par voie est à introduire.

#### XI.11.2.1.4 Profils en travers types des bretelles

Tableau XI.7 : Bretelle unidirectionnelle à une voie.

	Berme(m)	BAU(m)	BDG(m)	Sur largeur	BDD(m)	Chaussée(m)
Section de sortie « Décélération »	1	2	0.5		1	3.5+S+BAU =3.5+2=5.5
Section d'entrée « Accélération »	1	2	0.5	$S = \frac{50}{R} = \frac{50}{75}$ = 0.7	1	3.5+S+BAU =3.5+2+0.7=6.2

#### XI.11.2.1.5 Profil en travers types des boucles

Tableau XI.8 : Profil en travers type d'une boucle.

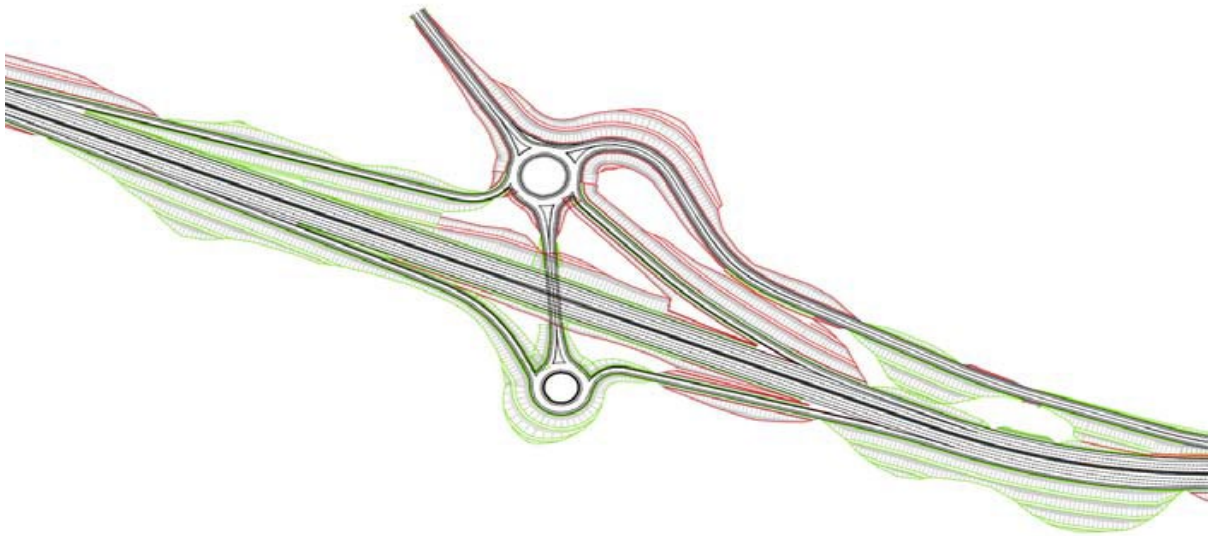
Berme(m)	BDD(m)	BDG(m)	Sur largeur(m)	Chaussée(m)
1	1	0.5	$S = \frac{50}{R} = \frac{50}{40} = 1.25$	3.5 + S = 3.5 + 1.25 = 4.75

#### XI.12.2.1.6 Condition de visibilité

Le tableau suivant représente les Principales distances de visibilité.

Tableau XI.9 : Principales distances de visibilité.

Vitesse	90 km/h = 25m/s
Décélération moyenne $\gamma(v)$	0.4
Distance d'arrêt en palier ( $p=0$ )	130
Distance de manœuvre en sortie $D_{ms}$ (et changement de file)	150
Distance de visibilité sur marquage $D_{vm}$	75
Distance de lecture $D_1$	125

**XI.12 Conclusion**

**Figure XI.12** Vue en plan général (échangeur Djimla-2).

Après l'analyse qui est faite sur le choix de l'échangeur qui raccordera l'autoroute Jijel-el Eulma en (2x3) voies avec la RN 77 (1 x2), sera constitué de sept (07) branches et comme le trafic de ces derniers est très important, ce type d'échangeur est le mieux qui répond à tous ces critères.



*Chapitre XII :*  
*Impact sur*  
*l'environnement*

## **XII.1 Introduction**

L'étude d'impact sur l'environnement s'inscrit dans le cadre de la réalisation de l'autoroute est-ouest.

Dans ce chapitre, on va faire décrire l'étude d'impact de la pénétrante port Djen-Djen – autoroute est-ouest, sur l'environnement urbain et naturel et cela selon un protocole et sur les composants principaux de chaque milieu, qui vont donner une image plus claire et nette sur les impacts.

L'étude se base sur un protocole analytique et descriptif de l'état actuel de milieu urbain et naturel, et Les prédictions des impacts du projet pendant l'exploitation comparé avec les cas proches et similaires des infrastructures pareilles déjà réalisées, aussi un questionnaire est élaboré pour présenter et évaluer l'avis des habitants à propos de cette infrastructure.

## **XII.2 rappel descriptif de la pénétrante**

Le projet de pénétrante autoroutière reliant le port de Djen-Djen (Jijel) à l'autoroute est-ouest au niveau de l'échangeur d'El Eulma (Sétif) sur 110 km a été présenté par le bureau d'études canadien SNC-Lavalin.

Le tracé de cet axe autoroutier qui traverse trois wilayas (Jijel, Mila et Sétif) et qui chevauche dans certains endroits l'actuelle RN 77 (Jijel – Texenna – Djimla – El Eulma) fait ressortir un nombre important de communes et de centres de vie qu'il faudrait "éviter".

Ce projet structurant dont l'étude a été réalisée par le bureau d'études canadien SNC-Lavalin pour une durée de dix-huit (18) mois, totalisera 33 viaducs dont 11 sur le territoire de la wilaya de Jijel, 4 à Mila et 18 à Sétif sur un linéaire de 15 km, 19 passages supérieurs, 15 passages inférieurs et 11 ponts, ainsi qu'un tunnel à Texenna, selon l'étude.

La pénétrante aura 2 fois 2 voies, extensible à 2 x 3 voies.

## **XII.3 Protocole de l'étude**

La démarche adoptée pour l'étude est basée sur une approche descriptive analytique qui permet l'intégration des considérations environnementales dès la planification du Projet et tout au long de sa réalisation, Elle est conforme à la pratique établie par la législation nationale et comprend six (6) étapes principales présentées dans la figure suivante :

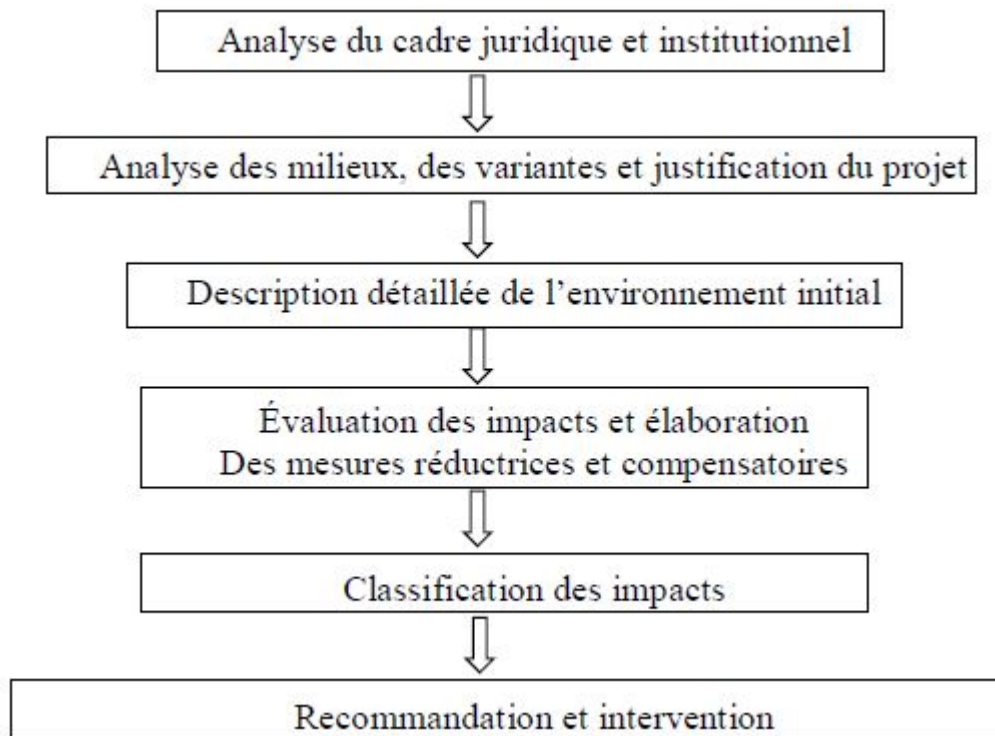


Figure XI.1 : La démarche adoptée pour l'étude.

### XII.3.1 Analyse du cadre juridique et institutionnel

#### XII.3.1.1 Cadre juridique

Le Gouvernement algérien conscient de l'importance de la protection de l'environnement dans les projets d'infrastructures, pour permettre l'amélioration des conditions de vie, a mis en place, depuis plusieurs années un cadre législatif qui tient compte des questions Environnementales et sociales lors de la réalisation de ses propres projets de développement.

Conformément au Décret exécutif n° 90-78 du 27 février 1990 relatif aux études d'impact sur L'environnement, La législation en matière de gestion de l'environnement est encadrée par la loi N° 83-03 du 5 février 1983 qui fixe la Politique Nationale en matière de protection des ressources naturelles et la prévention de toute forme de pollution de l'environnement.

Les modalités d'application de cette Loi ainsi que les interventions requises visant en général la protection de Certains domaines connexes de l'environnement, ont été avec le temps appuyées par un cadre réglementaire composé de d'autres lois et décrets.

**XII.3.1.2 Cadre administratif**

Plusieurs acteurs institutionnels nationaux sont chargés d'assurer un encadrement dans l'application et le respect de la législation en matière d'environnement et, dans une forme plus extensive, dans celui des études environnementales. Ces acteurs sont aussi bien des administrations et des organismes chargés de l'environnement soit :

- Le Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de la Ville (MATEV).
- La Direction Générale des Forêts (DGF).
- L'Agence Nationale de la Conservation de la Nature (ANCN).
- Les Directions de l'environnement au niveau des wilayas.

**XII.3.2 Analyse des milieux, variantes et justification du Projet****XII.3.2.1 Analyse territoriale et morphologie de la pénétrante Djen-Djen-El Eulma**

Dans la Phase préliminaire, trois variantes du tracé ont été élaborées et analysées par le bureau Hamza international, à fin d'assurer un couloir optimal sur le niveau technique, économique et environnemental.

Suite à l'analyse comparative des 3 variantes, la variante N°3 est jugée la plus préférable et qui limite le déplacement involontaire des populations.

L'avant-projet sommaire considère que la variante N°3 est le meilleur tracé, cependant il n'est pas optimisé au niveau du barrage de Tabellout.

Pour cela la variante N °3 est modifiée en variante 3A.

L'avant-projet détaillé de tracé réalisé par le groupement SNC- Lavalin/CTTP qui consiste en l'analyse et l'optimisation d'APS afin de permettre une intégration harmonieuse selon plusieurs critères.

Le passage de la pénétrante traverse les Wilayas de Jijel, Mila et Sétif, dont le projet se développe dans un environnement presque plat dans la vallée d'oued Djen-Djen, puis il se prolonge au Sud dans un relief très montagneux (massif de Tamazguida).

Il passe à proximité des agglomérations d'Ain Sebt et de Beni Aziz pour rejoindre l'autoroute Est-Ouest au niveau de l'échangeur d'El Eulma. [17]

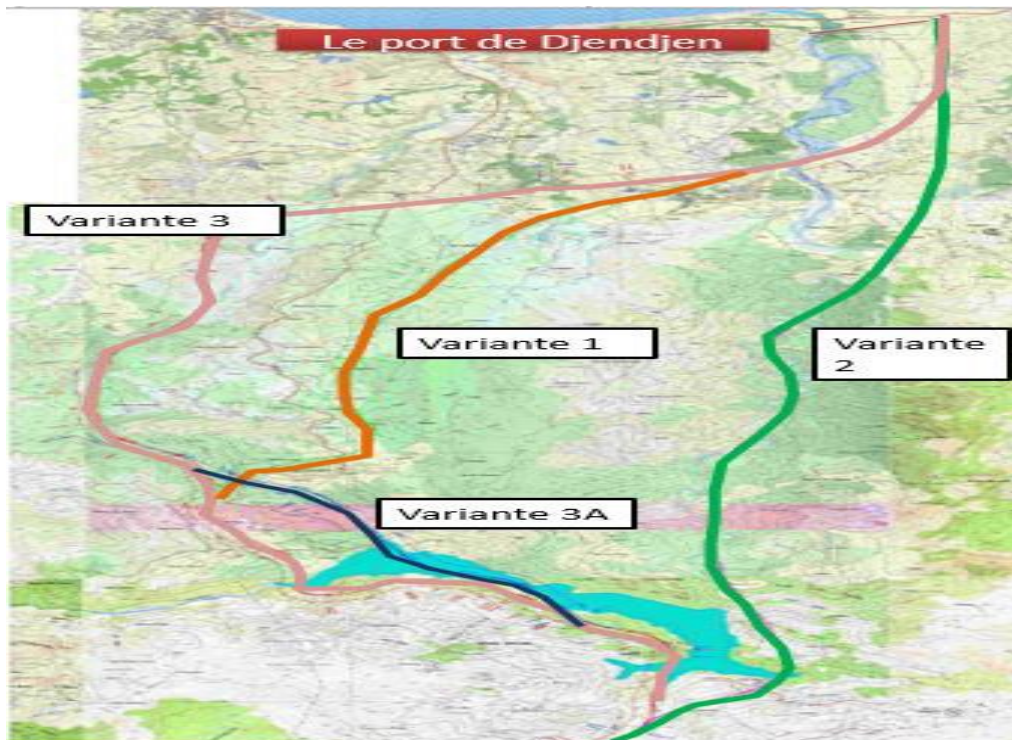


Figure XI.2 : Les 3 variantes du tracé de la pénétrante.

### XII.3.2.2 Territoire de la Pénétrante autoroutière Djen-Djen-El Eulma

#### XII.3.2.2.1 Wilaya de Jijel

La wilaya de Jijel se situe au Nord-Est de l'Algérie à 357 Km à l'Est de la capitale Alger, entre les wilayas de Bejaia à l'Ouest, Sétif au Sud-ouest, Constantine au Sud et au Sud-Est, Skikda à l'Est et la mer méditerranée au nord. Le territoire de la wilaya a une superficie qui s'élève à 2577 Km<sup>2</sup>.

La wilaya de Jijel présente de grandes potentialités, qui peuvent donner accélération à l'économie du territoire et du pays, grâce à sa position géographique importante et l'ouverture sur la méditerranée. Elle est principalement caractérisée par un relief montagneux (82 %) contribuant à son isolement et son cloisonnement et à la faiblesse des bases productives locales.

La réalisation et l'achèvement de la pénétrante avec l'autoroute est-ouest sera un autre potentiel pour la Wilaya.

Le tracé de la pénétrante au niveau de la wilaya passe par de nombreux milieux parfois urbains, semi urbains et parfois ruraux et souvent par des milieux naturels importants le long du tracé, Notamment les montagnes et les forêts de Texanna et Djimla et des agglomérations plus ou moins importantes, notons celles de Tlata, Emir Abd El Kader et Kaous.

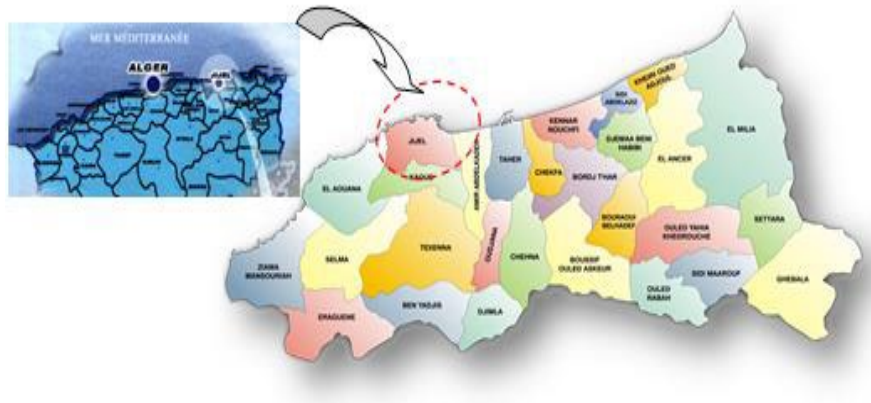


Figure XI.3 : Localisation de la région de Jijel.

### XII.3.2.2 Wilaya de Mila

La wilaya de Mila est située dans le nord-est algérien limité par les Wilayas de Jijel et Skikda au nord, Constantine à l'est, Sétif à l'Ouest et Batna et Oum El Bouaghi au sud, à quelque 30 km de la zone littorale de la Méditerranée. Elle est aussi dans la partie Est de l'Atlas tellien. Elle se caractérise par un relief varié constitué essentiellement de 3 zones morphologiques, Montagnes et de collines au nord (montagnes djebel M'Sid aicha, djebel zouagha, djebel el-halfa), Des hauts plateaux et des plaines au sud d'une altitude moyenne.

La wilaya de Mila est traversée, au Nord sur une distance de 15 km par la pénétrante autoroutière Djen-Djen- El Eulma, elle passe presque sur des milieux naturels surtout au niveau de la forêt de Oulben.



Figure XI.4 : Wilaya de Mila.

### XII.3.2.2.3 Wilaya de Sétif

La Wilaya de Sétif est située au Nord-Est de l'Algérie sur les Hauts-Plateaux qui séparent l'Atlas du Nord de l'Atlas de Sud. Elle est limitée au Nord par Jijel et Bejaia, à l'Est Mila, au Sud Batna et Msila et à l'Ouest Bordj-Bou-Argeridj.

Sétif connaît un dynamisme certain en Algérie, elle bénéficie d'importants projets investissement. L'industrie est principalement représentée par les secteurs : plastiques, électroménager, chimique. Au niveau agricole, c'est une des principales régions céréalières du pays. Et n'oublions pas le grand pôle d'El Eulma qui connaît une grande activité de commerce qui domine le territoire, et sera plus actif le temps de l'achèvement des travaux de la pénétrante.

Le tracé au niveau de la Wilaya de Sétif passe sur les hauts plateaux sur des milieux naturels et parfois semi urbain d'Ain Sebt, de Beni Aziz et de Beni Fouda. Par l'observation du tracé de la pénétrante on voit que ce tracé passe par de nombreux milieux qui se changent tantôt en matière de type (urbain/rural) tantôt en matière de géographie de sols (terrains plats, en pente ou accidenté).



Figure XI.5 : Wilaya de Sétif.



### XII.3.3 Description détaillée de l'environnement initial

#### Choix du site

Concernant le choix des sites d'études deux milieux ont été sélectionnés de la wilaya de Jijel, l'un pour analyser les impacts sur le milieu urbain et l'autre pour celles du milieu naturel.

Ce choix est fait par rapport à l'influence directe sur les milieux par le projet, dont pour le milieu urbain, on a choisi l'agglomération de TLATA dans la commune de Taher et pour le milieu naturel la forêt d'Oulban qui se situe entre les wilayas de Mila et Jijel.

#### XII.3.3.1 Milieu urbain

##### XII.3.3.1.1 Présentation de l'aire d'étude

L'agglomération secondaire de Tleta se situe au Nord du chef-lieu de Taher à proximité de l'aéroport Ferhat Abbas, traversant par le chemin de la wilaya CW N°147 côtés Ouest.

Elle s'étale sur près de 122 ha, Elle est traversée par une petite route de direction sud-nord.

Sa population est évaluée à 3 425 habitants.

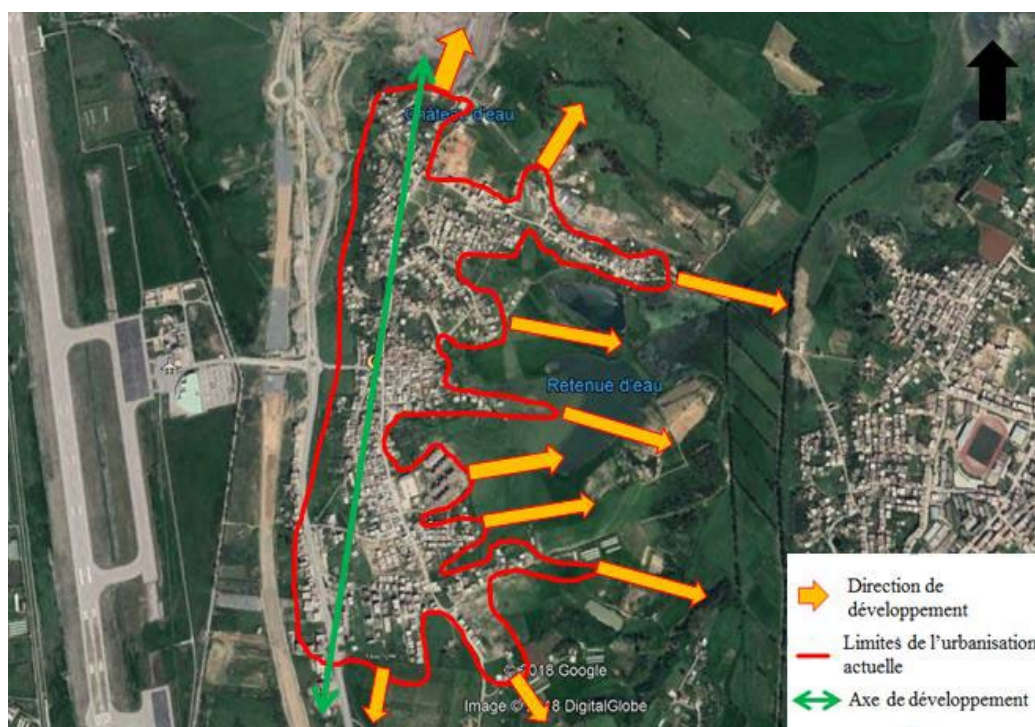


Figure XI.6 : Agglomération de Tleta.

Cette agglomération est affectée par le projet qui sera une limite directe au nord et à l'ouest.



### XII.3.3.1.2 Impacts sur le milieu

#### Utilisation du sol

- Milieu bâti : Le milieu bâti est influencé par un freinage de l'extension urbain sur le côté ouest, ce qui réoriente la direction de l'étalement au détriment des terres agricoles sur le côté Est.
- Activités agricoles/forestières : une réduction des surfaces des terres agricoles envahies par l'assiette du projet et les volumes de remblai et déblai.
- Infrastructures de services : un renforcement de l'infrastructure de service par le projet qui va amener de la mobilité à la zone.

#### Population

Rapports sociaux : n'ont aucune influence jusqu'au l'achèvement des travaux, dont l'exploitation va renforcer les rapports sociaux par le renforcement de la communication.

Activités humaines et économiques : ceux aussi seront touchés que par l'exploitation qui va pousser et encourager le développement de ces activités.

#### Santé et sécurité

Sécurité de la population limitrophe : ce facteur présente un sensible inconvénient pour la santé des habitants surtout dans la phase de réalisation par l'effet des pollutions amenées.



**Figure XI.7** : Nuisances du projet pendant la réalisation.

### Économie et main-d'œuvre

Marché d'emploi : pendant la réalisation du projet le marché d'emploi sera actif en matière de recrutement de la main-d'œuvre jusqu'au l'achèvement de projet et la mise en exploitation ou l'économie souhaitable à être progresser va assurer la continuation du marché.

### Qualité de vie

Modification du paysage : le paysage du milieu est toujours modifié, soit dans la phase de réalisation ou exploitation, dont la première phase présente un effet négatif sur le paysage, alors que la deuxième phase présente un effet, tantôt positif, tantôt négatif.

Modification du niveau sonore ambiant/qualité de l'air : ce facteur sensible à étudier on peut dire que le projet va entrainer des nuisances sur le niveau sonore et sur la qualité d'air pendant la réalisation et l'exploitation.



Figure XI.8 : Influence de projet sur la qualité de l'air aux niveaux de Tlata.

### XII.3.3.2 Milieu naturel

#### XII.3.3.2.1 Présentation de l'aire d'étude

La forêt d'Oulben se situe au nord-ouest de la wilaya de Mila et sud-est de la Wilaya de Jijel, la forêt s'étale sur une surface de 04 ha, caractérisée par une couverture végétale dense, et une diversité biologique assez importante qui doit être protéger est prise en charge, cette forêt et traversée par la pénétrante en la découpant en deux, cequi provoque une perturbation sur les composants du milieu et ses liens.



Figure XI.9 : Situation de la forêt Oulben.

### XII.3.3.2.2 Les impacts sur le milieu

#### Air

Qualité de l'air : pendant la réalisation et l'exploitation, les rejets du projet en matière de gaz, de fumées et de la poussière, dégradent la qualité de l'air.

Milieu sonore : le bruit des engins de réalisation et les véhicules du trafic de l'exploitation produisent de la pollution sonore. [17]



Figure XI.10 : Travaux de chantier au niveau de la forêt Oulben.



**Eau**

Qualité des eaux de surface : celles-ci sont un potentiel pour la zone choisie, le fait de réaliser et la mise en exploitation du projet touche la qualité des eaux de surface directement ou indirectement à cause de la mobilité de l'eau qui ramène les déchets polluants soit de chantier ou du trafic routier.



**Figure XI.11** : L'influence sur les eaux de surfaces.

Qualité des eaux souterraines : les déblais effectués ont touché les nappes des eaux souterraines, ce fait donne contacte à certain facteur de pollution qui peuvent endommager la qualité de ces eaux.



**Figure XI.12** : Source de l'eau souterraine.

**Sol**

Qualité des sols : le sol de la zone est de nature argileuse, stable par la présence de la végétation, le sol peut être modifié à cause des transports et déplacement du déblai.

Stabilité des zones érosives : les sols de la zone ont un couvert végétal important inclus dans la protection et la stabilité, les travaux de terrassement des talus vont désenclaver cette protection de l'érosion.

### **Végétation**

Ressources forestières : le projet provoque une déforestation le long de son tracé sur le milieu naturel notamment sur les forêts d'extraction de bois et de liège.



**Figure XI.13** : Déforestation au niveau de la forêt Oulben.

Ressources végétales arbustives et herbacées : ceux aussi ont une rupture et une disparition à cause des volumes des remblais et déblais.



**Figure XI.14** : Source d'extraction de liège.



Végétation aquatique : celle-ci est toujours endommagée même s'elle est hors assiette du projet, par l'effet non seulement de la réalisation mais aussi par l'exploitation qui va engendrer des pollutions du milieu aquatique. [17]



**Figure XI.15 :** Végétation aquatique.

Espèces endémiques, rares ou menacées : leur potentiel de disparition sera plus large à cause du projet qui entraîne une modification sur le milieu qui sera plus défavorable pour ces espèces.

### **Faune**

Faune terrestre : la plus menacée dans son milieu par la pénétrante qui provoque des ruptures des milieux naturels, le déplacement de la faune sera danger, cet effet augmente les morts et la perte d'espace de vie surtout pendant l'exploitation.



**Figure XI.16 :** Faune terrestre dans son milieu.

Faune aquatique : le fait de l'intrus et le changement amené au milieu par le projet la végétation aquatique sera affectée par la pollution des phases réalisation et exploitation.

Faune avienne : vu la pollution de l'air, la déforestation, la rupture de la chaîne alimentaire la végétation avienne est toujours touchée par les impacts du projet. [17]

#### **XII.4 conclusions**

Le défi est de limiter le plus possible l'impact sur l'environnement humain tout en préservant les ressources naturelles. Cet engagement permanent doit s'imposer tout le long des trois étapes successives qui marquent la vie de la route :

- Sa conception.
- Sa construction.
- Son exploitation.

*Conclusion*

*générale*



Ce projet de fin d'études a été une opportunité, pour mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'université de Jijel.

Le projet nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin notamment le AUTOPISTE 13 et l'AUTOCAD ainsi que la maîtrise des nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics.

Notre projet de fin d'étude consiste en la conception et étude d'un tronçon autoroutier supposé relier le port de Djen- Djen à l'autoroute Est-Ouest par l'échangeur d'EL-Eulma et.

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes en considération les conditions de confort, d'optiques et de sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement.

Notre étude s'inscrit dans ce sillage, où on a étudié un tronçon routier de 7 km situé à Djimla, présente les données suivantes :

- Le trafic à l'année 2010 :  $TJMA_{2010} = 5650$  v/j/sens.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic :  $\tau = 3.5\%$ .
- La vitesse de base sur le tracé :  $V_b = 90$  km/h.
- Le pourcentage de poids lourds :  $Z = 33\%$  .
- L'année de mise en service : 2023.
- La durée de vie : 20 ans.
- Catégorie : L2 secteur montagneux.
- Environnement : E3.

En exploitant toutes ces données, et en respectant les règlements de l'ICTAAL on a abouti aux caractéristiques suivantes :

- Chaussée de  $2 \times 3$  voies de  $3.5$  m  $(3.5 \times 3) \times 2 = 21.00$  m.
- Accotement  $3.5$  m de chaque côté  $(4 \times 2) = 8.00$  m.
- Un terre-plein central de  $3$  m.
- Largeur totale de la plate-forme  $32$  m.

Et selon les recommandations du Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du Ministère des Travaux Publics de l'Algérie (2001), complété avec le Catalogue de Structures Types de Chaussées Neuves du SETRA (1998) et à l'aide du logiciel Alizé III.

On la constitution des matériaux adoptée étant :

**3.5 BBMA + 5 BBME + 9 EME2 + 9 EME2 + 40GNT**

Ce projet nous a permis de franchir un grand pas vers la vie professionnelle.

# *Bibliographie*

- [1] <http://www.wilaya-jijel.dz/jijel/index.php/presentation/pres>
- [2] Rapport explicatif de l'étude du trafic (document de l'ANA).
- [3] ICTAAL2000 : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.
- [4] Roger. C, « Route circulation tracé et construction ». Livre1. Paris :1957.
- [5] Michel. F, « cours de route, tome 01 ». Livre traite sous forme de PDF.
- [6] Azzi.M et Hadj Kouider.M, (étude géotechnique de la route de la rocade d'Alger entre boudouaou et zeralda. Mémoire d'ingénieur). ENTP ALGER : JUILLET 2005.
- [7] Cours route : master 01.
- [8] LCPC ; SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme ; Guide technique fascicule 1et2. 2ème édition. Paris : Bagnaux, juillet 2000. p 102.
- [9] Bouabida.O et Boukhari.H (étude d'un tronçon autoroutier sur 5 km franchissant une zone inondable avec conception d'un échangeur), ENSTP ALGER : 2010.
- [10] Djeribia.M et Attia.M (liaison entre cc12 (matmar-yellel) et cw07 (Relizane-Mascara) avec conception du carrefour en t et étude du giratoire). ENSTP ALGER : 2010.
- [11] Rapport hydraulique (document de l'ANA).
- [12] Rapport explicatif de signalisation (document de l'ANA).
- [13] Krim.M (etude de dédoublement routier de la rn47 sur 08km Entre la ville d'elbayadh et centre universitaire). Université Aboubekr Belkaid Tlemcen : 2014.
- [14] Kerai.M et Lahcene.I (dédoublement de la route nationale rn92 entre Saida et el hessasna sur 18 km du pk 91.000 au pk 109.000). Université aboubekr belkaid Tlemcen : 2015.
- [15] 268506581-Guide-SETRA-Trace-Echangeurs.
- [16] Serrah.M et Mahdi.E, (Etude en APD d'un tronçon autoroutier de la Pénétrante de Mascara section Sig-Hacine sur 10,106Km De PK10+00 au PK20+106 Avec conception d'un échangeur). ENSTP ALGER : 2010.
- [17] Chellouche.B et Boufenar.I.(les impacts de la pénétrante autoroutière djen-djen el Eulma sur l'environnement urbain et naturel). Univ-jijel : 2019.
- [18] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/16/Wilaya\\_Jijel\\_Communes.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/16/Wilaya_Jijel_Communes.png)
- [19] Google Maps.
- [20] Google Earth.
- [21] B40 normes techniques d'aménagement des routes. Algérie: ministre des travaux publics, octobre1977.
- [22] Logiciel autopiste covadis13.
- [23] Rapport géotechnique (document de l'ANA).

# *Annexes*

## Axe En Plan

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 157.6201 g	125.285	40000.000	55585.001	164213.561
Clothoïde 1	Paramètre 156.333	52.111	40125.285	55662.378	164115.027
Arc 1	Rayon 469.000 m	208.500	40177.396	55695.312	164074.651
	Centre X 56047.519 m				
	Centre Y 164384.345 m				
Clothoïde 2	Paramètre -156.333	52.111	40385.896	55862.735	163953.282
Droite 2	Gisement 122.2448 g	319.053	40438.007	55911.351	163934.541
Clothoïde 3	Paramètre -142.652	67.773	40757.060	56211.125	163825.311
Arc 2	Rayon -300.260 m	308.585	40824.833	56273.849	163799.745
	Centre X 56139.937 m				
	Centre Y 163531.001 m				
Clothoïde 4	Paramètre 142.652	67.773	41133.418	56439.217	163555.233
Droite 3	Gisement 202.0414 g	225.184	41201.192	56439.593	163487.499
Arc 3	Rayon 975.000 m	218.205	41426.376	56432.374	163262.431
	Centre X 57406.872 m				
	Centre Y 163231.172 m				
Droite 4	Gisement 187.7939 g	287.865	41644.580	56449.739	163045.375
Arc 4	Rayon 650.000 m	554.776	41932.446	56504.595	162762.785
	Centre X 57142.684 m				
	Centre Y 162886.649 m				
Droite 5	Gisement 133.4582 g	207.152	42487.222	56816.580	162324.371
Arc 5	Rayon 675.000 m	291.955	42694.374	56995.776	162220.444
	Centre X 57334.422 m				
	Centre Y 162804.347 m				
Droite 6	Gisement 105.9228 g	188.738	42986.329	57271.714	162132.267
Clothoïde 5	Paramètre -152.726	51.834	43175.067	57459.635	162114.733
Arc 6	Rayon -450.000 m	608.552	43226.901	57511.136	162108.928
	Centre X 57443.609 m				
	Centre Y 161664.024 m				
Clothoïde 6	Paramètre 152.726	51.834	43835.453	57892.575	161694.524
Droite 7	Gisement 199.3483 g	250.585	43887.287	57894.100	161642.720
Arc 7	Rayon -650.000 m	634.640	44137.872	57896.665	161392.148
	Centre X 57246.699 m				
	Centre Y 161385.494 m				
Droite 8	Gisement 261.5058 g	244.416	44772.512	57616.215	160850.744

**Annexe****Axe en plan**

Arc 8	Rayon	-650.000 m	640.617	45016.928	57415.136	160711.796
	Centre X	57045.620 m				
	Centre Y	161246.547 m				
Droite 9	Gisement	324.2489 g	1342.956	45657.545	56803.978	160643.132
				47000.501	55557.272	161142.384
Longueur totale de l'axe 7000.501 mètre(s)						

## Profil En Long Projet

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 5.77 %	252.906	40000.000	650.860
Parabole 1	Rayon 3976059.964 m	990.033	40252.906	665.452
	Sommet Absc. -189141.668 m			
	Sommet Alt. -5951.887 m			
Pente 2	Pente 5.79 %	14.152	41242.940	722.694
Parabole 2	Rayon -9130.144 m	51.270	41257.091	723.514
	Sommet Absc. 41786.119 m			
	Sommet Alt. 738.841 m			
Pente 3	Pente 5.23 %	1378.840	41308.361	726.341
Parabole 3	Rayon 293352.921 m	1628.005	42687.201	798.492
	Sommet Absc. 27336.776 m			
	Sommet Alt. 396.867 m			
Pente 4	Pente 5.79 %	389.055	44315.206	888.199
Parabole 4	Rayon -9113.384 m	890.667	44704.261	910.716
	Sommet Absc. 45231.718 m			
	Sommet Alt. 925.980 m			
Pente 5	Pente -3.99 %	756.827	45594.928	918.742
Parabole 5	Rayon 6325.571 m	249.843	46351.755	888.579
	Sommet Absc. 46603.858 m			
	Sommet Alt. 883.555 m			
Pente 6	Pente -0.04 %	398.903	46601.598	883.556
			47000.501	883.413
Longueur totale de l'axe 7000.501 mètre(s)				



## Profils En Travers

Num	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente longitudinale
									Gauche	Droite	
1	40000.000	Droite 1	Pente 1	646.82	650.86	257.620	55585.00	164213.56	2.50	-2.50	5.77
2	40020.000	Droite 1	Pente 1	644.90	652.01	257.620	55597.35	164197.83	2.50	-2.50	5.77
3	40040.000	Droite 1	Pente 1	645.97	653.17	257.620	55609.71	164182.10	2.50	-2.50	5.77
4	40060.000	Droite 1	Pente 1	648.24	654.32	257.620	55622.06	164166.37	2.50	-2.50	5.77
5	40080.000	Droite 1	Pente 1	646.04	655.48	257.620	55634.41	164150.64	2.50	-2.50	5.77
6	40100.000	Droite 1	Pente 1	642.70	656.63	257.620	55646.76	164134.91	2.50	-2.50	5.77
7	40120.000	Droite 1	Pente 1	640.40	657.78	257.620	55659.11	164119.18	2.50	-2.50	5.77
8	40140.000	Clothoïde 1	Pente 1	645.41	658.94	257.338	55671.48	164103.47	2.50	-0.94	5.77
9	40160.000	Clothoïde 1	Pente 1	645.48	660.09	256.051	55684.04	164087.90	2.50	1.45	5.77
10	40180.000	Arc 1	Pente 1	646.70	661.25	253.730	55697.04	164072.70	3.52	3.52	5.77
11	40200.000	Arc 1	Pente 1	650.18	662.40	251.015	55710.64	164058.04	3.52	3.52	5.77
12	40220.000	Arc 1	Pente 1	657.47	663.55	248.300	55724.86	164043.98	3.52	3.52	5.77
13	40240.000	Arc 1	Pente 1	666.75	664.71	245.585	55739.66	164030.53	3.52	3.52	5.77
14	40260.000	Arc 1	Parab 1	669.97	665.86	242.871	55755.02	164017.73	3.52	3.52	5.77
15	40280.000	Arc 1	Parab 1	669.37	667.01	240.156	55770.92	164005.59	3.52	3.52	5.77
16	40300.000	Arc 1	Parab 1	669.45	668.17	237.441	55787.32	163994.15	3.52	3.52	5.77
17	40320.000	Arc 1	Parab 1	670.15	669.32	234.726	55804.19	163983.41	3.52	3.52	5.77
18	40340.000	Arc 1	Parab 1	671.20	670.48	232.011	55821.50	163973.40	3.52	3.52	5.77
19	40360.000	Arc 1	Parab 1	675.28	671.63	229.297	55839.23	163964.14	3.52	3.52	5.77
20	40380.000	Arc 1	Parab 1	682.37	672.79	226.582	55857.33	163955.64	3.52	3.52	5.77
21	40400.000	Clothoïde 2	Parab 1	676.84	673.94	224.126	55875.77	163947.90	2.50	1.84	5.77
22	40420.000	Clothoïde 2	Parab 1	670.57	675.10	222.667	55894.45	163940.74	2.50	-0.54	5.77
23	40440.000	Droite 2	Parab 1	670.69	676.25	222.245	55913.22	163933.86	2.50	-2.50	5.77
24	40460.000	Droite 2	Parab 1	671.92	677.41	222.245	55932.02	163927.01	2.50	-2.50	5.77
25	40480.000	Droite 2	Parab 1	677.76	678.56	222.245	55950.81	163920.16	2.50	-2.50	5.78
26	40500.000	Droite 2	Parab 1	683.62	679.72	222.245	55969.60	163913.32	2.50	-2.50	5.78
27	40520.000	Droite 2	Parab 1	684.93	680.87	222.245	55988.39	163906.47	2.50	-2.50	5.78
28	40540.000	Droite 2	Parab 1	685.20	682.03	222.245	56007.18	163899.62	2.50	-2.50	5.78
29	40560.000	Droite 2	Parab 1	683.73	683.18	222.245	56025.97	163892.78	2.50	-2.50	5.78
30	40580.000	Droite 2	Parab 1	679.35	684.34	222.245	56044.76	163885.93	2.50	-2.50	5.78
31	40600.000	Droite 2	Parab 1	672.17	685.49	222.245	56063.56	163879.08	2.50	-2.50	5.78
32	40620.000	Droite 2	Parab 1	669.32	686.65	222.245	56082.35	163872.23	2.50	-2.50	5.78
33	40640.000	Droite 2	Parab 1	667.87	687.80	222.245	56101.14	163865.39	2.50	-2.50	5.78
34	40660.000	Droite 2	Parab 1	677.59	688.96	222.245	56119.93	163858.54	2.50	-2.50	5.78
35	40680.000	Droite 2	Parab 1	688.90	690.12	222.245	56138.72	163851.69	2.50	-2.50	5.78
36	40700.000	Droite 2	Parab 1	700.29	691.27	222.245	56157.51	163844.85	2.50	-2.50	5.78
37	40720.000	Droite 2	Parab 1	706.39	692.43	222.245	56176.30	163838.00	2.50	-2.50	5.78
38	40740.000	Droite 2	Parab 1	697.37	693.58	222.245	56195.10	163831.15	2.50	-2.50	5.78
39	40760.000	Clothoïde 3	Parab 1	702.76	694.74	222.258	56213.89	163824.30	2.15	-2.50	5.78
40	40780.000	Clothoïde 3	Parab 1	708.63	695.90	223.068	56232.64	163817.37	-0.23	-2.50	5.78
41	40800.000	Clothoïde 3	Parab 1	712.76	697.05	225.129	56251.24	163810.00	-2.61	-2.61	5.78
42	40820.000	Clothoïde 3	Parab 1	715.59	698.21	228.441	56269.51	163801.87	-4.99	-4.99	5.78
43	40840.000	Arc 2	Parab 1	715.31	699.37	232.645	56287.25	163792.64	-5.57	-5.57	5.78
44	40860.000	Arc 2	Parab 1	717.82	700.52	236.886	56304.34	163782.26	-5.57	-5.57	5.78
45	40880.000	Arc 2	Parab 1	722.22	701.68	241.126	56320.69	163770.76	-5.57	-5.57	5.79
46	40900.000	Arc 2	Parab 1	723.93	702.84	245.367	56336.25	163758.19	-5.57	-5.57	5.79
47	40920.000	Arc 2	Parab 1	729.91	703.99	249.607	56350.94	163744.62	-5.57	-5.57	5.79

48	40940.000	Arc 2	Parab 1	733.83	705.15	253.848	56364.69	163730.11	-5.57	-5.57	5.79
49	40960.000	Arc 2	Parab 1	733.28	706.31	258.088	56377.44	163714.70	-5.57	-5.57	5.79
50	40980.000	Arc 2	Parab 1	728.03	707.47	262.328	56389.14	163698.49	-5.57	-5.57	5.79
51	41000.000	Arc 2	Parab 1	718.93	708.62	266.569	56399.74	163681.53	-5.57	-5.57	5.79
52	41020.000	Arc 2	Parab 1	710.94	709.78	270.809	56409.18	163663.90	-5.57	-5.57	5.79
53	41040.000	Arc 2	Parab 1	703.94	710.94	275.050	56417.43	163645.69	-5.57	-5.57	5.79
54	41060.000	Arc 2	Parab 1	697.40	712.10	279.290	56424.45	163626.96	-5.57	-5.57	5.79
55	41080.000	Arc 2	Parab 1	691.78	713.26	283.531	56430.21	163607.81	-5.57	-5.57	5.79
56	41100.000	Arc 2	Parab 1	687.81	714.41	287.771	56434.67	163588.32	-5.57	-5.57	5.79
57	41120.000	Arc 2	Parab 1	684.31	715.57	292.012	56437.84	163568.58	-5.57	-5.57	5.79
58	41140.000	Clothoïde 4	Parab 1	685.89	716.73	296.184	56439.68	163548.67	-4.78	-4.78	5.79
59	41160.000	Clothoïde 4	Parab 1	689.97	717.89	299.387	56440.34	163528.68	-2.40	-2.50	5.79

Num	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente longitudinale
									Gauche	Droite	
60	41180.000	Clothoïde 4	Parab 1	693.40	719.05	301.339	56440.19	163508.68	-0.02	-2.50	5.79
61	41200.000	Clothoïde 4	Parab 1	698.52	720.21	302.039	56439.63	163488.69	2.36	-2.50	5.79
62	41220.000	Droite 3	Parab 1	706.32	721.36	302.041	56438.99	163468.70	2.50	-2.50	5.79
63	41240.000	Droite 3	Parab 1	709.42	722.52	302.041	56438.35	163448.71	2.50	-2.50	5.79
64	41260.000	Droite 3	Parab 2	710.72	723.68	302.041	56437.71	163428.72	2.50	-2.50	5.76
65	41280.000	Droite 3	Parab 2	713.74	724.81	302.041	56437.07	163408.73	2.50	-2.50	5.54
66	41300.000	Droite 3	Parab 2	721.19	725.90	302.041	56436.43	163388.74	2.50	-2.50	5.32
67	41320.000	Droite 3	Pente 3	724.85	726.95	302.041	56435.78	163368.75	2.50	-2.50	5.23
68	41340.000	Droite 3	Pente 3	727.57	728.00	302.041	56435.14	163348.76	2.50	-2.50	5.23
69	41360.000	Droite 3	Pente 3	730.44	729.04	302.041	56434.50	163328.77	2.50	-2.50	5.23
70	41380.000	Droite 3	Pente 3	726.69	730.09	302.041	56433.86	163308.78	2.50	-2.50	5.23
71	41400.000	Droite 3	Pente 3	724.41	731.14	302.041	56433.22	163288.79	2.50	-2.50	5.23
72	41420.000	Droite 3	Pente 3	724.09	732.18	302.041	56432.58	163268.80	2.50	-2.50	5.23
73	41440.000	Arc 3	Pente 3	724.43	733.23	301.152	56432.03	163248.81	2.50	-2.50	5.23
74	41460.000	Arc 3	Pente 3	725.34	734.28	299.846	56431.88	163228.81	2.50	-2.50	5.23
75	41480.000	Arc 3	Pente 3	727.38	735.32	298.540	56432.13	163208.81	2.50	-2.50	5.23
76	41500.000	Arc 3	Pente 3	728.77	736.37	297.234	56432.79	163188.83	2.50	-2.50	5.23
77	41520.000	Arc 3	Pente 3	730.39	737.42	295.928	56433.87	163168.85	2.50	-2.50	5.23
78	41540.000	Arc 3	Pente 3	732.48	738.46	294.622	56435.35	163148.91	2.50	-2.50	5.23
79	41560.000	Arc 3	Pente 3	733.67	739.51	293.316	56437.24	163129.00	2.50	-2.50	5.23
80	41580.000	Arc 3	Pente 3	734.99	740.55	292.011	56439.54	163109.13	2.50	-2.50	5.23
81	41600.000	Arc 3	Pente 3	736.09	741.60	290.705	56442.25	163089.32	2.50	-2.50	5.23
82	41620.000	Arc 3	Pente 3	736.64	742.65	289.399	56445.36	163069.56	2.50	-2.50	5.23
83	41640.000	Arc 3	Pente 3	737.37	743.69	288.093	56448.88	163049.87	2.50	-2.50	5.23
84	41660.000	Droite 4	Pente 3	738.63	744.74	287.794	56452.68	163030.24	2.50	-2.50	5.23
85	41680.000	Droite 4	Pente 3	739.90	745.79	287.794	56456.49	163010.60	2.50	-2.50	5.23
86	41700.000	Droite 4	Pente 3	738.81	746.83	287.794	56460.30	162990.97	2.50	-2.50	5.23
87	41720.000	Droite 4	Pente 3	737.98	747.88	287.794	56464.11	162971.34	2.50	-2.50	5.23
88	41740.000	Droite 4	Pente 3	738.57	748.93	287.794	56467.92	162951.70	2.50	-2.50	5.23
89	41760.000	Droite 4	Pente 3	739.87	749.97	287.794	56471.73	162932.07	2.50	-2.50	5.23
90	41780.000	Droite 4	Pente 3	743.72	751.02	287.794	56475.54	162912.44	2.50	-2.50	5.23
91	41800.000	Droite 4	Pente 3	743.32	752.07	287.794	56479.36	162892.80	2.50	-2.50	5.23
92	41820.000	Droite 4	Pente 3	747.80	753.11	287.794	56483.17	162873.17	2.50	-2.50	5.23
93	41840.000	Droite 4	Pente 3	749.15	754.16	287.794	56486.98	162853.54	2.50	-2.50	5.23
94	41860.000	Droite 4	Pente 3	750.26	755.21	287.794	56490.79	162833.90	2.50	-2.50	5.23
95	41880.000	Droite 4	Pente 3	755.46	756.25	287.794	56494.60	162814.27	2.50	-2.50	5.23
96	41900.000	Droite 4	Pente 3	756.59	757.30	287.794	56498.41	162794.64	2.50	-1.36	5.23
97	41920.000	Droite 4	Pente 3	758.29	758.35	287.794	56502.22	162775.00	2.50	1.02	5.23
98	41940.000	Arc 4	Pente 3	758.80	759.39	287.054	56506.08	162755.38	2.50	2.50	5.23
99	41960.000	Arc 4	Pente 3	761.96	760.44	285.095	56510.42	162735.85	2.50	2.50	5.23
100	41980.000	Arc 4	Pente 3	766.97	761.49	283.136	56515.36	162716.47	2.50	2.50	5.23
101	42000.000	Arc 4	Pente 3	769.06	762.53	281.177	56520.89	162697.26	2.50	2.50	5.23
102	42020.000	Arc 4	Pente 3	766.44	763.58	279.219	56527.01	162678.22	2.50	2.50	5.23
103	42040.000	Arc 4	Pente 3	766.55	764.63	277.260	56533.71	162659.37	2.50	2.50	5.23
104	42060.000	Arc 4	Pente 3	763.57	765.67	275.301	56540.99	162640.75	2.50	2.50	5.23
105	42080.000	Arc 4	Pente 3	761.10	766.72	273.342	56548.84	162622.35	2.50	2.50	5.23
106	42100.000	Arc 4	Pente 3	763.86	767.77	271.383	56557.25	162604.21	2.50	2.50	5.23
107	42120.000	Arc 4	Pente 3	769.13	768.81	269.424	56566.22	162586.33	2.50	2.50	5.23
108	42140.000	Arc 4	Pente 3	776.13	769.86	267.466	56575.73	162568.74	2.50	2.50	5.23
109	42160.000	Arc 4	Pente 3	769.33	770.90	265.507	56585.78	162551.45	2.50	2.50	5.23
110	42180.000	Arc 4	Pente 3	760.32	771.95	263.548	56596.36	162534.47	2.50	2.50	5.23
111	42200.000	Arc 4	Pente 3	754.20	773.00	261.589	56607.45	162517.83	2.50	2.50	5.23
112	42220.000	Arc 4	Pente 3	753.54	774.04	259.630	56619.05	162501.54	2.50	2.50	5.23
113	42240.000	Arc 4	Pente 3	756.58	775.09	257.672	56631.15	162485.61	2.50	2.50	5.23

114	42260.000	Arc 4	Pente 3	756.46	776.14	255.713	56643.73	162470.07	2.50	2.50	5.23
115	42280.000	Arc 4	Pente 3	756.69	777.18	253.754	56656.78	162454.91	2.50	2.50	5.23
116	42300.000	Arc 4	Pente 3	758.32	778.23	251.795	56670.29	162440.17	2.50	2.50	5.23
117	42320.000	Arc 4	Pente 3	761.49	779.28	249.836	56684.25	162425.85	2.50	2.50	5.23
118	42340.000	Arc 4	Pente 3	768.80	780.32	247.877	56698.64	162411.96	2.50	2.50	5.23
119	42360.000	Arc 4	Pente 3	778.18	781.37	245.919	56713.46	162398.53	2.50	2.50	5.23
120	42380.000	Arc 4	Pente 3	786.32	782.42	243.960	56728.68	162385.55	2.50	2.50	5.23
121	42400.000	Arc 4	Pente 3	790.64	783.46	242.001	56744.29	162373.05	2.50	2.50	5.23
122	42420.000	Arc 4	Pente 3	793.92	784.51	240.042	56760.28	162361.04	2.50	2.50	5.23

Num	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente longitudinale
									Gauche	Droite	
123	42440.000	Arc 4	Pente 3	800.63	785.56	238.083	56776.63	162349.52	2.50	2.50	5.23
124	42460.000	Arc 4	Pente 3	803.41	786.60	236.124	56793.32	162338.52	2.50	2.50	5.23
125	42480.000	Arc 4	Pente 3	804.46	787.65	234.166	56810.35	162328.03	2.50	2.50	5.23
126	42500.000	Droite 5	Pente 3	802.95	788.70	233.458	56827.63	162317.96	2.50	0.98	5.23
127	42520.000	Droite 5	Pente 3	801.19	789.74	233.458	56844.93	162307.93	2.50	-1.40	5.23
128	42540.000	Droite 5	Pente 3	799.26	790.79	233.458	56862.24	162297.89	2.50	-2.50	5.23
129	42560.000	Droite 5	Pente 3	798.53	791.84	233.458	56879.54	162287.86	2.50	-2.50	5.23
130	42580.000	Droite 5	Pente 3	797.60	792.88	233.458	56896.84	162277.82	2.50	-2.50	5.23
131	42600.000	Droite 5	Pente 3	794.15	793.93	233.458	56914.14	162267.79	2.50	-2.50	5.23
132	42620.000	Droite 5	Pente 3	790.30	794.98	233.458	56931.44	162257.76	2.50	-2.50	5.23
133	42640.000	Droite 5	Pente 3	788.04	796.02	233.458	56948.74	162247.72	2.50	-2.50	5.23
134	42660.000	Droite 5	Pente 3	786.70	797.07	233.458	56966.04	162237.69	2.50	-2.50	5.23
135	42680.000	Droite 5	Pente 3	786.44	798.12	233.458	56983.34	162227.65	2.50	-2.50	5.23
136	42700.000	Arc 5	Parab 3	787.15	799.16	232.928	57000.65	162217.64	2.50	-2.50	5.24
137	42720.000	Arc 5	Parab 3	788.57	800.21	231.041	57018.18	162208.01	2.50	-2.50	5.24
138	42740.000	Arc 5	Parab 3	794.44	801.26	229.155	57035.99	162198.90	2.50	-2.50	5.25
139	42760.000	Arc 5	Parab 3	801.12	802.31	227.269	57054.05	162190.33	2.50	-2.50	5.26
140	42780.000	Arc 5	Parab 3	803.42	803.36	225.382	57072.37	162182.29	2.50	-2.50	5.26
141	42800.000	Arc 5	Parab 3	804.53	804.42	223.496	57090.91	162174.80	2.50	-2.50	5.27
142	42820.000	Arc 5	Parab 3	806.33	805.47	221.610	57109.67	162167.86	2.50	-2.50	5.28
143	42840.000	Arc 5	Parab 3	802.30	806.53	219.724	57128.62	162161.48	2.50	-2.50	5.28
144	42860.000	Arc 5	Parab 3	802.63	807.58	217.837	57147.76	162155.67	2.50	-2.50	5.29
145	42880.000	Arc 5	Parab 3	804.47	808.64	215.951	57167.06	162150.43	2.50	-2.50	5.30
146	42900.000	Arc 5	Parab 3	805.06	809.70	214.065	57186.50	162145.75	2.50	-2.50	5.31
147	42920.000	Arc 5	Parab 3	805.95	810.77	212.179	57206.08	162141.66	2.50	-2.50	5.31
148	42940.000	Arc 5	Parab 3	805.89	811.83	210.292	57225.77	162138.15	2.50	-2.50	5.32
149	42960.000	Arc 5	Parab 3	804.18	812.89	208.406	57245.55	162135.22	2.50	-2.50	5.33
150	42980.000	Arc 5	Parab 3	804.07	813.96	206.520	57265.42	162132.88	2.50	-2.50	5.33
151	43000.000	Droite 6	Parab 3	804.22	815.03	205.923	57285.33	162131.00	2.50	-2.50	5.34
152	43020.000	Droite 6	Parab 3	804.71	816.10	205.923	57305.24	162129.14	2.50	-2.50	5.35
153	43040.000	Droite 6	Parab 3	806.46	817.17	205.923	57325.15	162127.28	2.50	-2.50	5.35
154	43060.000	Droite 6	Parab 3	808.32	818.24	205.923	57345.07	162125.42	2.50	-2.50	5.36
155	43080.000	Droite 6	Parab 3	809.05	819.31	205.923	57364.98	162123.56	2.50	-2.50	5.37
156	43100.000	Droite 6	Parab 3	808.52	820.38	205.923	57384.89	162121.71	2.50	-2.50	5.37
157	43120.000	Droite 6	Parab 3	807.45	821.46	205.923	57404.81	162119.85	2.50	-2.50	5.38
158	43140.000	Droite 6	Parab 3	807.80	822.54	205.923	57424.72	162117.99	2.50	-2.50	5.39
159	43160.000	Droite 6	Parab 3	809.44	823.61	205.923	57444.63	162116.13	2.50	-2.50	5.39
160	43180.000	Clothoïde 5	Parab 3	809.82	824.69	205.956	57464.55	162114.27	1.91	-2.50	5.40
161	43200.000	Clothoïde 5	Parab 3	809.33	825.77	206.771	57484.45	162112.31	-0.47	-2.50	5.41
162	43220.000	Clothoïde 5	Parab 3	810.97	826.86	208.678	57504.31	162109.91	-2.85	-2.85	5.41
163	43240.000	Arc 6	Parab 3	812.95	827.94	211.442	57524.06	162106.77	-3.67	-3.67	5.42
164	43260.000	Arc 6	Parab 3	813.93	829.02	214.272	57543.65	162102.76	-3.67	-3.67	5.43
165	43280.000	Arc 6	Parab 3	815.21	830.11	217.101	57563.04	162097.89	-3.67	-3.67	5.43
166	43300.000	Arc 6	Parab 3	818.54	831.20	219.931	57582.20	162092.15	-3.67	-3.67	5.44
167	43320.000	Arc 6	Parab 3	822.82	832.29	222.760	57601.09	162085.57	-3.67	-3.67	5.45
168	43340.000	Arc 6	Parab 3	824.46	833.38	225.590	57619.66	162078.16	-3.67	-3.67	5.46
169	43360.000	Arc 6	Parab 3	825.45	834.47	228.419	57637.89	162069.93	-3.67	-3.67	5.46
170	43380.000	Arc 6	Parab 3	827.56	835.56	231.248	57655.73	162060.89	-3.67	-3.67	5.47
171	43400.000	Arc 6	Parab 3	830.55	836.66	234.078	57673.15	162051.08	-3.67	-3.67	5.48
172	43420.000	Arc 6	Parab 3	837.77	837.75	236.907	57690.12	162040.50	-3.67	-3.67	5.48
173	43440.000	Arc 6	Parab 3	838.35	838.85	239.737	57706.60	162029.17	-3.67	-3.67	5.49
174	43460.000	Arc 6	Parab 3	838.23	839.95	242.566	57722.57	162017.13	-3.67	-3.67	5.50
175	43480.000	Arc 6	Parab 3	839.60	841.05	245.395	57737.98	162004.38	-3.67	-3.67	5.50
176	43500.000	Arc 6	Parab 3	836.19	842.15	248.225	57752.81	161990.97	-3.67	-3.67	5.51

177	43520.000	Arc 6	Parab 3	833.04	843.25	251.054	57767.03	161976.91	-3.67	-3.67	5.52
178	43540.000	Arc 6	Parab 3	826.09	844.36	253.884	57780.62	161962.23	-3.67	-3.67	5.52
179	43560.000	Arc 6	Parab 3	822.82	845.46	256.713	57793.53	161946.96	-3.67	-3.67	5.53
180	43580.000	Arc 6	Parab 3	820.50	846.57	259.543	57805.76	161931.14	-3.67	-3.67	5.54
181	43600.000	Arc 6	Parab 3	819.29	847.68	262.372	57817.27	161914.78	-3.67	-3.67	5.54
182	43620.000	Arc 6	Parab 3	817.71	848.79	265.201	57828.04	161897.93	-3.67	-3.67	5.55
183	43640.000	Arc 6	Parab 3	816.59	849.90	268.031	57838.05	161880.62	-3.67	-3.67	5.56
184	43660.000	Arc 6	Parab 3	817.49	851.01	270.860	57847.29	161862.88	-3.67	-3.67	5.56
185	43680.000	Arc 6	Parab 3	816.18	852.12	273.690	57855.72	161844.75	-3.67	-3.67	5.57

Nu m.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente longitudinale
									Gauche	Droite	
186	43700.000	Arc 6	Parab 3	813.74	853.24	276.519	57863.35	161826.26	-3.67	-3.67	5.58
187	43720.000	Arc 6	Parab 3	821.83	854.35	279.349	57870.14	161807.45	-3.67	-3.67	5.58
188	43740.000	Arc 6	Parab 3	826.29	855.47	282.178	57876.09	161788.36	-3.67	-3.67	5.59
189	43760.000	Arc 6	Parab 3	833.02	856.59	285.007	57881.19	161769.02	-3.67	-3.67	5.60
190	43780.000	Arc 6	Parab 3	837.75	857.71	287.837	57885.42	161749.48	-3.67	-3.67	5.61
191	43800.000	Arc 6	Parab 3	839.61	858.83	290.666	57888.78	161729.76	-3.67	-3.67	5.61
192	43820.000	Arc 6	Parab 3	840.60	859.96	293.496	57891.26	161709.92	-3.67	-3.67	5.62
193	43840.000	Clothoïde 6	Parab 3	842.01	861.08	296.297	57892.86	161689.99	-3.13	-3.13	5.63
194	43860.000	Clothoïde 6	Parab 3	844.02	862.21	298.332	57893.68	161670.00	-0.75	-2.50	5.63
195	43880.000	Clothoïde 6	Parab 3	845.58	863.33	299.276	57894.02	161650.01	1.63	-2.50	5.64
196	43900.000	Droite 7	Parab 3	847.42	864.46	299.348	57894.23	161630.01	2.50	-2.50	5.65
197	43920.000	Droite 7	Parab 3	849.26	865.59	299.348	57894.43	161610.01	2.50	-2.50	5.65
198	43940.000	Droite 7	Parab 3	851.23	866.72	299.348	57894.64	161590.01	2.50	-2.50	5.66
199	43960.000	Droite 7	Parab 3	853.82	867.86	299.348	57894.84	161570.01	2.50	-2.50	5.67
200	43980.000	Droite 7	Parab 3	857.10	868.99	299.348	57895.05	161550.01	2.50	-2.50	5.67
201	44000.000	Droite 7	Parab 3	860.44	870.12	299.348	57895.25	161530.01	2.50	-2.50	5.68
202	44020.000	Droite 7	Parab 3	864.38	871.26	299.348	57895.46	161510.01	2.50	-2.50	5.69
203	44040.000	Droite 7	Parab 3	869.36	872.40	299.348	57895.66	161490.02	2.50	-2.50	5.69
204	44060.000	Droite 7	Parab 3	873.09	873.54	299.348	57895.87	161470.02	2.50	-2.50	5.70
205	44080.000	Droite 7	Parab 3	875.23	874.68	299.348	57896.07	161450.02	2.50	-2.50	5.71
206	44100.000	Droite 7	Parab 3	876.84	875.82	299.348	57896.28	161430.02	2.01	-2.50	5.71
207	44120.000	Droite 7	Parab 3	878.28	876.97	299.348	57896.48	161410.02	-0.37	-2.50	5.72
208	44140.000	Arc 7	Parab 3	880.60	878.11	299.557	57896.68	161390.02	-2.50	-2.50	5.73
209	44160.000	Arc 7	Parab 3	883.10	879.26	301.516	57896.51	161370.02	-2.50	-2.50	5.73
210	44180.000	Arc 7	Parab 3	885.50	880.40	303.474	57895.73	161350.04	-2.50	-2.50	5.74
211	44200.000	Arc 7	Parab 3	886.59	881.55	305.433	57894.33	161330.09	-2.50	-2.50	5.75
212	44220.000	Arc 7	Parab 3	892.26	882.70	307.392	57892.32	161310.19	-2.50	-2.50	5.76
213	44240.000	Arc 7	Parab 3	898.03	883.86	309.351	57889.70	161290.36	-2.50	-2.50	5.76
214	44260.000	Arc 7	Parab 3	899.02	885.01	311.310	57886.47	161270.63	-2.50	-2.50	5.77
215	44280.000	Arc 7	Parab 3	899.25	886.16	313.268	57882.63	161251.00	-2.50	-2.50	5.78
216	44300.000	Arc 7	Parab 3	899.78	887.32	315.227	57878.19	161231.50	-2.50	-2.50	5.78
217	44320.000	Arc 7	Pente 4	901.48	888.48	317.186	57873.16	161212.14	-2.50	-2.50	5.79
218	44340.000	Arc 7	Pente 4	904.82	889.63	319.145	57867.53	161192.95	-2.50	-2.50	5.79
219	44360.000	Arc 7	Pente 4	908.16	890.79	321.104	57861.31	161173.95	-2.50	-2.50	5.79
220	44380.000	Arc 7	Pente 4	911.86	891.95	323.063	57854.51	161155.14	-2.50	-2.50	5.79
221	44400.000	Arc 7	Pente 4	916.14	893.11	325.021	57847.14	161136.55	-2.50	-2.50	5.79
222	44420.000	Arc 7	Pente 4	920.77	894.26	326.980	57839.19	161118.19	-2.50	-2.50	5.79
223	44440.000	Arc 7	Pente 4	926.39	895.42	328.939	57830.69	161100.09	-2.50	-2.50	5.79
224	44460.000	Arc 7	Pente 4	932.32	896.58	330.898	57821.63	161082.26	-2.50	-2.50	5.79
225	44480.000	Arc 7	Pente 4	937.78	897.74	332.857	57812.03	161064.72	-2.50	-2.50	5.79
226	44500.000	Arc 7	Pente 4	941.36	898.89	334.816	57801.90	161047.48	-2.50	-2.50	5.79
227	44520.000	Arc 7	Pente 4	944.58	900.05	336.774	57791.23	161030.56	-2.50	-2.50	5.79
228	44540.000	Arc 7	Pente 4	946.45	901.21	338.733	57780.06	161013.97	-2.50	-2.50	5.79
229	44560.000	Arc 7	Pente 4	949.19	902.37	340.692	57768.38	160997.74	-2.50	-2.50	5.79
230	44580.000	Arc 7	Pente 4	951.14	903.52	342.651	57756.20	160981.87	-2.50	-2.50	5.79
231	44600.000	Arc 7	Pente 4	944.64	904.68	344.610	57743.54	160966.39	-2.50	-2.50	5.79
232	44620.000	Arc 7	Pente 4	931.76	905.84	346.569	57730.41	160951.30	-2.50	-2.50	5.79
233	44640.000	Arc 7	Pente 4	922.67	907.00	348.527	57716.83	160936.63	-2.50	-2.50	5.79
234	44660.000	Arc 7	Pente 4	915.29	908.15	350.486	57702.79	160922.38	-2.50	-2.50	5.79
235	44680.000	Arc 7	Pente 4	909.14	909.31	352.445	57688.33	160908.56	-2.50	-2.50	5.79
236	44700.000	Arc 7	Pente 4	901.28	910.47	354.404	57673.45	160895.20	-2.50	-2.50	5.79
237	44720.000	Arc 7	Parab 4	891.91	911.61	356.363	57658.16	160882.31	-2.50	-2.50	5.62
238	44740.000	Arc 7	Parab 4	884.03	912.71	358.322	57642.49	160869.89	-2.50	-2.50	5.40
239	44760.000	Arc 7	Parab 4	880.91	913.77	360.280	57626.44	160857.96	-2.50	-2.50	5.18

240	44780.000	Droite 8	Parab 4	872.01	914.78	361.506	57610.05	160846.49	-1.61	-2.50	4.96
241	44800.000	Droite 8	Parab 4	868.17	915.75	361.506	57593.60	160835.12	0.77	-2.50	4.74
242	44820.000	Droite 8	Parab 4	869.28	916.68	361.506	57577.15	160823.75	2.50	-2.50	4.52
243	44840.000	Droite 8	Parab 4	869.91	917.56	361.506	57560.69	160812.38	2.50	-2.50	4.30
244	44860.000	Droite 8	Parab 4	870.93	918.40	361.506	57544.24	160801.01	2.50	-2.50	4.08
245	44880.000	Droite 8	Parab 4	875.37	919.19	361.506	57527.79	160789.64	2.50	-2.50	3.86
246	44900.000	Droite 8	Parab 4	878.40	919.94	361.506	57511.33	160778.27	2.50	-2.50	3.64
247	44920.000	Droite 8	Parab 4	879.51	920.65	361.506	57494.88	160766.90	2.50	-2.50	3.42
248	44940.000	Droite 8	Parab 4	879.69	921.31	361.506	57478.42	160755.53	2.50	-2.50	3.20



Nu m.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisemen t	X	Y	Dévers		Pente longitudinale
									Gau che	Droite	
249	44960.000	Droite 8	Parab 4	882.25	921.93	361.506	57461.97	160744.16	2.50	-2.50	2.98
250	44980.000	Droite 8	Parab 4	884.01	922.50	361.506	57445.52	160732.79	1.90	-2.50	2.76
251	45000.000	Droite 8	Parab 4	886.00	923.03	361.506	57429.06	160721.42	-0.48	-2.50	2.54
252	45020.000	Arc 8	Parab 4	888.53	923.52	361.807	57412.60	160710.06	-2.50	-2.50	2.32
253	45040.000	Arc 8	Parab 4	891.56	923.96	363.766	57395.93	160699.02	-2.50	-2.50	2.10
254	45060.000	Arc 8	Parab 4	894.44	924.36	365.724	57378.92	160688.50	-2.50	-2.50	1.88
255	45080.000	Arc 8	Parab 4	897.90	924.72	367.683	57361.59	160678.51	-2.50	-2.50	1.66
256	45100.000	Arc 8	Parab 4	900.93	925.03	369.642	57343.97	160669.06	-2.50	-2.50	1.45
257	45120.000	Arc 8	Parab 4	903.67	925.30	371.601	57326.06	160660.16	-2.50	-2.50	1.23
258	45140.000	Arc 8	Parab 4	908.00	925.52	373.560	57307.89	160651.81	-2.50	-2.50	1.01
259	45160.000	Arc 8	Parab 4	911.29	925.70	375.519	57289.46	160644.02	-2.50	-2.50	0.79
260	45180.000	Arc 8	Parab 4	918.80	925.83	377.477	57270.81	160636.80	-2.50	-2.50	0.57
261	45200.000	Arc 8	Parab 4	921.57	925.92	379.436	57251.95	160630.16	-2.50	-2.50	0.35
262	45220.000	Arc 8	Parab 4	921.67	925.97	381.395	57232.89	160624.11	-2.50	-2.50	0.13
263	45240.000	Arc 8	Parab 4	929.42	925.98	383.354	57213.65	160618.64	-2.50	-2.50	-0.09
264	45260.000	Arc 8	Parab 4	931.04	925.94	385.313	57194.25	160613.77	-2.50	-2.50	-0.31
265	45280.000	Arc 8	Parab 4	931.64	925.85	387.272	57174.72	160609.50	-2.50	-2.50	-0.53
266	45300.000	Arc 8	Parab 4	931.98	925.72	389.230	57155.06	160605.83	-2.50	-2.50	-0.75
267	45320.000	Arc 8	Parab 4	931.21	925.55	391.189	57135.29	160602.76	-2.50	-2.50	-0.97
268	45340.000	Arc 8	Parab 4	930.29	925.34	393.148	57115.44	160600.31	-2.50	-2.50	-1.19
269	45360.000	Arc 8	Parab 4	926.94	925.08	395.107	57095.53	160598.47	-2.50	-2.50	-1.41
270	45380.000	Arc 8	Parab 4	920.68	924.77	397.066	57075.57	160597.24	-2.50	-2.50	-1.63
271	45400.000	Arc 8	Parab 4	920.21	924.43	399.024	57055.58	160596.62	-2.50	-2.50	-1.85
272	45420.000	Arc 8	Parab 4	913.70	924.03	0.983	57035.58	160596.62	-2.50	-2.50	-2.07
273	45440.000	Arc 8	Parab 4	908.38	923.60	2.942	57015.59	160597.24	-2.50	-2.50	-2.29
274	45460.000	Arc 8	Parab 4	904.32	923.12	4.901	56995.63	160598.47	-2.50	-2.50	-2.50
275	45480.000	Arc 8	Parab 4	900.33	922.60	6.860	56975.72	160600.32	-2.50	-2.50	-2.72
276	45500.000	Arc 8	Parab 4	898.37	922.03	8.819	56955.87	160602.77	-2.50	-2.50	-2.94
277	45520.000	Arc 8	Parab 4	897.13	921.42	10.777	56936.10	160605.84	-2.50	-2.50	-3.16
278	45540.000	Arc 8	Parab 4	896.74	920.77	12.736	56916.45	160609.51	-2.50	-2.50	-3.38
279	45560.000	Arc 8	Parab 4	898.76	920.07	14.695	56896.91	160613.79	-2.50	-2.50	-3.60
280	45580.000	Arc 8	Parab 4	901.21	919.32	16.654	56877.51	160618.66	-2.50	-2.50	-3.82
281	45600.000	Arc 8	Pente 5	900.14	918.54	18.613	56858.28	160624.13	-2.50	-2.50	-3.99
282	45620.000	Arc 8	Pente 5	896.70	917.74	20.572	56839.22	160630.19	-2.50	-2.50	-3.99
283	45640.000	Arc 8	Pente 5	894.35	916.95	22.530	56820.35	160636.83	-2.50	-2.50	-3.99
284	45660.000	Droite 9	Pente 5	893.63	916.15	24.249	56801.70	160644.04	-2.21	-2.50	-3.99
285	45680.000	Droite 9	Pente 5	893.02	915.35	24.249	56783.13	160651.48	0.17	-2.50	-3.99
286	45700.000	Droite 9	Pente 5	892.21	914.55	24.249	56764.57	160658.91	2.50	-2.50	-3.99
287	45720.000	Droite 9	Pente 5	897.13	913.76	24.249	56746.00	160666.35	2.50	-2.50	-3.99
288	45740.000	Droite 9	Pente 5	903.13	912.96	24.249	56727.43	160673.78	2.50	-2.50	-3.99
289	45760.000	Droite 9	Pente 5	905.70	912.16	24.249	56708.87	160681.22	2.50	-2.50	-3.99
290	45780.000	Droite 9	Pente 5	907.92	911.37	24.249	56690.30	160688.66	2.50	-2.50	-3.99
291	45800.000	Droite 9	Pente 5	908.68	910.57	24.249	56671.73	160696.09	2.50	-2.50	-3.99
292	45820.000	Droite 9	Pente 5	908.75	909.77	24.249	56653.17	160703.53	2.50	-2.50	-3.99
293	45840.000	Droite 9	Pente 5	906.32	908.97	24.249	56634.60	160710.96	2.50	-2.50	-3.99
294	45860.000	Droite 9	Pente 5	903.70	908.18	24.249	56616.03	160718.40	2.50	-2.50	-3.99
295	45880.000	Droite 9	Pente 5	900.78	907.38	24.249	56597.47	160725.83	2.50	-2.50	-3.99
296	45900.000	Droite 9	Pente 5	898.10	906.58	24.249	56578.90	160733.27	2.50	-2.50	-3.99
297	45920.000	Droite 9	Pente 5	897.20	905.79	24.249	56560.33	160740.70	2.50	-2.50	-3.99
298	45940.000	Droite 9	Pente 5	896.21	904.99	24.249	56541.77	160748.14	2.50	-2.50	-3.99
299	45960.000	Droite 9	Pente 5	895.28	904.19	24.249	56523.20	160755.57	2.50	-2.50	-3.99
300	45980.000	Droite 9	Pente 5	895.46	903.40	24.249	56504.63	160763.01	2.50	-2.50	-3.99
301	46000.000	Droite 9	Pente 5	894.06	902.60	24.249	56486.07	160770.44	2.50	-2.50	-3.99
302	46020.000	Droite 9	Pente 5	892.05	901.80	24.249	56467.50	160777.88	2.50	-2.50	-3.99

303	46040.000	Droite 9	Pente 5	890.00	901.00	24.249	56448.93	160785.31	2.50	-2.50	-3.99
304	46060.000	Droite 9	Pente 5	889.58	900.21	24.249	56430.37	160792.75	2.50	-2.50	-3.99
305	46080.000	Droite 9	Pente 5	889.20	899.41	24.249	56411.80	160800.18	2.50	-2.50	-3.99
306	46100.000	Droite 9	Pente 5	887.74	898.61	24.249	56393.23	160807.62	2.50	-2.50	-3.99
307	46120.000	Droite 9	Pente 5	886.22	897.82	24.249	56374.67	160815.05	2.50	-2.50	-3.99
308	46140.000	Droite 9	Pente 5	884.50	897.02	24.249	56356.10	160822.49	2.50	-2.50	-3.99
309	46160.000	Droite 9	Pente 5	882.55	896.22	24.249	56337.53	160829.92	2.50	-2.50	-3.99
310	46180.000	Droite 9	Pente 5	880.14	895.42	24.249	56318.97	160837.36	2.50	-2.50	-3.99
311	46200.000	Droite 9	Pente 5	879.24	894.63	24.249	56300.40	160844.79	2.50	-2.50	-3.99

Num	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente longitudinale
									Gauche	Droite	
312	46220.000	Droite 9	Pente 5	880.41	893.83	24.249	56281.83	160852.23	2.50	-2.50	-3.99
313	46240.000	Droite 9	Pente 5	877.68	893.03	24.249	56263.27	160859.66	2.50	-2.50	-3.99
314	46260.000	Droite 9	Pente 5	874.30	892.24	24.249	56244.70	160867.10	2.50	-2.50	-3.99
315	46280.000	Droite 9	Pente 5	872.29	891.44	24.249	56226.13	160874.53	2.50	-2.50	-3.99
316	46300.000	Droite 9	Pente 5	870.14	890.64	24.249	56207.57	160881.97	2.50	-2.50	-3.99
317	46320.000	Droite 9	Pente 5	868.86	889.84	24.249	56189.00	160889.40	2.50	-2.50	-3.99
318	46340.000	Droite 9	Pente 5	869.23	889.05	24.249	56170.43	160896.84	2.50	-2.50	-3.99
319	46360.000	Droite 9	Parab 5	870.21	888.26	24.249	56151.87	160904.27	2.50	-2.50	-3.86
320	46380.000	Droite 9	Parab 5	872.04	887.52	24.249	56133.30	160911.71	2.50	-2.50	-3.54
321	46400.000	Droite 9	Parab 5	874.39	886.84	24.249	56114.73	160919.14	2.50	-2.50	-3.22
322	46420.000	Droite 9	Parab 5	877.03	886.23	24.249	56096.17	160926.58	2.50	-2.50	-2.91
323	46440.000	Droite 9	Parab 5	877.42	885.68	24.249	56077.60	160934.01	2.50	-2.50	-2.59
324	46460.000	Droite 9	Parab 5	878.32	885.19	24.249	56059.04	160941.45	2.50	-2.50	-2.27
325	46480.000	Droite 9	Parab 5	879.92	884.77	24.249	56040.47	160948.88	2.50	-2.50	-1.96
326	46500.000	Droite 9	Parab 5	881.45	884.41	24.249	56021.90	160956.32	2.50	-2.50	-1.64
327	46520.000	Droite 9	Parab 5	882.91	884.11	24.249	56003.34	160963.75	2.50	-2.50	-1.33
328	46540.000	Droite 9	Parab 5	883.77	883.88	24.249	55984.77	160971.19	2.50	-2.50	-1.01
329	46560.000	Droite 9	Parab 5	883.53	883.71	24.249	55966.20	160978.62	2.50	-2.50	-0.69
330	46580.000	Droite 9	Parab 5	882.38	883.60	24.249	55947.64	160986.06	2.50	-2.50	-0.38
331	46600.000	Droite 9	Parab 5	880.72	883.56	24.249	55929.07	160993.50	2.50	-2.50	-0.06
332	46620.000	Droite 9	Pente 6	879.95	883.55	24.249	55910.50	161000.93	2.50	-2.50	-0.04
333	46640.000	Droite 9	Pente 6	881.55	883.54	24.249	55891.94	161008.37	2.50	-2.50	-0.04
334	46660.000	Droite 9	Pente 6	882.25	883.53	24.249	55873.37	161015.80	2.50	-2.50	-0.04
335	46680.000	Droite 9	Pente 6	882.65	883.53	24.249	55854.80	161023.24	2.50	-2.50	-0.04
336	46700.000	Droite 9	Pente 6	883.29	883.52	24.249	55836.24	161030.67	2.50	-2.50	-0.04
337	46720.000	Droite 9	Pente 6	883.66	883.51	24.249	55817.67	161038.11	2.50	-2.50	-0.04
338	46740.000	Droite 9	Pente 6	884.09	883.51	24.249	55799.10	161045.54	2.50	-2.50	-0.04
339	46760.000	Droite 9	Pente 6	883.37	883.50	24.249	55780.54	161052.98	2.50	-2.50	-0.04
340	46780.000	Droite 9	Pente 6	881.59	883.49	24.249	55761.97	161060.41	2.50	-2.50	-0.04
341	46800.000	Droite 9	Pente 6	879.06	883.48	24.249	55743.40	161067.85	2.50	-2.50	-0.04
342	46820.000	Droite 9	Pente 6	875.54	883.48	24.249	55724.84	161075.28	2.50	-2.50	-0.04
343	46840.000	Droite 9	Pente 6	872.68	883.47	24.249	55706.27	161082.72	2.50	-2.50	-0.04
344	46860.000	Droite 9	Pente 6	869.30	883.46	24.249	55687.70	161090.15	2.50	-2.50	-0.04
345	46880.000	Droite 9	Pente 6	865.02	883.46	24.249	55669.14	161097.59	2.50	-2.50	-0.04
346	46900.000	Droite 9	Pente 6	861.64	883.45	24.249	55650.57	161105.02	2.50	-2.50	-0.04
347	46920.000	Droite 9	Pente 6	860.21	883.44	24.249	55632.00	161112.46	2.50	-2.50	-0.04
348	46940.000	Droite 9	Pente 6	858.54	883.43	24.249	55613.44	161119.89	2.50	-2.50	-0.04
349	46960.000	Droite 9	Pente 6	855.50	883.43	24.249	55594.87	161127.33	2.50	-2.50	-0.04
350	46980.000	Droite 9	Pente 6	857.64	883.42	24.249	55576.30	161134.76	2.50	-2.50	-0.04
351	47000.000	Droite 9	Pente 6	861.02	883.41	24.249	55557.74	161142.20	2.50	-2.50	-0.04
352	47000.501	Droite 9	Pente 6	861.14	883.41	24.249	55557.27	161142.38	2.50	-2.50	-0.04

## Cubatures Décapage (Gulden)

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Décapage		Surface En Coupe	Volumes		Surfaces en plan	
			Gauche	Droite		Partiels	Cumulés	Partielles	Cumulées
1	40000.000	10.00	0.20	0.20	14.33	143.292	143.292	716.46	716.46
2	40020.000	20.00	0.20	0.20	13.97	279.487	422.780	1397.44	2113.90
3	40040.000	20.00	0.20	0.20	14.51	290.238	713.017	1451.19	3565.09
4	40060.000	20.00	0.20	0.20	15.84	316.882	1029.900	1584.41	5149.50
5	40080.000	20.00	0.20	0.20	17.38	347.660	1377.560	1738.30	6887.80
6	40100.000	20.00	0.20	0.20	19.92	398.480	1776.040	1992.40	8880.20
10	40180.000	20.00	0.20	0.20	17.36	336.659	2112.699	1683.30	10563.50
11	40200.000	20.00	0.20	0.20	17.97	343.764	2456.463	1718.82	12282.31
12	40220.000	20.00	0.20	0.20	16.13	313.302	2769.765	1566.51	13848.82
13	40240.000	20.00	0.20	0.20	15.46	310.334	3080.099	1551.67	15400.49
14	40260.000	20.00	0.20	0.20	12.43	255.197	3335.296	1275.99	16676.48
15	40280.000	20.00	0.20	0.20	13.15	270.678	3605.974	1353.39	18029.87
16	40300.000	20.00	0.20	0.20	13.85	283.660	3889.634	1418.30	19448.17
17	40320.000	20.00	0.20	0.20	11.84	239.449	4129.083	1197.25	20645.42
18	40340.000	20.00	0.20	0.20	10.78	217.604	4346.687	1088.02	21733.43
19	40360.000	20.00	0.20	0.20	13.59	278.140	4624.827	1390.70	23124.13
20	40380.000	20.00	0.20	0.20	14.19	286.050	4910.877	1430.25	24554.39
21	40400.000	20.00	0.20	0.20	10.77	214.317	5125.194	1071.59	25625.97
22	40420.000	20.00	0.20	0.20	8.55	171.374	5296.568	856.87	26482.84
23	40440.000	20.00	0.20	0.20	16.03	320.635	5617.204	1603.18	28086.02
24	40460.000	20.00	0.20	0.20	24.74	494.819	6112.022	2474.09	30560.11
25	40480.000	20.00	0.20	0.20	21.58	431.693	6543.715	2158.46	32718.57
26	40500.000	20.00	0.20	0.20	14.09	281.810	6825.524	1409.05	34127.62
27	40520.000	20.00	0.20	0.20	11.41	228.200	7053.724	1141.00	35268.62
28	40540.000	20.00	0.20	0.20	9.70	193.976	7247.700	969.88	36238.50
29	40560.000	20.00	0.20	0.20	8.34	166.728	7414.428	833.64	37072.14
30	40580.000	20.00	0.20	0.20	11.47	229.432	7643.861	1147.16	38219.30
31	40600.000	20.00	0.20	0.20	17.38	347.624	7991.485	1738.12	39957.43
35	40680.000	20.00	0.20	0.20	12.63	252.580	8244.065	1262.90	41220.32
36	40700.000	20.00	0.20	0.20	11.91	238.214	8482.279	1191.07	42411.39
37	40720.000	20.00	0.20	0.20	15.69	313.893	8796.172	1569.47	43980.86
38	40740.000	20.00	0.20	0.20	18.12	362.423	9158.595	1812.12	45792.98
39	40760.000	20.00	0.20	0.20	21.72	432.032	9590.627	2160.16	47953.14
40	40780.000	20.00	0.20	0.20	22.04	428.390	10019.017	2141.95	50095.08
41	40800.000	20.00	0.20	0.20	17.91	345.880	10364.897	1729.40	51824.49
42	40820.000	20.00	0.20	0.20	20.69	383.136	10748.034	1915.68	53740.17
43	40840.000	20.00	0.20	0.20	21.38	389.499	11137.533	1947.49	55687.66
44	40860.000	20.00	0.20	0.20	23.56	437.951	11575.484	2189.76	57877.42
45	40880.000	20.00	0.20	0.20	27.24	522.959	12098.443	2614.80	60492.21
46	40900.000	20.00	0.20	0.20	30.30	597.182	12695.625	2985.91	63478.13
47	40920.000	20.00	0.20	0.20	30.89	611.730	13307.355	3058.65	66536.78
48	40940.000	20.00	0.20	0.20	31.35	623.366	13930.721	3116.83	69653.61
49	40960.000	20.00	0.20	0.20	29.51	584.188	14514.909	2920.94	72574.55
50	40980.000	20.00	0.20	0.20	21.76	430.131	14945.040	2150.66	74725.20
51	41000.000	20.00	0.20	0.20	13.56	275.626	15220.666	1378.13	76103.33
52	41020.000	20.00	0.20	0.20	8.92	178.699	15399.365	893.50	76996.83
53	41040.000	20.00	0.20	0.20	13.02	262.342	15661.707	1311.71	78308.54

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Décapage		Surface En Coupe	Volumes		Surfaces en plan	
			Gauche	Droite		Partiels	Cumulés	Partielles	Cumulées
65	41280.000	20.00	0.20	0.20	12.29	245.740	15907.447	1228.70	79537.24
66	41300.000	20.00	0.20	0.20	12.76	255.291	16162.738	1276.46	80813.69
67	41320.000	20.00	0.20	0.20	13.53	270.556	16433.294	1352.78	82166.47
68	41340.000	20.00	0.20	0.20	10.93	218.546	16651.839	1092.73	83259.20
69	41360.000	20.00	0.20	0.20	9.57	191.420	16843.259	957.10	84216.29
70	41380.000	20.00	0.20	0.20	9.03	180.571	17023.830	902.86	85119.15
71	41400.000	20.00	0.20	0.20	9.77	195.412	17219.242	977.06	86096.21
72	41420.000	20.00	0.20	0.20	11.03	220.279	17439.522	1101.40	87197.61
73	41440.000	20.00	0.20	0.20	12.09	239.525	17679.047	1197.63	88395.23
74	41460.000	20.00	0.20	0.20	11.63	230.852	17909.899	1154.26	89549.49
75	41480.000	20.00	0.20	0.20	11.78	234.184	18144.082	1170.92	90720.41
76	41500.000	20.00	0.20	0.20	11.59	230.439	18374.522	1152.20	91872.61
77	41520.000	20.00	0.20	0.20	10.86	215.233	18589.754	1076.16	92948.77
78	41540.000	20.00	0.20	0.20	10.98	217.839	18807.593	1089.19	94037.97
79	41560.000	20.00	0.20	0.20	10.97	217.862	19025.455	1089.31	95127.28
80	41580.000	20.00	0.20	0.20	11.27	223.653	19249.108	1118.26	96245.54
81	41600.000	20.00	0.20	0.20	10.66	211.691	19460.799	1058.46	97304.00
82	41620.000	20.00	0.20	0.20	10.35	205.609	19666.409	1028.05	98332.04
83	41640.000	20.00	0.20	0.20	10.23	203.400	19869.809	1017.00	99349.04
84	41660.000	20.00	0.20	0.20	10.24	204.722	20074.531	1023.61	100372.66
85	41680.000	20.00	0.20	0.20	10.57	211.413	20285.944	1057.06	101429.72
86	41700.000	20.00	0.20	0.20	11.43	228.599	20514.543	1142.99	102572.71
87	41720.000	20.00	0.20	0.20	11.58	231.689	20746.232	1158.45	103731.16
88	41740.000	20.00	0.20	0.20	12.27	245.463	20991.695	1227.32	104958.48
89	41760.000	20.00	0.20	0.20	12.45	249.083	21240.778	1245.41	106203.89
90	41780.000	20.00	0.20	0.20	11.48	229.664	21470.442	1148.32	107352.21
91	41800.000	20.00	0.20	0.20	11.45	229.083	21699.525	1145.42	108497.63
92	41820.000	20.00	0.20	0.20	11.14	222.740	21922.265	1113.70	109611.33
93	41840.000	20.00	0.20	0.20	9.42	188.395	22110.661	941.98	110553.30
94	41860.000	20.00	0.20	0.20	11.16	223.116	22333.777	1115.58	111668.88
95	41880.000	20.00	0.20	0.20	13.06	261.299	22595.076	1306.49	112975.38
96	41900.000	20.00	0.20	0.20	9.13	182.643	22777.718	913.21	113888.59
97	41920.000	20.00	0.20	0.20	9.46	189.293	22967.011	946.46	114835.06
98	41940.000	20.00	0.20	0.20	11.47	228.007	23195.018	1140.03	115975.09
99	41960.000	20.00	0.20	0.20	15.28	306.454	23501.472	1532.27	117507.36
100	41980.000	20.00	0.20	0.20	18.22	377.967	23879.439	1889.84	119397.19
101	42000.000	20.00	0.20	0.20	18.35	379.242	24258.680	1896.21	121293.40
102	42020.000	20.00	0.20	0.20	16.74	343.014	24601.694	1715.07	123008.47
103	42040.000	20.00	0.20	0.20	12.37	250.643	24852.337	1253.22	124261.69
104	42060.000	20.00	0.20	0.20	10.19	203.900	25056.237	1019.50	125281.18
105	42080.000	20.00	0.20	0.20	10.62	209.399	25265.636	1047.00	126328.18
106	42100.000	20.00	0.20	0.20	12.21	242.660	25508.296	1213.30	127541.48
107	42120.000	20.00	0.20	0.20	23.39	483.443	25991.740	2417.22	129958.70
108	42140.000	20.00	0.20	0.20	19.55	408.715	26400.455	2043.58	132002.27
109	42160.000	20.00	0.20	0.20	22.51	449.884	26850.339	2249.42	134251.69
110	42180.000	20.00	0.20	0.20	15.58	302.721	27153.060	1513.60	135765.30
111	42200.000	20.00	0.20	0.20	17.89	351.070	27504.129	1755.35	137520.65
112	42220.000	20.00	0.20	0.20	18.79	370.650	27874.779	1853.25	139373.90
113	42240.000	20.00	0.20	0.20	19.41	383.600	28258.380	1918.00	141291.90
114	42260.000	20.00	0.20	0.20	19.38	381.378	28639.758	1906.89	143198.79
115	42280.000	20.00	0.20	0.20	21.18	414.292	29054.050	2071.46	145270.25
116	42300.000	20.00	0.20	0.20	22.29	434.287	29488.337	2171.44	147441.69

---

117	42320.000	20.00	0.20	0.20	21.29	415.386	29903.724	2076.93	149518.62
118	42340.000	20.00	0.20	0.20	19.68	385.208	30288.932	1926.04	151444.66
119	42360.000	20.00	0.20	0.20	12.84	252.601	30541.533	1263.01	152707.67
120	42380.000	20.00	0.20	0.20	12.40	246.380	30787.914	1231.90	153939.57
121	42400.000	20.00	0.20	0.20	11.68	237.282	31025.195	1186.41	155125.98
122	42420.000	20.00	0.20	0.20	14.16	287.351	31312.546	1436.76	156562.73

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Décapage		Surface En Coupe	Volumes		Surfaces en plan	
			Gauche	Droite		Partiels	Cumulés	Partielles	Cumulées
123	42440.000	20.00	0.20	0.20	17.38	353.716	31666.262	1768.58	158331.31
124	42460.000	20.00	0.20	0.20	19.50	397.601	32063.863	1988.01	160319.32
125	42480.000	20.00	0.20	0.20	20.52	422.157	32486.021	2110.79	162430.10
126	42500.000	20.00	0.20	0.20	21.40	427.937	32913.958	2139.69	164569.79
127	42520.000	20.00	0.20	0.20	20.91	418.152	33332.109	2090.76	166660.55
128	42540.000	20.00	0.20	0.20	19.53	390.545	33722.654	1952.72	168613.27
129	42560.000	20.00	0.20	0.20	17.78	355.576	34078.230	1777.88	170391.15
130	42580.000	20.00	0.20	0.20	15.04	300.854	34379.085	1504.27	171895.42
131	42600.000	20.00	0.20	0.20	12.17	243.394	34622.478	1216.97	173112.39
132	42620.000	20.00	0.20	0.20	10.87	217.405	34839.883	1087.02	174199.42
133	42640.000	20.00	0.20	0.20	12.59	251.899	35091.782	1259.49	175458.91
134	42660.000	20.00	0.20	0.20	13.42	268.361	35360.143	1341.81	176800.72
135	42680.000	20.00	0.20	0.20	13.72	274.376	35634.519	1371.88	178172.59
136	42700.000	20.00	0.20	0.20	13.30	264.515	35899.034	1322.58	179495.17
137	42720.000	20.00	0.20	0.20	12.56	248.771	36147.805	1243.86	180739.03
138	42740.000	20.00	0.20	0.20	12.26	243.100	36390.905	1215.50	181954.53
139	42760.000	20.00	0.20	0.20	9.44	188.032	36578.937	940.16	182894.69
140	42780.000	20.00	0.20	0.20	9.36	186.922	36765.859	934.61	183829.30
141	42800.000	20.00	0.20	0.20	11.13	222.894	36988.753	1114.47	184943.77
142	42820.000	20.00	0.20	0.20	16.31	321.954	37310.707	1609.77	186553.53
143	42840.000	20.00	0.20	0.20	16.12	315.939	37626.646	1579.69	188133.23
144	42860.000	20.00	0.20	0.20	16.36	320.231	37946.876	1601.15	189734.38
145	42880.000	20.00	0.20	0.20	16.12	315.111	38261.988	1575.56	191309.94
146	42900.000	20.00	0.20	0.20	15.77	307.097	38569.085	1535.48	192845.42
147	42920.000	20.00	0.20	0.20	18.01	348.652	38917.736	1743.26	194588.68
148	42940.000	20.00	0.20	0.20	17.53	337.963	39255.699	1689.81	196278.50
149	42960.000	20.00	0.20	0.20	14.89	289.641	39545.340	1448.21	197726.70
150	42980.000	20.00	0.20	0.20	16.00	313.128	39858.468	1565.64	199292.34
151	43000.000	20.00	0.20	0.20	18.63	372.602	40231.070	1863.01	201155.35
152	43020.000	20.00	0.20	0.20	19.06	381.188	40612.258	1905.94	203061.29
153	43040.000	20.00	0.20	0.20	15.61	312.278	40924.535	1561.39	204622.68
154	43060.000	20.00	0.20	0.20	15.44	308.840	41233.375	1544.20	206166.88
155	43080.000	20.00	0.20	0.20	16.59	331.861	41565.236	1659.30	207826.18
156	43100.000	20.00	0.20	0.20	17.92	358.391	41923.626	1791.95	209618.13
157	43120.000	20.00	0.20	0.20	18.12	362.469	42286.095	1812.34	211430.48
158	43140.000	20.00	0.20	0.20	18.14	362.892	42648.987	1814.46	213244.94
159	43160.000	20.00	0.20	0.20	17.22	344.431	42993.418	1722.15	214967.09
160	43180.000	20.00	0.20	0.20	17.05	342.261	43335.679	1711.30	216678.39
161	43200.000	20.00	0.20	0.20	17.00	344.917	43680.596	1724.59	218402.98
162	43220.000	20.00	0.20	0.20	16.38	335.947	44016.543	1679.74	220082.71
163	43240.000	20.00	0.20	0.20	15.94	327.645	44344.188	1638.22	221720.94
164	43260.000	20.00	0.20	0.20	15.72	322.674	44666.861	1613.37	223334.31
165	43280.000	20.00	0.20	0.20	14.16	287.475	44954.336	1437.37	224771.68
166	43300.000	20.00	0.20	0.20	13.10	265.461	45219.797	1327.30	226098.98
167	43320.000	20.00	0.20	0.20	11.09	224.042	45443.839	1120.21	227219.19
168	43340.000	20.00	0.20	0.20	10.41	209.576	45653.414	1047.88	228267.07
169	43360.000	20.00	0.20	0.20	9.92	199.837	45853.251	999.19	229266.26
170	43380.000	20.00	0.20	0.20	9.33	188.307	46041.558	941.53	230207.79
171	43400.000	20.00	0.20	0.20	8.47	170.503	46212.061	852.51	231060.30
172	43420.000	20.00	0.20	0.20	10.48	207.041	46419.102	1035.21	232095.51
173	43440.000	20.00	0.20	0.20	12.95	250.581	46669.682	1252.90	233348.41
174	43460.000	20.00	0.20	0.20	13.36	259.225	46928.908	1296.13	234644.54

---

175	43480.000	20.00	0.20	0.20	13.72	271.701	47200.609	1358.51	236003.04
176	43500.000	20.00	0.20	0.20	10.79	218.183	47418.792	1090.91	237093.96



Num	Abscisse	Lg Ap.	Décapage		Surface En Coupe	Volumes		Surfaces en plan	
			Gauche	Droite		Partiels	Cumulés	Partielles	Cumulées
177	43520.000	20.00	0.20	0.20	11.67	236.406	47655.198	1182.03	238275.99
197	43920.000	20.00	0.20	0.20	16.91	338.229	47993.426	1691.14	239967.13
198	43940.000	20.00	0.20	0.20	15.85	317.021	48310.447	1585.11	241552.24
199	43960.000	20.00	0.20	0.20	15.08	301.580	48612.028	1507.90	243060.14
200	43980.000	20.00	0.20	0.20	14.25	284.994	48897.022	1424.97	244485.11
201	44000.000	20.00	0.20	0.20	12.82	256.330	49153.351	1281.65	245766.76
202	44020.000	20.00	0.20	0.20	11.44	228.860	49382.211	1144.30	246911.06
203	44040.000	20.00	0.20	0.20	8.66	173.177	49555.388	865.88	247776.94
204	44060.000	20.00	0.20	0.20	7.82	156.357	49711.745	781.78	248558.72
205	44080.000	20.00	0.20	0.20	9.05	180.960	49892.705	904.80	249463.52
206	44100.000	20.00	0.20	0.20	8.92	178.491	50071.196	892.45	250355.98
207	44120.000	20.00	0.20	0.20	8.39	167.859	50239.054	839.29	251195.27
208	44140.000	20.00	0.20	0.20	9.36	187.551	50426.605	937.76	252133.03
209	44160.000	20.00	0.20	0.20	9.94	199.415	50626.021	997.08	253130.10
210	44180.000	20.00	0.20	0.20	10.55	211.238	50837.259	1056.19	254186.29
211	44200.000	20.00	0.20	0.20	11.35	227.795	51065.054	1138.98	255325.27
212	44220.000	20.00	0.20	0.20	13.41	270.401	51335.455	1352.00	256677.27
213	44240.000	20.00	0.20	0.20	16.44	333.964	51669.418	1669.82	258347.09
214	44260.000	20.00	0.20	0.20	17.32	352.757	52022.175	1763.78	260110.88
215	44280.000	20.00	0.20	0.20	17.89	363.834	52386.009	1819.17	261930.05
216	44300.000	20.00	0.20	0.20	18.70	380.785	52766.794	1903.92	263833.97
217	44320.000	20.00	0.20	0.20	20.09	406.731	53173.525	2033.66	265867.63
218	44340.000	20.00	0.20	0.20	20.89	422.687	53596.212	2113.43	267981.06
219	44360.000	20.00	0.20	0.20	25.20	513.587	54109.800	2567.94	270549.00
220	44380.000	20.00	0.20	0.20	26.64	542.203	54652.002	2711.01	273260.01
221	44400.000	20.00	0.20	0.20	28.08	569.798	55221.800	2848.99	276109.00
222	44420.000	20.00	0.20	0.20	30.27	609.531	55831.332	3047.66	279156.66
223	44440.000	20.00	0.20	0.20	31.52	631.775	56463.107	3158.87	282315.53
224	44460.000	20.00	0.20	0.20	32.05	641.048	57104.154	3205.24	285520.77
225	44480.000	20.00	0.20	0.20	32.05	641.048	57745.202	3205.24	288726.01
226	44500.000	20.00	0.20	0.20	32.05	641.048	58386.250	3205.24	291931.25
227	44520.000	20.00	0.20	0.20	32.05	641.048	59027.298	3205.24	295136.49
228	44540.000	20.00	0.20	0.20	32.05	641.048	59668.345	3205.24	298341.73
229	44560.000	20.00	0.20	0.20	32.05	641.048	60309.393	3205.24	301546.97
230	44580.000	20.00	0.20	0.20	32.05	641.048	60950.441	3205.24	304752.20
231	44600.000	20.00	0.20	0.20	32.05	641.048	61591.489	3205.24	307957.44
232	44620.000	20.00	0.20	0.20	25.70	501.429	62092.918	2507.15	310464.59
233	44640.000	20.00	0.20	0.20	23.44	453.190	62546.108	2265.95	312730.54
234	44660.000	20.00	0.20	0.20	20.59	393.632	62939.740	1968.16	314698.70
235	44680.000	20.00	0.20	0.20	23.99	464.958	63404.698	2324.79	317023.49
236	44700.000	20.00	0.20	0.20	13.70	274.965	63679.663	1374.82	318398.31
237	44720.000	20.00	0.20	0.20	11.90	239.883	63919.545	1199.41	319597.73

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Décapage		Surface En Coupe	Volumes		Surfaces en plan	
			Gauche	Droite		Partiels	Cumulés	Partielles	Cumulées
256	45100.000	20.00	0.20	0.20	10.91	219.056	64138.601	1095.28	320693.00
257	45120.000	20.00	0.20	0.20	10.67	214.478	64353.079	1072.39	321765.39
258	45140.000	20.00	0.20	0.20	12.25	244.056	64597.135	1220.28	322985.67
259	45160.000	20.00	0.20	0.20	10.91	217.986	64815.120	1089.93	324075.60
260	45180.000	20.00	0.20	0.20	11.84	239.143	65054.263	1195.71	325271.31
261	45200.000	20.00	0.20	0.20	8.86	177.044	65231.306	885.22	326156.53
262	45220.000	20.00	0.20	0.20	10.00	198.765	65430.071	993.82	327150.36
263	45240.000	20.00	0.20	0.20	15.36	298.957	65729.028	1494.78	328645.14
264	45260.000	20.00	0.20	0.20	18.35	353.116	66082.143	1765.58	330410.72
265	45280.000	20.00	0.20	0.20	18.51	353.630	66435.773	1768.15	332178.87
266	45300.000	20.00	0.20	0.20	17.79	340.894	66776.667	1704.47	333883.33
267	45320.000	20.00	0.20	0.20	14.32	278.263	67054.930	1391.32	335274.65
268	45340.000	20.00	0.20	0.20	12.56	246.967	67301.897	1234.83	336509.48
269	45360.000	20.00	0.20	0.20	9.12	180.802	67482.699	904.01	337413.50
270	45380.000	20.00	0.20	0.20	8.03	161.080	67643.779	805.40	338218.90
271	45400.000	20.00	0.20	0.20	8.95	178.891	67822.671	894.46	339113.35
272	45420.000	20.00	0.20	0.20	11.62	232.471	68055.142	1162.36	340275.71
273	45440.000	20.00	0.20	0.20	12.16	242.753	68297.894	1213.76	341489.47
274	45460.000	20.00	0.20	0.20	16.10	324.477	68622.371	1622.38	343111.86
275	45480.000	20.00	0.20	0.20	19.07	388.555	69010.927	1942.78	345054.63
276	45500.000	20.00	0.20	0.20	18.90	388.013	69398.940	1940.07	346994.70
277	45520.000	20.00	0.20	0.20	19.09	393.342	69792.282	1966.71	348961.41
278	45540.000	20.00	0.20	0.20	20.50	421.248	70213.531	2106.24	351067.65
279	45560.000	20.00	0.20	0.20	20.87	429.791	70643.322	2148.96	353216.61
280	45580.000	20.00	0.20	0.20	18.59	381.964	71025.286	1909.82	355126.43
281	45600.000	20.00	0.20	0.20	17.79	362.545	71387.831	1812.72	356939.16
282	45620.000	20.00	0.20	0.20	19.07	388.852	71776.683	1944.26	358883.42
283	45640.000	20.00	0.20	0.20	20.38	416.311	72192.994	2081.56	360964.97
284	45660.000	20.00	0.20	0.20	21.89	442.799	72635.793	2213.99	363178.96
285	45680.000	20.00	0.20	0.20	23.25	464.979	73100.772	2324.90	365503.86
286	45700.000	20.00	0.20	0.20	22.07	441.303	73542.075	2206.52	367710.38
287	45720.000	20.00	0.20	0.20	20.96	419.125	73961.200	2095.62	369806.00
288	45740.000	20.00	0.20	0.20	15.77	315.325	74276.526	1576.63	371382.63
289	45760.000	20.00	0.20	0.20	11.95	239.017	74515.542	1195.08	372577.71
290	45780.000	20.00	0.20	0.20	8.67	173.455	74688.997	867.28	373444.99
291	45800.000	20.00	0.20	0.20	9.58	191.664	74880.661	958.32	374403.31
292	45820.000	20.00	0.20	0.20	8.88	177.642	75058.303	888.21	375291.51
293	45840.000	20.00	0.20	0.20	8.67	173.465	75231.767	867.32	376158.84
294	45860.000	20.00	0.20	0.20	8.99	179.737	75411.504	898.68	377057.52
295	45880.000	20.00	0.20	0.20	10.14	202.885	75614.389	1014.43	378071.95
296	45900.000	20.00	0.20	0.20	12.05	241.066	75855.456	1205.33	379277.28
297	45920.000	20.00	0.20	0.20	12.77	255.477	76110.933	1277.39	380554.66
298	45940.000	20.00	0.20	0.20	13.18	263.684	76374.617	1318.42	381873.09
299	45960.000	20.00	0.20	0.20	12.75	254.969	76629.586	1274.84	383147.93
300	45980.000	20.00	0.20	0.20	12.02	240.379	76869.965	1201.90	384349.82
301	46000.000	20.00	0.20	0.20	12.71	254.149	77124.114	1270.74	385620.57
302	46020.000	20.00	0.20	0.20	12.87	257.429	77381.543	1287.15	386907.72
303	46040.000	20.00	0.20	0.20	13.33	266.689	77648.232	1333.44	388241.16
304	46060.000	20.00	0.20	0.20	11.91	238.196	77886.428	1190.98	389432.14
305	46080.000	20.00	0.20	0.20	10.93	218.548	78104.976	1092.74	390524.88
306	46100.000	20.00	0.20	0.20	11.66	233.296	78338.272	1166.48	391691.36
307	46120.000	20.00	0.20	0.20	13.58	271.581	78609.853	1357.91	393049.27
308	46140.000	20.00	0.20	0.20	14.43	288.663	78898.516	1443.31	394492.58

---

309	46160.000	20.00	0.20	0.20	16.39	327.791	79226.306	1638.95	396131.53
310	46180.000	20.00	0.20	0.20	17.43	348.558	79574.865	1742.79	397874.32

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Décapage		Surface En Coupe	Volumes		Surfaces en plan	
			Gauche	Droite		Partiels	Cumulés	Partielles	Cumulées
311	46200.000	20.00	0.20	0.20	16.08	321.689	79896.553	1608.44	399482.77
312	46220.000	20.00	0.20	0.20	15.36	307.184	80203.738	1535.92	401018.69
313	46240.000	20.00	0.20	0.20	15.76	315.189	80518.926	1575.94	402594.63
314	46260.000	20.00	0.20	0.20	18.39	367.788	80886.714	1838.94	404433.57
315	46280.000	20.00	0.20	0.20	19.69	393.760	81280.474	1968.80	406402.37
316	46300.000	20.00	0.20	0.20	20.65	412.994	81693.468	2064.97	408467.34
317	46320.000	20.00	0.20	0.20	21.56	431.164	82124.631	2155.82	410623.16
318	46340.000	20.00	0.20	0.20	21.66	433.202	82557.833	2166.01	412789.17
319	46360.000	20.00	0.20	0.20	21.08	421.547	82979.381	2107.74	414896.90
320	46380.000	20.00	0.20	0.20	18.08	361.660	83341.040	1808.30	416705.20
321	46400.000	20.00	0.20	0.20	15.06	301.156	83642.196	1505.78	418210.98
322	46420.000	20.00	0.20	0.20	13.34	266.761	83908.957	1333.81	419544.79
323	46440.000	20.00	0.20	0.20	11.88	237.517	84146.474	1187.59	420732.37
324	46460.000	20.00	0.20	0.20	10.69	213.879	84360.353	1069.40	421801.77
325	46480.000	20.00	0.20	0.20	9.84	196.887	84557.241	984.44	422786.20
326	46500.000	20.00	0.20	0.20	9.74	194.791	84752.032	973.96	423760.16
327	46520.000	20.00	0.20	0.20	9.74	194.851	84946.883	974.25	424734.41
328	46540.000	20.00	0.20	0.20	9.81	196.144	85143.027	980.72	425715.14
329	46560.000	20.00	0.20	0.20	9.61	192.140	85335.167	960.70	426675.84
330	46580.000	20.00	0.20	0.20	9.93	198.645	85533.812	993.23	427669.06
331	46600.000	20.00	0.20	0.20	9.85	197.055	85730.867	985.27	428654.34
332	46620.000	20.00	0.20	0.20	9.70	194.006	85924.873	970.03	429624.37
333	46640.000	20.00	0.20	0.20	9.41	188.179	86113.052	940.90	430565.26
334	46660.000	20.00	0.20	0.20	9.37	187.424	86300.476	937.12	431502.38
335	46680.000	20.00	0.20	0.20	9.23	184.564	86485.040	922.82	432425.20
336	46700.000	20.00	0.20	0.20	8.86	177.162	86662.202	885.81	433311.01
337	46720.000	20.00	0.20	0.20	9.22	184.435	86846.637	922.18	434233.19
338	46740.000	20.00	0.20	0.20	9.62	192.397	87039.034	961.98	435195.17
339	46760.000	20.00	0.20	0.20	9.73	194.586	87233.621	972.93	436168.10
340	46780.000	20.00	0.20	0.20	9.56	191.201	87424.821	956.00	437124.11
341	46800.000	20.00	0.20	0.20	9.27	185.302	87610.123	926.51	438050.62
342	46820.000	20.00	0.20	0.20	10.56	211.116	87821.239	1055.58	439106.19
343	46840.000	20.00	0.20	0.20	11.02	220.472	88041.710	1102.36	440208.55

## Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Nu m.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
1	40000.000	10.00	56.51	217.95	565.123	2179.483	565	2179
4	40060.000	20.00	4.10	438.97	82.004	8779.317	647	27648
12	40220.000	20.00	9.48	465.11	198.067	8885.464	845	107445
13	40240.000	20.00	278.58	49.61	5792.023	949.927	6637	108395
14	40260.000	20.00	382.12	1.30	7923.588	25.199	14561	108421
15	40280.000	20.00	324.02	5.55	6758.296	107.250	21319	108528
16	40300.000	20.00	247.90	26.04	5183.303	503.678	26502	109031
17	40320.000	20.00	152.43	32.23	3160.682	623.051	29663	109655
18	40340.000	20.00	98.56	23.43	2034.088	453.269	31697	110108
19	40360.000	20.00	302.92	0.06	6244.252	1.298	37941	110109
20	40380.000	20.00	550.21	0.07	11088.464	1.496	49030	110111
21	40400.000	20.00	187.89	0.06	3722.493	1.225	52752	110112
22	40420.000	20.00	5.11	88.20	103.780	1761.755	52856	111874
23	40440.000	20.00	39.78	256.80	797.049	5131.853	53653	117005
24	40460.000	20.00	138.13	325.15	2762.659	6503.082	56416	123508
25	40480.000	20.00	181.33	67.54	3626.664	1350.731	60043	124859
26	40500.000	20.00	282.28	0.10	5645.681	2.064	65688	124861
27	40520.000	20.00	220.35	0.05	4407.081	0.975	70095	124862
28	40540.000	20.00	156.53	0.05	3130.501	0.975	73226	124863
29	40560.000	20.00	50.16	0.11	1003.161	2.129	74229	124865
30	40580.000	20.00	0.00	190.89	0.000	3817.821	74229	128683
31	40600.000	20.00	0.00	763.00	0.000	15259.913	74229	143943
35	40680.000	20.00	18.43	122.68	368.624	2453.502	74598	146397
36	40700.000	20.00	426.03	0.04	8520.617	0.900	83118	146398
37	40720.000	20.00	832.16	0.05	16643.267	0.978	99761	146398
38	40740.000	20.00	550.05	0.06	11000.920	1.282	110762	146400
39	40760.000	20.00	748.00	0.02	14892.555	0.434	125655	146400
40	40780.000	20.00	986.36	0.02	19398.289	0.336	145053	146401
41	40800.000	20.00	1166.77	0.06	22645.251	1.157	167698	146402
42	40820.000	20.00	1444.02	0.05	27070.238	0.867	194769	146403
43	40840.000	20.00	1685.41	0.02	30685.046	0.476	225454	146403
44	40860.000	20.00	1996.51	0.04	36323.585	0.938	261777	146404
45	40880.000	20.00	2241.65	0.02	41926.055	0.564	303703	146405
46	40900.000	20.00	2478.92	0.02	48702.853	0.502	352406	146405
47	40920.000	20.00	3058.42	0.02	61343.869	0.507	413750	146406
48	40940.000	20.00	2907.19	0.03	58787.374	0.730	472538	146406
49	40960.000	20.00	2191.95	0.07	44414.201	1.420	516952	146408
50	40980.000	20.00	1327.15	0.08	26932.071	1.436	543884	146409
51	41000.000	20.00	543.65	0.04	10969.611	0.792	554853	146410
52	41020.000	20.00	88.51	0.05	1758.447	0.965	556612	146411
53	41040.000	20.00	0.00	356.56	0.000	7154.593	556612	153565

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
66	41300.000	20.00	0.91	352.16	18.163	7043.215	556630	172803
67	41320.000	20.00	38.37	142.51	767.397	2850.189	557397	175653
68	41340.000	20.00	92.27	26.80	1845.398	535.936	559243	176189
69	41360.000	20.00	111.13	2.43	2222.573	48.586	561465	176238
70	41380.000	20.00	1.13	106.23	22.663	2124.690	561488	178363
95	41880.000	20.00	9.48	228.95	189.536	4579.084	561678	326907
96	41900.000	20.00	2.36	126.55	47.142	2530.902	561725	329438
97	41920.000	20.00	7.00	52.01	139.939	1040.104	561865	330478
98	41940.000	20.00	54.81	109.08	1114.896	2135.431	562980	332614
99	41960.000	20.00	176.10	79.04	3614.057	1524.076	566594	334138
100	41980.000	20.00	650.45	2.53	13493.613	49.356	580087	334187
101	42000.000	20.00	783.22	0.05	16194.890	0.956	596282	334188
102	42020.000	20.00	342.97	0.06	7033.744	1.229	603316	334190
103	42040.000	20.00	172.82	0.07	3525.661	1.460	606842	334191
104	42060.000	20.00	20.35	70.43	418.171	1384.780	607260	335576
105	42080.000	20.00	0.00	236.67	0.000	4659.151	607260	340235
106	42100.000	20.00	11.40	220.11	235.161	4306.295	607495	344541
107	42120.000	20.00	741.78	146.15	15780.892	2829.660	623276	347371
108	42140.000	20.00	866.31	15.18	18211.428	296.812	641487	347668
109	42160.000	20.00	261.84	267.63	5452.943	5140.601	646940	352808
120	42380.000	20.00	164.67	42.15	3339.194	815.129	650279	566832
121	42400.000	20.00	339.09	1.68	6906.168	32.772	657185	566865
122	42420.000	20.00	590.35	0.04	11976.480	0.916	669162	566865

Num	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
123	42440.000	20.00	1075.49	0.04	21836.143	0.766	690998	566866
124	42460.000	20.00	1301.98	0.05	26530.590	1.039	717529	566867
125	42480.000	20.00	1345.57	0.05	27554.666	1.068	745083	566868
126	42500.000	20.00	1312.99	0.04	26259.771	0.712	771343	566869
127	42520.000	20.00	1067.68	0.05	21353.692	1.086	792697	566870
128	42540.000	20.00	753.02	0.06	15060.388	1.283	807757	566871
129	42560.000	20.00	599.35	0.06	11987.099	1.224	819744	566873
130	42580.000	20.00	519.83	0.05	10396.645	1.073	830141	566874
131	42600.000	20.00	143.62	30.19	2872.333	603.725	833013	567477
140	42780.000	20.00	36.93	39.54	750.160	773.284	833763	632636
141	42800.000	20.00	117.88	56.03	2411.385	1096.663	836175	633732
142	42820.000	20.00	108.46	118.23	2218.554	2274.941	838393	636007
143	42840.000	20.00	19.54	283.59	402.141	5506.119	838796	641513
144	42860.000	20.00	20.37	332.53	418.913	6452.060	839214	647966
145	42880.000	20.00	25.52	292.79	523.782	5673.405	839738	653639
146	42900.000	20.00	2.86	299.64	58.697	5813.534	839797	659452
147	42920.000	20.00	5.24	423.09	107.706	8139.170	839905	667592
172	43420.000	20.00	53.44	36.23	1027.112	744.033	840932	971158
173	43440.000	20.00	195.04	3.10	3688.992	63.447	844621	971222
174	43460.000	20.00	177.10	37.50	3350.288	765.578	847971	971987
175	43480.000	20.00	58.79	116.71	1118.231	2417.446	849089	974405
176	43500.000	20.00	3.45	293.85	66.208	6048.431	849155	980453
177	43520.000	20.00	0.00	571.63	0.000	11695.757	849155	992149

Num	Abcisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
204	44060.000	20.00	8.14	0.25	162.893	4.916	849318	1069102
205	44080.000	20.00	49.21	0.06	984.118	1.150	850302	1069103
206	44100.000	20.00	63.99	0.11	1279.878	2.155	851582	1069105
207	44120.000	20.00	76.07	0.03	1521.342	0.556	853104	1069106
208	44140.000	20.00	117.31	0.05	2357.957	0.970	855462	1069107
209	44160.000	20.00	183.79	0.05	3693.126	0.946	859155	1069108
210	44180.000	20.00	243.44	0.05	4875.563	1.000	864030	1069109
211	44200.000	20.00	273.23	0.06	5478.501	1.158	869509	1069110
212	44220.000	20.00	479.24	0.07	9642.878	1.396	879152	1069111
213	44240.000	20.00	788.62	0.14	15919.933	2.997	895072	1069114
214	44260.000	20.00	873.12	0.06	17709.210	1.174	912781	1069115
215	44280.000	20.00	899.52	0.23	18250.545	4.455	931031	1069120
216	44300.000	20.00	920.47	0.09	18712.635	1.787	949744	1069122
217	44320.000	20.00	1026.34	0.05	20752.612	1.060	970497	1069123
218	44340.000	20.00	1242.24	0.10	25060.381	2.027	995557	1069125
219	44360.000	20.00	1563.99	0.06	31756.571	1.189	1027314	1069126
220	44380.000	20.00	1887.62	0.06	38338.006	1.248	1065652	1069127
221	44400.000	20.00	2193.89	0.06	44388.660	1.255	1110040	1069128
222	44420.000	20.00	2575.54	0.03	51730.040	0.523	1161770	1069129
223	44440.000	20.00	3195.93	0.03	63872.396	0.444	1225643	1069129
232	44620.000	20.00	3216.46	0.05	61596.704	1.097	2073344	1069131
233	44640.000	20.00	2284.27	0.03	43381.051	0.534	2116725	1069131
234	44660.000	20.00	1192.19	0.02	22341.329	0.464	2139066	1069132
235	44680.000	20.00	351.22	90.26	6598.078	1857.375	2145664	1070989
236	44700.000	20.00	47.05	500.04	908.068	10245.147	2146572	1081234
237	44720.000	20.00	0.00	1124.06	0.000	22834.589	2146572	1104069



Num	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
260	45180.000	20.00	0.00	332.53	0.000	6725.802	2146572	1185232
261	45200.000	20.00	0.00	148.44	0.000	2963.562	2146572	1188195
262	45220.000	20.00	21.33	94.41	412.836	1902.484	2146985	1190098
263	45240.000	20.00	354.92	24.72	6855.668	505.879	2153841	1190604
264	45260.000	20.00	656.78	1.30	12633.222	26.606	2166474	1190630
265	45280.000	20.00	697.02	0.06	13395.193	0.994	2179869	1190631
266	45300.000	20.00	666.20	0.04	12825.240	0.737	2192694	1190632
267	45320.000	20.00	441.89	0.04	8603.667	0.730	2201298	1190633
268	45340.000	20.00	305.25	0.05	5991.346	1.011	2207289	1190634
269	45360.000	20.00	116.28	0.04	2287.281	0.687	2209577	1190635
291	45800.000	20.00	14.29	50.63	285.853	1012.633	2209862	1689133
292	45820.000	20.00	20.13	22.67	402.601	453.334	2210265	1689586
293	45840.000	20.00	0.18	77.65	3.586	1552.971	2210269	1691139

Num	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
326	46500.000	20.00	4.75	101.15	94.933	2023.086	2210364	2140532
327	46520.000	20.00	29.84	43.73	596.719	874.659	2210960	2141407
328	46540.000	20.00	58.46	16.81	1169.290	336.134	2212130	2141743
329	46560.000	20.00	54.67	16.97	1093.489	339.322	2213223	2142082
330	46580.000	20.00	30.19	44.52	603.788	890.339	2213827	2142972
331	46600.000	20.00	9.81	95.29	196.152	1905.851	2214023	2144878
332	46620.000	20.00	3.52	120.51	70.488	2410.293	2214093	2147289
333	46640.000	20.00	10.78	61.19	215.660	1223.893	2214309	2148512
334	46660.000	20.00	19.90	43.21	398.045	864.298	2214707	2149377
335	46680.000	20.00	27.42	30.06	548.396	601.213	2215256	2149978
336	46700.000	20.00	38.51	5.90	770.273	117.980	2216026	2150096
337	46720.000	20.00	56.86	7.87	1137.153	157.419	2217163	2150253
338	46740.000	20.00	74.95	8.06	1499.066	161.185	2218662	2150415
339	46760.000	20.00	57.70	19.47	1154.022	389.349	2219816	2150804
340	46780.000	20.00	15.35	58.45	307.021	1168.992	2220123	2151973

## Résumé :

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de transport, et en particulier les routes.

Ce travail présente une étude détaillée du projet d'un tronçon autoroutier en phase d'avant-projet détaillé de la liaison autoroutière reliant le port Djen-Djen à l'autoroute est-ouest et cela du PK40+000 au PK47+000.

Les études menées dans ce mémoire comptent essentiellement : le calcul du trafic, l'assainissement routier et dimensionnement des ouvrages, une partie détaillée de la géométrie de notre projet avec le logiciel Covadis et Autopiste et l'utilisation de logiciel Autocad pour tracer l'axe de la route, ainsi Alize pour dimensionner le corps de chaussée.

A cet effet ce projet traite l'ensemble de la conception de cette route ainsi qu'il met le point sur les problèmes posés par cette route.

## Mots clés :

Autoroute, trafic, route, géométrie de la route, tracé, en plan, échangeur.

## Abstract:

Our end-of-study project goes into the field of transport infrastructure, and in particular roads.

The road is considered as an art work connecting the different regions of the country and contributing to their development through different economic activities and trade.

It presents a detailed study of the project of a motorway section in the preliminary detailed design phase of the motorway link linking the Djen-Djen port to the east-west motorway from PK40+000 to PK47+000.

The studies carried out in this thesis mainly include: the calculation of traffic, road sanitation and dimensioning of structures, a detailed part of the geometry of our project with the Covadis and Autopiste software and the use of Autocad software to draw the axis. of the road, so Alize to size the body of the roadway.

To this end, this project deals with the entire design of this road as well as it highlights the problems posed by this road.

## Keywords:

Highway, traffic, road, road geometry, Route, in plan, exchanger.

## ملخص:

مشروعنا في نهاية الدراسة في مجال البنية التحتية للنقل ، وخاصة الطرق .

يقدم هذا العمل دراسة تفصيلية لمشروع قسم الطريق السريع في مرحلة التصميم الأولي التفصيلي لوصلة الطريق السريع التي تربط ميناء دجن جن بالطريق السريع بين الشرق والغرب ، من الكيلومتر 40+000 إلى 47+000

تشمل الدراسات التي تم إجراؤها في هذه الأطروحة بشكل أساسي: حساب حركة المرور والصراف الصحي للطرق وتحديد أبعاد الهياكل ، وجزء مفصل من هندسة مشروعنا باستخدام برنامجي Autopiste و Covadis واستخدام برنامج Autocad

لرسم محور الطريق كذلك استخدام برنامج اليزي لتحديد حجم جسم الطريق .

تحقيقا لهذه الغاية ، يتعامل هذا المشروع مع التصميم الكامل لهذا الطريق كما يسلط الضوء على المشاكل التي يطرحها هذا الطريق

## الكلمات الدالة :

طريق سريع ، حركة مرور ، طريق ، هندسة طريق ، طريق ، في مخطط ، مبادل.