

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État / Master

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Matériaux & Structures

Thème

Étude en APD de la liaison de 5 juillet vers la 2eme
rocade du PK1+500 au PK Fin avec conception d'un
échangeur.

Présenté par :

Mlle.BELKEBIR Khadidja Hana

Encadré par :

Mr. DERRADJI Ayachi.

Promotion 2022 /2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Résumé

Ce travail consiste à étudier un projet routier, sous-titre (la liaison de 5 juillet vers 2 -ème rocade d'Alger avec conception d'un échangeur).

Le travail comporte : Une étude de trafic afin de justifier l'utilité de l'aménagement prévu ; la conception de la géométrie : le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers, stabilité de talus et la signalisation adéquate ; l'étude de la partie géotechnique et l'interprétation des résultats ; le dimensionnement de corps de chaussée ; l'étude de l'assainissement routier ; l'étude de l'impact du projet sur l'environnement et enfin une estimation du cout total du projet.

الملخص

هذا العمل يتكون من دراسة مشروع طريق، بعنوان "ربط الخامس من يوليو بالطريق الدائري الثاني في الجزائر مع تصميم تقاطع". يتضمن العمل: دراسة حركة المرور لتبرير ضرورة التطوير المخطط له؛ تصميم الهندسة المعمارية بما في ذلك المخطط الأفقي والمقطع الطولي والمقطع العرضي واستقرار السفوح والإشارات المناسبة؛ دراسة الجوانب الجيوتقنية وتفسير النتائج؛ تصميم الرصيف؛ دراسة صرف المياه على الطريق؛ دراسة تأثير المشروع على البيئة وأخيرًا تقدير التكلفة الإجمالية للمشروع

summary

This work consists of studying a road project, titled "Linking July 5th to the 2nd Ring Road of Algiers with the design of an interchange." The work includes: a traffic study to justify the need for the planned development; the design of the geometry, including the layout, longitudinal profile, cross-section profile, slope stability, and appropriate signage; the study of the geotechnical aspects and interpretation of the results; pavement design; road drainage study; assessment of the project's environmental impact; and finally, an estimation of the total project cost.

Résumé générale sur l'étude

En ce qui concerne notre mémoire, nous avons proposé de travailler avec la norme ICTAAL L2, cependant, il s'avère que cette approche n'est pas réalisable dans notre environnement. En effet, notre zone urbaine ne permet pas un relevé topographique très précis. Par conséquent, il serait plus approprié d'utiliser la norme l'Ictavri l'instruction sur les conditions techniques d'aménagements des voies rapides urbaines (I.C.T.A.V.R.U) pour notre étude.

Remerciements

Toute mon parfait gratitude, grâce et remerciement à Allah le plus puissant et miséricordieux qui nous a donné le privilège, le courage et la volonté dans les moments difficiles pour élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que je remercie mon encadrant Mr DERRADJI Ayachi pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail et pour sa gentillesse et ses orientations efficaces.

Au terme de ces 3 mois de stage, mes remerciements s'adresseront au chef du projet Mr AYAD Zouheir et tout l'ensemble du service de DTP pour leur très bon accueil et leur aide.

Je remercie les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail, l'enrichissement

de leurs propositions et le temps qui me fait l'honneur de présider et examiner mon travail.

Je tiens également à exprimer mon gratitude envers tous les Enseignants et le personnel administratif de l'ENSTP qui ont contribué à notre formation et l'élaboration de ce présent travail.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Tout d'abord je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce point afin de réaliser ce modeste travail que je le dédie à :

Mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin :Ma mère qui a été à mes côté et m'a soutenu durant tout ma vie.

Mon père qui n'a pas cessé de m'encourager et de se sacrifier pour que je puisse franchir tout obstacle durant toutes mes années d'étude.

Je n'oublie pas Mes chers enseignants. Toute la promotion 2023.

A tous les ingénieurs de DTP, pour nous avoir encadrées, orientées, aidées et conseillées.

A toutes celles et ceux dont j'ai oublié de citer et qui m'ont apporté aide et soutien durant ces années de formation.

Liste des abréviations

- **TPC** : Terre-plein central.
- **BAU** :Bande d'arrêt d'urgence.
- **TJMA** :Trafic journalier moyen annuel.
- **PL** :poids lourds.
- **VB** :Vitesse de base.
- **UVP** :Unité de véhicule particulier.
- **BDG** : Bande dérasée de gauche.
- **BDD** : Bande dérasée de droite .
- **BA** : Bande d'arrêt .
- **BM** : Bande médiane.
- **CBR** : California – Bearing – Ratio.
- **SC** : Sondage carotté.
- **VBS** : Valeur de bleu de Méthylène.
- **GTR** : Guide du terrassement routier.
- **GB** : Grave bitume.
- **BB** : Béton bitumineux.
- **TVC** :Tous venant de carrières.
- **LCPC** :Laboratoire central des ponts et chaussées.
- **RP1** :Réseau principale 1.
- **OH** : Ouvrage hydraulique.
- **TC** :Temps de concentration .
- **WP** : Limite de plasticité
- **WL** : Limite de liquidité
- **Q** : débit de pointe horaire.
- **OA** : ouvrage d'art
- **ICTAAL** : Instructions sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.

Liste des figures

Figure I-1 : Fissure transversale.....	2
Figure I-2 : Fissure longitudinale.....	2
Figure I-3 : Faïençage de la chaussée.....	3
Figure I-4 : orniérage de la chaussée.....	3
Figure I-5 : Affaissement de la chaussée.....	4
Figure I-6 : Dés enrobage et arrachement.....	5
Figure I-7 : Ressuage de la chaussée.....	5
Figure I-8 : Nid-de-poule.....	6
Figure II-1 : Réseau routier de la wilaya d'Alger.....	8
Figure II-2 : Localisation de notre projet.....	9
Figure IV-1 : Géométrie de la clothoïde.....	19
Figure IV-2 : Caractéristiques géométriques de l'élément à calculer.....	20
Figure IV-3 : Schéma illustratif d'un rayon concave).....	25
Figure V-1 : La carte géologique de la wilaya d'Alger.....	31
Figure V-2 : Essai pénétrométrique.....	32
Figure V-3 : Echantillon d'un carottage.....	36
Figure VI-1 : Structure du corps de chaussée selon méthode C.B.R.....	46
Figure VI-2 : position du projet dans la carte climatique de l'Algérie.....	48
Figure VI-3: Classes de TPLi pour PR1.....	49
Figure VI-4 : Résultats de la simulation (ALIZE-LCPC).....	55
Figure VII-1 : Les sections des profils en travers d'un tracé donné.....	58
Figure VII-2 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné.....	58
Figure VIII-1 : les ouvrages transversaux.....	61
Figure IX-1 : Glissement plan.....	69
Figure IX-2 : Glissement circulaire.....	70
Figure IX-3 : Glissements successifs emboités.....	70
Figure X-1 : Différents types d'échangeur.....	75
Figure X-2 : demi trèfle.....	75
Figure X-3 : Voie d'accélération.....	78
Figure X-4 : voies de décélération.....	78
Figure XII-1 : Signalisation des bretelles de sortie.....	87
Figure XII-2: Ligne continue.....	87
Figure XII-3 : Les lignes axiales.....	88
Figure XII-4 : Les lignes de rive.....	88
Figure XII-5 : Les lignes du discontinues.....	89
Figure XII-6 : Flèche de rabattement.....	90
Figure XII-7 : Flèches directionnelles (de sélection).....	91
Figure XII-8 : Eclairage de l'échangeur.....	95
Figure XII-9 : Types des dispositifs agréés.....	96
Figure XIII-1 : Champs des bâtis.....	99
Figure XIII-2 : champs agricoles.....	100

Liste des tableaux

Tableau III-1 : Trafic moyen journalier annuel (v/j).	14
Tableau III-2 : Coefficient d'équivalence « P ».	14
Tableau III-3 : Coefficient « K1 ».	15
Tableau III-4 : Coefficient « K2 ».	15
Tableau III-5 : Valeur de la capacité théorique.	15
Tableau IV-1 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan.	18
Tableau IV-2 : Données de l'axe à calculer.	20
Tableau IV-3 : Limite des paramètres de profil en long.	24
Tableau IV-4 : Les données de l'axe à calculer.	25
Tableau V-1 : Sondage carotte de la Section.	33
Tableau V-2 : Sondage carotte de la Section II.	34
Tableau V-3 : Résultat à la pénétration dynamique de la section I.	37
Tableau V-4 : Résultat à la pénétration dynamique de la section II.	38
Tableau V-5 : Les essais physiques.	38
Tableau V-6 : Essai de portance.	39
Tableau V-7 : Les essais mécaniques.	39
Tableau V-8 : Les essais chimiques.	40
Tableau V-9 : Classification GTR.	41
Tableau V-10 : Conditions d'utilisation du sol A1m en remblais.	42
Tableau V-11 : Conditions d'utilisation du sol A3th en remblais.	43
Tableau VI-1 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.	45
Tableau VI-2 : Les épaisseurs des couches de matériaux	46
Tableau VI-3 : Choix de la température équivalente.	47
Tableau VI-4 : Détermination du type du réseau principal.	48
Tableau VI-5 : Valeurs de coefficient d'agressivité selon le réseau principal (CTTP, 2001).	50
Tableau VI-6 : Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule N° 2).	50
Tableau VI-7 : Présentation des classes de portance à long terme du sol-support (fascicule N°1).	51
Tableau VI-8 : classe de portance de sol-supports (fascicule N°2).	51
Tableau VI-9 : Classe du sol support.	51
Tableau VI-10 : Classement avec couche de forme en matériau non traité	52
Tableau VI-11 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux.	54
Tableau VI-12 : Fractile de la loi normale.	54
Tableau VIII-1 : Caractéristiques des bassins versants.	63
Tableau VIII-2 : Résultats de calcul des débits.	64
Tableau VIII-3 : les ouvrages proposés.	65
Tableau IX-1 : Les paramètres géotechnique des sols en déblai.	71
Tableau IX-2 : Résultats des calculs de FS (déblai).	72
Tableau IX-3 : Les paramètres géotechniques des sols en remblai.	72
Tableau IX-4 : Résultats des calculs de FS (remblais).	73
Tableau X-1 : Tableau récapitule les différents enchainements entre les rayons d'une bretelle.	77
Tableau X-2 : Valeurs limites des paramètres de profil en long des branches et bretelles.	79
Tableau X-3 : Bretelle unidirectionnelle à une voie.	79
Tableau XII-1 : Les caractéristique des lignes longitudinales.	88

Sommaire

CHAPITRE I GENERALITE ET RECHERCHE BIBLOGRAPHIQUE	1
I.1 Introduction.....	1
I.2 Dégradation des chaussées souples.....	1
I.2.1 Fissuration :	1
Fissures longitudinales :	2
Fissures en carrelage (faïençage) :.....	2
I.2.2 Déformation de la surface :.....	3
Affaissement.....	4
I.2.3 Défauts de l'enrobé et perte du revêtement :	4
Ressuage :.....	5
Nid-de-poule :.....	5
I.3 Techniques d'auscultation des chaussées.....	6
I.4 Technique d'entretien.....	6
I.5 Conclusion	7
CHAPITRE II PRESENTATION DU PROJET	8
II.1 Introduction.....	8
II.2 Présentation de notre projet	8
II.3 Présentation de la région du projet.....	9
II.3.1 Situation géographique	9
II.3.1 Réseau routier	10
II.3.2 Transport.....	11
II.4 Objectif du projet	11
CHAPITRE III ETUDE DE TRAFIC	12
III.1 Introduction	12
III.2 Analyse de trafic.....	12
III.3 Différentes type de trafic	12
III.3.1 Trafic Normal.....	12
III.3.2 Trafic Dévie	12
III.3.3 Trafic Induit	12
III.3.4 Trafic total.....	13
III.4 Les données de trafic.....	13

III.5	Calcul de la capacité.....	13
III.5.1	Projection future du trafic	13
III.5.2	Calcul du trafic effectif	14
III.5.3	Débit de pointe horaire normale	14
III.5.4	Débit horaire Admissible	15
III.6	Détermination de nombre de voies.....	16
III.7	Calcul de l'années de saturation.....	16
III.8	Conclusion.....	16
CHAPITRE IV ETUDE GEOMETRIQUE.....		17
IV.1	Introduction	17
IV.2	Les caractéristiques géométriques.....	17
IV.2.1	Catégorie	17
IV.2.2	La notion de l'environnement.....	17
IV.2.3	Vitesse de référence	17
IV.3	AXE EN PLAN.....	18
IV.3.1	Introduction.....	18
I.1.1	Raccordement progressif (CLOTHOÏDE).....	18
IV.3.2	Enchaînement des éléments de trace en plan D'après l'ICTAAL :	19
IV.4	EXEMPLE DE CALCUL MANUEL DE L'AXE EN PLAN.....	20
IV.5	PROFIL EN LONG.....	23
IV.6	Coordination entre le trace en plan et profil en long.....	23
IV.7	Déclivité	23
IV.7.1	Déclivité minimum	23
IV.7.2	Déclivité maximum.....	23
IV.8	Les raccords en profil en long	24
IV.8.1	Raccords Convexes (ANGLE SAILLANT)	24
IV.8.2	Raccords Concaves (ANGLE RENTRANT).....	24
IV.8.3	Valeurs limites	24
IV.9	EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG.....	25
IV.10	PROFIL EN TRAVERS.....	26
IV.10.1	Introduction.....	26
IV.11	Éléments du profil en travers	26
IV.12	Classification du profil en travers	27

IV.12.1	Profil en travers type	27
IV.12.2	Profil en travers courant	27
IV.13	Pente transversale	27
IV.13.1	Devers	27
IV.13.2	en courbe déversée	28
IV.13.3	Changement de dévers	28
IV.14	Le profil en travers type du projet	28
CHAPITRE V	ETUDE GEOTECHNIQUE	30
V.1	Introduction	31
V.2	Données géologiques	31
V.3	LA reconnaissance géotechnique	32
V.3.1	Essais in situ	32
V.3.2	ESSAIS EN LABORATOIRE	38
V.3.3	Classification des sols	41
V.3.4	Les recommandations d'utilisation des matériaux en remblai :	41
V.3.5	Condition d'utilisation en couche de forme :	43
V.4	Conclusion	43
CHAPITRE VI	DIMENSIONNEMENT DE CORPRS DE CHAUSSEE	44
VI.1	Introduction	44
VI.2	Méthodes de dimensionnement	44
VI.2.1	Methode de CBR (california–bearing–ratio)	44
VI.2.2	Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	46
VI.2.3	Les données du trafic :	48
VI.2.4	Calcul de la déformation admissible sur le sol support ϵ_z , adm :	53
VI.2.5	Calcul de la déformation admissible ϵ_t , adm à la base de la GB :	53
VI.2.6	Vérification des résultats de calcul par Alize-LCPC	55
VI.3	Conclusion	56
CHAPITRE VII	LES CUBATURES	57
VII.1	Introduction	57
VII.2	les méthodes de calcul	57
VII.3	Description de la méthode	57
VII.4	Calcul des cubatures de projet	59
CHAPITRE VIII	ASSAINISSEMENT	60

VIII.1	Introduction	60
VIII.2	Objectif de l'assainissement	60
VIII.2.1	Les ouvrages transversaux	60
VIII.3	Choix des ouvrages d'assainissement.....	61
VIII.4	Conditions environnementales	61
VIII.5	Dimensionnement des ouvrages d'assainissement.....	61
VIII.5.1	Le débit d'apport :.....	61
VIII.5.2	Coefficient de ruissellement 'C'	63
VIII.6	Dimensionnement des ouvrages à projeter dans le projet :.....	63
VIII.6.1	Le débit de saturation	64
VIII.6.2	Les conditions d'auto curage	64
VIII.6.3	Dimensionnement des dalots	65
VIII.6.4	Prédimensionnement.....	65
VIII.6.5	Application au projet.....	66
VIII.6.6	Dimensionnement des fossés à projeter sur le projet	66
VIII.6.7	Calcul de débit d'apport Q_a :	67
VIII.7	Conclusion.....	68
CHAPITRE IX STABILITES DES PENTES		75
IX.1	Introduction	69
IX.2	Description des principaux types de mouvements	69
IX.2.1	Les glissements	69
IX.2.2	Principales causes de glissement.....	70
IX.3	Analyse de la stabilité	71
IX.3.1	Analyse de stabilité du déblai	71
IX.3.2	Analyse de stabilité du remblai.....	72
IX.4	Conclusion.....	73
CHAPITRE X CONCEPTION DE L'ECHANGEUR.....		74
X.1	Introduction.....	74
X.2	Rôle de l'échangeur	74
X.3	Types d'échangeur	74
X.3.1	Echangeur mineur.....	75
X.4	Choix du type de l'échangeur	76
X.4.1	Profil en long :.....	78

X.4.2	Profil en travers :	79
X.4.3	Pente transversale	79
X.4.4	Visibilité :	79
X.5	Conclusion	80
CHAPITRE XI	LES OUVRAGES D'ART.....	74
XI.1	Introduction	81
XI.2	Conception des ouvrages d'arts.....	81
XI.3	Gabarit a réserver	82
XI.4	Choix des types d'ouvrage	82
XI.5	Conclusion.....	83
CHAPITRE XII	SIGNALISATION ECLAIRAGE ET SECURITE.....	84
XII.1	SIGNALISATION	84
XII.1.1	Introduction.....	84
XII.1.2	Objectif de la signalisation.....	84
XII.1.3	Règles a respecter pour la signalisation	84
XII.1.4	Les catégories de la signalisation.....	84
XII.1.5	Types de signalisation	85
XII.1.6	Les critères de conception de la signalisation.....	91
XII.1.7	APPLICATION AU PROJET	91
XII.2	L'ECLAIRAGE	94
XII.2.1	Introduction.....	94
XII.2.2	Critères fonctionnels en éclairage public	94
XII.2.3	Catégories d'éclairage.....	94
On distingue quatre catégories d'éclairages publics :	94
XII.2.4	Paramètres d'implantation des luminaires	94
XII.2.5	Application au projet.....	95
XII.3	SECURITE.....	95
XII.3.1	Introduction.....	95
XII.3.2	Dispositif de retenue	95
XII.3.3	Types des dispositifs de retenues	96
XII.4	Conclusion.....	96
CHAPITRE XIII	IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT.....	97
XIII.1	Introduction	97

XIII.2	Cadre juridique	97
XIII.3	Objectifs de l'étude.....	97
XIII.4	Identification des impacts de projet sur l'environnement.....	97
XIII.5	Impact des routes sur l'environnement	98
XIII.5.1	Impacts Positives Du Projet	98
XIII.5.2	Impacts Négatifs Du Projet.....	98
XIII.5.3	Impact Sur Les Sols	99
XIII.5.4	Impact Sur le Bati	99
XIII.5.5	Impact Sur L'agriculture.....	99
XIII.6	Conclusion.....	100
CHAPITRE XIV	DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF.....	101

CHAPITRE I
GENERALITE ET RECHERCHE
BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Introduction

La route reste un facteur de développement par excellence dans tous les pays du monde, industrialisés ou émergents. Les techniques, auxquelles la route moderne fait appel, se sont multipliées et ont pris une grande ampleur à l'heure actuelle. La technologie moderne, logiciels, divers appareillages, matériels et matériaux, utilisait tant dans les études du projet routier que dans les moyens employés lors de la construction de la route. La route est une composante essentielle de l'infrastructure des transports terrestres.

La conception et la construction routière touche l'examen des problèmes liés aux techniques de conception et d'aménagement des routes : le tracé, les caractéristiques géométriques, les aménagements de routes et carrefours, le trafic routier, la signalisation, les techniques de construction, le sol support, les charges, l'entretien, l'exploitation, les matériaux utilisés,... Il faudra se rendre à l'évidence du besoin de spécialisation, des Ingénieurs de Génie Civil et Travaux Publics, même partielle dans le domaine du transport en général et routier en particulier.

L'abondance de la connaissance, à notre aire, a révolue le temps des techniciens généralistes. L'époque où l'Ingénieur pouvait se prétendre compétent en technique routière, qu'il s'agisse de conception, de technique de circulation, de techniques d'aménagement des routes, de géotechnique, de construction..., est révolue.

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.2 Dégradation des chaussées souples

On distingue plusieurs familles de dégradation : (Québec, 2002)

I.2.1 Fissuration :

Fissures transversales

Rupture du revêtement relativement perpendiculaire à la direction de la route, généralement sur toute la largeur de la chaussée.

- Causes probables :
- Retrait thermique.
- Vieillissement et fragilisation du bitume.
- Joint de construction mal exécuté (arrêt et reprise des travaux de pose d'enrobé).
- Diminution de la section du revêtement (ex. : vis-à-vis des regards ou des puisards).



Figure I-1 : Fissure transversale.

Fissures longitudinales :

Rupture du revêtement relativement parallèle à la direction de la route, excluant les fissures de gel, en dehors des pistes de roues.

Causes probables :

- Joint de construction mal exécuté le long de la travée adjacente.
- Ségrégation de l'enrobé à la pose (ex. : centre de l'épandeur).
- Vieillissement du revêtement.



Figure I-2 : Fissure longitudinale.

Fissures en carrelage (faïençage) :

Rupture du revêtement sur des superficies plus ou moins étendues, formant un patron de fissuration à petites ou à grandes mailles polygonales.

Causes probables :

- Fatigue (ex. : épaisseur de revêtement insuffisante).
- Vieillissement de la chaussée (oxydation et fragilisation du bitume dans l'enrobé).

- Capacité portante insuffisante.



Figure I-3 : Faïençage de la chaussée.

I.2.2 Déformation de la surface :

Orniérage :

Dépression longitudinale simple, double et parfois triple, de l'ordre de 250 mm de largeur, située dans les pistes de roues. Le profil transversal de ces dépressions est souvent similaire à des traces de pneus simples ou jumelés.

Causes probables :

- Enrobé à stabilité réduite par temps chaud (ex. : bitume trop mou ou surdosage).
- Enrobé trop faible pour bien résister au trafic lourd (ex. : fluage).
- Compactage insuffisant de l'enrobé lors de la mise en place (post compactage).
- Usure de l'enrobé en surface (abrasion).
- Capacité structurale insuffisante de la chaussée.



Figure I-4 : orniérage de la chaussée.

Affaissement

Distorsion du profil en bordure de la chaussée ou au voisinage de conduites souterraines.
Causes probables :

- Manque de support latéral et instabilité du remblai.
- Présence de matériaux inadéquats ou mal compactés.
- Zone de déblai argileux ou secteurs marécageux.
- Affouillement ou assèchement du sol support (milieu urbain).
- Mauvais état des réseaux souterrains (milieu urbain).



Figure I-5 : Affaissement de la chaussée.

I.2.3 Défauts de l'enrobé et perte du revêtement :

Dés enrobage et arrachement :

Érosion du mastic et perte des gros granulats en surface produisant une détérioration progressive du revêtement.

Causes probables :

- Usure par trafic intense.
- Sous-dosage du bitume ou mauvais enrobage.
- Utilisation d'agrégats hydrophiles ou bitumophobes.
- Compactage insuffisant.
- Surchauffe ou vieillissement de l'enrobé (oxydation et fragilisation).
- Sollicitations accrues en zone de virage et de freinage (milieu urbain).



Figure I-6 : Dés enrobage et arrachement.

Ressuage :

Remontée de bitume à la surface du revêtement, accentuée dans les pistes de roues. Causes probables :

- Surdosage du bitume.
- Effet combiné de la température élevée du revêtement et des sollicitations du trafic.
- Excès de liant d'accrochage.
- Formulation d'enrobé inadaptée aux sollicitations.



Figure I-7 : Ressuage de la chaussée.

Nid-de-poule :

Désagrégation localisée du revêtement sur toute son épaisseur formant des trous de forme généralement arrondie, au contour bien défini, de taille et de profondeur variables. Les trous peuvent être comblés par du rapiéçage temporaire.

Causes probables :

- Faiblesse ponctuelle de la fondation.
- Épaisseur insuffisante du revêtement.
- Chaussée fortement sollicitée par le trafic lourd.



Figure I-8 : Nid-de-poule.

I.3 Techniques d'auscultation des chaussées

L'auscultation répond à un besoin de connaissance de l'évolution de l'état de la chaussée, afin de favoriser une meilleure gestion et de programmer les travaux d'entretien. Elle doit absolument comporter et démarrer par l'évaluation de l'état de la surface de la chaussée. Cette évaluation permet ensuite de décider de la nécessité d'une auscultation complémentaire pour la détermination des autres paramètres de performance de chaque section définie.

Parmi les éléments permettant d'évaluer l'état de la chaussée on cite :

- L'état de la surface : par relevé visuel, automatisé ou assisté par ordinateur.
- La composition de la chaussée : par le carottage, le forage avec échantillonnage, etc.
- La capacité structurale : déterminer soit par technique dynamique ou statique.
- La mesure de confort au roulement (l'uni).
- La mesure de l'orniérage.

I.4 Technique d'entretien

Que les dégradations soient de surface ou structurelles, différentes solutions techniques d'entretien existent pour y pallier. Leur choix doit tenir compte de la nature et du niveau de dégradation de la chaussée, du trafic et des contraintes d'exploitation. D'après ces techniques en site :

- La réalisation des purges de chaussées : qui est une technique permettant de reprendre ponctuellement un défaut de structure de la chaussée par remplacement des couches déstructurées par de nouveaux matériaux.

- Le traitement de surface : est une technique d'entretien des chaussées constituée de couches superposées d'émulsion de bitume et de granulats. Il permet de créer une couche de roulement sur une surface donnée (granulaire ou revêtue), et de protéger l'intégrité de la chaussée.
- Planage et couche d'usure : cette technique consiste à renouveler les caractéristique de sécurité et de confort et de diminuer le bruit routier par planage (fraisage) de la couche de roulement existante et l'épandage d'une nouvelle couche d'enrobés.
- Le retraitement des chaussées : consiste à apporter un liant hydraulique, éventuellement un correcteur granulométrique et de l'eau, de les mélanger sur site, et de les compacter pour obtenir les performances mécaniques souhaitées
- La reconstruction : consiste au fraisage et à la mise en décharge de l'ancienne chaussée, puis à l'apport de matériaux élaborés, cette technique est utilisée lorsque l'usure de la chaussée atteint un niveau de dégradation élevée.
- Les enrobés coulés à froid : cette technique consiste à mettre en place un mélange bitumineux confectionné à froid, il s'applique en couche très mince. Elle améliore l'étanchéité mais surtout l'adhérence de la chaussée.
- Les bétons bitumineux : il peut être disposé en une ou plusieurs couches en fonction du besoin, ce type de béton est résistants et peuvent s'adapter à divers types de surface. Il existe plusieurs types comme : Béton bitumineux très mince (BBTM), béton bitumineux ultra mince(BBUM), béton bitumineux drainant(BBDR), béton bitumineux à module élevé(BBME)....etc

I.5 Conclusion

Les routes sont un élément essentiel de l'infrastructure de transport, contribuant au développement économique, social et culturel. Elles facilitent les échanges, stimulent le tourisme, permettent l'accès aux services essentiels et favorisent la croissance économique.

CHAPITRE II
PRESENTATION DU PROJET

II.1 Introduction

Dans le cadre du programme de développement des infrastructures de base en Algérie, la Direction des travaux publics de la wilaya d'ALGER a lancé la réalisation de la liaison autoroutière rocade sud 5 juillet 2^{-ème} rocade d'ALGER sur 10km.

Le projet dans sa totalité débute du PK0.00 (l'extrémité est d'El Achour sur la route menant vers le complexe de 5 juillet) au PK 9+690 au sud de Baba Hassen, où il fait jonction avec la deuxième rocade d'Alger à la fin du projet, ce tracé traverse aussi :

- L'échangeur menant vers la RN36 ;
- La voie de contournement (Draria-El Achour sur 5 km) vers la route C111;
- L'accès vers le parc Dounia.

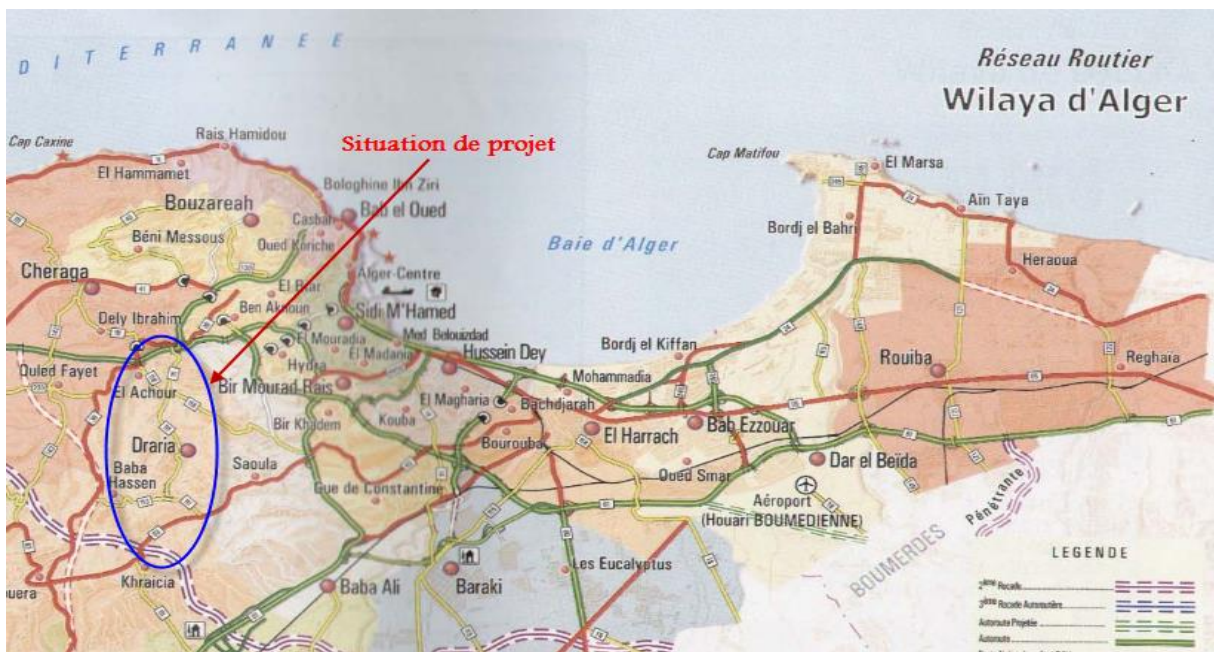


Figure II-1 : Réseau routier de la wilaya d'Alger.

II.2 Présentation de notre projet

Le travail de fin d'étude que nous allons développer porte sur une étude APD (Avant Projet Détaillé) du :

«la réalisation de la liaison autoroutière rocade sud 5 juillet 2^{-ème} rocade d'ALGER sur 10km avec conception d'un échangeur ».

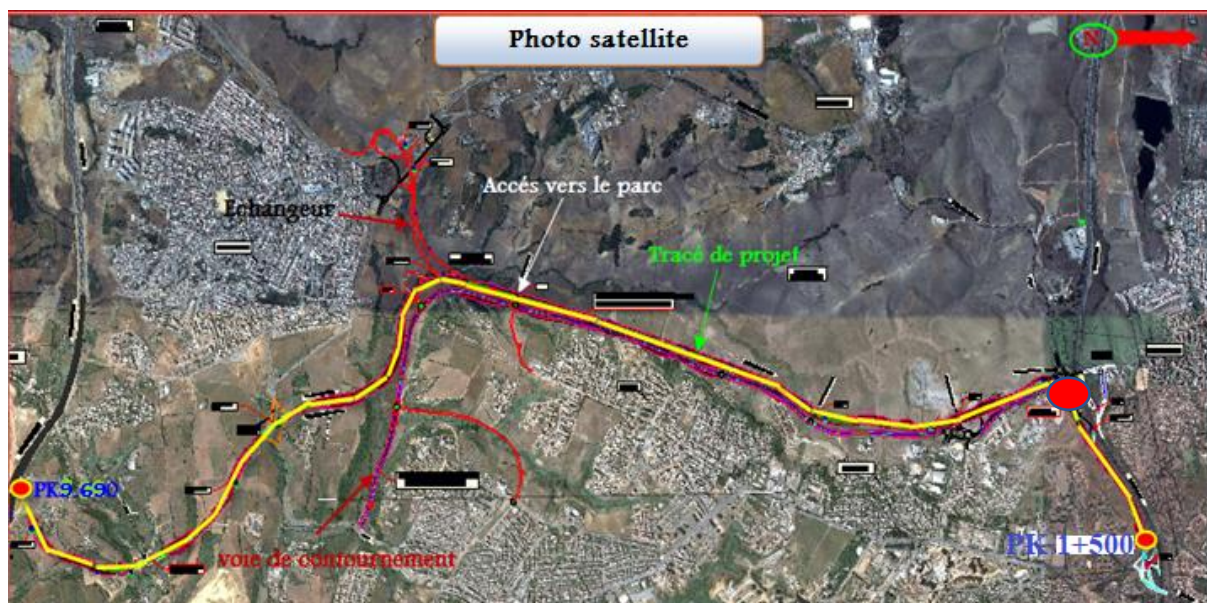


Figure II-2 : Localisation de notre projet.

II.3 Présentation de la région du projet

Capitale du pays, Alger est de par son statut, sa taille, ses fonctions, la première ville d'Algérie. Elle comprend les plus importantes concentrations au niveau national de populations, d'activités de services, d'équipements, d'infrastructures, de centres de recherche, d'industries et de grands projets urbains. Alger est la capitale politique, administrative et économique du pays. Elle est le siège de toutes les administrations centrales, des institutions politiques et sociales, des grands établissements économiques et financiers, des grands centres de décisions et de représentations diplomatiques. Alger dispose d'un bon maillage en réseaux de communication et de télécommunications.

II.3.1 Situation géographique

Le territoire de la Wilaya d'Alger s'étend sur une superficie de 1190 km² et compte 3 154 792 habitants avec 57 communes réparties en 13 daïras.

Notre projet se situe dans la wilaya d'ALGER, qui présente les caractéristiques suivantes

- La Wilaya est limitée par la mer Méditerranée au Nord,
- La Wilaya de Blida au Sud,
- La Wilaya de Tipaza à l'Ouest
- la Wilaya de Boumerdes à l'Est.

Comme nous venant de le voir, la voie express reliant la liaison autoroutière rocade sud 5 juillet à la 2^{-ème} rocade d'ALGER emprunte un relief relativement diversifié, de zone extrêmement plate elle passe à un relief peu vallonné à vallonné. La région de notre projet peut être séquencée comme suit :

- Zone Plate

Cette zone est extrêmement sensible en ce sens ou, les pentes du terrain naturel étant très faibles, les eaux s'écoulent lentement vers les exutoires ce qui engendre des inondations fréquentes. Aussi est-il impératif d'agir au niveau non seulement des ouvrages d'assainissement par un dimensionnement adéquat qu'au niveau d'amont et à l'aval par un des traitements appropriés en vue de canaliser les eaux d'une part et de faciliter leur évacuation d'autre part.

- Zone peu vallonnée

Cette partie est surtout sujette à des ravinements fréquents dus aux eaux de ruissellement qui dévalent les pentes avec une grande vitesse ce qui provoque des dégradations importantes au niveau de la route et de ses dépendances. Un certain nombre de thalwegs se déversent directement sur la route et doivent donc être canalisés :

- Par la projection d'ouvrages transversaux.

- Des fossés bétonnés en certains endroits sont plus que nécessaires si l'on veut éviter les ravinements profonds que provoquent les eaux de ruissellement. De légères améliorations sont à apporter tant en plan qu'en profil en long.

- Traitement des talus.

- Zone vallonnée

C'est une zone à relief vallonné ou les pentes sont légèrement élevées. Le tracé est relativement sinueux et mérite des rectifications tant en plan qu'en profil en long.

L'assainissement de ce tronçon de route doit être mené de manière à pallier aux insuffisances criardes :

Nombre d'ouvrage insuffisant : beaucoup de thalwegs se déversent soit dans des fossés remplis d'apports soit directement sur la chaussée ;

Les ouvrages existants sont soit sous-dimensionnés soit obstrués ce qui les ont rendus inopérants.

Absence totale de pentes dans les de fossés ce qui a engendré des dégradations importantes au droit des ouvrages et des sections de routes avoisinantes

Réseau routier

Le réseau de la wilaya d'ALGER est composé de :

599.04 km de routes nationales (RN).

707.30 km de chemins de wilaya (CW).

2162.18 km de chemins communaux (CC).

Transport

Les différents travaux de voirie ont permis d'augmenter le nombre des kilomètres carrossables, et surtout celui des voies express. Un nombre de 22 trémies a été ouvert à la circulation, ainsi que des carrefours et des chemins contournant les centres urbains, pour éviter justement les embouteillages.

L'éclairage public est installé aussi sur de nombreux tronçons d'autoroutes. La signalisation par feux tricolores au niveau des carrefours va équiper 100 sur les 600 carrefours existants.

II.4 Objectif du projet

La présente note a pour objectif de définir les aménagements à réaliser afin de lier le stade de 5 juillet à la 2^{ème} rocade d'Alger et soulager la ville de Draria.

L'objectif de l'aménagement est de marquer :

Au niveau local :

- La décongestion des centres urbains permettant de libérer de l'espace.
- L'amélioration de la qualité de vie des résidents par la diminution des nuisances sonores, de la pollution automobile.
- La possibilité de traiter les entrées de ville pour mettre en valeur celle-ci.
- Augmenter la capacité de la route et améliorer son niveau de service.
- Réduire le coût d'exploitation du véhicule (C.E.V)

Au niveau régional :

- L'amélioration des conditions de sécurité par la réalisation d'une infrastructure répondant aux normes actuelles.
- La régularisation des temps de parcours par la déviation des centres urbains sujets à la congestion du trafic aux heures de pointe et l'aménagement de carrefours permettant les échanges en préservant la fluidité.

CHAPITRE III
ETUDE DE TRAFIC

III.1 Introduction

L'étude du trafic est une étape primordiale dans tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient, et les caractéristiques à lui affecter : nombre de voies, les épaisseurs des différentes couches de matériaux constituant la chaussée.

Cette conception repose sur des prévisions des trafics sur les réseaux routiers, qui sont nécessaires pour :

- Définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route.
- Estimer les coûts de fonctionnement des véhicules.
- Estimer les coûts d'entretien du réseau routier.
- Apprécier la valeur économique des projets routiers.

III.2 Analyse de trafic

On peut connaître en un point et à un instant donné le volume et la nature du trafic par différents procédés qui peuvent être un :

- La statique générale.
- Une enquête de circulation.
- Comptages sur route (automatiques et manuel).

En ce qui concerne les compteurs automatiques, les dispositifs ont maintenant la capacité de discriminer les véhicules légers et les poids lourds.

III.3 Différents types de trafic

III.3.1 Trafic Normal

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

III.3.2 Trafic Dévie

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. En d'autres termes la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différentes routes qui atteignent le même point.

III.3.3 Trafic Induit

C'est le trafic qui résulte :

Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

III.3.4 Trafic total

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

III.4 Les données de trafic

Des comptages ont été effectués dans le cadre de l'étude de la Voie expresse, on synthétise les résultats comme suit :

- Le trafic journalier moyen annuel à l'année 2020 : $TJMA_{2020}=5600$ v/j.
- Année de mise en service : 2025.
- Le pourcentage des poids lourds : $Z=35$ %.
- Taux de croissance annuelle de trafic : $\tau=4$ %.
- La durée de vie : 20ans.
- Route de catégorie C1 dans un environnement E2

III.5 Calcul de la capacité

La capacité est le nombre des véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une Direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminer, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

III.5.1 Projection future du trafic

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

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

Avec :

TJMA_h : le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : le trafic à l'année de référence (origine 2020).

n : nombre d'années.

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

On a :

$$TJMA_0 = TJMA_{2020} = 5600 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2025} = TJMA_{2020} (1+\tau)^n = 5600 * (1+0.04)^5 = 6813 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_h = TJMA_{2045} = TJMA_{2025} (1+\tau)^n = 6813 * (1+0.04)^{20} = 14928 \text{ v/j.}$$

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant

Tableau III-1 : Trafic moyen journalier annuel (v/j).

Année	TJMA(v/j)
2020	5600
2025	6813
2045	14928

III.5.2 Calcul du trafic effectif

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

Le trafic effectif donné par la relation :

$$\mathbf{T_{eff} = [(1 - Z) + P.Z] TJMAh}$$

Avec :

T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (uvp/jour).

Z : pourcentage de poids lourd $Z = 35\%$.

P : coefficient d'équivalence des poids lourds.

Tableau III-2 : Coefficient d'équivalence « P ».

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

Pour notre projet l'environnement est E2, donc d'après le tableau du coefficient d'équivalence, on a $P=6$.

On a :

$$\mathbf{T_{eff} (2045) = [(1 - Z) + P .Z].TJMA_{2045} .}$$

$$\mathbf{T_{eff} (2045) = [(1 - 0,35) + 6x 0,35] x 14928 = 41052 \text{ uvp/j.}}$$

Donc :

$$\mathbf{T_{eff} (2045) = 41052 \text{ uvp/j}}$$

III.5.3 Débit de pointe horaire normale

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

$$\mathbf{Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{eff}}$$

Avec :

Q : débit de pointe horaire.

n : nombre d'heure, avec : $\frac{1}{n} = 0,12$.

Teff : trafic effectif. D'où le début prévisible à la 20^{ème} année : *Tapez une équation ici.*

On a :

Q prévisible (2045) = 0,12 × Teff (2045)

Q prévisible (2042) = 0,12 × 41052 = 4926 uvp/h.

Donc : Q prévisible (2042) = 4926 uvp/h.

III.5.4 Débit horaire Admissible

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

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

K1, K2 : coefficient correcteur.

C_{th} : capacité théorique

Tableau III-3 : Coefficient « K1 ».

Environnement	E1	E2	E3
K1	0,75	0.85	0,9 a 0,95

Pour notre projet l'environnement est E2,

Donc : K1=0,85.

Tableau III-4 : Coefficient « K2 ».

Environnement	Catégorie de la Route				
	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

Pour notre projet (E2, C1), donc K2=0,99.

Tableau III-5 : Valeur de la capacité théorique.

	Capacité théorique (uvp/h)
Route a 2voies de 3,5m	1500 à 2000
Route a 3voies de 3,5m	2400 à 3200
Route a chaussée séparée	1500 à 1800

A partir du tableau : $C_{th} = 1800 \text{ uvp/h}$

On a :

$$Q_{adm} \text{ (uvp/h)} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th}$$

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1515 \text{ uvp/h.}$$

Donc : $Q_{adm} = 1515 \text{ uvp/h.}$

III.6 Détermination de nombre de voies

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

$$N = \frac{SQ}{Q_{adm}}$$

Avec :

S : coefficient traduisant la dissymétrie du trafic dans les 2 sens, en général = 2/3.

Q_{adm} : débit admissible par voie.

$$N = S \times \frac{Q_{previsible}}{K_1 K_2 C_{th}} = \frac{2}{3} \times \frac{4926}{1515} = 2,16$$

$$N = 3$$

Donc : 3voies / sens.

III.7 Calcul de l'années de saturation

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2025}$$

$$Q_{adm} = 1515 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{saturation} = 3 \times Q_{adm} = 3 \times 1515 = 4545 \text{ uvp/h.}$$

$$T_{eff} (2025) = [(1 - Z) + P \cdot Z] \cdot T_{JMA2025}$$

$$T_{eff} (2025) = [(1 - 0.35) + 6 \times 0.35] \times 6813 = 18736 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2025} = 0.35 \times T_{eff} (2025) = 6558 \text{ uvp/h.}$$

$$n = [\text{Ln} (Q_{saturation} / Q_{2025}) / \text{Ln} (1 + \tau)] = [\text{Ln} (4545 / 2248) / \text{Ln} (1 + 0.04)].$$

$n = 27$ ans. D'où notre route sera saturée 27 ans après la mise en service et donc l'année de Saturation est : $2025 + 27 = 2052$

III.8 Conclusion

D'après le calcul de capacité de la route, on constate que la pénétrante doit être dimensionnée avec 3 voies par sens de 3.5 m.

CHAPITRE IV
ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1 Introduction

l'étude géométrique d'un projet constitue une étape cruciale pour sa réalisation réussie. Elle offre une compréhension approfondie des caractéristiques spatiales du projet, facilite sa modélisation et sa représentation graphique, et contribue à sa planification et à sa conception. Grâce à une analyse rigoureuse des aspects géométriques, il est possible de prendre des décisions éclairées et d'obtenir des résultats conformes aux attentes.

Les caractéristiques géométriques adoptées sont principalement ceux décrit dans **la Norme ICTAAL**.

IV.2 Les caractéristiques géométriques

IV.2.1 Catégorie

La catégorie est par définition le classement de la route selon son importance économique, le projet en cours peut être classé dans une catégorie fonctionnelle correspondant aux liaisons entre deux grands axes.

Ceci amène à classer le projet en cours dans la catégorie : C1

IV.2.2 La notion de l'environnement

L'environnement est généralement défini par référence à la sinuosité et la dénivelée cumulée moyenne par kilomètre. La sinuosité d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse et la longueur totale de l'itinéraire (la longueur sinueuse est la longueur cumulée des courbes des rayons inférieurs à 200m) La dénivelée cumulée moyenne DH rapport de la dénivelée cumulée de la longueur de l'itinéraire est :

$15 \leq 1,5\%$ terrain plat (environnement moyenne) ;

$>4\%$ montagneuse (environnement difficile).

On tenant compte des deux facteurs : Dénivelée cumulée et sinuosité, l'environnement est classé E2.

IV.2.3 Vitesse de référence

La vitesse de référence caractérise le mouvement des véhicules qui composent le trafic, elle est exprimée en Km/h, la vitesse de référence est la vitesse considérée pour établir un projet de route et fixer certaines caractéristiques géométriques en plan et en long.

D'après **ICTAAL** la vitesse de référence sera $V = 110$ Km/h

IV.3 AXE EN PLAN

IV.3.1 Introduction

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontale, Il est constitué en général par une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Les distances de visibilité aux sorties d'autoroutes correspondent à la distance de manœuvre en sortie dms définie comme la distance parcourue à vitesse constante pendant le temps nécessaire pour opérer fixé à six (6) secondes :

$$d_{ms} (6 \cdot 110 \text{ km/h}) = 185 \text{ m} ;$$

Les rayons

La limitation des valeurs des rayons dépend de la stabilité des véhicules, l'inscription de véhicules longs dans les courbes et de la visibilité en courbe

Tableau IV-1 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan.

Catégorie	L2
Rayon minimal R_m (m)	400
Rayon minimal non déversés $R_{dn}(m)$	650
Rayon minimal sans courbe de transition $1,5 R_{nd}$ (m)	975

L'emploi de rayons égaux ou supérieurs à $1,5 R_{nd}$ a été privilégié, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité. Cette recommandation est impérative dans les sections à risque particulier, notamment :

- Après les longues pentes ;
- À l'approche des points particuliers (échangeur, accès à une aire, gare de péage);
- Dans les zones à verglas fréquent.

Pour des raisons de facilité et de coûts, les courbes ont été évitées ou limitées au niveau des ouvrages d'art non courants. Des optimisations sont encore requises à ce niveau lors des études d'ingénierie détaillée.

n notera que les rayons employés sont supérieurs ou égaux au rayon minimal sans courbe de transition ($1,5R_{nd}=975m$).

I.1.1 Raccordement progressif (CLOTHOÏDE)

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croît linéairement de $R=\infty$ jusqu'à $R=\text{constant}$), pour assurer :

- La stabilité transversale de véhicule ;

- Le confort des passagers de véhicule ;
- La transition de la chaussée ;
- Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant

D’après l’ICTAAL 2015 les courbes de rayon inférieur à 1,5 Rnd sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïde).

Leur longueur est au moins égale à la plus grande des deux (2) valeurs :

$$14 \left| \Delta\delta \right| \text{ et } R/9$$

Où : R note le rayon de courbure (en m),

et $\Delta\delta$ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordé.

$$\left| \Delta\delta \right| = \left| \delta_1 - \delta_0 \right| \text{ d'où } \delta_1 : \text{ la pente transversale initiale.}$$

δ_0 : le devers de la courbe.

Lorsque l’implantation d’un raccordement progressif crée des difficultés, on peut le raccourcir jusqu’à une longueur de $8,4 \left| \Delta\delta \right|$.

En outre, dans une courbe en S, le dévers peut varier linéairement sur l’ensemble de la courbe comprise entre les deux (2) arcs circulaires raccordés.

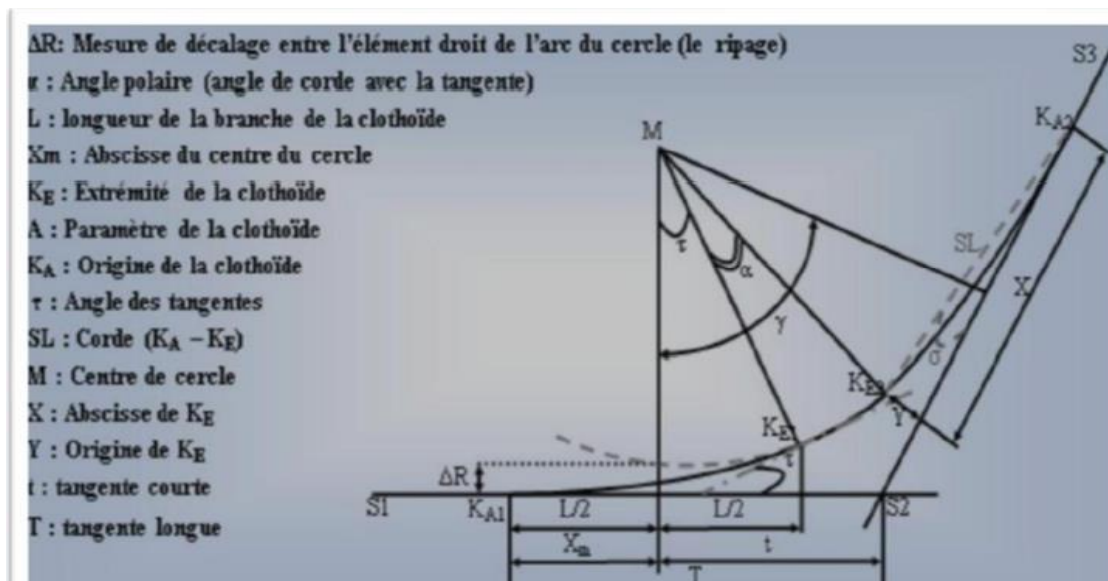


Figure IV-1 : Géométrie de la clothoïde.

IV.3.2 Enchaînement des éléments de trace en plan D’après l’ICTAAL :

Des courbes circulaires de rayon modéré ($< 1,5 Rnd$) n’ont été utilisées qu’en respectant les règles d’enchaînement du tracé en plan ci-après :

- Introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1 000 m à l’aide de courbes de plus grand rayon. En ce cas, deux (2) courbes successives doivent satisfaire à la condition : $R1 \leq 5 R2$, où R1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R2 ($< 1,5 Rnd$) celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à

risque, comme après une longue descente, à l’approche d’un échangeur, d’une aire ou dans une zone à verglas fréquent;

- Séparer deux (2) courbes successives par un alignement droit d’au moins 200 m, sauf pour deux (2) courbes de sens contraire introduites par des raccords progressifs.

IV.4 EXEMPLE DE CALCUL MANUEL DE L’AXE EN PLAN

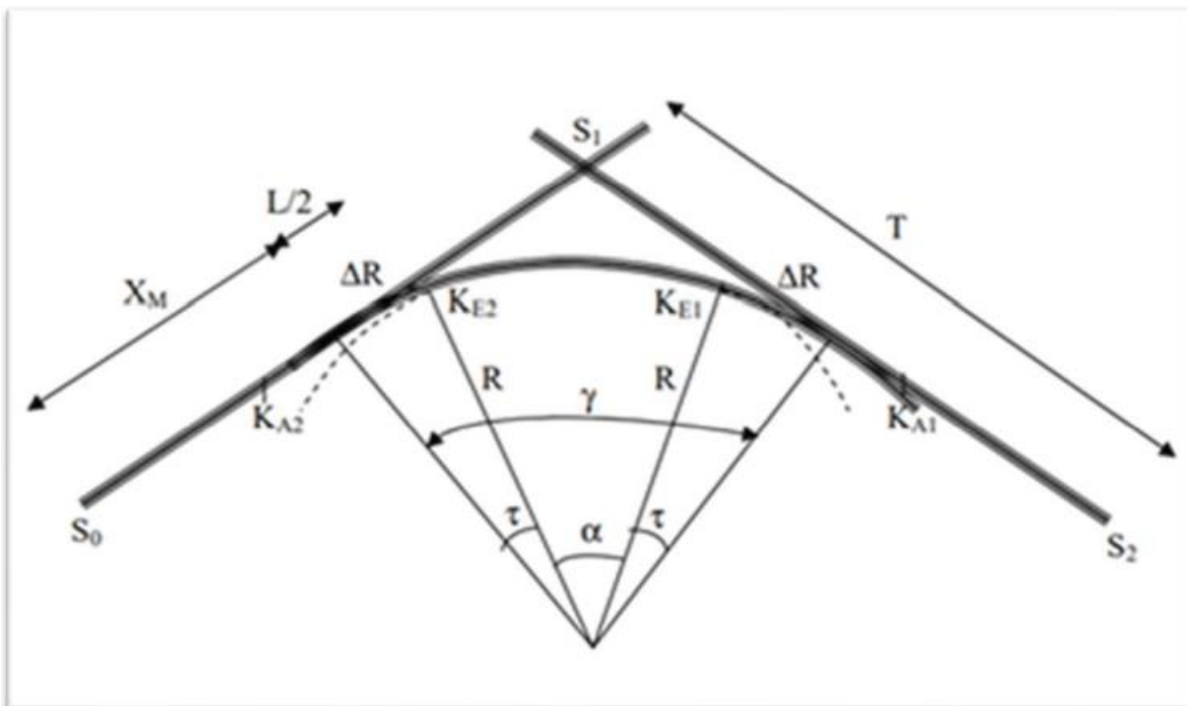


Figure IV-2 : Caractéristiques géométriques de l’élément à calculer.

➤ Les points de l’axe en plan

Tableau IV-2 : Données de l’axe à calculer.

Sommet	X(m)	Y(m)	R(m)	V _B (km/h)
A(x,y)	498699.59	4065135.86	900	110
B(x,y)	498681.51	4064985.90		
C(x,y)	498648.68	4064866.03		
D(x,y)	498616.01	4064779.24		

On a $R = 900\text{m} < 1.5R_{nd}$ donc le calcul se fait pour un rayon avec Clothoïde

➤ Calcul des gisements

Le gisement d’une direction est l’angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d’une montre.

$$|\Delta X_{AB}| = |X_B - X_A| = 498681.51 - 498699.59 = 18.08\text{m}$$

$$|\Delta Y_{AB}| = |Y_B - Y_A| = 4064985.90 - 4065135.86 = 149.96\text{m}$$

$$G_A^B = 200 + \arctg\left(\frac{|\Delta X_{AB}|}{|\Delta Y_{AB}|}\right) = 207.63 \text{ grad}$$

$$|\Delta X_{AD}| = |X_D - X_A| = 498616.01 - 498699.59 = 83.58\text{m}$$

$$|\Delta Y_{AD}| = |Y_D - Y_A| = 4064779.24 - 4065135.86 = 356.62\text{m}$$

$$G_A^D = 200 + \arctg\left(\frac{|\Delta X_{AD}|}{|\Delta Y_{AD}|}\right) = 214.65 \text{ grad}$$

$$|\Delta X_{CD}| = |X_D - X_C| = 498616.01 - 498648.68 = 32.67\text{m}$$

$$|\Delta Y_{CD}| = |Y_D - Y_C| = 4064779.24 - 4064866.03 = 86.79\text{m}$$

$$G_C^D = 400 - \arctg\left(\frac{|\Delta X_{CD}|}{|\Delta Y_{CD}|}\right) = 377.08 \text{ grad}$$

$$\alpha_1 = |G_A^B - G_A^D| = 7.02 \text{ grad}$$

$$\alpha_2 = |G_C^D - G_A^B| = 169.45 \text{ grad}$$

$$\alpha_3 = 200 - (\alpha_1 + \alpha_2) = 23.53 \text{ grad}$$

$$\gamma = 200 - \alpha_3 = 176.47 \text{ grad}$$

➤ **Calcul des distances**

$$D_A^D = \sqrt{\Delta X_{AD}^2 + \Delta Y_{AD}^2} = 366.28\text{m}$$

$$D_A^S = \frac{\sin(\alpha_2)}{\sin(\alpha_3)} \times D_A^D = 468.09\text{m}$$

➤ **Calcul du point Sommet**

$$\beta = \arctg\left(\frac{|\Delta X_{AB}|}{|\Delta Y_{AB}|}\right) = 7.63 \text{ grad}$$

$$X_S = X_A + D_A^S \times \sin(\beta) = 498755.55\text{m}$$

$$Y_S = Y_A + D_A^S \times \sin(\beta) = 4065191.82\text{m}$$

➤ **Calcul des points Tangents**

$$L = 100\text{m}$$

$$X_m = 50 \text{ m}$$

$$\Delta R = 0.460$$

$$T = X_m + (R + \Delta R) \cdot \text{tg}(\gamma/2) = 4866.91\text{m}$$

$$X_{Ka1} = X_S - T(\sin(\beta)) = 498173.63\text{m}$$

$$Y_{Ka1} = Y_S - T(\sin(\beta)) = 4064609.90\text{m}$$

$$\theta = \text{Arctg}\left(\frac{|\Delta X_{CD}|}{|\Delta Y_{CD}|}\right) = 22.91\text{grad}$$

$$X_{Ka2} = X_S - T(\sin(\theta)) = 497041.65\text{m}$$

$$Y_{Ka2} = Y_S - T(\sin(\theta)) = 4063477.92\text{m}$$

$$K = \arctg\left(\frac{|\Delta Y_{AB}|}{|\Delta X_{AB}|}\right) = 92.36 \text{ grad}$$

➤ **Calcul de longueur de raccordement progressif**

$$L_s \geq \text{MAX}(L_1 ; L_2) \quad Tq : L_1 = 14|\Delta\delta| = 14|\delta_1 - \delta_0| \quad L_2 = \frac{R}{9}$$

Avec

δ_0 : Représente la pente transversale initiale $\Rightarrow \delta_0 = -2.5\%$

δ_1 : Représente le dévers de la courbe $\Rightarrow \delta_1 = 2.5\%$

$$L_s \geq \text{MAX}\left(14 \times |2.5 + 2.5|, \frac{900}{9}\right) \rightarrow L_s \geq \text{MAX}(70 ; 100) \text{ Donc } L_s = 100\text{m}$$

$$\text{Le paramètre } A = \sqrt{L_s \times R} = \sqrt{100 \times 900} = 300$$

$$\frac{A}{3} \leq A \leq R \Rightarrow \text{Donc : } 100\text{m} \leq 300\text{m} \leq 900\text{m} \text{ (vérifié).}$$

➤ **Calcul de la corde SL**

$$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$$

Avec : X_{KE} ; La longueur de clothoïde, $L = 100\text{ m}$

$$Y_{KE} ; \text{ La hauteur par rapport à l'axe, } \frac{L^2}{6R} = \frac{100^2}{6 \times 900} = 1.85\text{m}$$

$$SL = \sqrt{100^2 + 1.85^2} = 100.0171\text{m.}$$

➤ **Calcul de l'angle polaire σ**

$$\sigma = \arctg\left(\frac{Y_{KE}}{X_{KE}}\right) = 1.178\text{grad.}$$

$$G_1 = k - \sigma = 108.8$$

$$a_1 = SL \times \cos(G_1) = 13.78\text{m}$$

$$b_1 = SL \times \sin(G_1) = 99.06\text{m}$$

$$X_{ke1} = X_{ka1} + a_1 = 498187.41\text{m}$$

$$Y_{ke1} = Y_{ka1} + b_1 = 4064708.96\text{m}$$

➤ **Calcul les longueurs**

$$\tau = \arctg\left(\frac{l}{2R}\right) = 3.5331\text{g}$$

$$\alpha = \gamma - 2 \times \tau = 124.8442\text{grad}$$

$$\text{La longueur de la Clothoïde est } L = \frac{A^2}{R} = \frac{300^2}{900} = 100\text{m.}$$

$$\text{La longueur de la courbe en Rayon est: } b = \pi \times R \times \frac{\alpha}{200} = 1764.9433\text{m}$$

➤ Vérification du calcul effectué

Les résultats de calcul automatique à l'aide de logiciel (COVADIS d'axe sont joints en annexe.

IV.5 PROFIL EN LONG

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle. Le profil en long se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements paraboliques constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves).

IV.6 Coordination entre le tracé en plan et profil en long

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, respecter les règles de visibilité et autant que possible, un certain confort visuel; ces objectifs incitent à :

- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :
 $R \text{ vertical} > 6 \times R \text{ horizontal}$, pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible.

IV.7 Déclivité

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (Puissance des véhicules en rampe). Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait la ligne rouge du profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

IV.7.1 Déclivité minimum

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont si possibles à éviter, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. la pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante.

Selon ICTAAL 2015, Pour la vitesse $V_B = 110 \text{ km/h}$ donc la pente minimale $I_{\min} = 0.5\%$.

IV.7.2 Déclivité maximum

Du point de vue technique, la déclivité maximale dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée (ce phénomène concerne tous les véhicules), ainsi de la réduction des vitesses qu'elle provoque ou les camions (poids lourds) sont déterminants car la plupart des véhicules légers ont une grande de puissance. Donc Il est conseillé d'éviter les pentes supérieures à 6%.

Selon ICTAAL 2015, Pour la vitesse $V_B = 110 \text{ km/h}$ donc la pente maximale $I_{\max} = 6\%$.

IV.8 Les raccordements en profil en long

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

IV.8.1 Raccordements Convexes (ANGLE SAILLANT)

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

Selon ICTAAL 2015, rayon minimal en angle saillant : 6000 m.

Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable :

Condition de visibilité :

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

Il faut deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

IV.8.2 Raccordements Concaves (ANGLE RENTRANT)

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité diurne n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle.

Selon ICTAAL 2015, rayon minimal en angle saillant : 3000 m.

IV.8.3 Valeurs limites

Les paramètres du profil en long respectent les valeurs limites données dans le tableau suivant

Tableau IV-3 : Limite des paramètres de profil en long.

Catégorie	L ₂
Déclivité minimale P _{min} (%)	0,5
Déclivité maximale P _{max} (%)	6
Rayon minimal en angle saillant RV _m (m)	6000
Rayon minimal en angle rentrant RV _m (m)	3000

Des rayons supérieurs aux rayons minimaux ont été utilisés lorsque cela n'induirait pas de surcoût sensible.

Compte tenu du relief très difficile, la déclivité maximale de 6 % a également été utilisée occasionnellement à l'endroit des ouvrages d'art non courants.

IV.9 EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG

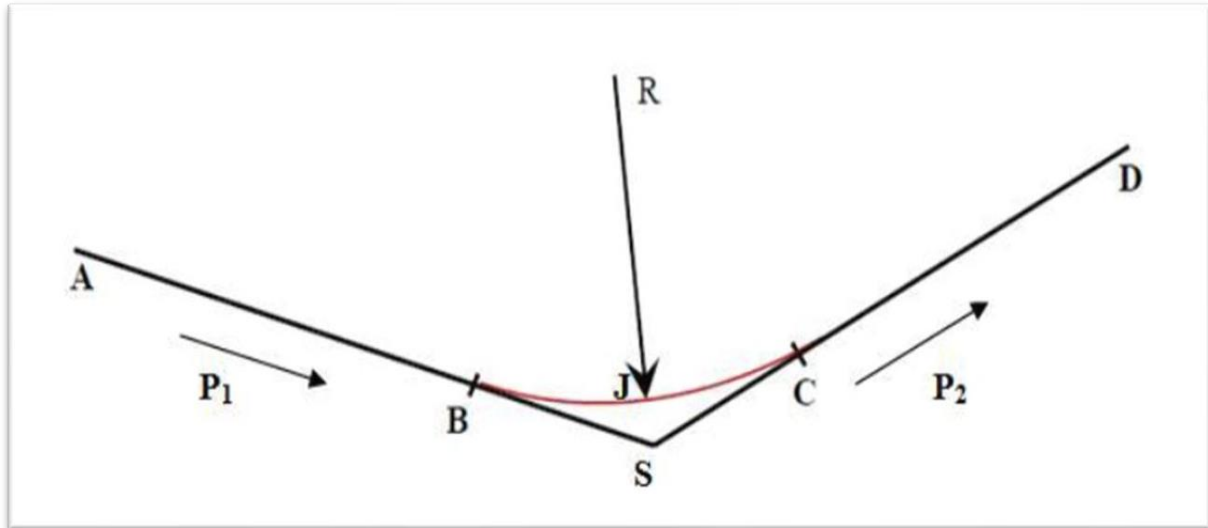


Figure IV-3 : Schéma illustratif d'un rayon concave).

➤ Les point du profile en long

Tableau IV-4 : Les donnees de l'axe à calculer.

Sommets	Abscisse(m)	Altitude(m)	R(m)
A	2192.059	201.821	4000
S	2249.173	198.982	
D	2306.287	197.774	

➤ Calcul des pentes

$$P_1 = \frac{\Delta Z_{AS}}{\Delta X_{AS}} = \frac{Z_S - Z_A}{X_S - X_A} = -4.97\%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_{SD}}{\Delta X_{SD}} = \frac{Z_D - Z_S}{X_D - X_S} = -2.11\%$$

➤ Calcul des tangentes

$$T = \frac{R}{2} \times (P_1 + P_2) = -141.6$$

➤ **Calcul de la flèche BX**

$$B_X = \frac{T^2}{(2 \times R)} = 2.5\text{m}$$

➤ **Calcul des coordonnées des points de tangentes**

PointB: $X_B = X_S - T = 2390.733\text{m}$

$$Z_B = Z_S + (T \times P_1) = 206.019\text{m}$$

PointC: $X_C = X_S + T = 2107.57\text{m}$

$$Z_C = Z_S + (T \times P_2) = 201.96\text{m}$$

➤ **Calcul de la longueur de raccordement**

$$L = 2 \times T = 283.2\text{m}$$

➤ **Calcul des coordonnées du point J**

$$X_{J/A} = R \times P_1 = 198.8$$

$$Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{X_{J/A}^2}{2R} = 4.94\text{m}$$

➤ **Vérification du calcul effectué**

Les résultats de calcul automatique (COVADIS) sont mentionnés dans l'annexe

IV.10 PROFIL EN TRAVERS**IV.10.1 Introduction**

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci.

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

IV.11 Eléments du profil en travers

La chaussée : désigne la partie de la voie publique aménagée pour la circulation des véhicules en général.

La largeur roulable : Elle comprend les sur-largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.

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

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

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

Les accotements : les accotements sont les zones latérales de la plateforme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés. Ils comportent les éléments suivants :

Une bande d'arrêt d'urgence BAU : Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule

Une berme extérieure : Elle participe aux dégagements visuels

Terre-plein central T.P.C: Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées.il comprend :

Bande dérasée de gauche (B.D.G) : Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de toutes obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée.

Bande médiane : Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation... etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implanter.

La berme : Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations.). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

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

IV.12 Classification du profil en travers

Ils existent deux types de profil en travers :

IV.12.1 Profil en travers type

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

IV.12.2 Profil en travers courant

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

IV.13Pente transversale

IV.13.1 Devers

La pente transversale d'une chaussée est généralement de 2,5 % vers l'extérieur. La pente des BAU est portée à 4 % pour assurer un meilleur drainage. 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.

IV.13.2 en courbe déversée

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de $1/R$, entre 2,5 % pour Rnd et 6 % pour Rm. La pente de la BAU (ou la BDD) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la BAU extérieure (ou la BDD) reste la même qu'un 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 là sur-largeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

IV.13.3 Changement de dévers

Les changements de dévers s'effectuent selon les recommandations de l'article 4.6.3 de l'ICTAAL 2000. Dans la zone de basculement du dévers, l'évacuation des eaux de ruissellement sur la chaussée requiert une pente résultante de 0,5 % en tout point de la chaussée.

IV.14 Le profil en travers type du projet

La voie express qui relie le stade de 5 juillet avec la 2^{ème} rocade d'Alger a comporte un profil en travers type, qui contient :

- Deux chaussées de trois voies de 3.5m chacune : $(3 \times 3.5) \times 2 = 21.00\text{m}$
- Un terre-plein central de 3 m, composé de deux bandes dérasées de gauche (BDG) stabilisées et revêtues d'une largeur de 1 m chacune, plus une bande médiane d'une largeur de 1 m également stabilisée et revêtue.
- Accotement de 4 m pour chaque côté, comprend une bande d'arrêt d'urgence (BAU) de 3 m bordée à l'extérieur d'une berme de 1 m.

Les banquettes sont effectivement utilisées pour assurer la stabilité du sol lors d'une excavation. Elles sont utilisées dans les tranchées ou les excavations profondes pour prévenir les effondrements du sol et les glissements de terrain.

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation 3×2	3,5	6	21
Accotement			8
-Bande d'arrêt d'urgence(BAU)	3	2	6
-Berme	1	2	2
Terre-plein central (T.P.C)			3
-Bande dérasée de gauche	1	2	2
-Bande médiane (BM)	1	1	1
Devers proposé			
- Chaussée			2,5 % vers l'extérieur
- (B.D.G)			2,5 % vers l'extérieur
- Band d'arrêt d'urgence (B.A.U)			4 % vers l'extérieur
-Berme extérieure			8% vers l'extérieur

CHAPITRE V
ETUDE GEOTECHNIQUE

V.1 Introduction

L'étude géotechnique et la phase permettant de définir les propriétés mécaniques et physiques du sol, qui va recevoir la chaussée sélectionnée, on se basant sur une série d'essais, in-situ (essais pressiométriques, essais de pénétration dynamique ...) et au laboratoire (Limites d'Atterberg, Essai CBR ...) ,dans le but de déterminer les éléments suivants:

- Caractéristiques physiques et mécaniques des sols.
- Etude de la possibilité de réutilisation des matériaux de déblai en remblai.
- Fourniture des données pour la conception du corps de chaussée.
- Etude de la stabilité des talus générés lors de la construction de routes (remblai, déblai).

V.2 Données géologiques

La géologie locale de la région se caractérise par les principales formations décrites ci-après. La carte géologie locale, à laquelle le tracé a été ajouté, est présentée ci-dessous

Le tracé traverse un secteur constitué de schistes stratifiés . Les schistes sont généralement très altérables lorsqu'ils sont dé-confinés et exposés aux intempéries.

Par la suite, jusqu'à la mi-chemin du tracé environ, les terrains sont dominés par des formations de marnes schisteuses avec localement des grès. Les marnes schisteuses sont sensibles à l'eau et peuvent être à l'origine de dégradations importantes des déblais.

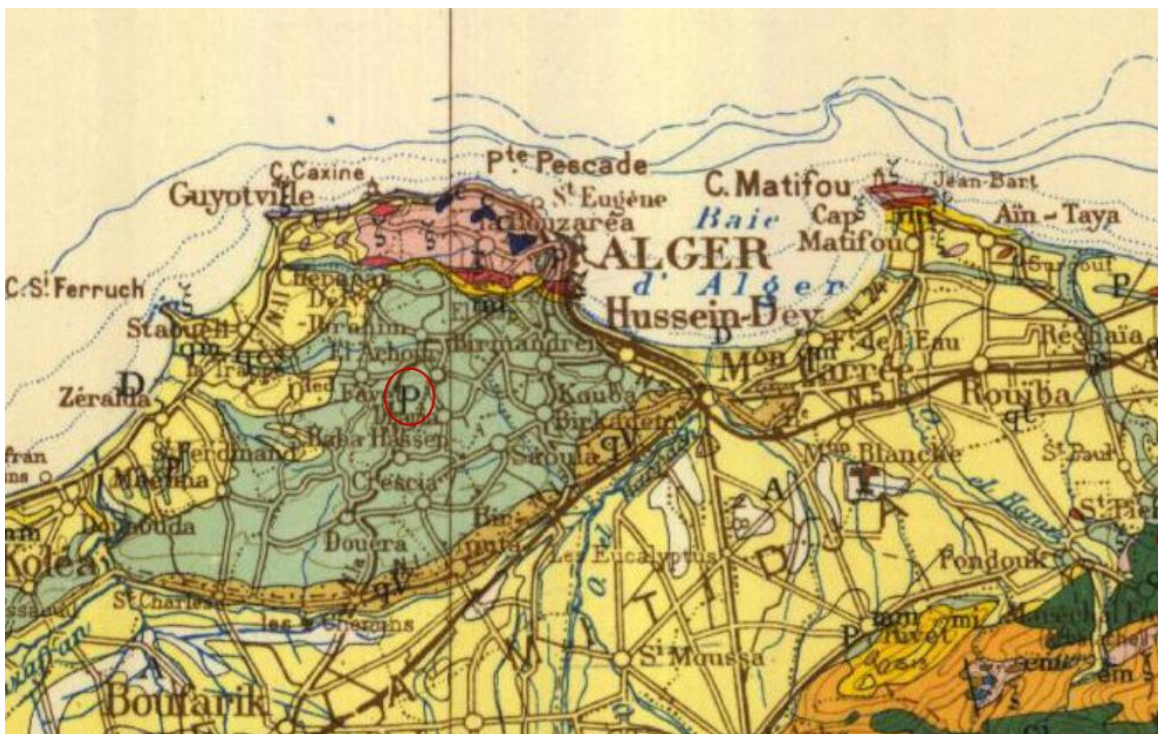


Figure V-1 : La carte géologique de la wilaya d'Alger.

V.3 LA reconnaissance géotechnique

V.3.1 Essais in situ

Aux fins de déterminer d'une part, la nature géologique du terrain et d'autre part, les caractéristiques géotechniques des sols on a le programme de reconnaissance suivant :

- Sondages carotte ;
- Essai de perméabilité (Lugeons, Lefranc) ;
- Puit de reconnaissance.

Sondage Carotté

Sont réalisés à l'aide d'un carottier qui seront filetés à la tête de la machine avec une réduction. Grâce au système de rotation de la machine et sa pression Hydraulique, et aussi avec le fluide (eau) qui sert en générale à refroidir l'outil de perforation (Couronne).

Section I (entre PK1+140 et PK 5+300) :



Figure V-2 : Essai pénétrométrique.

Tableau V-1 : Sondage carotte de la Section.

Numéro de sondage	Pk	Profondeur (m)	Nature de sol
Sondage N°12	Pk 2+140	0,00 – 0.40 0,40 – 1,2 1,2 – 6,00	Remblai Argile marneuse Marne friable devenant compact en profondeur.
Sondage N°14	PK 2+420	0,00 – 1,00 1.00 – 6.00	Argile marneuse Marne friable devenant compact en profondeur.
Sondage N°15	PK 2+580	0,00– 1.50 1,50 – 3.50 3.50 – 6.00	Limon argileux Argile marneuse Marne friable devenant compact en profondeur
Sondage N°16	PK2+660	0,00 – 3.00 3,00 – 4.50 4.50 – 6.00	Limon argileux Argile marneuse Marne friable
Sondage N°18	PK3+270	0,00 – 1.70 1,70 – 3.80 3.80 – 6.00	Limon argileux Argile marneuse Marne friable
Sondage N°20	PK3+440	0,00 – 0.80 0,80 – 4.10 4.10 – 6.00	Limon argileux Argile marneuse Marne friable
Sondage N°22	PK3+940	0,00 – 0.30 0,30 – 5.00 5.00 – 6.00	Limon argileux Argile marneuse Marne friable On note que la présence d'eau a partir de 3m de profondeur
Sondage N°23	PK4+260	0,00 – 0.50 0,50 – 4.50 4.50 – 6.00	Limon argileux Argile marneuse Marne friable On note que la présence d'eau a partir de 2m de profondeur

Sondage N°25	PK4+800	0,00 – 0.70 0.70 – 6.00	Limon argileux Argile encroûtée peu graveleuse
Sondage N°17	PK2+740	0,00 – 1.50 1,50 – 2.00 2.00 – 5.00	Limon argileux Argile marneuse Marne altérée
Sondage N°21	PK3+620	0,00 – 1.20 1,20 – 2.50 2.50 – 5.00	Limon argileux Argile marneuse Marne altérée
Sondage N°24	PK4+400	0,00 – 0.50 0,50 – 5.00	Limon argileux Argile marneuse renfermant des passages d'encroutements calcaire

Interprétation

Une formation meuble, représenté essentiellement par une couche de couverture de limon argileux d'une épaisseur variable entre 0.3 et 3.0 m, suivie par des argiles marneuses d'une épaisseur comprise entre 0.8 et 4.7m, puis des marnes altérées en profondeur.

Section II (entre PK5+300 et PK 9+180) :**Tableau V-2 : Sondage carotte de la Section II.**

Numéro de sondage	Pk	Profondeur	Nature de sol
Sondage N°27	Pk5+600	0,00 – 1.00 1,00 – 5.00 5,00 – 6,00	Limon argileux Argile marneuse Marne friable On note que la présence d'eau a partir de 4m de profondeur
Sondage N°28	Pk5+820	0,00 – 0.70 0,70 – 6,00	Limon Argile jaunâtre peu graveleuse renferment quelquefois des blocs On note que la présence d'eau a partir de 3,5m de profondeur
Sondage N°40	Pk6+480	0,00 – 1.00	Limon argileux

		1,00 – 2,00 2,00 – 6,00	Argile sableuse Argile marneuse On note que la présence d'eau a partir de 3m de profondeur
Sondage N°41	Pk6+620	0,00 – 0.70 0,70 – 3,00 3,00 – 6,00	Limon argileux Argile sableuse Argile sableuse renferment quelquefois des blocs
Sondage N°46	Pk8+120	0,00 – 0.80 0,80 – 6,00	Dalle encroûtée. Encroutement calcaire argileux renfermant des passages sableux et graveleux.
Sondage N°56	Pk9+180	0,00 – 0.50 0,50 – 6,00	Limon sableux. Argile rougeâtre renfermant quelquefois des passages sableux et graveleux
Sondage N°42	Pk7+200	0,00 – 1.30 1,30 – 6,00	Limon argileux sableux renfermant des blocs. Argile sableuse rougeâtre renfermant des passages graveleux
Sondage N°44	Pk7+820	0,00 – 1.00 1,00 – 2,00 2,00 – 5,00	Limon argileux. Argile sableuse. Argile marneuse.
Sondage N°46	Pk8+400	0,00 – 1.00 1,00 – 6,00	Limon sableux peu graveleux Argile sableuse rougeâtre renfermant quelquefois des passages graveleux.



Figure V-3 : Echantillon d'un carottage.

Interprétation

Une formation meuble, représentée essentiellement par une couche de couverture de limon, limon argileux et parfois limon sableux d'une épaisseur variable entre 0.5 et 1.5 m, suivie par des formations hétérogènes soit : des argiles marneuses, argiles sableuses et des argiles jaunâtres et rougeâtres sur une épaisseur de 4 à 5.5m, renfermant parfois des passages sableux graveleux et blocs.

Résistance à la pénétration dynamique :

L'essai consiste à déterminer le nombre de coupes nécessaires pour enfoncer selon une procédure bien définie, une pointe métallique soumise par l'intermédiaire d'un train de tige à une énergie de battage.

Section I (entre PK1+140 et PK 5+300) :

Tableau V-3 : Résultat à la pénétration dynamique de la section I.

Essai	Pk	Prof (m)	R _p min (bars)	R _p max (bars)	Refus (m)	Formation géologique	Appréciation sur la résistance
P14	2+420	0.0-3.6	50	100	/	Argile marneuse suivie par des marnes friables devenant compacts	Moyenne
		3.6-4.4	>100	500	4.4		Très forte
P20	3+440	0.0-3.6	35	65	/	Limon argileux puis argile marneuse	Faible à moyenne
		3.6-5.0	90	500	5.0	Marne friable	Très forte
P25	4+700	0.0-5.2	35	80	/	Limon argileux puis des argiles encroutées peu graveleux	Faible à moyenne
		5.2-6.4	60	500	6.4	Argile encroutées peu graveleux	Moyenne à forte

Interprétation

IL est constitué par une couche de limon argileux et une argile marneuse d'une épaisseur variable entre 2 et 5.5m environ, ayant une résistance faible à moyenne.

Section II (entre PK 5+300 et PK 9+180) :

Tableau V-4 : Résultat à la pénétration dynamique de la section II.

Essai	Pk	Prof (m)	R _p min (bars)	R _p max (bars)	Refus (m)	Formation géologique	Appréciation sur la résistance
P27	5+600	0.0-4.0	50	100	/	Limon argileux puis	Moyenne à forte
		4.0-5.2	30	45	/	l'argile marneuse	Faible
		5.2-6.2	>100	500	6.2	Marne friable	Très forte
P28	5+820	0.0-3.0	35	75	/	Argile jaunâtre peu graveleuse renfermant	Faible, moyenne à forte
P40	6+480	0.0-6.2	50	500	6.2	Argile sableuse puis argile marneuse	Moyenne

Interprétation

Il est constitué par des argiles marneuses, marnes friables, argiles sableuses, encroûtement calcaire et argile rougeâtre renfermant quelquefois des passages sableux et graveleux, le terrain affiche une résistance variable : soit moyenne, forte à très forte.

V.3.2 ESSAIS EN LABORATOIRE

Caractéristiques physiques et essais d'identification :

L'examen des valeurs des différentes caractéristiques permet de porter pour chaque type de sol

Tableau V-5 : Les essais physiques.

Sondage		Identification						
Sondage N°	Prof(m)	W(%)	γ_a (t/m ³)	γ_h (t/m ³)	Sr (%)	80 μ (%)	W _L (%)	I _p (%)
17	2.0-1.5	25	1.6	1.95	91	92	47	25
	4.0-3.5	19	1.7	2	84	95	48	24
21	0.7-1.2	23	1.55	1.9	82	93	46	23

	2.0-2.5	27	1.5	1.85	90	94	44	22.5
41	1.5-1.0	16	1.55	1.8	60	74	36	20
	3.5-3.0	20	1.65	1.95	77	79	40	21
44	1.0-1.5	21	1.65	2	87	77	35	18
	4.5-5.0	31	1.5	1.9	97	95.5	46	23

Essai Proctor modifié et essai CBR :

Tableau V-6 : Essai de portance.

Puits		Identification		
N°	Prof(m)	γ_{Opm} t/m ³	W _{Opm} %	C.B.R
17	2.0-1.5	1.7	6	4
	4.0-3.5	1.7	7	5
24	2.0-1.5	1.8	5	5
	4.5-4.0	1.75	6.5	5
42	0.8-1.3	1.45	6	6
	4.5-5.0	1.9	4.5	14
44	1.0-1.5	1.75	5	5
	4.0-4.5	1.65	8	4

Essai de cisaillement rectiligne et l'essai de compressibilité à l'odomètre :

Les paramètres mécaniques permettent d'évaluer la capacité portante des sols, et leur compatibilité avec les déformations.

Nous avons utilisé pour déterminer ces paramètres la boîte de Casagrande pour l'essai de cisaillement, et le bâti œdométrique de Terzaghi pour l'essai de compressibilité.

Tableau V-7 : Les essais mécaniques.

Sondage		Cisaillement		Oedomètre		
N° Sond	Prof. (m)	Cu. (bars)	Øu (°)	Pc (bars)	C _c	C _g
14	2.5-3.0	0.37	9	2.02	15.83	2.87
	5.5-6.0	0.32	10.5	1.92	17.84	3.18

18	2.0-2.5	0.29	12.5	1.97	21.36	2.87
	5.5-6.0	0.27	14	2.11	25.38	3.56
20	2.0-2.5	0.29	11	2.17	21.36	2.93
	4.5-5.0	0.30	12	1.87	13.57	3.37
27	1.0-1.5	0.28	12.5	2.00	16.08	3.31
	3.5-4.0	0.32	12	2.06	21.11	3.68
40	1.5-2.0	0.25	13	1.76	14.07	3.25
	5.5-6.0	0.36	9.5	2.18	16.08	3.43

Teneur en carbonate de calcium (CaCo3)

Les valeurs de teneur en carbonate de calcium indiquent un sol argileux pure à calcaire-marneux.

A propos des carbonates :

- Un taux varie entre 20 et 27 % a été révélé sur les échantillons d'argile marneuse.
- Un taux varie entre 44 et 56 % a été révélé sur les échantillons des marnes.
- % de carbonates est <10 pour les argiles et les argiles sableuses.
- les mesures des PH pour l'ensemble des échantillons sont inférieurs à 7. Donc il s'agit de sol acide.

Tableau V-8 : Les essais chimiques.

Sondages	Prof(m)	PH	% de carbonates CaCO_3	% des insolubles	% de gypses $\text{CaCO}_42\text{H}_2\text{O}$	Sulfates SO_4 -103 mg/Kg
17	1.5-2.0	6.75	25.4	74.6	4.5	25097.515
	4.5-5.0	6.50	56.3	43.7	4.0	22308.900
21	2.0-2.5	6.75	22.7	77.3	4.2	23424.422
	3.5-4.0	6.25	44.5	55.5	4.5	25097.515
24	1.5-2.0	6.50	20	80	Néants	Néants
	3.0-3.5	6.25	22.6	77.4	Néants	Néants
42	1.5-2.0	6.75	6.5	93.5	3.9	21751.221

	5.5-6.0	6.50	4.2	95.8	4.0	22308.900
--	---------	------	-----	------	-----	-----------

V.3.3 Classification des sols

CLASSIFICATION GTR

Selon le Guide des terrassements routiers (GTR – SETRA/LCPC- Fascicules I et II), les paramètres retenus pour la classification des sols se rangent en deux (2) catégories :

Paramètres de nature, Ce sont la granularité et l'argilosité ;

Paramètres d'état :

- État humide (h) ;
- État très humide (th) ;
- État humide moyenne (m) ;
- État sec (s) ;
- État très sec (ts)

Tableau V-9 : Classification GTR.

PK	ClassificationGTR	Nature de sol
PK 5+300	A3th A1m	-Argiles marneuses et les marnes altérées. -Les limons.
PK 9+180	A3th A1m	-Argiles marneuses et les marnes altérées. -Les limons.

V.3.4 Les recommandations d'utilisation des matériaux en remblai :

Le climat de la wilaya d'Alger se caractérise principalement par un climat continental à hiver froid et humide et à été chaud et sec dans les zones situées dans les parties du Centre et sud de la Wilaya avec une moyenne de 400 mm à 500 mm d'eau de pluie par an.

Donc dans la Situation météorologique : pluie moyenne

Tableau V-10 : Conditions d'utilisation du sol A1m en remblais.

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai
A _{1m}	Ces sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter.	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes
		Pluie faible	Extraction frontale Compactage moyen Remblai de hauteur moyenne (<10m)
		ni pluie ni évaporation	Compactage moyen
		Evaporation importante	Solution1 : arrosage superficiel Pour maintien de l'état Compactage moyen Solution2 : utilisation en l'état Compactage intense Remblai de hauteur moyenne (<10m) Solution3 : extraction frontale avec Compactage moyen

Tableau V-11 : Conditions d'utilisation du sol A3th en remblais.

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai
A ₃ th	Sols normalement inutilisables en l'état		

V.3.5 Condition d'utilisation en couche de forme :

La maîtrise de l'état hydrique de ces sols traités est souvent délicate en raison de la variation brutale de leur comportement (portance) pour de faibles écarts de teneur en eau, ces sols se traitent généralement en place.

Dans le cas où il y'a une faible pluie : la situation météorologique ne garantit pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange : sol plus liant(s).

V.4 Conclusion

Les recommandations suivantes doivent être prises en compte lors de la réalisation des terrassements

- Drainage de la nappe avant les travaux d'excavation ;
- Excavation de la terre végétale et des matériaux de remblai avec présence de matériaux délétères et de matières organiques sur toute leur profondeur ;
- Protéger la plate-forme argileuse par une couche drainante de nature graveleuse de 20cm d'épaisseur ou une nappe de géotextile ;
- Protéger tous les talus de déblais par des masques drainant sableux ou par des nappes de géotextiles drainantes.

CHAPITRE VI
DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE
CHAUSSEE

VI.1 Introduction

Au sens structural, une chaussée est l'ensemble des couches de matériaux superposées et mises en œuvre de façon à permettre la reprise des charges extérieures.

La chaussée doit assurer la circulation des véhicules en tout confort et en toute sécurité, et de reprendre les contraintes engendrées par les charges extérieures et de les transmettre au sol-support sans provoquer de déformations importantes.

Le dimensionnement d'une chaussée consiste à choisir les matériaux ayant des caractéristiques requises, et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

VI.2 Méthodes de dimensionnement

On distingue deux familles des méthodes

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

Pour dimensionner la structure de chaussée, on appliquera les deux méthodes les plus utilisées en Algérie qui sont:

- La Méthode CBR (méthode empirique basée sur des études expérimentales) ;
- La Méthode du catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves (méthode rationnelle basée sur des études théoriques).

Ces méthodes basées sur la connaissance de certains paramètres fondamentaux liés aux facteurs suivants :

- Trafic ;
- Durée de vie ;
- Données climatiques ;
- Sol support ;
- Risque de calcul considéré ;
- Caractéristiques de matériaux.

VI.2.1 Méthode de CBR (california-bearing-ratio)

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

Pour déterminer l'épaisseur totale du corps de chaussée, il faut que la contrainte verticale répartie, suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte

limite qui est proportionnelle à l'indice CBR. L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

- e : épaisseur équivalente ;
- N : désigne le nombre moyen des camions dépassant 1500 Kg à vide ;
- P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t) ;
- ICBR : indice portant C.B.R (sol support).

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

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

- a1, a2, a3 : coefficients d'équivalence de matériau par référence à une grave concassée ;
- e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

Tableau VI-1 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux BB ou enrobé dense	2.00
Grave ciment, grave laitier	1.50
Grave bitume GB	1.20-1.70
Grave concassée GNT	1.00
Grave roulée, grave sableuse, TVO	0.75
Tuf	0.60
Sable	0.50

Application au projet

ICBR= 5

- N=TPL2045
- TJMA2020=5600v/j
- TJMA2045=14928v/j
- $TPL2045_{vpc} = 0,8 \times \frac{TJMA2045 \times 2}{3} \times Z = 0,8 \times 9952 \times 0,35 = 2786 \text{ PL/j/s/vpc}$
- P=6.5t

$$e = \frac{100 + \sqrt{6,5(75 + 50 \log \frac{2786}{10})}}{5 + 5} = 61 \text{ cm}$$

$e = 61\text{cm}$

• Pour proposer le dimensionnement de la structure de la chaussée, il faut résoudre l'équation suivante : $a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 61\text{cm}$.

- $a_1 \times e_1$: couche de roulement ;
- $a_2 \times e_2$: couche de base ;
- $a_3 \times e_3$: couche de fondation.

Tableau VI-2 : Les épaisseurs des couches de matériaux

	Epaisseur Réelle	C _{Équivalent}	Epaisseur Équivalent
Couche de roulement BB	8	2	16
Couche de base GB	10	1,5	15
Couche de fondation GNT	30	1	30
TOTAL	48	/	61

Structure de chaussée retenue avec la méthode CBR : 8BB + 10GB + 30GNT.

Epaisseur réelle Total=48cm.

- Couche roulement
- Couche de base
- Couche de fondation



Figure VI-1 : Structure du corps de chaussée selon méthode C.B.R.

La méthode CBR donne le corps de chaussée le moins économique alors la méthode retenue pour le projet est celle de catalogue Algérien, pour les raisons suivantes :

- Elle se base sur les performances des matériaux ;
- Elle se base sur les déformations admissibles ;
- Elle tient en compte la fatigue des matériaux ;
- En plus de cela cette méthode est une méthode algérienne établie et conçue par le CTPP et valide par le ministère des travaux publics.

VI.2.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

Description de la méthode

Le catalogue de dimensionnement des chaussées se présente sous forme de fiches de dimensionnement dans lesquelles les structures sont déjà pré calculées. Ces structures pré

calculées font appel à la connaissance d'un certain nombre de Documents d'accompagnement (normes, guide techniques, recommandations...).

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

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée. La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.

Les données climatiques

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température consistante, c'est à-dire température équivalente θ_{eq} , en tenant compte du cycle de variation de température de chaque année.

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site d'après le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP 2001) », le site de projet est classé en zone II (Wilaya d'ALGER), avec :

Tableau VI-3 : Choix de la température équivalente.

	Zone climatique		
Température équivalente θ_{eq} (°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

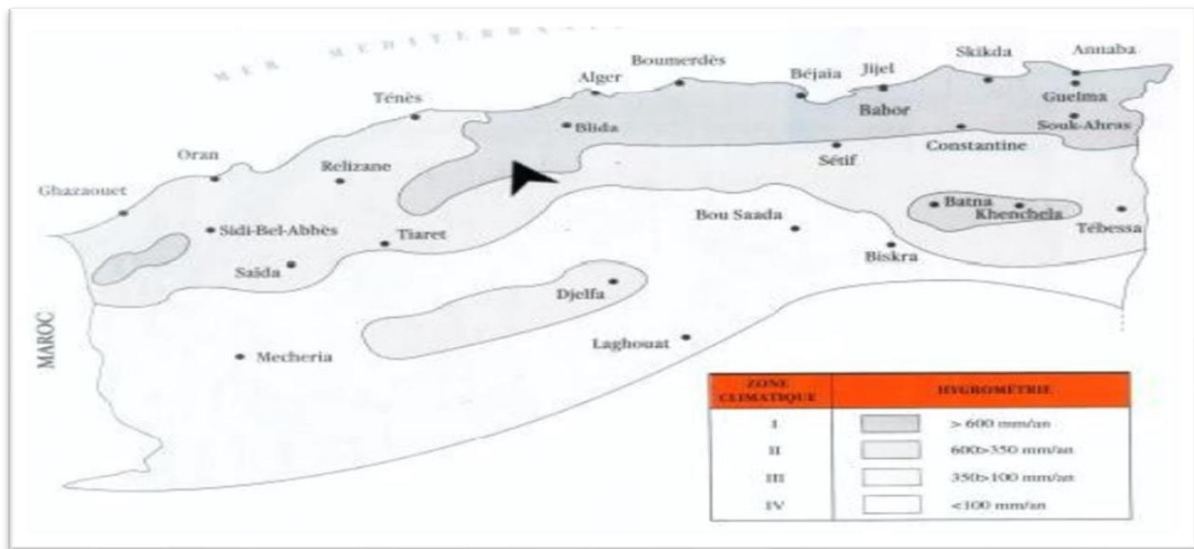


Figure VI-2 : position du projet dans la carte climatique de l’Algérie.

- Donc on prend une température équivalente égale à 20°C.
- La Pluviométrie entre 500 et 800 mm\an.

VI.2.3 Les données du trafic :

- **Détermination du type du réseau principal**

Tableau VI-4 : Détermination du type du réseau principal.

Réseau principale	Trafic (véhicule/jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

TJMA₂₀₂₀=5600v/j dans les deux sens > 1500(V/j) Le réseau principal est RP1.

➤ **Classe De Trafic (TPL_i)**

Le trafic sera calculé et classifié avec les recommandations de « catalogue algérien du dimensionnement des chaussées neuves (version 2001) ».

Le trafic été considéré comme équilibré (identique) dans les deux sens

$$TJMA_{2020} = 5600v/j/sens$$

$$TPL_{2020} = 5600 \times 0.35 = 1960 PL/j/sens$$

$$TPL_{2025} = TPL_{2020} \times (1+\tau)^{10} = 1960 \times (1+0.04)^{10} = 2901 PL/j/sens$$

Pour une chaussée unidirectionnelle à trois voies, on prend 80% du trafic PL sur la voie lente de droite (la voie plus chargé), donc TPL₂₀₂₃ = 0.8×2901 = 2320 PL/j/voie plus chargée.

D'après le catalogue, on a la classification suivante :

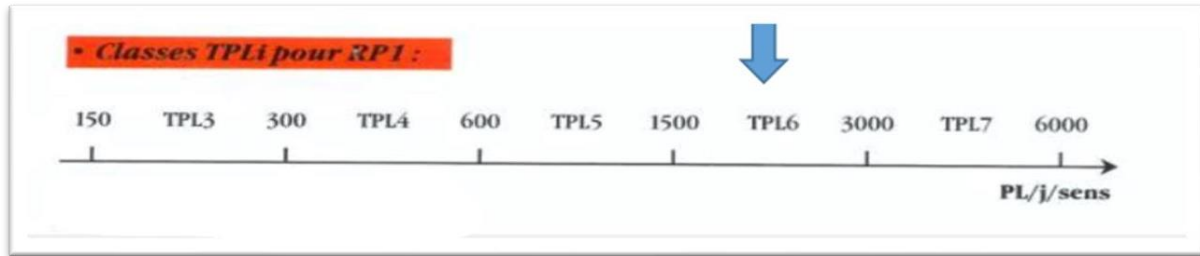


Figure VI-3: Classes de TPLi pour PR1.

Donc la classe de trafic est : TPL6.

Le trafic cumulé de poids lourd (TCi)

Le TCi est le trafic de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie), il est donné par la formule suivante :

$$TC_i = TPL_i \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$TC_{2043} = 2320 \times 365 \times \frac{(1+0,04)^{20} - 1}{0,04} = 25.21 \times 10^6 \text{ PL/j/voie le plus chargée.}$$

Trafic cumulé équivalent (TCEi)

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

$$TEC_i = TC_i \times A$$

A : coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes. En fonction de réseau principal RPi.

Valeurs de coefficient d'agressivité selon le réseau La structure type sera en matériaux traité au bitume, d'après le tableau le coefficient A=0.6

Tableau VI-5 : Valeurs de coefficient d'agressivité selon le réseau principal (CTTP, 2001).

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...	0,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0,6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0,4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de $\epsilon_{z,ad}$)	0,6

Donc : $TCE_{2043} = 25.21 \times 10^6 \times 0.6 = 15.12 \times 10^6$ essieux équivalent de 13t.

Le risque de calcul

C'est la probabilité pour qu'apparaissent au cours de la durée de vie de la chaussée des dégradations structurelles qui impliqueraient des travaux de renforcement de la chaussée

Pour RP1 et un trafic TPL6 on a : $r=5\%$.

Tableau VI-6 : Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule N° 2).

	Clase de trafic TPLi(PL/j/se ns)	TP	TP	TP	TP	TP
		L3	L4	L5	L6	L7
Risque (%)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2

Détermination de la portance du sol support

a) Présentation des classes de portance des sols

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0. Cette classification sera également utilisée pour les sols-supports de chaussée.

Tableau VI-7 : Présentation des classes de portance à long terme du sol-support (fasciculeN°1).

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

A partir de la relation empirique : $E(\text{MPa})=5 \times \text{CBR}$, on a les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous :

Tableau VI-8 : classe de portance de sol-suports(fasciculeN°2).

Classes de sol-suports	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25 - 50	50 - 125	125 - 200	> 200

Tableau VI-9 : Classe du sol support.

Numéro de sondage	CBR	$E(\text{MPa})=5 \times \text{CBR}$	Classe de sol support
17	5	25	S3
21	6	30	S3
24	5	25	S3
42	6	30	S3
44	5	25	S3
47	7	35	S3

La portance de sol support est de S3

Amélioration de la portance du sol support

Pour améliorer la portance d'un sol, on a recours aux couches de formes. Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie).

Pour la réalisation de la CF. Le tableau donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser :

Tableau VI-10 : Classement avec couche de forme en matériau non traité

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Épaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (Sj)
< S4	Matériaux non traités (*)	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	//	35 cm	S3
S4	//	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	70 cm (en 2 couches)	S1

Donc : on ajoute une couche de forme de 40 cm d'épaisseur en deux couches de 20 cm, pour passer de S3 vers S2

Choix des différentes couches de la chaussée

On a proposé la structure suivante :

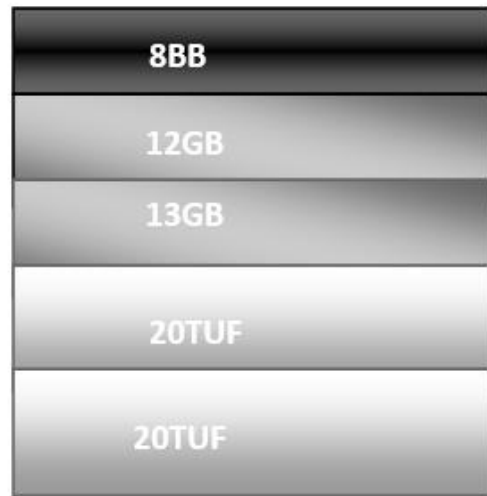
- Couche de roulement **BB**
- Couche de base **GB**
- Couche de fondation **GB**

Choix de dimensionnement

- Le réseau principal (RP1) ;
- La zone climatique II ;
- Durée de vie de 20 ans ;
- Taux d'accroissement (4%) ;
- Portance de sol S2 ;
- Classe de trafic TPL6.

Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (fascicule 3) propose la structure suivante :

- Couche de roulement
- Couche de Base
- Couche de fondation
- Couche de forme



VI.2.4 Calcul de la déformation admissible sur le sol support $\epsilon z, adm$:

$$\epsilon z, adm = 22 \times 10^{-3} \times TCE^{-0,235} = 22 \times 10^{-3} \times (15, 12 \times 10^6)^{-0,235}$$

$$\epsilon z, adm = 452 \times 10^{-6}$$

VI.2.5 Calcul de la déformation admissible $\epsilon t, adm$ à la base de la GB :

Pour les matériaux traités au bitume, le calcul de la déformation admissible ($\epsilon t. adm$) de traction à la base des couches bitumineuses est donné par la relation suivante :

$$\epsilon t. adm = \epsilon_6(10^\circ, 25Hz) \times kne \times k\theta \times kr \times kc$$

Où:

- $\epsilon_6(10^\circ, 25Hz)$: Déformation limitée à 106 cycles. avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz.
- kne : Facteur lié au nombre cumulé d’essieux équivalents supporté par la chaussée.
- $k\theta$: Facteur lié à la température.
- kr : Facteur lié au risque et aux dispersions.
- kc : Facteur lié au calage.

$$kne = \left(\frac{10^6}{TCEi}\right)^b ; k\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})}} ; kr = 10^{-tb\delta} ; \delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} S_h\right)^2}$$

- b : Pente de la droite de fatigue.
- $E(10^\circ C)$: module complexe du matériau bitumineux à 10°C.

- $E(\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.
- δ : La dispersion

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

- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs.
- C: coefficient égal à 0.02.
- t : fractile de la loi normale, qui est en fonction du risque adopté (r%).

Performances mécaniques des matériaux bitumineux

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

Tableau VI-11 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E (30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	$\epsilon_6(10°, 25Hz) (10^{-6})$	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Tableau VI-12 : Fractile de la loi normale.

r%	2	3	5	7	10	12	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

À partir des tableaux précédents, on calcule les différents coefficients pour trouver :

- $K_{ne} = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^{-0,146} = \left(\frac{15,12 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0,146} = 0.672$
- $K_{\theta} = \left(\frac{E(10^{\circ}C,10Hz)}{E(\theta_{eq},10Hz)}\right)^{0,5} = \left(\frac{12500}{7000}\right)^{0,5} = 1.336$

- $K_r = 10^{-tb\delta}$, avec $r = 5\%$, d'où $t = -1.645$

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

$\delta = 0,609$

$$K_r = 10^{-1,645 \times 0,609 \times 0,146} = 1,4$$

- $K_c = 1.3$

D'où : $\epsilon_{t.ad} = 100 \times 10^{-6} \times 0.672 \times 1.336 \times 1,4 \times 1.3 = 163,39 \times 10^{-6}$

VI.2.6 Vérification des résultats de calcul par Alize-LCPC

Le logiciel ALIZE-LCPC est le programme de référence utilisé pour les calculs de dimensionnement des chaussées. Donc à l'aide d'Alizé LCPC, on vérifie que :

- $\xi_t < \xi_{t,adm}$
- $\xi_z < \xi_{z,ad}$

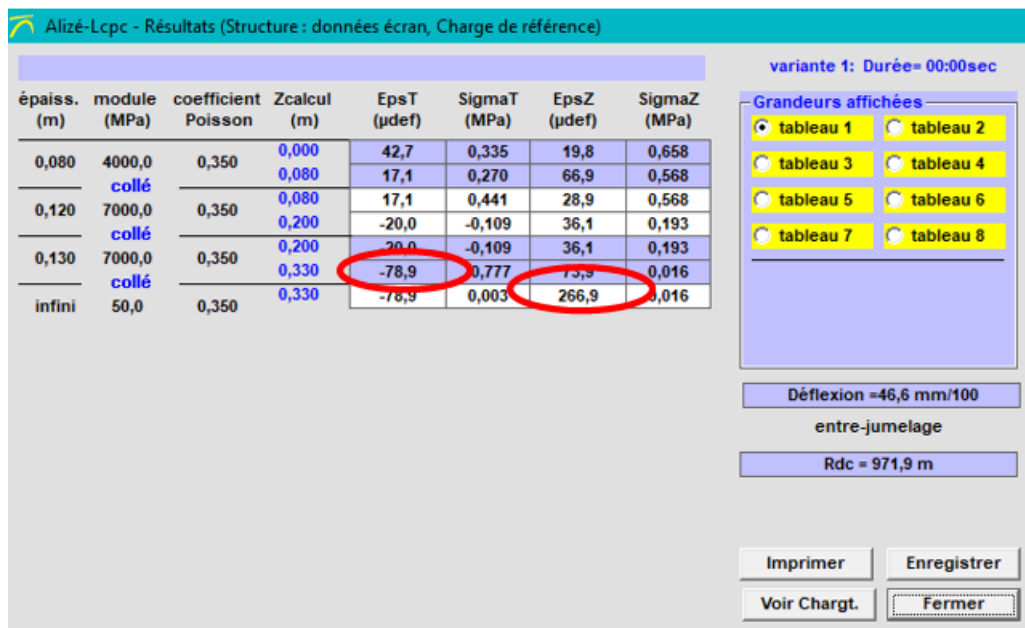


Figure VI-4 : Résultats de la simulation (ALIZE-LCPC).

	Déformations calculées	Déformations admissibles
ξ_z	266.9×10^{-6}	452×10^{-6}
ξ_t	78.9×10^{-6}	163.39×10^{-6}

La structure est donc vérifiée

On résume par l'application des deux méthodes de dimensionnement les résultats suivants

	Méthode de catalogue	Méthode de CBR
Couche de roulement	8BB	8BB
Couche de base	12GB	10GB
Couche de fondation	13GB	30GNT
Couche de forme	40TUF	/
Total	73cm	48cm

VI.3 Conclusion

La structure retenue est celle de la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) car :

- Elle se base sur les performances des matériaux.
- Elle se base sur les déformations admissibles.
- Elle tient en compte la fatigue des matériaux.
- C'est une méthode algérienne établie et conçue par le CTTP et valide par le ministère des travaux publics.

8BB+12GB+13GB+40TUF

CHAPITRE VII
LES CUBATURES

VII.1 Introduction

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

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

VII.2 les méthodes de calcul

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi lesquelles nous citerons:

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- Méthode de l'aire moyenne (méthode par défaut).
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.

La méthode que nous allons utiliser est celle de la moyenne des aires, c'est une méthode simple mais elle présente un inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreurs par excès. Pour être en sécurité, on prévoit une majoration des résultats.

VII.3 Description de la méthode

Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :

$$V = \frac{H_m}{6} (S_1 + S_2 + 4S_m)$$

- H_m : hauteur moyenne entre deux profils.
- S_m : surface limitée à mi- distances des profils
- S_1 : surface de profil en travers P1.
- S_2 : surface de profil en travers P2

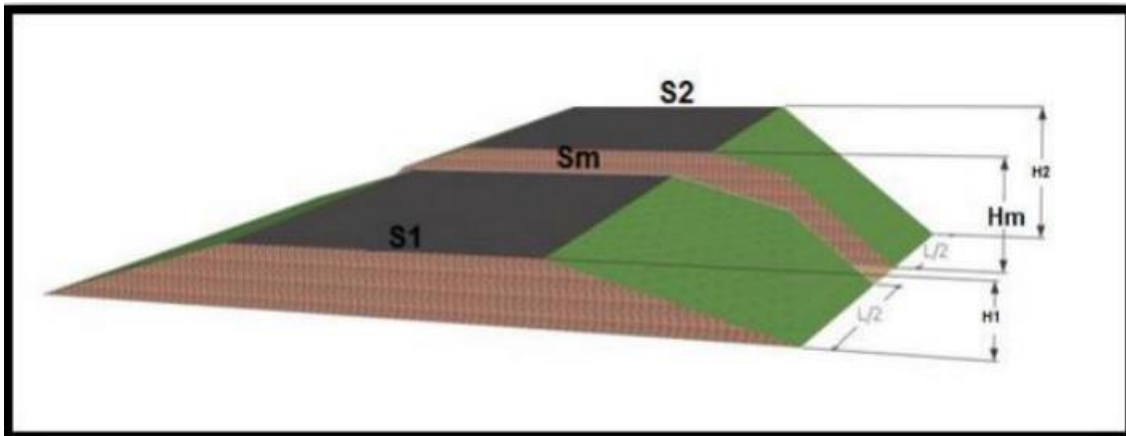


Figure VII-1 : Les sections des profils en travers d'un tracé donné.

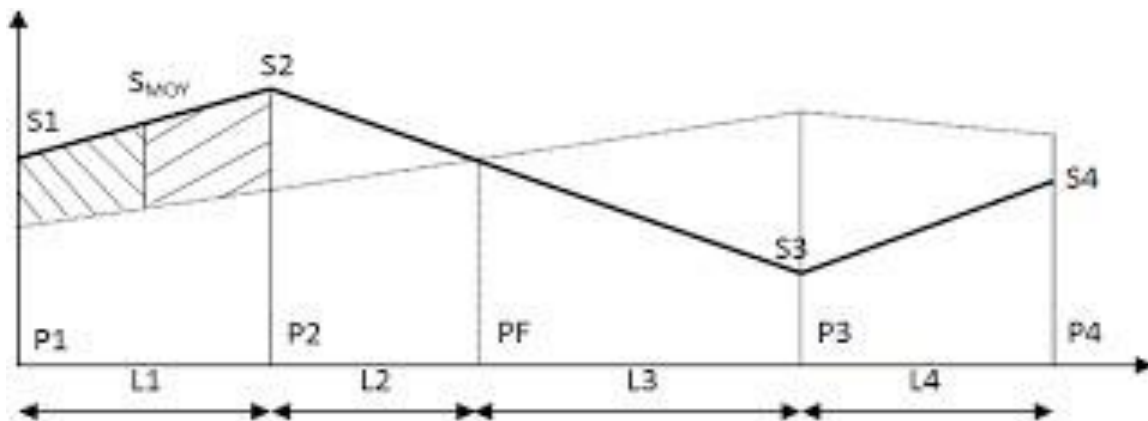


Figure VII-2 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné.

- PF : profil fictive, surface nulle.
- Si : surface de profil en travers Pi.
- Li : distance entre deux profils.

Le volume compris entre deux profils en travers Pi et Pi+1 de section Si, Si+1 est égal à :

$$Vi = \frac{Li}{6} \times (Si + Si+1 + 4 Sm)$$

Pour un calcul plus simple, on a considéré que

- Entre P1 et P2 : $V1 = L1 \times \left(\frac{S1 + S2}{2} \right)$
- Entre P2 et PF : $V2 = L2 \times \left(\frac{S2 + 0}{2} \right)$
- Entre PF et P3 : $V3 = L3 \times \left(\frac{0 + S3}{2} \right)$
- Entre P3 et P4 : $V4 = L4 \times \left(\frac{S3 + S4}{2} \right)$

Le volume total V : $V=V_1+ V_2+ V_3+V_4$

$$V_1 = \left(\frac{L_1}{2}\right) \times S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) \times S_2 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) S_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) \times S_4$$

VII.4 Calcul des cubatures de projet

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide de logiciel **AUTOPISTE**, et les résultats complets de calcul sont joints en annexe.

CHAPITRE VIII
ASSAINISSEMENT

VIII.1 Introduction

L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, donc l'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires. L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :

- L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, gondoles, etc....
- Les drainages : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainant et canalisations drainant)
- Les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...).

VIII.2 Objectif de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

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

VIII.2.1 Les ouvrages transversaux

Les buses et dalots

Les buses et les dalots jouent un rôle prépondérant dans la préservation de la chaussée et la prévention des risques d'inondation. L'emplacement et la dimension des buses et dalots sont déterminés au terme d'une enquête détaillée portant sur les conditions topographiques du site et les cours d'eau environnants, ainsi qu'au calcul de débit.



Figure VIII-1 : les ouvrages transversaux.

VIII.3 Choix des ouvrages d'assainissement

Le choix et le dimensionnement de ces ouvrages sont faits en tenant compte des précipitations prévisibles, des caractéristiques géométriques et physiques de la route, et des contraintes de sécurité.

Les dispositions de principe à prévoir sont généralement les suivantes :

- **En remblai** : lorsque l'érosion des talus est à craindre, il est recommandé de prévoir en crête un dispositif longitudinal recueillant les eaux et les conduisant à des descentes spécialement aménagées, en des points convenablement choisis.
- **En déblai** : les eaux sont collectées et évacuées latéralement par des ouvrages superficiels (cunettes, fossés, caniveaux) associés, lorsque cela est nécessaire à des collecteurs enterrés.

VIII.4 Conditions environnementales

L'étude environnementale a permis d'identifier les dispositifs à mettre en place en fonction de l'étude de sensibilité du milieu récepteur. Les mesures sont basées principalement sur les risques de pollution de la ressource eau et de son impact sur les populations, la faune et la flore.

VIII.5 Dimensionnement des ouvrages d'assainissement

La méthode de dimensionnement consiste à choisir un ouvrage et vérifier sa capacité à évacuer le débit d'apport, on utilise la formule:

$$Q_a = Q_s$$

Avec :

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

Q_s : débit d'écoulement au point de saturation (m^3 / s).

VIII.5.1 Le débit d'apport :

En utilisant la méthode rationnelle, le débit est donné par la formule:

$$Q_a = 0,278.C.I.A$$

Avec

Q_a : débit d'apport en m^3/s .

I : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps déconcentration (mm/h).

C : coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (Km^2).

Détermination de l'intensité

Les courbes intensités-durée-fréquence (IDF) sont dérivées sur la base des enregistrements des chroniques de pluies horaires dépouillées aux pas de temps compris entre 1h à 24h à cela ajoutée une autre hauteur de pluie correspondant au maximum journalier précipité entre 8h et 8h le jour suivant, cette valeur permet de comparer les informations du pluviographe à celle d'un pluviomètre.

Sur la base des ajustements statiques à des lois mathématiques usuelles (loi exponentielle pour les courbes IDF, loi de Gumbel pour les pluies journalières maximales que les intensités de pluie à 1h sont déterminées en mm/h) on détermine les coefficients de Montana a et b pour pouvoir calculer l'intensité de pluie.

Pour la détermination de l'intensité on utilise la formule suivante

$$I(t, T) = a(t) / t^b$$

Avec : I : intensité de pluie exprimée en mm/h.

T : période de retour exprimé en ans (elle dépend de l'ouvrage à réaliser)

t_c : temps de concentration en heures.

a et b : paramètres de Montana.

La période de retour

La période de retour, ou temps de retour, est la durée moyenne au cours de laquelle, statistiquement un événement d'une même intensité se reproduit.

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

Le temps de concentration

Le temps de concentration est un concept utilisé en hydrologie pour mesurer la réponse d'un bassin versant à un événement pluvieux. Il est défini comme le temps nécessaire à une goutte d'eau de pluie pour parcourir la distance depuis le point le plus éloigné de l'exutoire d'un bassin

jusqu'à celui-ci. Il existe plusieurs méthodes pour estimer sa valeur mais les plus utilisées sont les méthodes de Ventura, Giandotti et Passini:

❖ **Formule Ventura** : (Pour les bassins inférieurs à 5 Km²) $A < 5 \text{ km}^2$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}}$$

❖ **Formule Passini** : (Pour les bassins de 5 km² à 25 km²) $5 \text{ km}^2 < A < 25 \text{ km}^2$

$$t_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[2]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$

❖ **Formule Giandotti** : (pour les bassins supérieurs à 25 km²) $A > 25 \text{ km}^2$,

$$t_c = \frac{4 + 1,5L}{0,8 \cdot \sqrt{H}}$$

Avec :

- A: Surface du bassin versant (km²).
- P: La pente moyenne du bassin (m/m).
- L: Longueur du bassin versant (km).
- H: Différence entre la hauteur moyenne du bassin et la hauteur minimum du bassin (m).

VIII.5.2 Coefficient de ruissellement 'C'

Le coefficient de ruissellement est le rapport exprimé en pourcentage, entre la quantité d'eau écoulée (ruisselée) par la quantité d'eau précipitée.

Sa valeur est en fonction des paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.

Dans notre cas on prend le coefficient de ruissellement $C = 0.3$

Tableau VIII-1 : Caractéristiques des bassins versants.

Bassin versant	S(Km ²)	L(Km)	Tc(h)	Hmax(m)	Hmin(m)	I(m/m)
Bv N°1	0.1	0.434	0.18	250	230	0.046
Bv N°2	0.174	0.784	0.20	252	195	0.073
Bv N°3	0.054	0.356	0.07	230	170	0.160
Bv N°4	0.03	0.425	0.07	225	187	0.089
Bv N°5	0.10	0.410	0.11	210	155	0.134
Bv N°6	1.425	2.309	0.75	265	171	0.041

VIII.6 Dimensionnement des ouvrages à projeter dans le projet :

Coefficient de Ruissellement : $C = 0.3$ (Terre grasse, en grande partie cultivée)

$$\text{➤ } Q_a = 0.278 \times 0.1 \times 0.3 \times 101.9 = 0.85$$

Tableau VIII-2 : Résultats de calcul des débits.

Bassin versant	Débit de crues		
	10 ans	50 ans	100 ans
Bv N°1	0.85	1.130	1.25
Bv N°2	1.43	1.90	2.11
Bv N°3	0.80	1.06	1.18
Bv N°4	0.45	0.59	0.65
Bv N°5	1.17	1.55	1.72
Bv N°6	5.25	6.97	7.72

VIII.6.1 Le débit de saturation

Le débit de saturation est donné par la formule de MANNING STRICKLER :

$$Q_s = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}}$$

Pour la pente hydraulique des buses « J », on met : $J = 1\%$, c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé.

K_{st} : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 80 (aux buses préfabriquées).

S_m : surface mouillée tel que : $S_m = 1/2 \times \pi \times R^2$

R_h : rayon hydraulique tel que : $R_h = S_m / P_m = (\pi D^2 / 4) / \pi D = D/4 = R/2$

$$Q_a = 0,278 \times c \times I \times A \qquad Q_s = K_{st} \times J^{\frac{1}{2}} \times s \times R^{\frac{2}{3}}$$

$$Q_a = Q_s \quad R = \left(\frac{\frac{5}{2^3} \times Q_a}{80 \times \pi \sqrt{J}} \right)^{\frac{3}{8}} = \left(\frac{\frac{5}{2^3} \times 1,25}{80 \times \pi \sqrt{0,01}} \right)^{\frac{3}{8}} = 0,5m$$

$$D = 2 \times R = 2 \times 0,5 = 1m$$

On prend une buse de $D = 1000 \text{ mm}$

VIII.6.2 Les conditions d'auto curage

a) Le débit en plein section :

$$Q_{ps} = (K_{st} \times I^{\frac{1}{2}} \times \pi) / (2R^2 \times (R/2) \cdot 2/3) = 80 \times 0,01^{\frac{1}{2}} \times \pi \times 0,45^{\frac{8}{3}} / 2^{\frac{5}{3}} = 1,24 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{ps} = Q_{ps} / S = 1,24 / 0,785 = 1,57 \text{ m/s}$$

$$Rq = Q/Qps = 1.25/1.24 = 0.90 \times RV = V/Vps = 1.13$$

$$V = 1.13 \times Vps = 1.13 \times 1.57 = 1.78 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s}$$

Condition vérifiée

b) $V \geq 0.6 \text{ m/s}$ pour $Q = 0.1 Qps$:

$$Rq = 0.1 \rightarrow Rv = V/Vps = 0.64 \rightarrow V = 0.64 \times 1.57 = 1 \text{ m/s} > 0.6 \text{ m/s}$$

Condition vérifiée

c) $V \geq 0.3 \text{ m/s}$ pour $Q = 0.01 Qps$:

$$Rq = 0.1 \rightarrow Rv = V/Vps = 0.32 \rightarrow V = 0.32 \times 1.57 = 0.5 \text{ m/s} > 0.3 \text{ m/s}$$

Condition vérifiée

Tableau VIII-3 : les ouvrages proposés.

Bassin versant	Localisation	Ouvrage
Bv N°1	Pk1+500	Buse Ø 1000
Bv N°2	Pk2+125	Buse Ø 1000
Bv N°3	Pk5+900	Buse Ø 1000
Bv N°4	Pk8+725	Buse Ø 1000
Bv N°5	Pk2+925	Buse Ø 1000
Bv N°6	Pk3+650	Dalot

VIII.6.3 Dimensionnement des dalots

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier

VIII.6.4 Prédimensionnement

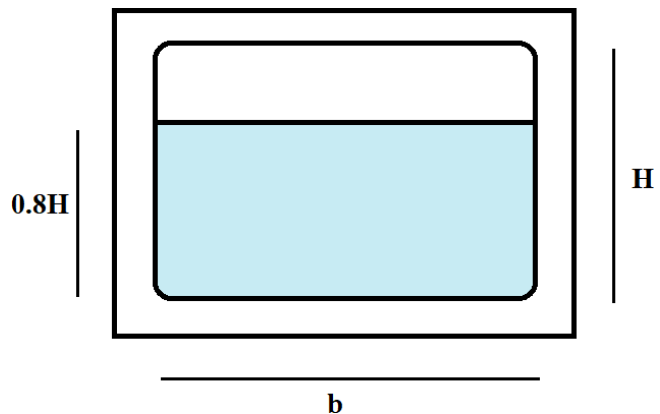
On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0.8h$

Le dimensionnement des dalots est en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées pendant le temps de concentration T_c .

La surface mouillée : $S_m = 0.8H \times B$

Le périmètre mouillé : $P_m = 1.6 \times H + B$

Le rayon hydraulique $R_h = \frac{S_m}{P_m}$



$$Q_s = k_{st} \cdot S \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_s = K_{st} \times i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left(\frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6 \cdot h + L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dans notre cas $K_{st} = 80$ et i tirée à partir du levé topographique $i = 1.5\%$.

Le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot. Ce débit est donné par la formule de Manning strickler. $Q_s \leq Q_a$

$$Q_s \leq K_{st} \times i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left(\frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6 \cdot h + L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Et par un calcul itératif on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité.

VIII.6.5 Application au projet

Ouvrage

Le calcul hydrologique du bassin versant on a trouvé

un débit de $Q_a = 7.72 \text{ m}^3/\text{s}$; et donc :

$$Q_a \leq Q_s = K_{st} \times i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left(\frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6 \cdot h + L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$7.72 \leq 80 \times 0.015^{1/2} \times 0.8 \times h \times 1.5 \times \frac{0.8 \cdot h \cdot 1.5}{1.6 \cdot h + 1.5}^{\frac{2}{3}}$$

Si on pose : $Q_a = Q_s$ et en fixant la largeur $L = 1.5 \text{ m}$ on trouve : $H = 3\text{m}$ et donc un dalot de **1.5x 3m**

VIII.6.6 Dimensionnement des fossés à projeter sur le projet

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a un grand espace et un grand déblai du PK 7+925 au PK 8+250 de longueur 325m.

On dimensionne que pour le coté talus déblai.

La surface de (la chaussée + BAU+BDG) : $A_c = 14.5 \times 325 = 4712.5 \text{ m}^2 = 0.0047125 \text{ Km}^2$

La surface de l'accotement berme : $A_b = 1 \times 325 = 325 \text{ m}^2 = 0.000325 \text{ Km}^2$

La surface du talus : $A_t = 20 \times 325 = 6500 \text{ m}^2 = 0.006500 \text{ Km}^2$.

VIII.6.7 Calcul de débit d'apport Qa:

Chaussé P = 2.5 %, Accotement P = 4 %, talus P = 66.67 %.

Pour la chaussée

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{p}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.0047125}{0.025}} = 0.056h$$

$$i(t, T) = a/tc^b = 23,9/0.056^{0.78} = 226.36$$

$$Q_a = 0.278 C I A = 0.278 \times 0.95 \times 226.36 \times 0.0047125 = 0.28 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Pour l'accotement

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.000325}{0.04}} = 0.01h$$

$$i(t, T) = a/tc^b = 23,9/0.01^{0.78} = 867.7$$

$$Q_a = 0.278 C I A = 0.278 \times 0.3 \times 867.75 \times 0.000325 = 0.02 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Pour le Talus

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{p}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.006500}{0.1}} = 0.03h$$

$$i(t, T) = a/tc^b = 23,9/0.03^{0.78} = 368.33$$

$$Q_a = 0.278 C I A = 0.278 \times 0.3 \times 368.33 \times 0.006500 = 0.2 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Surface	S(km ²)	C	P%	TC(h)	I(mm/h)	Qai(m ³ /s)	Qa(m ³ /s)
Chaussee revetue en enrobe	0.0047125	0.95	2.5	0.056	247.28	0.28	0.5
Accotement	0.000325	0.3	4	0.01	867.75	0.02	
Talus	0.006500	0.3	10	0.03	368.33	0.2	

Calcul du débit de saturation (Qs)

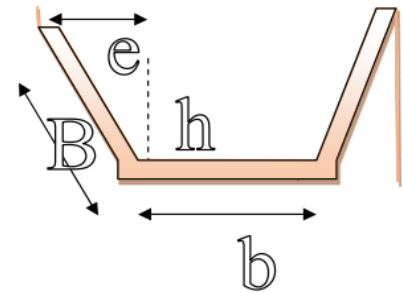
Calcul de la surface mouillée

$$S_m = b.h + 2 \cdot \frac{e.h}{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \text{ d'où : } e = n \cdot h$$

$$S_m = b \cdot h + n \cdot h^2 = h \cdot (b + n \cdot h)$$

$$S_m = h \cdot (b + n \cdot h)$$



Calcul du périmètre mouille :

$$P_m = b + 2B$$

$$\text{Avec : } B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2 h^2} = h \cdot \sqrt{n^2 + 1}$$

$$P_m = b + 2 \cdot h \sqrt{1 + n^2}$$

Calcul du rayon hydraulique :

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{n^2 + 1}}$$

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant

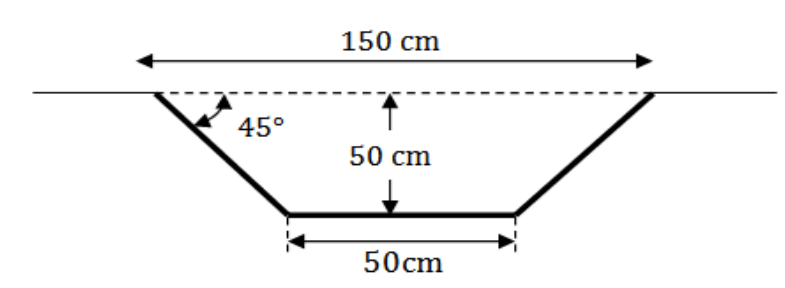
$$Q_a = Q_s \quad K \cdot I \cdot C \cdot A = S_m \cdot K_{st} \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_a = K_{st} \cdot h \cdot (b + n \cdot h) \cdot \left[\frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{b + 2h\sqrt{n^2 + 1}} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot J^{\frac{1}{2}}$$

$K_{st}=80$ on obtient

$$0.5 = 80 \cdot h(0.5 + 1h) \cdot \left[\frac{h(0.5+1h)}{0.5+2h\sqrt{1^2+1}} \right] \cdot (0.02)^2$$

Après un calcul itératif, on a trouvé $h=0.4$ m, on prend $h=50$ cm, un fossé standard



VIII.7 Conclusion

L'assainissement est un enjeu crucial pour la santé publique et l'environnement. Des efforts continus sont nécessaires pour améliorer les infrastructures d'assainissement et les systèmes de traitement des eaux usées afin de garantir que les populations ont accès à de l'eau propre et sûre et que les écosystèmes sont protégés.

CHAPITRE IX
STABILITE DES PENTES

IX.1 Introduction

Le tronçon qui fait l'objet de l'étude est caractérisé par une succession de remblais et de déblais. Les contraintes topographiques et géotechniques d'implantation du tracé de l'autoroute en zone vallonnée induisent à la nécessité d'exécution de terrassements de grande magnitude, de ce fait une étude de stabilité de talus, que ce soit dans le cas d'un remblai ou d'un déblai, doit être établie pour identifier tout type de risque mis en jeux par la construction de ces ouvrages.

IX.2 Description des principaux types de mouvements

IX.2.1 Les glissements

Les glissements se caractérisent par l'apparition de surfaces de cisaillement relativement bien définies à l'intérieur du milieu. La forme des surfaces de rupture observées permet de classer ces glissements en trois catégories :

- Glissement plane.
- Glissement circulaire.
- Glissement quelconque

Glissement plan :

En générale, la ligne de rupture suit une couche de mauvaises caractéristiques sur laquelle s'exerce d'ailleurs souvent l'action de l'eau

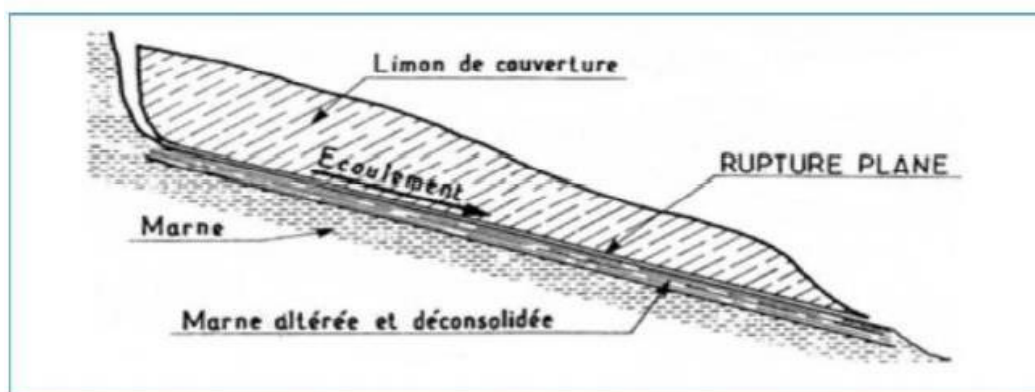


Figure IX-1 : Glissement plan.

Glissement circulaire :

Ce type de glissement est fréquent sa surface de rupture a une forme simple et peut être assimilée à un cylindre.

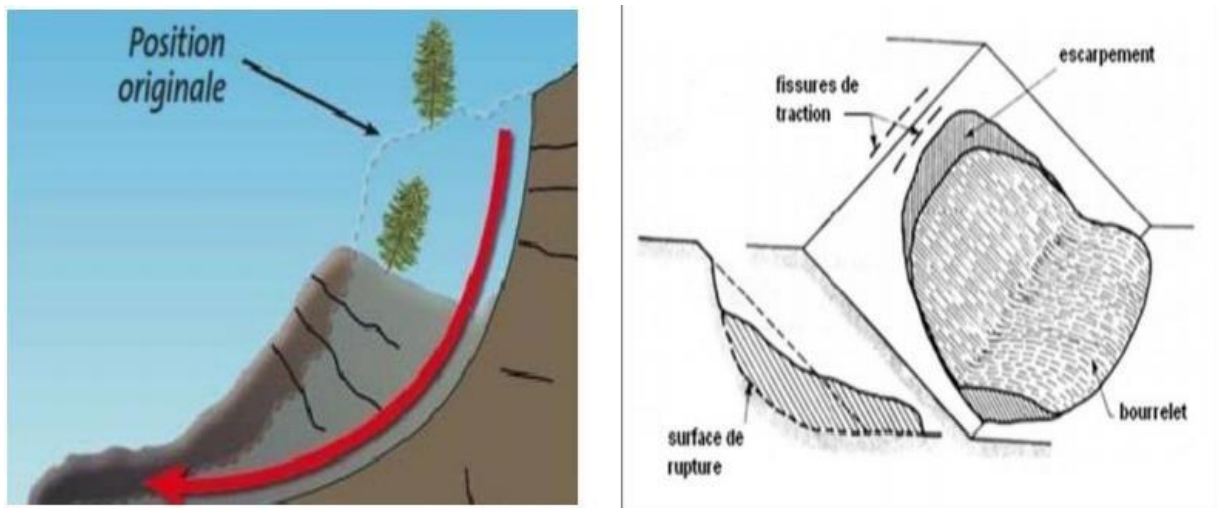


Figure IX-2 : Glissement circulaire.

Glissement quelconque :

Il s’agit de glissement multiple (emboîtés), les un dans les autres dus à la suppression de la butée provoquée par le glissement précédent, ce qui entraîne ainsi les glissements successifs

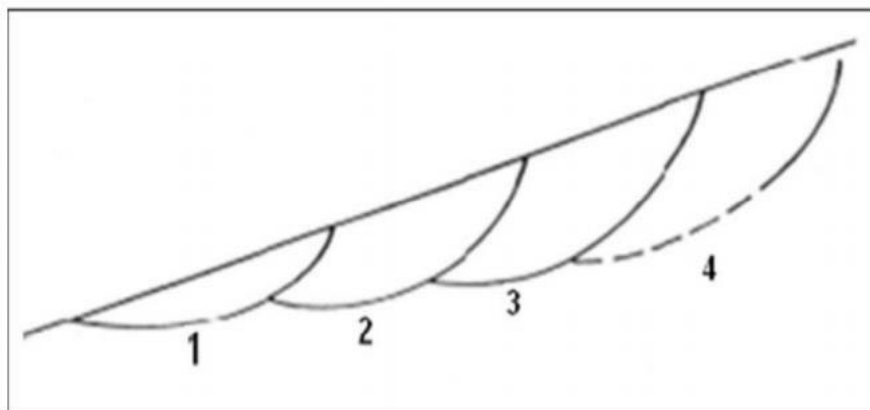


Figure IX-3 : Glissements successifs emboîtés.

IX.2.2 Principales causes de glissement

Naturelle

Une diminution des résistances du sol, le cas le plus fréquent est la diminution de l’angle de frottement interne des argiles sous l’effet de l’eau. Dans quelques rares cas, cette dernière est vaporisée, son effet est alors multiplié.

- Forte pluies et fonte des neiges qui entraînent une augmentation des pressions interstitielles
- Affouillement des berges ;
- Charges sismiques.

Anthropique :

- Une augmentation des charges en tête d’un talus déjà instable ;
- Une diminution des appuis en pied de pente (suppression d’une butée stabilisatrice) ;

- Rejets d'eau ;
- Déboisement.

IX.3 Analyse de la stabilité

Les calculs à la rupture sont des calculs dans lesquelles on suppose que lors d'un glissement de terrain, il y a séparation d'une masse mobile, du massif stable et sain le long d'une surface de rupture. Pour évaluer la stabilité des talus par une méthode à l'équilibre limite, il existe des méthodes linéaires et non linéaires.

Les méthodes linéaires sont des méthodes directes de calcul de FS, on détermine les forces motrices et les forces stabilisatrices à la fin on calcule le coefficient de sécurité par la formule suivante

$$F_s = \frac{\text{force stabilatrice}}{\text{force motrice}}$$

Tq: FS = 1 : équilibre limite ;

FS > 1 : équilibre stable

FS < 1 : équilibre instable

IX.3.1 Analyse de stabilité du déblai

L'inclinaison des talus de déblais a été définie en fonction de plusieurs aspects comme la hauteur des déblais, la nature et résistance du terrain, la stabilité à court et long terme.

On va traiter le cas du déblai le plus défavorable qui contient des banquettes de 12 m horizontal et 6m verticale a une hauteur de 17.0m situé au PK8+200

Les calculs de stabilité des déblais ont été menés en prenant comme base les données et les considérations suivantes :

- Le déblai a été modélisé avec une inclinaison de 2H /1V ;
- Les surfaces de ruptures supposées circulaires ;
- Le niveau phréatique est pris en considération ;
- L'aspect sismique a été pris en considération et model.

Les paramètres géotechniques des sols sont obtenus en fonction des essais géotechniques réalisés et les expériences des travaux.

Tableau IX-1 : Les paramètres géotechnique des sols en déblai.

Couche	Epaisseur	Poids volumique γ (KN/m ³)	Cohésion C (kpa)	Angle de frottement Φ (°)
Argile marneuse	0.00-9.00	21.50	27.00	26.00
Marne altérée	9.00-14.50	21.00	64.00	20.00
Marne compacte	14.50-25.00	21.70	122.00	12.00

La caractérisation sismique locale par la norme RPOA 2008 identifie un sol en général de catégorie S3, avec aussi la présence des argiles plus dures. Les coefficients sismiques (calculés selon la méthode introduit par l’RPOA 2008) ont été pris égaux aux valeurs suivantes:

$$K_h = 0.5 \times a = 0.15$$

$$K_v = \pm 0.3 \times K_h = 0.045$$

Tableau IX-2 : Résultats des calculs de FS(déblai).

Terrassement	Hauteur	Pente appliquée	Facteur de sécurité	
			Cas statique	Cas sismique
Déblai	17.00	2H /1V	3.89	2.94

On a constaté que la valeur du coefficient de sécurité obtenus lors des analyses effectuées est acceptée comme limite de sécurité pour que les pentes restent stables à long terme et avec séisme, donc le talus est stable.

IX.3.2 Analyse de stabilité du remblai

Dans le corps des remblais, on peut envisager l’utilisation des matériaux de qualité inférieure. Les matériaux marneux et Marno-argileux exigent la prise de mesures dans sa réutilisation, basées sur une analyse spécifique.

On va vérifier la stabilité du profil qui présente des banquettes de 12 m horizontal et 6m verticale a une hauteur de remblais la plus importante, à savoir au PK1+950, cette hauteur est de 16.00m, pour cela on va analyser la stabilité vis-à-vis au glissement. En tenant en compte des paramètres de calcul obtenus, les calculs de stabilité des remblayages ont été menés en prenant comme base les données et les considérations suivantes :

- Les remblayages ont été modélisés avec une inclination de 2 H /1V;
- Les surfaces de ruptures supposées circulaires ;
- Le niveau phréatique est pris en considération.

Les paramètres géotechniques des sols sont obtenus en fonction des essais géotechniques réalisés et des expériences des travaux :

Tableau IX-3 : Les paramètres géotechniques des sols en remblai.

Couche	Epaisseur	Poids volumique γ (KN/m ³)	Cohésion C (kpa)	Angle de frottement Φ (°)
Remblai		20.00	30.00	22.00
Marne	0.00-10.00	21.00	15.00	10.00
Marne compacte	10.00-25.00	22.00	20.00	20.00

La caractérisation sismique locale par la norme RPOA 2008 identifie un sol en général de catégorie S3, avec aussi la présence des argiles plus dures. Les coefficients sismiques (calculés selon la méthode introduit par l’RPOA 2008) ont été pris égaux aux valeurs suivantes:

$$K_h = 0.5 \times a = 0.15$$

$$K_v = \pm 0.3 \times K_h = 0.045$$

Tableau IX-4 : Résultats des calculs de FS (remblais).

Terrassement	Hauteur	Pente appliquée	Facteur de sécurité	
			Cas statique	Cas sismique
Remblai	16.00	2H /1V	3.98	2.23

La stabilité du talus est appréciée par rapport à un facteur de sécurité admissible la stabilité est théoriquement assurée, donc le talus est stable à long terme et avec séisme.

IX.4 Conclusion

L'étude d'un talus comporte, outre la reconnaissance du site et le choix des caractéristiques mécaniques des sols, un calcul de stabilité pour déterminer d'une part la courbe de rupture le long de laquelle le risque de glissement est le plus élevé, d'autre part la valeur correspondante du coefficient de sécurité.

CHAPITRE X
CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

X.1 Introduction

Un échangeur est un croisement dénivelé sur lequel les transferts de trafic sont séparés les uns des autres et sont assurés par des bretelles autoroutières affectées à cet effet. Les échangeurs se trouvent donc aux intersections entre autoroutes, ou entre une autoroute et un autre type de route. On désigne les échangeurs par :

Nœuds : quand il raccorde une voie rapide avec une autre voie rapide ;

Diffuseur : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique ;

Mixte : quand il assure en plus des raccordements de deux autoroutes. La conception des échangeurs doit satisfaire à quelques règles :

- Privilégier les conceptions simples ;
- Dissocier les échanges autoroutiers des échanges locaux ;
- Eviter les implantations dans des points singuliers (courbe en plan de rayon inférieur à 1.5R_{dn}, forte pente...) ;
- Ne pas planter les échangeurs dans des courbes déversées ;
- Eviter les interférences fonctionnelles entre accès.

Le projet consiste d'étude d'un échangeur de l'intersection entre la 2eme rocade d'Alger avec la CW113 de pk7+050

X.2 Rôle de l'échangeur

Tout échangeur quel que soit son importance, sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

- L'ouvrage d'art (pont) ;
- Les carrefour (s) plan (s) (cas de raccordement routiers ordinaires) ;
- Les bretelles

X.3 Types d'échangeur

Échangeur majeur : raccordement Autoroute- Autoroute. (Trèfle complet, bifurcation «Y»)

Échangeur mineur : raccordement Autoroute -Route. (Losange, Demi-trèfle, Trompette).

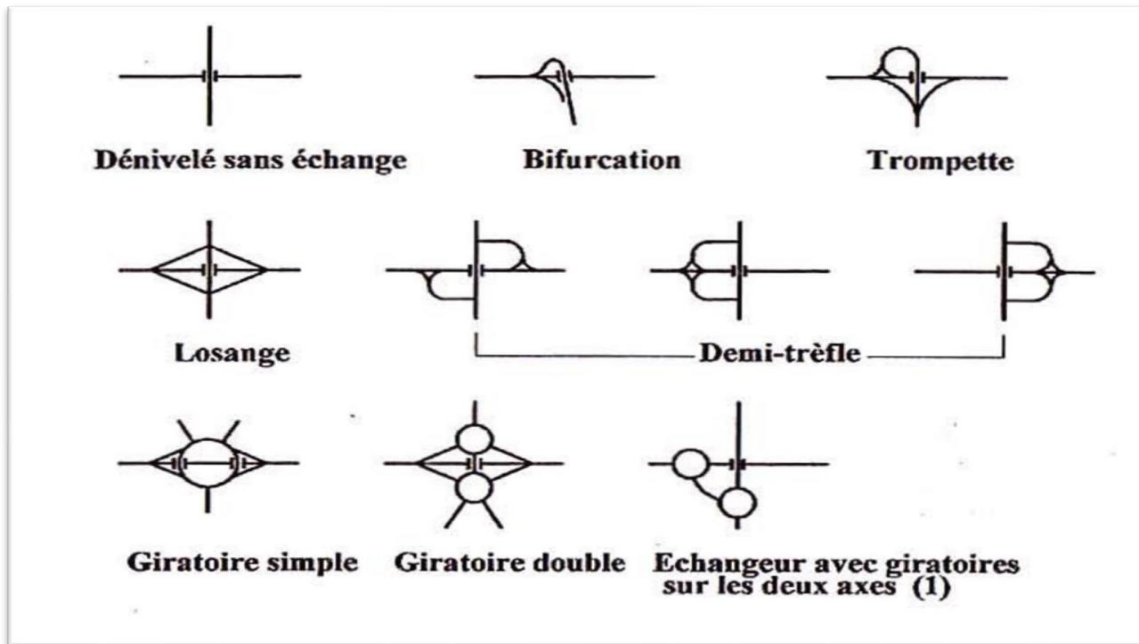


Figure X-1 : Différents types d'échangeur.

X.3.1 Echangeur mineur

Demi – trèfle :

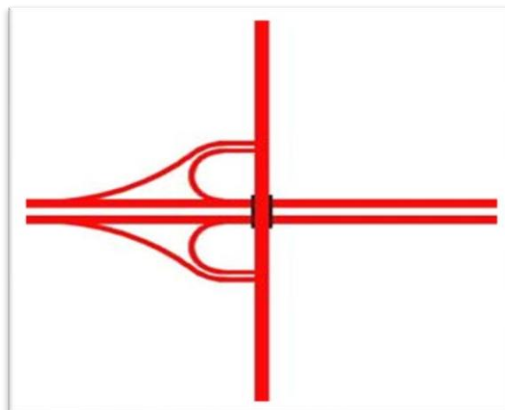


Figure X-2 : demi trèfle.

La configuration en demi – trèfle à quatre (04) branches se présente comme le cas du type losange mais avec une différence majeure, qui est une distribution des trafics d'échange nettement dissymétrique.

X.4 Choix du type de l'échangeur

Le choix du type d'échangeur est fonction des liaisons à assurer, de l'intensité de trafic, de la configuration du site et du mode d'exploitation.

Les zones de localisation des échangeurs ont été sélectionnées sur la base des critères suivantes

- Les sites sont aussi proches que possible des points d'attraction, de génération de trafic et présentent des possibilités de liaison efficace avec le réseau routier existant;
- Les sites sont principalement au croisement de la pénétrante avec des axes routiers importants
- Les sites sont suffisamment vastes pour permettre l'application des normes géométriques convenables;
- Les sites se trouvent, lorsque possible, sur un terrain relativement facile sur le plan topographique et géotechnique, ne présentant pas de difficultés particulières et ne nécessitant pas de mesures spéciales de protection;
- La distance moyenne entre les échangeurs devrait être d'environ 8 kilomètres (entre 5 et 10 kilomètres);
- Pour des raisons de visibilité, les échangeurs sont localisés sur des tronçons rectilignes, lorsque possible.

Pour le cas présent, l'échangeur va assurer la liaison entre la route CW113 et la 2ème rocade d'Alger par une demi trèfle

Caractéristiques géométriques des bretelles

Pour les diffuseurs, généralement, les bretelles sont à une voie (d'après l'ICTAAL ECHANGEUR).

Trace en plan :

❖ Valeurs limites des rayons

Les valeurs limites des rayons en plan d'une bretelle à deux voies ainsi que leurs dévers associés préconisés par l'ICTAAL ECHANGEUR sont donnés par le tableau suivant :

	Symbole	1 voie sortie	1 voie boucle
Rayon minimal	R(m)	40 (avec 100m minimum pour le 1er rencontré)	40 (7%)
Rayon minimal non déversée	R _{nd} (m)	300	

❖ **Enchaînement des éléments du tracé en plan**

- Les branches doivent respecter les règles suivantes:

-Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : $R_1 \leq 1.5 R_2$ où R_1 et R_2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation sauf si $R_2 \geq 1.5 R_{dn}$;

-Deux courbes successives de rayon inférieur à $1.5 R_{dn}$ doivent être séparées par un alignement droit d'au moins 100m, sauf pour 2 courbes de sens contraires introduites par des raccordements progressifs.

- Les bretelles doivent respecter les règles suivantes :

-Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : $R_1 \leq 2R_2$ ou R_1 et R_2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation sauf si $R_2 > 1.5 R_{dn}$;

Tableau X-1 : Tableau récapitule les différents enchaînements entre les rayons d'une bretelle.

	$R_1 \leq R_2$	$R_2 < R_1 < 2R_2$ (seulement si $R_2 < 1,5R_{dn}$)
<i>Courbes de même sens</i>	Alignement Droit + clothoïdes ou Ove $L=7 (d_2-d_1)$ ou Courbe en C	Alignement Droit 3 s à 70 km/h + clothoïdes
<i>Courbes de sens contraire</i>	Courbe en S ou Alignement Droit + clothoïdes	Courbe en S ou Alignement Droit + clothoïdes

Deux courbes successives de même sens et de rayons inférieurs à $1.5 R_{dn}$ doivent être séparées par un alignement droit d'au moins 3 secondes à la vitesse de parcours de 70km/h, sauf si $R_1 < R_2$

❖ **Raccordement Progressif**

Une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à $1.5 R_{dn}$ est encadrée par deux arcs de clothoïde. Si cette condition est trop contraignante, on peut limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à R_{dn} dans les bretelles.

Pour les bretelles ou branches à deux voies, à la plus grande des 2 valeurs : $R/9$ et $14(\Delta d)$.

❖ **La zone de décélération et d'accélération**

Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisé en entrée par deux voies d'insertion, et en sortie par deux voies de décélération.

La zone d'accélération : L'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3et5%, doit permettre d'amener le véhicule à une vitesse conventionnelle d'au moins 55km/h au niveau du point E.1,00 m avec une accélération de 1 m/s².

La longueur d'accélération est donnée par :
$$La = \frac{(V_0^2 - V_R^2)}{2(1-10p)}$$

Avec : p : déclivités en valeur algébrique ;

V_0 : (m/s) la vitesse conventionnelle au point E1.00m ;

V_R : (m/s) la vitesse initiale dépendant du rayon de la courbe amont.

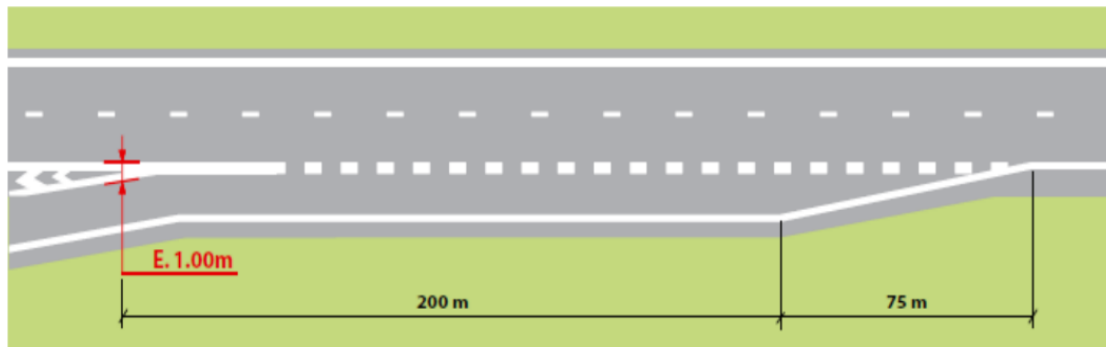


Figure X-3 : Voie d'accélération.

- **La zone de décélération**

Doit permettre à l'utilisateur de passer de la vitesse conventionnelle de 70km/h au niveau de point S 1.00m, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontre, avec une décélération en palier de 1.5m/s².

Sa longueur minimale L_{min} est donnée par :

$$Ld = \frac{(V_S^2 - V_R^2)}{2(1.5 + 10p)}$$

Avec : p : déclivités en valeur algébrique ;

V_S : (m/s) la vitesse conventionnelle au point S1.00m ;

V_R : (m/s) la vitesse cible dépendant du rayon de la première courbe aval.

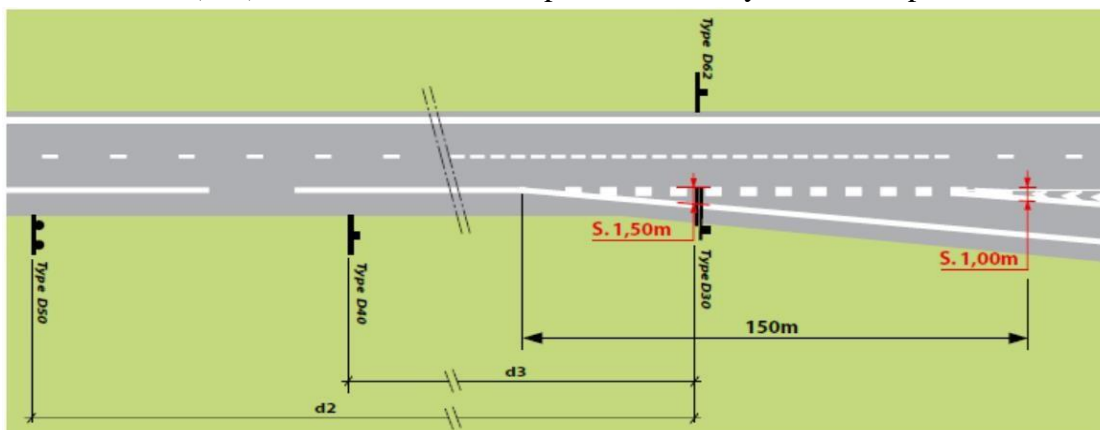


Figure X-4 : voies de décélération.

X.4.1 Profil en long :

Les valeurs limites du profil en long pour une bretelle à 1 voie circulaire à 70km/h ou moins, sont données par :

Tableau X-2 : Valeurs limites des paramètres de profil en long des branches et bretelles.

Déclivité maximale	6%
Rayon minimal en angle saillant	1500
Rayon minimal en angle rentrant	800

X.4.2 Profil en travers :

La chaussée est bordée de part et d'autre par une bande d'arrêt d'urgence et par une berme qui peut être intégrée au dispositif d'assainissement si ce dernier est non agressif (pente transversale < 25%). La largeur de la berme est normalement égale à 1 m et en présence d'un dispositif de retenue elle est définie par sa largeur de fonctionnement.

Tableau X-3 : Bretelle unidirectionnelle à une voie.

Berme	BDG	BDD	Chaussée
1m	0.5m	1m	3.5

X.4.3 Pente transversale

Dévers de la chaussée

Bretelle à 1 voie circulaire à 70km/h ou moins.	Pente transversale entre Rnd et Rm
	Pour 125m < R ≤ 300m, ⇒ d = (964/R) - 0.7 -Pour R ≤ 125m, ⇒ d = 7%

X.4.4 Visibilité :

Visibilité sur une entrée d'autoroute :

La distance de visibilité pour la voie de droite de l'autoroute doit être au moins égale à la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule entrant.

❖ **Distance d'arrêt da**

da = distance de freinage + distance de perception / Réaction

$$da = 2V + \frac{V^2}{2g(\gamma(v) + p)}$$

Avec :

Ven m/s

γ (v) : décélération moyenne exprimée en fraction de g.

P : la déclivité, en valeur algébrique.

Pour les rayons $R < 5V$, (V en Km/h et R rayon de la courbe en m) : la distance de freinage est majorée de 25%.

❖ **Distance de manœuvre de sortie (d_{ms})**

Permet de définir également les changements de files en section courante : $d_{ms} = 6v$ (m/s).

❖ **Distance de visibilité sur marquage (d_{vm})**

Nécessaire sur les marquages limitant sa voie au début de l'arc circulaire : $d_{vm} = 3v$ (m/s).

❖ **Distance de lecture (L_c)**

Définissant la distance minimale, permettant à l'utilisateur de lire les informations sur les panneaux de signalisation : $L_c = 5v$ (m/

X.5 Conclusion

En conclusion, les échangeurs routiers sont des éléments essentiels de l'infrastructure routière, favorisant la connectivité, la sécurité et le développement économique. Leur conception et leur entretien appropriés sont indispensables pour assurer une circulation fluide et sûre. La planification continue et l'adaptation aux besoins changeants du trafic sont des aspects clés pour des échangeurs routiers efficaces dans les années à venir.

CHAPITRE XI
LES OUVRAGES D'ARTS

XI.1.1 Introduction

En effet, un ouvrage d'art peut être défini comme une construction importante qui permet de franchir un obstacle sur une voie de communication, qu'il s'agisse d'une route, d'une voie ferrée ou d'un cours d'eau. Les ponts, les tunnels et les passages supérieurs font partie des exemples courants d'ouvrages d'art.

Ces constructions peuvent également servir de dispositifs de protection contre les éléments naturels, tels que les murs, les tranchées couvertes et les digues. En outre, les ouvrages d'art peuvent être utilisés pour faciliter la transition entre différents modes de transport, comme les quais et autres installations portuaires.

Il convient de noter que, selon le cas, on distingue différents types d'ouvrages d'art, tels que les ponts-route, les ponts-rail et les ponts-canaux. En général, on peut considérer qu'un pont est tout ouvrage de franchissement en élévation construit in situ, ce qui exclut les buses préfabriquées.

XI.2 Conception des ouvrages d'arts

la conception d'un ouvrage d'art est soumise à de nombreuses exigences pour assurer son bon fonctionnement et sa durabilité dans le temps. On peut distinguer deux types d'exigences principales : les exigences fonctionnelles et les exigences naturelles.

Les exigences fonctionnelles concernent les caractéristiques qui permettent à l'ouvrage d'assurer sa fonction de franchissement, comme la capacité de support de charge, la résistance aux intempéries et aux séismes, ou encore la sécurité des usagers.

Les exigences naturelles, quant à elles, prennent en compte les éléments de l'environnement dans lequel l'ouvrage sera construit, tels que les contraintes géologiques, hydrologiques ou climatiques.

Dans la conception des ouvrages structuraux, certains critères de base sont essentiels pour garantir leur qualité et leur durabilité. Les principaux critères sont :

- La sécurité : l'ouvrage doit être conçu de manière à garantir la sécurité des usagers, tant en termes de capacité de charge que de résistance aux chocs et aux vibrations.
- L'économie : la conception doit prendre en compte le coût de la construction, de l'entretien et de la réparation de l'ouvrage, tout en offrant un niveau de qualité satisfaisant.
- La stabilité : l'ouvrage doit être stable dans le temps, en résistant aux mouvements de terrain, aux charges externes et aux variations de température.
- Les délais de réalisation : la conception doit prendre en compte les délais de réalisation de l'ouvrage, afin de minimiser les coûts et les retards éventuels.

Le respect de l'environnement : la conception doit prendre en compte les impacts environnementaux de l'ouvrage, tant pendant la construction que pendant son utilisation, afin de minimiser son empreinte écologique.

XI.3 Gabarit a réserver

On appelle gabarit le minimum à dégager au-dessus de la voie franchie, mesuré perpendiculairement à cette voie. En Algérie, il est réglementé que le passage sur :

- Les autoroutes et les routes express doivent respecter un gabarit de 5.25m ;
- Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de 4.50 à 4.80 m ;
- Pour le chemin de fer on doit respecter un gabarit de 6.2 m.

Type d'ouvrage	PK	Longueur (m)	Description
Viaduc	6+000	340	Traversée de la voie autoroutière -Echangeur oued Tarfa-contournement
Viaduc	7+325	395	Traversée du cw113
Viaduc	8+400	200	Traversée de la voie kharacia saoula
Passage inferieure	8+850	60	Traversée de la voie de rétablissement de communication habitations

XI.4 Choix des types d'ouvrage

En effet, pour déterminer le type d'ouvrage d'art le plus adapté d'un point de vue technique et économique, il est nécessaire de prendre en compte plusieurs facteurs, notamment :

- La nature du sol sur lequel l'ouvrage sera construit, qui peut influencer sur la capacité portante de l'ouvrage et sur les fondations nécessaires.
- Le gabarit à respecter, qui dépendra des caractéristiques des véhicules et des charges qu'ils transporteront.
- Le profil en long de la chaussée, qui doit être pris en compte pour assurer une circulation fluide et sécurisée.
- La portée de l'ouvrage, qui déterminera les dimensions et la configuration de l'ouvrage.
- La position possible des appuis, qui déterminera le type de structure le plus adapté pour assurer la stabilité de l'ouvrage.

Pour une portée d'environ 50 m et une largeur de 11 m, plusieurs types de pont peuvent être envisagés, tels que les ponts à poutres, les ponts voûtés, les ponts en arc, les ponts suspendus et les ponts haubanés. Chaque type de pont présente des avantages et des inconvénients en termes de coûts, de délais de construction, de complexité de la structure et de maintenance future. Le choix du type d'ouvrage dépendra donc de l'ensemble des critères à prendre en compte et des priorités du projet.

XI.5 Conclusion

En conclusion, le choix d'un pont poutre en béton précontraint présente de nombreux avantages techniques et économiques. Ce type d'ouvrage permet une grande flexibilité dans le choix des matériaux, ainsi qu'une construction relativement rapide et économique. De plus, le béton précontraint permet d'obtenir une meilleure résistance et une plus grande durabilité dans le temps.

Cependant, il est important de prendre en compte toutes les exigences en matière de sécurité, de stabilité et d'environnement, ainsi que les réglementations en vigueur pour la construction d'ouvrages d'art. Il est donc essentiel de mener une étude technique approfondie pour valider la faisabilité du projet et s'assurer que toutes les exigences seront satisfaites.

CHAPITRE XII

SIGNALISATION ECLAIRAGE ET

SECURITE

XII.1 SIGNALISATION

XII.1.1 Introduction

La signalisation routière est un élément crucial de la sécurité routière. Elle permet aux usagers de la route de se repérer et de se diriger en toute sécurité, en évitant les risques d'accident ou de confusion. La signalisation routière comprend une grande variété de panneaux, de marquages au sol, de feux de signalisation et de signaux sonores, chacun ayant sa propre signification. La normalisation des couleurs et des symboles des panneaux permet aux conducteurs de reconnaître facilement leur signification et d'adapter leur conduite en conséquence. La signalisation routière doit être conçue et installée de manière à aider les usagers de la route à traverser diverses situations et à éviter les erreurs de conduite qui peuvent mettre en danger leur vie et celle des autres.

XII.1.2 Objectif de la signalisation

la signalisation routière a pour but d'améliorer la sécurité et la fluidité du trafic sur les routes, en fournissant des informations claires et précises aux usagers de la route. Elle permet notamment de rappeler les règles du code de la route, de signaler les dangers potentiels (virages dangereux, présence d'animaux sauvages, travaux sur la chaussée, etc.), d'indiquer les limitations de vitesse et les directions à suivre pour atteindre une destination donnée. La signalisation routière est donc un élément important de la gestion du trafic et de la sécurité routière.

XII.1.3 Règles à respecter pour la signalisation

la conception d'une bonne signalisation routière doit prendre en compte ces critères importants afin d'assurer une sécurité optimale sur les routes.

- La cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation est primordiale car elle permet une meilleure compréhension des messages de la signalisation.
- La cohérence avec les règles de circulation permet de garantir la sécurité et la fluidité du trafic routier.
- La cohérence entre la signalisation verticale et horizontale est importante car elle permet une meilleure lisibilité des messages.
- La simplicité est également essentielle pour éviter toute confusion et éviter la fatigue de l'attention de l'utilisateur. Enfin, il est important de respecter les normes et de ne pas utiliser la signalisation à des fins publicitaires, afin de garantir la sécurité et l'efficacité de la signalisation routière.

XII.1.4 Les catégories de la signalisation

Ces différents types de signalisation sont utilisés sur les routes pour communiquer des informations importantes aux conducteurs et aux autres usagers de la route. Voici une brève description de chaque type de signalisation :

- La signalisation par panneaux : Il s'agit d'une signalisation verticale qui utilise des panneaux pour communiquer des informations importantes aux conducteurs. Les

panneaux peuvent indiquer la vitesse maximale autorisée, les directions à suivre, les zones de stationnement, les zones de travaux ou les dangers potentiels.

- La signalisation par feux : Cette signalisation utilise des feux de signalisation pour réguler la circulation. Les feux de signalisation peuvent être utilisés pour indiquer aux conducteurs quand ils peuvent avancer, s'arrêter ou ralentir.
- La signalisation par marquage des chaussées : Il s'agit de la signalisation qui est peinte directement sur la chaussée. Les marquages peuvent inclure des lignes de séparation pour les voies de circulation, des flèches pour indiquer les directions à suivre, des passages pour piétons et des zones de stationnement.
- La signalisation par balisage : Cette signalisation utilise des balises pour indiquer les limites de la chaussée, les zones de danger et les obstacles potentiels. Les balises peuvent être utilisées pour marquer les limites de la chaussée lorsqu'il n'y a pas de trottoirs ou pour indiquer les zones de travaux.
- La signalisation par bornage : Cette signalisation utilise des bornes pour marquer les limites de la chaussée et les zones de danger. Les bornes peuvent être utilisées pour protéger les piétons des voitures ou pour indiquer les limites de la chaussée lorsqu'il n'y a pas de trottoirs.

XII.1.5 Types de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

- ✓ La signalisation routière verticale ; qui comprend les panneaux, les balises, les bornes et les feux tricolores ;
- ✓ La signalisation routière horizontale désignée par des marquages au sol.

Signalisation verticale

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

➤ Signalisation avancée

Le signal A24 est placé à une distance de 150 m de l'intersection pour avertir les usagers de l'existence d'un danger sur la route et de leur indiquer la nature. Le signal B3 qui notifie les usagers des obligations et des limites qui leur sont accordées tel que les signaux de priorité. Les signaux B sont accompagnés dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) qui précise sur Signalisation de position Le signal de type B2 arrêt obligatoire est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt. Quelle branche d'un carrefour les usagers sont prioritaires.

➤ Signalisation de position

Le signal de type B2 arrêt obligatoire est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

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°. Les équipements de la signalisation verticale doivent satisfaire aux caractéristiques générales requises et aux conditions d'implantation.

Elles peuvent être classées dans quatre classes :

a) Signaux de danger

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

b) Signaux comportant une prescription absolue

Panneaux de forme circulaire, placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt obligatoire (signalisation de position),

On trouve : – L'interdiction , l'obligation, la fin de prescription

c) Signaux à simple indication

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

Signaux d'indication ;

Signaux de direction ;

Signaux de localisation ;

Signaux divers.

d) Signaux de position des dangers

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

e) Panonceau

Ce sont les panneaux additionnels de type M, de forme rectangulaire. Ils sont généralement associés aux panneaux de danger, de prescription et d'indication.

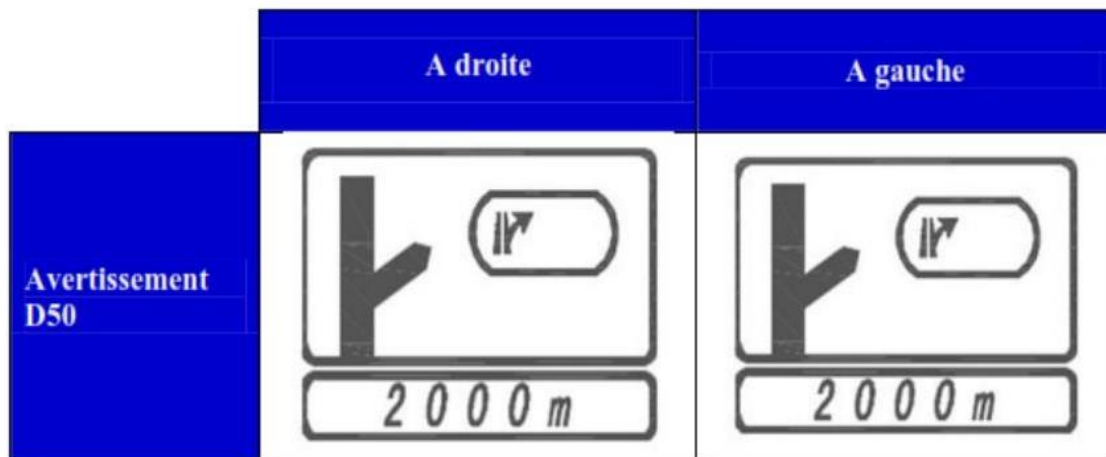


Figure XII-1 : Signalisation des bretelles de sortie.

f) Signalisation des bretelles de sorties (diffuseurs)

Signalisation horizontale

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

Les marquages horizontaux se divisent en trois types :

a. Marquages longitudinaux

-Lignes continues : Ce sont des lignes longitudinales sans interruption, il est interdit de les franchir ou de les chevaucher. Elles servent à délimiter l'espace de chaque voie, les limites externes de la chaussée lorsqu'il est interdit de s'arrêter.

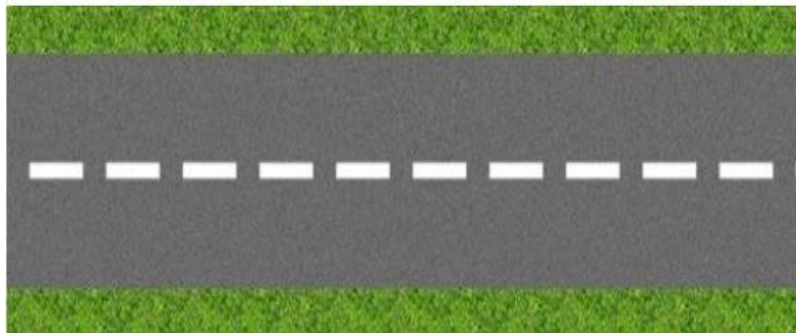


Figure XII-2: Ligne continue.

-Lignes discontinues : Elles sont destinées à orienter et à faciliter la libre circulation, elles sont franchissables et se différencient par leur module qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle. Citons quelques exemples de lignes discontinues :

-**ligne axiale** : pour délimiter les voies

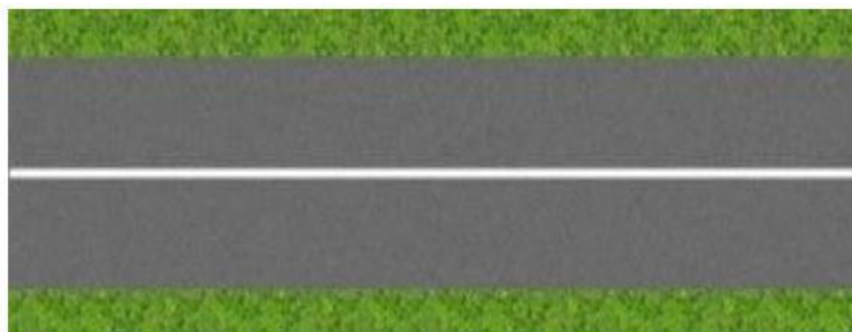


Figure XII-3 : Les lignes axiales.

-**ligne de rive** : pour délimiter les voies de d'accélération et de décélération.

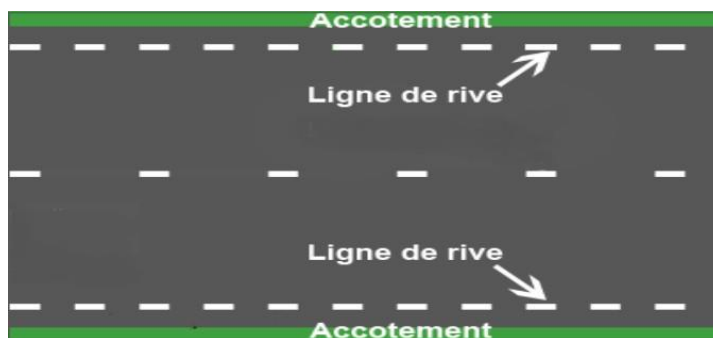


Figure XII-4 : Les lignes de rive.

Ligne d'avertissement : associée à des flèches de rabattement pour annoncer une ligne continue. Les traits ont une longueur de 1m pour les intervalles de 2,25m, sur environ 100m.

b. Marquages transversaux

Tableau XII-1 : Les caractéristique des lignes longitudinales.

Modalisation	Designalisation des marques	Largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central TPC	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposes sur les routes a trois voies avec deux voies affectées a un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois a deux voies	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération ,d'intersection ou d'entrecroisement	5U
T2	Ligne de rive de chaussée	3U
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U

c. Marquages transversaux

Ils indiquent, en général, des recommandations obligatoires ou des précautions, telles que les lignes de stop ou de passage pour piétons.

d. Autres marquages

-flèches: elles sont utilisées pour fournir au conducteur des renseignements sur les directions à prendre ;

-les flèches de rabattement : elles sont légèrement incurvées vers la voie que les usagers doivent emprunter ;

-Les flèches de sélection, à l'approche d'une intersection, signalent aux usagers la direction à prendre.

e. Caractéristiques générales des marquages

-Le marquage horizontal est appliqué sur la chaussée avec la peinture ;

-Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages définitifs et le jaune pour les marquages provisoires ;

-Le jaune pour les marques interdisant l'arrêt ou le stationnement, les lignes zigzag indiquant les arrêts d'autobus et le marquage temporaire ;

-Le bleu éventuellement pour les limites de stationnement en zone bleue ;

-Le rouge pour les damiers rouge et blanc matérialisant le début des voies de détresse.

Modulation des lignes discontinues

Elles sont basées sur une longueur Périodique de 13 m.

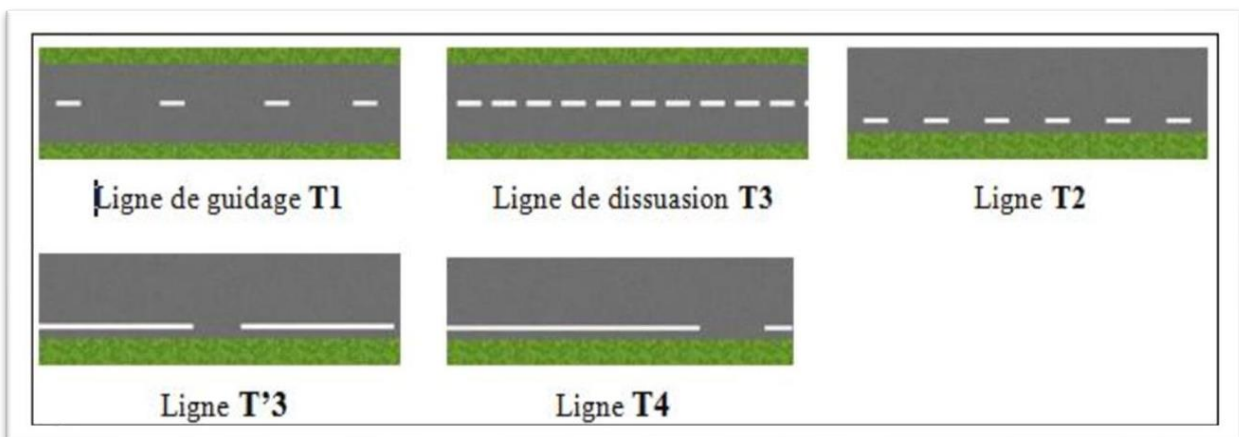


Figure XII-5 : Les lignes discontinues.

Largeur des lignes

-La largeur U des lignes est définie en fonction de la catégorie de la route :

$U = 7,5\text{cm}$ sur les autoroutes et les voies rapides ;

$U = 6\text{cm}$ sur les routes et les voies urbaines ;

$U=5\text{cm}$ pour les autres routes ;

$U = 3 \text{ cm}$ pour les lignes tracées sur les pistes cyclables

NB : Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un $U= 7,5\text{cm}$.

Les flèches

Les flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée. [30] On a deux types de flèches :

Flèche de rabattement ;

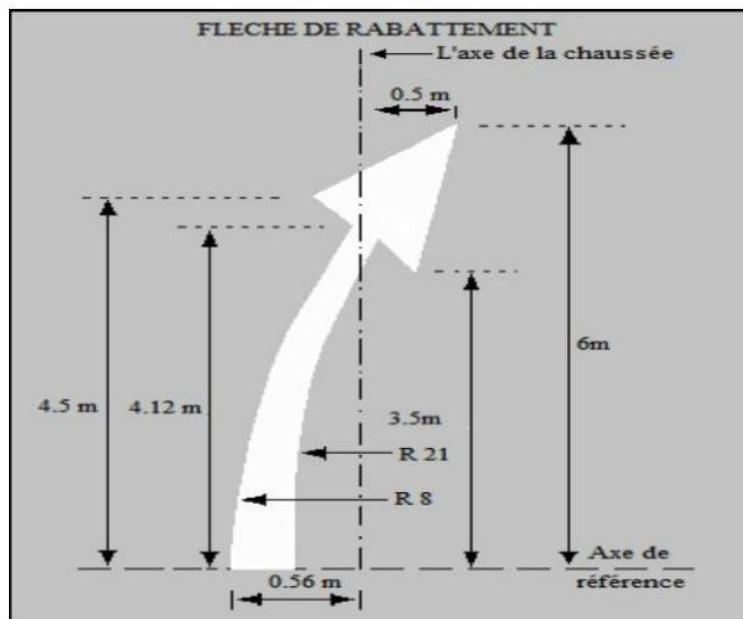


Figure XII-6 : Flèche de rabattement.

L'emploi des flèches de rabattement est interdit sur les voies d'insertion en carrefour ainsi qu'en rabattement d'une voie pour véhicules lents sur une voie rapide.

Flèche de sélection (directionnelle) :

la flèche de « tourne-à-gauche » se déduit par symétrie de la flèche de « tourne-à-droite », la flèche bidirectionnelle « tourne-à-gauche et direct » se déduit par symétrie de la flèche de « tourne-à-droite et direct ».

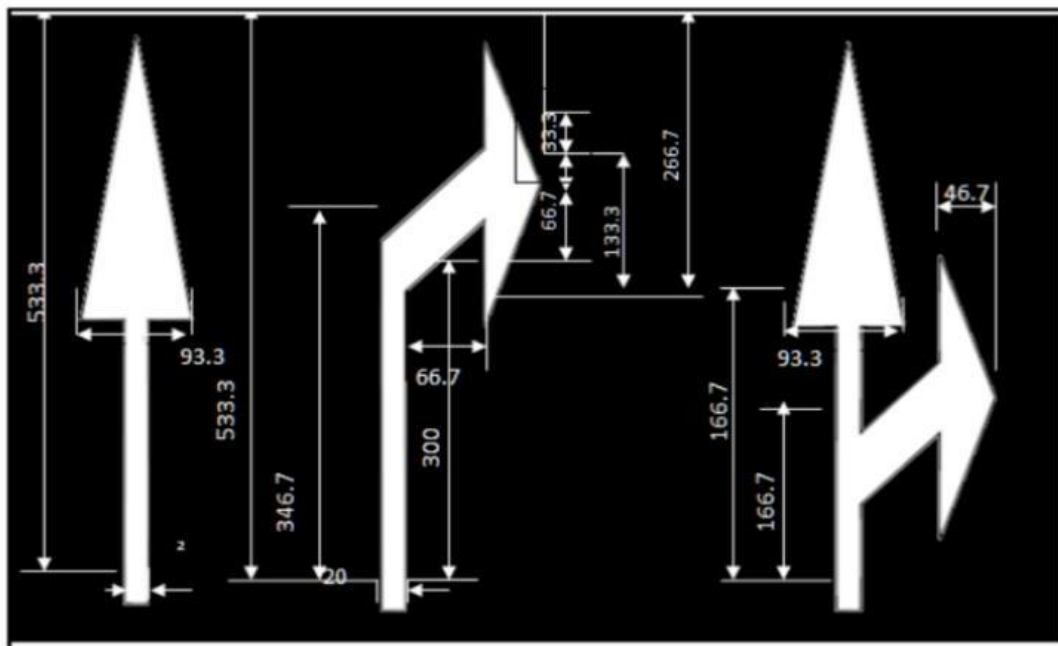


Figure XII-7 : Flèches directionnelles (de sélection).

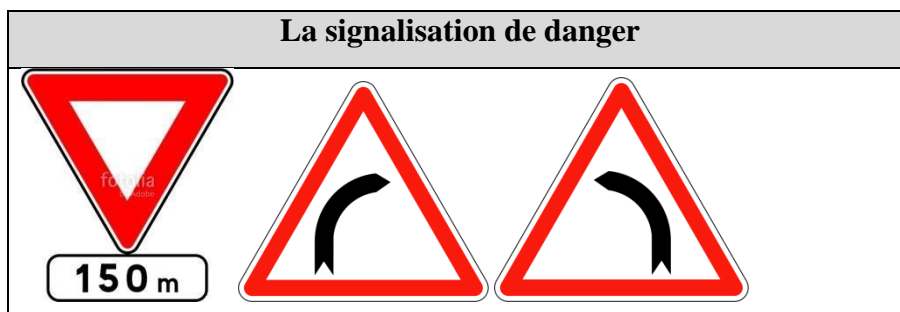
XII.1.6 Les critères de conception de la signalisation

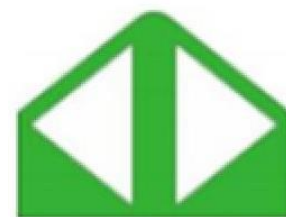
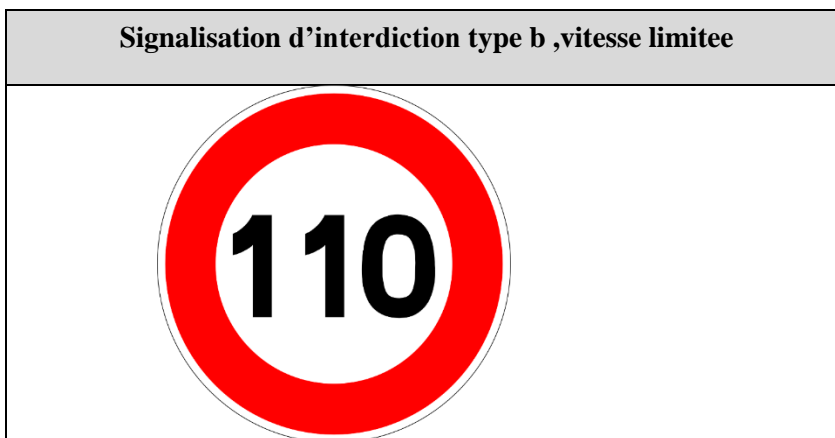
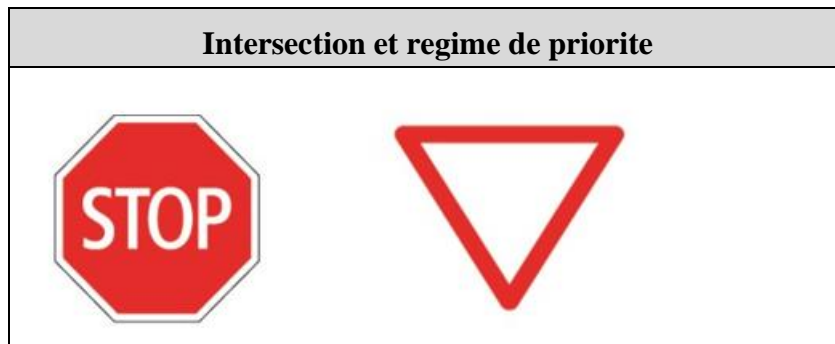
Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités) ;
- Cohérence avec les règles de circulation ;
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.

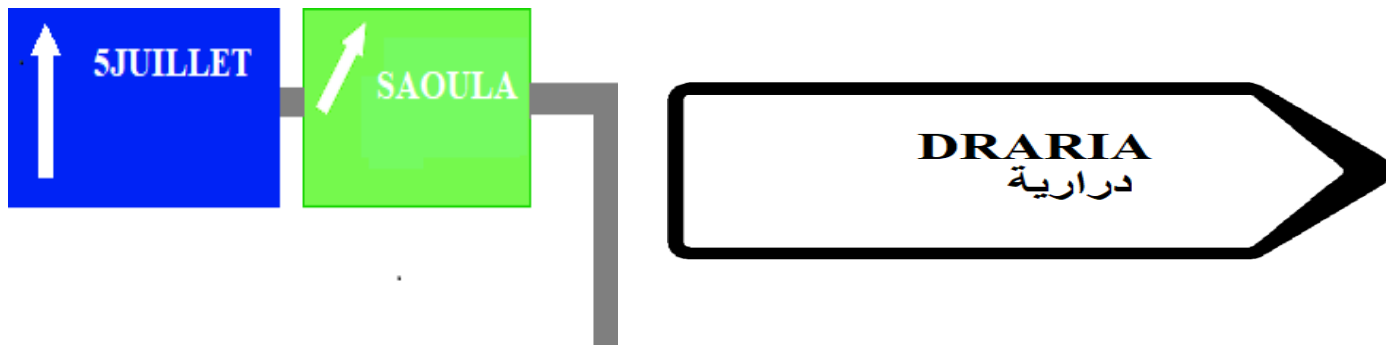
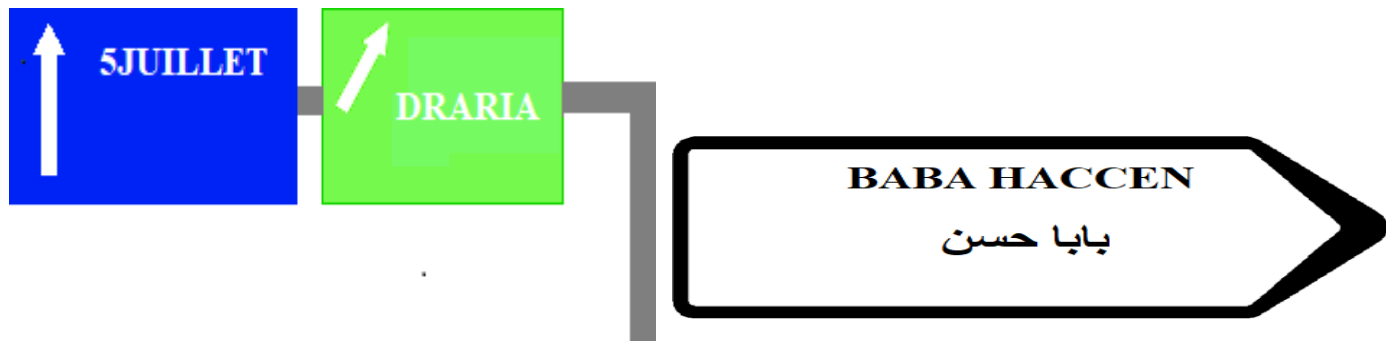
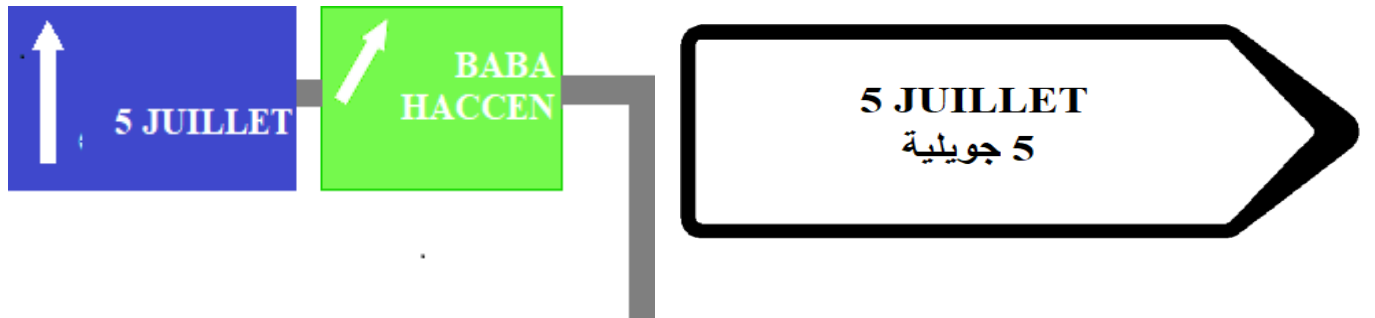
XII.1.7 APPLICATION AU PROJET

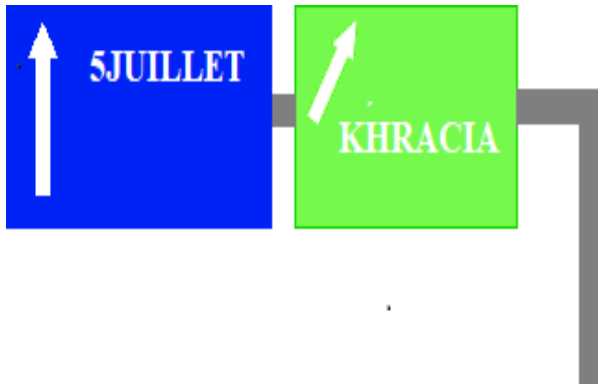
Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :





Signalisation de direction (au giratoire)





XII.2 L'ECLAIRAGE

XII.2.1 Introduction

L'éclairage public est essentiel pour améliorer la sécurité routière la nuit en permettant aux conducteurs de mieux voir les obstacles, les piétons et les autres véhicules. En outre, l'éclairage public peut contribuer à réduire la criminalité en créant des environnements plus sûrs et plus visibles pour les piétons et les résidents.

Cependant, l'éclairage public doit également être conçu de manière responsable pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et la faune locale, tels que la pollution lumineuse et la perturbation des cycles de vie des animaux nocturnes. Les villes et les municipalités peuvent utiliser des sources d'énergie renouvelable et des technologies d'éclairage plus efficaces pour réduire les coûts et l'empreinte écologique de l'éclairage public.

XII.2.2 Critères fonctionnels en éclairage public

Principaux critères à retenir sont :

- Les types d'usages et d'usagers (type de voie) ;
- La vitesse de déplacement ;
- Le type de chaussée ;
- Les contraintes (risques d'accident, sentiment de sécurité...).

XII.2.3 Catégories d'éclairage

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

NB : Pour le présent projet on a utilisé catégorie A.

XII.2.4 Paramètres d'implantation des luminaires

- L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie ;
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées ;

- La largeur (l) de la chaussée ;
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support ;
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport à la chaussée.

Pour l'éclairage de l'échangeur, des lampadaires sont implantés du part et d'autre de la voie

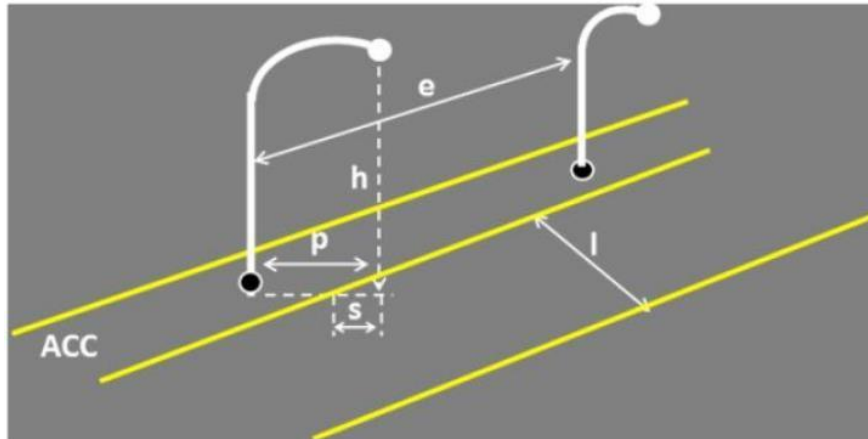


Figure XII-8 : Eclairage de l'échangeur.

XII.2.5 Application au projet

Dans notre projet on ne va pas mettre d'éclairage vu que c'est une autoroute, on se contentera d'éclairer les zones particulières comme les points où il y a des échangeurs et sur les ouvrages d'art (pont, viaduc). Sur ces points particuliers, la bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux en place, ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairément se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12 m et l'espacement des supports de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre autoroute.

XII.3 SECURITE

XII.3.1 Introduction

La route une fois réalisée aura besoin des équipements qui serviront à assurer la sécurité d'un côté et à guider les usagers de la route d'un autre côté.

XII.3.2 Dispositif de retenue

Les dispositifs de retenue sont des équipements de sécurité destinés à retenir les véhicules dans la plate-forme de la route lors des sorties accidentelles. En plus de cette fonction, ils permettent aussi d'isoler les obstacles singuliers ou les dénivellations importantes et de protéger les zones riveraines contre les intrusions des véhicules. L'emploi des dispositifs de retenue est lié étroitement à la notion de la zone de sécurité définie par l'ICTAAL 2000 qui est de 8.5 m pour les catégories respectives L2.

A l'intérieur de cette zone, doit être isolé tout dispositif agressif constitué par des obstacles suivants :

- Les arbres, les poteaux, maçonneries, appui d'ouvrages d'art, etc. Caniveaux non couverts ;
- Fossé de plus de 50 cm de profondeur ;
- Talus de déblai et de remblai selon des cas conventionnels.

XII.3.3 Types des dispositifs de retenues

Les dispositifs de retenue utilisés sont les suivants :

Glissières de sécurité :

Elles sont classées en trois niveaux, suivent leurs performances de retenue :

- Les glissières de niveau 1 : sont testées avec un véhicule léger de masse de 1.250 kg heurtant la glissière à une vitesse de 80 km/h sous un angle de 30° ou 100 km/h sous un angle de 20°, sont particulièrement adoptées pour les routes principales ;
- Les glissières de niveau 2 et 3 : sont envisageable lorsque les vitesses pratiquées, à leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60 Km/ h).

Murettes de protection en béton armé :

L'implantation de ce type d'ouvrage nécessite des prescriptions spéciales dont il faut tenir compte dès la conception des projets. Leurs implantations (au lieu d'une simple glissière) sont envisagées lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd de la chaussée, et notamment d'un véhicule de transport en commun, est important, en particulier dans les cas suivants :

- Les sections où la route surplombe directement sur la mer ;
- Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10 m.



Figure XII-9 : Types des dispositifs agréés.

XII.4 Conclusion

La signalisation, l'éclairage et la sécurité sont des éléments indissociables de la construction d'une infrastructure routière sûre et efficace. Ils contribuent à réduire les risques d'accidents, à assurer la sécurité des usagers de la route et à améliorer la fluidité du trafic.

CHAPITRE XIII
IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1 Introduction

Le terme « environnement » est à prendre ici au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

Pour réaliser une étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain. Le code de l'environnement a été récemment introduit l'obligation d'y ajouter l'évaluation de l'impact du projet sur la santé de l'homme.

Il sera donc pour chaque thème étudié, de définir le périmètre pertinent. Les effets spatiaux sont différents en fonction du paramètre affecté. Et des effets indirects en raison des relations fonctionnelles entre les divers compartiments du milieu.

XIII.2 Cadre juridique

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n°07-145 du 19 mai 2007, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet ;
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement ;
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long terme du projet sur l'environnement.

XIII.3 Objectifs de l'étude

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement ;
- Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations ;
- Gérer et entretenir les abords de la route ;
- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

XIII.4 Identification des impacts de projet sur l'environnement

C'est l'identification de l'ensemble des effets ou impacts sur les milieux physiques, humains et sur l'environnement naturel d'un projet donné. C'est une étude scientifique et technique multidisciplinaire, qui permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes environnementales d'un projet.

On intervient dans cet environnement par la construction d'un aménagement routier, plusieurs paramètres physiques et naturels tels que l'eau, l'air, la faune, et la flore seront perturbés. L'altération des paysages et des nuisances dus au bruit peut être aussi les conséquences de cette intervention L'identification des impacts d'un projet routier est basée sur l'analyse des relations conflictuelles possibles entre le milieu traversé et l'infrastructure à

implanter. Cette analyse permet de mettre en relation les sources d'impact associées aux phases de pré construction, de construction, et d'exploitation de la nouvelle infrastructure et les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées. Cette tâche comprendra :

- L'identification des impacts directs et indirects sur le milieu naturel et le milieu créé afin de définir les mesures de limitation nécessaires ;
- L'évaluation quantitative et/ou qualitative de ces effets afin de définir la gravité des impacts et le niveau de priorité à donner aux mesures correspondantes.

La réalisation la voie expresse, engendrera des effets sur l'environnement aussi bien positifs que négatifs.

XIII.5 Impact des routes sur l'environnement

XIII.5.1 Impacts Positives Du Projet

Les principaux impacts positifs attendus de la réalisation de ce projet sont les suivants :

Amélioration des conditions de circulation : Le projet vise à détourner une grande partie du trafic de la région vers les routes principales, ce qui contribuera à réduire les embouteillages et les congestions dans les zones concernées telles que Dely Ibrahim, Ouled Fayet, Baba Hacene, El Achour, Draria et Khraicia. Cela permettra aux usagers de la route de se déplacer plus facilement et rapidement.

Développement économique et social : Le projet devrait avoir un impact positif sur le développement économique et social de la région. Pendant la phase de construction, il est prévu la création d'emplois temporaires. Une fois le projet terminé, il y aura une diminution du temps de trajet pour les habitants de la région, ce qui facilitera les déplacements des travailleurs et favorisera le développement de l'activité économique locale. De plus, le projet contribuera au désenclavement des régions avoisinantes, permettant ainsi une meilleure intégration de ces régions dans le réseau de transport régional.

XIII.5.2 Impacts Négatifs Du Projet

La réalisation du projet peut également engendrer certains impacts négatifs, tels que :

- Nuisances sonores : La construction et l'exploitation du projet peuvent entraîner des nuisances sonores pour les habitations situées à proximité. Les travaux de construction, l'utilisation d'engins lourds et le passage accru de véhicules peuvent causer des niveaux sonores élevés, ce qui peut perturber la tranquillité des résidents et avoir des effets néfastes sur leur qualité de vie.
- Défiguration du paysage : La construction d'infrastructures routières peut impliquer la modification du paysage naturel de la région. Des terres peuvent être excavées, des arbres peuvent être abattus et des structures peuvent être érigées, ce qui peut altérer l'apparence esthétique de l'environnement. Cela peut être perçu comme une défiguration du paysage naturel et entraîner une perte de caractère visuel.
- Perturbation des écoulements : La construction du projet peut perturber les écoulements naturels des cours d'eau ou des systèmes de drainage existants.

L'excavation de terres, la construction de ponts ou de tunnels, ainsi que le remblaiement de certaines zones peuvent modifier les schémas d'écoulement des eaux et affecter les écosystèmes aquatiques. Cela peut avoir des conséquences néfastes sur la faune et la flore locales, ainsi que sur la qualité de l'eau.

XIII.5.3 Impact Sur Les Sols

Les impacts liés à la hauteur des terrassements (déblais et remblais) dans le projet de construction peuvent entraîner l'érosion mécanique par les eaux pluviales. Pour atténuer cet effet, il est nécessaire de mettre en place des mesures telles que la végétation et un réseau de cunettes de descentes d'eau. La végétation aide à stabiliser le sol et à réduire l'érosion, tandis que les cunettes et les descentes d'eau permettent de gérer les écoulements d'eau de pluie de manière contrôlée. Il est important de prendre en compte ces mesures dès la phase de planification du projet afin de prévenir les problèmes d'érosion et de drainage.

XIII.5.4 Impact Sur le Bati

Vers la fin du projet de la 2ème rocade, lorsque notre variante traverse une zone entre quartiers, il est nécessaire de construire des murs de soutènement pour protéger les maisons voisines du couloir de tout risque de déstabilisation.



Figure XIII-1 : Champs des bâtis.

XIII.5.5 Impact Sur L'agriculture

La construction de l'infrastructure dans une région agricole entraîne la perte de terrains agricoles en raison du tracé du projet. Cela a un impact négatif sur l'agriculture locale, car les terres agricoles seront utilisées pour l'infrastructure plutôt que pour la production alimentaire. Cette perte de terres agricoles peut affecter la sécurité alimentaire, les moyens de subsistance des agriculteurs et l'économie agricole de la région. Il est important de prendre en compte ces conséquences et de mettre en place des mesures d'atténuation appropriées pour compenser les terres perdues, soutenir les agriculteurs affectés et promouvoir des pratiques agricoles durables. La recherche d'un équilibre entre le développement de l'infrastructure et la préservation des

terres agricoles est essentielle pour assurer un développement durable et respectueux de l'environnement.



Figure XIII-2 : champs agricoles.

XIII.6 Conclusion

En conclusion, il est essentiel d'adopter une approche durable lors de la construction d'infrastructures dans des régions agricoles, en tenant compte des conséquences sur l'environnement. Cela implique la prise de mesures préventives pour minimiser les pertes de terres agricoles, la mise en place de pratiques de construction respectueuses de l'environnement et la collaboration avec les parties prenantes pour garantir une gestion responsable des impacts sur l'environnement. En agissant de manière responsable, il est possible de concilier le développement des infrastructures avec la préservation de l'environnement et la durabilité à long terme.

CHAPITRE XIV
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Introduction

Pour estimer le coût de construction de la variante analysée pour le tracé. Le travail d'estimation a été réalisé selon les étapes suivantes :

- L'identification des prix unitaires de construction à utiliser ;
- Les hypothèses considérées pour l'estimation des quantités et le calcul des coûts ;
- Le calcul de la quantité et le coût de la variante.

PROJET : LA LIAISON DE 5 JUILLET VERS 2EME ROCADE D'ALGER SUR 10 KM

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation des travaux	Unité U	Quantité	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
XIV.1 LOGISTIQUE DU CHANTIER					
1.1	Installation du chantier	Forfait	/	3%(2+3+4)	99 532 637.00
Total					99 532 637.00
XIV.2 TRAVAUX PREPARATOIRES					
2.1	Préparation du terrain	M ²	360000	900.00	324 000 000.00
Total					324 000 000.00
XIV.3 TERRASSEMENTS					
3.1	Décapage de terre végétale sur d'épaisseur 20 cm	M ³	100533.1	100.00	10 053 310.00
3.2	Déblai mis en dépôt	M ³	1201644.5	450.00	540 740 025.00
3.3	Remblai d'emprunt	M ³	1980768.1	600.00	1 188 460 860.00
Total					1 739 254 195.00
XIV.4 CORPS DE CHAUSSEES					
4.1	couche de forme 40cm TUF	M ³	96194.3	1800.00	173 149 740.00
4.2	Couche de fondation GB 2.3t/m ³	T	119531.28	6500.00	776 953 320.00

4.3	Couche de roulement BB 2.4t/m ³	T	36799.62	7000.00	257 597 340.00
4.5	Couche d'imprégnation sablée en Cut-back 0/1	M ²	130000	120.00	15 600 000.00
4.6	Couche d'accrochage (200 à 300 g/m ²)	M ²	260000	120.00	31 200 000.00
Total					1 254 500 400.00
XIV.5 ASSAINISSEMENT					
5.1	Ouvrage en dalots à exécuter selon plan y compris fourniture et toutes sujétions de mise en œuvre	M ³	80	50000.00	4 000 000.00
5.2	Buse Φ 1000 y compris Tête de buse	ML	274	25000.00	6 850 000.00
5.3	Fosses en béton	MI	6096.28	7000.00	42 673 960.00
Total					53 523 960.00
XIV.6 OUVRAGE D'ART					
6.1	Viaduc et ponts	M ²	17450	350000.00	11 720 000 000.00
Total					11 720 000 000.00
XIV.7 ECHANGEUR					
7.1	Echangeur				80 000 000.00
Total					80 000 000.00
XIV.8 IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT					
8.1	Impact sur l'environnement	Forfait	/	3%(3+4+5)	91 418 356.00
Total					91 418 356.00
XIV.9 SIGNALISATION ET EQUIPEMENT ROUTIERS					
9.1	Signalisation et équipement routiers	Forfait	/	5%(2+3+4)	165 887 729.00

Total					165 887 729.00
XIV.10 CONTROLE (BUREAU D'ETUDE ET LABORATOIRE)					
10.1	Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	Forfait	/	2%(2+3+4)	66 355 091.00
Total					15 594 472 730.00
TVA (19%)					2 962 949 819.00
TTC					18 557 422 550.00

**DIX HUIT MILLIARD CINQ CENTTS CINQUANTE SEPT MILLIONS
QUATRE CENTVINGT DEUX MILLE CINQ CENTS CINQUANTE**

Conclusion générale

Ce projet de la voie expresse représente un double objectif : de définir les aménagements à réaliser afin de lier le stade de 5 juillet a la 2^{ème} rocade d'Alger et soulager la ville de Draria.

A la fin de ce travail, j'ai exposé les différentes étapes de réalisation d'une autoroute selon les différents guides et normes algériennes tels que le guide des terrassements routiers (**GTR-fascicules 1 et 2**), le catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves **CTTP** et **l'ICTAAL**, et a cause de la quantité de remblai et déblai très importante j'ai proposé comme solution de faire des banquettes enfin analyser la stabilité en utilisant des logiciels de calcul importants dans le domaine de la construction routière, qui sont : **Alizée LCPC, AUTOCAD COVADIS** et **GEO5**.

L'étude est basée sur la géométrie de la route, en effet à travers les différents profils en long et en travers ainsi que le tracé en plan qui doit être en équilibre entre les besoins en visibilité et les contraintes spécifiques du projet, j'ai pu:

- Identifier et choisir la forme et l'allure de notre voie expresse.
- Mettre en évidence les largeurs des voies, des accotements, des fossés et de l'emprise.
- Limiter les pentes de talus qui conditionnent la stabilité, les pentes transversales de la chaussée et des accotements indispensables pour un bon écoulement des eaux.

A partir de l'étude géotechnique, j'ai classé le sol support de chaussé qui est un sol de faibles caractéristiques mécaniques de classe S3, ce qui justifie l'emploi et l'ajout d'une couche de forme de 40 cm de Tuf mise en place en 2 couches et qui donnera au sol une meilleure portance. Ainsi, la chaussée obtenue comporte:

Couche de roulement 8 cm en BB

Couche de base 12 cm en GB

Couche de fondation 13 cm en GB

Couche de forme 40 cm en Tuf

Concernant les travaux d'assainissement et les équipements de notre projet, j'ai proposé les différents moyens utilisés pour assurer un bon écoulement des eaux et bien sûr assurer le confort et la sécurité des futurs usagers.

Ce projet était une expérience pleine de connaissance, et une première étape pour entrer dans le monde du travail, nous j'ai appris à gérer les problèmes techniques qui je serai confrontée sur le terrain, j'ai également appris que la maîtrise des techniques et de la programmation qui jouent un rôle majeur pour la facilitation et la réalisation des études .

Bibliographie

Documents :

- [1] L'ICTAAL 2015.
- [2]. ICTAAL ECHANGEUR.
- [3] B40 : Normes techniques d'aménagement des routes octobre 1977.
- [4] Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTT » (2000).
- [5] “ Assainissement Routier” – Guide technique. SETRA (octobre 2006).
- [6] Signalisation routière arrêté et instruction interministériels du 15 Juillet 1974.
- [3] GTR (Guide des Terrassement Routiers, Réalisation des remblais et des couches de formes LCPC, SETRA ,1992)
Norme NF-P 11-300.
- [4] MANUEL DE PROJET DE ROUTES .Kalli F.Z- Goumettre Ahmed. Edition OPU.

Cours :

- [1]. Cours de dimensionnement des chaussées ENSTP 2ème année (Mme Z.Derriche).
- [2]. Cours de géotechnique routière 4eme année ENSTP de (Mr Hammadi Kamel).
- [3]. Cours de géotechnique routière 4eme année ENSTP de (Mme Z.Derriche).
- [4]. Cours d'hydraulique appliquée ENSTP 4eme année de (Mr.Rahmani).

Logiciels utilisés :

- [1]. Civil 3d version 2020.
- [2]. Alizé-LCPC.
- [3]. Geo5.
- [5]. Microsoft Office (Word).

LES ANNEXES

Clothoïde 13	Paramètre	-230,651	133,000	8793,370	499536,290	4059948,589
Arc 8	Rayon	-400.000 m	125,463	8926,370	499504,980	4059819,495
	Centre X	499129.065 m				
	Centre Y	4059956.198 m				
Clothoïde 14	Paramètre	230,651	133,000	9051,833	499444,461	4059710,179
Droite 9	Gisement	252.76gr	19,052	9184,833	499351,675	4059615,119
				9203,885	499337,633	4059602,244
Longueur totale de l'axe 7703.885 mètre(s)						

Longueur totale de l'axe 7701.421 mètre(s)

Longueur développée totale de l'axe 7704.863 mètre(s)

Profils En Travers

Nom du dessin PROJET FIN D'ETUDE FINALE
K.dwg
Nom de l'axe PROJET FIN D'ETUDE - Axe1
Table associée Aucune...
Date du listing 27/05/2023 à 19:33:31

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gise- ment	X	Y	Dévers		Pente long.
									Gauche	Droite	
P01	1500,000	Droite 1	Pente 1	234,351	234,351	277,11	498439,509	4066377,793	2,50	-2,50	-4,00
P02	1525,000	Droite 1	Pente 1	236,565	233,350	277,11	498448,306	4066354,392	2,50	-2,50	-4,00
P03	1550,000	Droite 1	Pente 1	238,495	232,349	277,11	498457,103	4066330,991	2,50	-2,50	-4,00
P04	1575,000	Droite 1	Pente 1	238,262	231,347	277,11	498465,900	4066307,589	2,50	-2,50	-4,00
P05	1600,000	Droite 1	Pente 1	236,861	230,346	277,11	498474,697	4066284,188	2,50	-2,50	-4,00
P06	1625,000	Droite 1	Pente 1	235,280	229,345	277,11	498483,493	4066260,787	2,50	-2,50	-4,00
P07	1650,000	Droite 1	Pente 1	231,945	228,344	277,11	498492,290	4066237,386	2,50	-2,50	-4,00
P08	1675,000	Droite 1	Pente 1	228,832	227,343	277,11	498501,087	4066213,985	2,50	-2,50	-4,00
P09	1700,000	Droite 1	Pente 2	225,633	226,279	277,11	498509,884	4066190,583	2,50	-2,50	-4,97
P10	1725,000	Droite 1	Pente 2	222,197	225,036	277,11	498518,681	4066167,182	2,50	-2,50	-4,97
P11	1750,000	Droite 1	Pente 2	221,124	223,794	277,11	498527,478	4066143,781	2,50	-2,50	-4,97
P12	1775,000	Droite 1	Pente 2	219,770	222,551	277,11	498536,275	4066120,380	2,50	-2,50	-4,97
P13	1800,000	Droite 1	Pente 2	217,365	221,308	277,11	498545,071	4066096,979	2,50	-2,50	-4,97
P14	1825,000	Droite 1	Pente 2	215,617	220,066	277,11	498553,868	4066073,578	2,50	-2,50	-4,97
P15	1850,000	Droite 1	Pente 2	214,553	218,823	277,11	498562,665	4066050,176	2,50	-2,50	-4,97
P16	1875,000	Droite 1	Pente 2	212,136	217,580	277,11	498571,462	4066026,775	2,50	-2,50	-4,97
P17	1900,000	Droite 1	Pente 2	208,139	216,338	277,11	498580,259	4066003,374	2,50	-2,50	-4,97
P18	1925,000	Droite 1	Pente 2	203,224	215,095	277,11	498589,056	4065979,973	2,50	-2,50	-4,97
P19	1950,000	Droite 1	Pente 2	197,920	213,852	277,11	498597,852	4065956,572	2,50	-2,50	-4,97
P20	1975,000	Droite 1	Pente 2	197,758	212,610	277,11	498606,649	4065933,170	2,50	-2,50	-4,97
P21	2000,000	Droite 1	Pente 2	197,601	211,367	277,11	498615,446	4065909,769	2,50	-2,50	-4,97
P22	2025,000	Droite 1	Pente 2	197,363	210,124	277,11	498624,243	4065886,368	2,50	-2,50	-4,97
P23	2050,000	Droite 1	Pente 2	197,498	208,882	277,11	498633,040	4065862,967	2,50	-2,50	-4,97
P24	2075,000	Droite 1	Pente 2	197,607	207,639	277,11	498641,837	4065839,566	2,50	-2,50	-4,97
P25	2100,000	Droite 1	Pente 2	197,656	206,396	277,11	498650,634	4065816,164	2,50	-2,50	-4,97
P26	2106,715	Arc 1	Pente 2	197,658	206,063	277,11	498652,996	4065809,879	2,50	-2,50	-4,97
P27	2125,000	Arc 1	Pente 2	198,013	205,154	278,27	498659,274	4065792,705	2,50	-2,50	-4,97
P28	2150,000	Arc 1	Pente 2	196,090	203,911	279,86	498667,346	4065769,045	2,50	-2,50	-4,97
P29	2175,000	Arc 1	Pente 2	193,621	202,669	281,46	498674,824	4065745,191	2,50	-2,50	-4,97
P30	2200,000	Arc 1	Parabole 1	193,894	201,434	283,05	498681,703	4065721,156	2,50	-2,50	-4,77
P31	2225,000	Arc 1	Parabole 1	196,013	200,319	284,64	498687,980	4065696,958	2,50	-2,50	-4,15
P32	2250,000	Arc 1	Parabole 1	199,337	199,360	286,23	498693,650	4065672,610	2,50	-2,50	-3,52
P33	2275,000	Arc 1	Parabole 1	205,922	198,558	287,82	498698,709	4065648,128	2,50	-2,50	-2,90
P34	2300,000	Arc 1	Parabole 1	206,046	197,912	289,41	498703,155	4065623,527	2,50	-2,50	-2,27
P35	2325,000	Arc 1	Pente 3	205,684	197,378	291,01	498706,984	4065598,823	2,50	-2,50	-2,11
P36	2350,000	Arc 1	Pente 3	204,737	196,849	292,60	498710,195	4065574,030	2,50	-2,50	-2,11

P37	2375,000	Arc 1	Pente 3	202,605	196,321	294,19	498712,785	4065549,166	2,50	-2,50	-2,11
P38	2400,000	Arc 1	Pente 3	200,852	195,792	295,78	498714,753	4065524,244	2,50	-2,50	-2,11
P39	2425,000	Arc 1	Pente 3	195,979	195,263	297,37	498716,097	4065499,281	2,50	-2,50	-2,11
P40	2450,000	Arc 1	Pente 3	194,048	194,734	298,96	498716,816	4065474,292	2,50	-2,50	-2,11
P41	2475,000	Arc 1	Pente 3	200,163	194,206	300,55	498716,911	4065449,292	2,50	-2,50	-2,11
P42	2500,000	Arc 1	Pente 3	202,934	193,677	302,15	498716,381	4065424,299	2,50	-2,50	-2,11
P43	2525,000	Arc 1	Pente 3	201,696	193,148	303,74	498715,226	4065399,326	2,50	-2,50	-2,11
P44	2525,482	Arc 1	Pente 3	201,655	193,138	303,77	498715,197	4065398,845	2,50	-2,50	-2,11
P45	2550,000	Droite 2	Pente 3	199,010	192,619	303,77	498713,747	4065374,370	2,50	-2,50	-2,11
P46	2575,000	Droite 2	Pente 3	194,511	192,091	303,77	498712,268	4065349,414	2,50	-2,50	-2,11
P47	2600,000	Droite 2	Pente 3	193,412	191,562	303,77	498710,789	4065324,457	2,50	-2,50	-2,11
P48	2625,000	Droite 2	Pente 3	192,593	191,033	303,77	498709,310	4065299,501	2,50	-2,50	-2,11
P49	2650,000	Droite 2	Pente 3	192,749	190,504	303,77	498707,831	4065274,545	2,50	-2,50	-2,11
P50	2675,000	Droite 2	Pente 3	193,109	189,976	303,77	498706,352	4065249,589	2,50	-2,50	-2,11
P51	2700,000	Droite 2	Parabole 2	189,569	189,430	303,77	498704,873	4065224,632	2,50	-2,50	-2,36
P52	2725,000	Droite 2	Pente 4	193,565	188,796	303,77	498703,394	4065199,676	2,50	-2,50	-2,62
P53	2750,000	Droite 2	Pente 4	192,790	188,141	303,77	498701,915	4065174,720	2,50	-2,50	-2,62
P54	2764,872	Cloithoïde 1	Pente 4	190,896	187,752	303,77	498701,035	4065159,874	2,50	-2,50	-2,62
P55	2775,000	Cloithoïde 1	Pente 4	189,895	187,487	303,80	498700,434	4065149,764	2,50	-2,50	-2,62
P56	2800,000	Cloithoïde 1	Pente 4	189,650	186,833	304,20	498698,877	4065124,813	2,50	-2,50	-2,62
P57	2825,000	Cloithoïde 1	Pente 4	188,028	186,178	305,05	498697,076	4065099,878	2,50	-2,50	-2,62
P58	2850,000	Cloithoïde 1	Pente 4	188,067	185,524	306,33	498694,859	4065074,977	2,50	-2,50	-2,62
P59	2864,872	Arc 2	Pente 4	187,459	185,135	307,31	498693,273	4065060,189	2,50	-2,50	-2,62
P60	2875,000	Arc 2	Pente 4	187,345	184,870	308,02	498692,056	4065050,135	2,50	-2,50	-2,62
P61	2900,000	Arc 2	Pente 4	187,607	184,215	309,79	498688,571	4065025,380	2,50	-2,50	-2,62
P62	2925,000	Arc 2	Pente 4	187,978	183,561	311,56	498684,399	4065000,731	2,50	-2,50	-2,62
P63	2950,000	Arc 2	Pente 4	187,886	182,906	313,33	498679,544	4064976,208	2,50	-2,50	-2,62
P64	2975,000	Arc 2	Pente 4	188,322	182,252	315,10	498674,009	4064951,829	2,50	-2,50	-2,62
P65	3000,000	Arc 2	Pente 4	187,418	181,598	316,86	498667,800	4064927,613	2,50	-2,50	-2,62
P66	3025,000	Arc 2	Pente 4	185,515	180,943	318,63	498660,921	4064903,579	2,50	-2,50	-2,62
P67	3045,500	Arc 2	Pente 4	183,928	180,407	320,08	498654,783	4064884,020	2,50	-2,50	-2,62
P68	3050,000	Cloithoïde 2	Pente 4	183,521	180,289	320,39	498653,377	4064879,746	2,50	-2,50	-2,62
P69	3075,000	Cloithoïde 2	Parabole 3	181,348	179,638	321,86	498645,218	4064856,115	2,50	-2,50	-2,48
P70	3100,000	Cloithoïde 2	Parabole 3	180,401	179,097	322,89	498636,598	4064832,648	2,50	-2,50	-1,85
P71	3125,000	Cloithoïde 2	Parabole 3	176,794	178,712	323,47	498627,682	4064809,292	2,50	-2,50	-1,23
P72	3145,500	Cloithoïde 2	Parabole 3	173,737	178,512	323,62	498620,265	4064790,181	2,50	-2,50	-0,72
P73	3150,000	Droite 3	Parabole 3	173,072	178,483	323,62	498618,633	4064785,987	2,50	-2,50	-0,60
P74	3175,000	Droite 3	Pente 5	171,370	178,410	323,62	498609,570	4064762,688	2,50	-2,50	0,00
P75	3200,000	Droite 3	Pente 5	171,099	178,410	323,62	498600,506	4064739,389	2,50	-2,50	0,00
P76	3225,000	Droite 3	Pente 5	172,659	178,410	323,62	498591,442	4064716,090	2,50	-2,50	0,00
P77	3250,000	Droite 3	Pente 5	174,229	178,410	323,62	498582,378	4064692,791	2,50	-2,50	0,00
P78	3275,000	Droite 3	Pente 5	175,392	178,410	323,62	498573,315	4064669,492	2,50	-2,50	0,00
P79	3300,000	Droite 3	Pente 5	175,926	178,410	323,62	498564,251	4064646,193	2,50	-2,50	0,00
P80	3325,000	Droite 3	Pente 5	176,646	178,410	323,62	498555,187	4064622,894	2,50	-2,50	0,00
P81	3350,000	Droite 3	Pente 5	178,240	178,410	323,62	498546,123	4064599,595	2,50	-2,50	0,00
P82	3375,000	Droite 3	Pente 5	181,104	178,410	323,62	498537,060	4064576,295	2,50	-2,50	0,00

P83	3400,000	Droite 3	Pente 5	181,692	178,410	323,62	498527,996	4064552,996	2,50	-2,50	0,00
P84	3425,000	Droite 3	Pente 5	180,938	178,410	323,62	498518,932	4064529,697	2,50	-2,50	0,00
P85	3450,000	Droite 3	Pente 5	179,376	178,410	323,62	498509,868	4064506,398	2,50	-2,50	0,00
P86	3475,000	Droite 3	Pente 5	177,921	178,410	323,62	498500,805	4064483,099	2,50	-2,50	0,00
P87	3500,000	Droite 3	Pente 5	176,616	178,410	323,62	498491,741	4064459,800	2,50	-2,50	0,00
P88	3525,000	Droite 3	Pente 5	174,826	178,410	323,62	498482,677	4064436,501	2,50	-2,50	0,00
P89	3550,000	Droite 3	Pente 5	175,389	178,410	323,62	498473,613	4064413,202	2,50	-2,50	0,00
P90	3575,000	Droite 3	Pente 5	176,121	178,410	323,62	498464,550	4064389,903	2,50	-2,50	0,00
P91	3600,000	Droite 3	Pente 5	176,117	178,410	323,62	498455,486	4064366,604	2,50	-2,50	0,00
P92	3625,000	Droite 3	Pente 5	175,960	178,410	323,62	498446,422	4064343,304	2,50	-2,50	0,00
P93	3650,000	Droite 3	Pente 5	175,996	178,410	323,62	498437,358	4064320,005	2,50	-2,50	0,00
P94	3675,000	Droite 3	Pente 5	175,710	178,410	323,62	498428,295	4064296,706	2,50	-2,50	0,00
P95	3700,000	Droite 3	Pente 5	175,081	178,410	323,62	498419,231	4064273,407	2,50	-2,50	0,00
P96	3725,000	Droite 3	Pente 5	175,451	178,410	323,62	498410,167	4064250,108	2,50	-2,50	0,00
P97	3750,000	Droite 3	Pente 5	176,275	178,410	323,62	498401,103	4064226,809	2,50	-2,50	0,00
P98	3775,000	Droite 3	Pente 5	177,022	178,410	323,62	498392,039	4064203,510	2,50	-2,50	0,00
P99	3800,000	Droite 3	Pente 5	178,035	178,410	323,62	498382,976	4064180,211	2,50	-2,50	0,00
P100	3825,000	Droite 3	Pente 5	178,697	178,410	323,62	498373,912	4064156,912	2,50	-2,50	0,00
P101	3850,000	Droite 3	Pente 5	179,342	178,410	323,62	498364,848	4064133,612	2,50	-2,50	0,00
P102	3875,000	Droite 3	Pente 5	180,628	178,410	323,62	498355,784	4064110,313	2,50	-2,50	0,00
P103	3900,000	Droite 3	Pente 5	181,763	178,410	323,62	498346,721	4064087,014	2,50	-2,50	0,00
P104	3925,000	Droite 3	Parabole 4	181,690	178,382	323,62	498337,657	4064063,715	2,50	-2,50	-0,31
P105	3950,000	Droite 3	Parabole 4	180,914	178,253	323,62	498328,593	4064040,416	2,50	-2,50	-0,72
P106	3975,000	Droite 3	Parabole 4	179,204	178,021	323,62	498319,529	4064017,117	2,50	-2,50	-1,14
P107	4000,000	Droite 3	Parabole 4	176,951	177,684	323,62	498310,466	4063993,818	2,50	-2,50	-1,56
P108	4025,000	Droite 3	Parabole 4	176,688	177,243	323,62	498301,402	4063970,519	2,50	-2,50	-1,97
P109	4050,000	Droite 3	Pente 6	178,515	176,743	323,62	498292,338	4063947,220	2,50	-2,50	-2,00
P110	4075,000	Droite 3	Pente 6	180,529	176,244	323,62	498283,274	4063923,921	2,50	-2,50	-2,00
P111	4100,000	Droite 3	Pente 6	182,227	175,744	323,62	498274,211	4063900,621	2,50	-2,50	-2,00
P112	4125,000	Droite 3	Pente 6	184,893	175,244	323,62	498265,147	4063877,322	2,50	-2,50	-2,00
P113	4150,000	Droite 3	Pente 6	187,817	174,745	323,62	498256,083	4063854,023	2,50	-2,50	-2,00
P114	4175,000	Droite 3	Pente 6	189,213	174,245	323,62	498247,019	4063830,724	2,50	-2,50	-2,00
P115	4200,000	Droite 3	Pente 6	188,031	173,746	323,62	498237,956	4063807,425	2,50	-2,50	-2,00
P116	4225,000	Droite 3	Pente 6	185,705	173,246	323,62	498228,892	4063784,126	2,50	-2,50	-2,00
P117	4250,000	Droite 3	Pente 6	182,748	172,746	323,62	498219,828	4063760,827	2,50	-2,50	-2,00
P118	4275,000	Droite 3	Pente 6	181,888	172,247	323,62	498210,764	4063737,528	2,50	-2,50	-2,00
P119	4300,000	Droite 3	Pente 6	182,333	171,747	323,62	498201,701	4063714,229	2,50	-2,50	-2,00
P120	4325,000	Droite 3	Pente 6	182,158	171,247	323,62	498192,637	4063690,929	2,50	-2,50	-2,00
P121	4350,000	Droite 3	Pente 6	180,409	170,748	323,62	498183,573	4063667,630	2,50	-2,50	-2,00
P122	4375,000	Droite 3	Pente 6	178,938	170,248	323,62	498174,509	4063644,331	2,50	-2,50	-2,00
P123	4400,000	Droite 3	Pente 6	177,205	169,749	323,62	498165,446	4063621,032	2,50	-2,50	-2,00
P124	4425,000	Droite 3	Pente 6	175,621	169,249	323,62	498156,382	4063597,733	2,50	-2,50	-2,00
P125	4450,000	Droite 3	Pente 6	174,207	168,749	323,62	498147,318	4063574,434	2,50	-2,50	-2,00
P126	4475,000	Droite 3	Pente 6	173,011	168,250	323,62	498138,254	4063551,135	2,50	-2,50	-2,00
P127	4500,000	Droite 3	Pente 6	171,542	167,750	323,62	498129,190	4063527,836	2,50	-2,50	-2,00
P128	4525,000	Droite 3	Parabole 5	167,869	167,267	323,62	498120,127	4063504,537	2,50	-2,50	-1,71
P129	4546,090	Clothoïde 3	Pente 7	164,271	166,962	323,62	498112,481	4063484,882	2,50	-2,50	-1,24

P130	4550,000	Cloithoïde 3	Pente 7	164,205	166,914	323,61	498111,063	4063481,237	2,50	-2,50	-1,24
P131	4575,000	Cloithoïde 3	Pente 7	166,198	166,605	323,13	498102,068	4063457,912	2,50	-2,50	-1,24
P132	4600,000	Cloithoïde 3	Pente 7	167,549	166,296	321,92	498093,383	4063434,469	2,50	-2,50	-1,24
P133	4624,090	Arc 3	Pente 7	168,072	165,999	320,07	498085,560	4063411,686	2,50	-2,50	-1,24
P134	4625,000	Arc 3	Pente 7	168,077	165,988	319,99	498085,279	4063410,820	2,50	-2,50	-1,24
P135	4643,367	Arc 3	Pente 7	167,930	165,761	318,32	498079,836	4063393,279	2,50	-2,50	-1,24
P136	4650,000	Cloithoïde 4	Pente 7	167,777	165,679	317,74	498077,983	4063386,910	2,50	-2,50	-1,24
P137	4675,000	Cloithoïde 4	Pente 7	168,144	165,370	316,03	498071,453	4063362,779	2,50	-2,50	-1,24
P138	4700,000	Cloithoïde 4	Pente 7	168,178	165,061	315,04	498065,437	4063338,513	2,50	-2,50	-1,24
P139	4721,367	Cloithoïde 4	Pente 7	167,668	164,797	314,77	498060,495	4063317,726	2,50	-2,50	-1,24
P140	4725,000	Droite 4	Pente 7	167,577	164,752	314,77	498059,660	4063314,190	2,50	-2,50	-1,24
P141	4750,000	Droite 4	Pente 7	166,635	164,444	314,77	498053,911	4063289,860	2,50	-2,50	-1,24
P142	4775,000	Droite 4	Pente 7	165,575	164,135	314,77	498048,162	4063265,530	2,50	-2,50	-1,24
P143	4800,000	Droite 4	Pente 7	164,933	163,826	314,77	498042,413	4063241,200	2,50	-2,50	-1,24
P144	4825,000	Droite 4	Pente 7	164,303	163,517	314,77	498036,664	4063216,870	2,50	-2,50	-1,24
P145	4850,000	Droite 4	Pente 7	163,673	163,208	314,77	498030,915	4063192,540	2,50	-2,50	-1,24
P146	4875,000	Droite 4	Pente 7	163,208	162,900	314,77	498025,166	4063168,210	2,50	-2,50	-1,24
P147	4900,000	Droite 4	Pente 7	162,646	162,591	314,77	498019,417	4063143,880	2,50	-2,50	-1,24
P148	4925,000	Droite 4	Pente 7	162,019	162,282	314,77	498013,668	4063119,550	2,50	-2,50	-1,24
P149	4950,000	Droite 4	Pente 7	161,136	161,973	314,77	498007,919	4063095,220	2,50	-2,50	-1,24
P150	4975,000	Droite 4	Pente 7	160,495	161,664	314,77	498002,170	4063070,890	2,50	-2,50	-1,24
P151	5000,000	Droite 4	Pente 7	159,806	161,356	314,77	497996,421	4063046,560	2,50	-2,50	-1,24
P152	5025,000	Droite 4	Pente 7	158,927	161,047	314,77	497990,672	4063022,230	2,50	-2,50	-1,24
P153	5050,000	Droite 4	Pente 7	159,332	160,738	314,77	497984,923	4062997,900	2,50	-2,50	-1,24
P154	5075,000	Droite 4	Pente 7	158,825	160,429	314,77	497979,174	4062973,570	2,50	-2,50	-1,24
P155	5100,000	Droite 4	Pente 7	158,426	160,120	314,77	497973,425	4062949,240	2,50	-2,50	-1,24
P156	5125,000	Droite 4	Pente 7	157,959	159,812	314,77	497967,676	4062924,910	2,50	-2,50	-1,24
P157	5150,000	Droite 4	Pente 7	157,298	159,503	314,77	497961,927	4062900,580	2,50	-2,50	-1,24
P158	5175,000	Droite 4	Pente 7	156,543	159,194	314,77	497956,178	4062876,250	2,50	-2,50	-1,24
P159	5200,000	Droite 4	Pente 7	156,164	158,885	314,77	497950,429	4062851,920	2,50	-2,50	-1,24
P160	5225,000	Droite 4	Pente 7	155,361	158,576	314,77	497944,680	4062827,590	2,50	-2,50	-1,24
P161	5250,000	Droite 4	Pente 7	155,611	158,268	314,77	497938,931	4062803,260	2,50	-2,50	-1,24
P162	5275,000	Droite 4	Pente 7	155,022	157,959	314,77	497933,182	4062778,930	2,50	-2,50	-1,24
P163	5300,000	Droite 4	Pente 7	154,406	157,650	314,77	497927,433	4062754,600	2,50	-2,50	-1,24
P164	5325,000	Droite 4	Pente 7	153,488	157,341	314,77	497921,684	4062730,270	2,50	-2,50	-1,24
P165	5350,000	Droite 4	Pente 7	151,879	157,032	314,77	497915,935	4062705,940	2,50	-2,50	-1,24
P166	5364,004	Cloithoïde 5	Pente 7	150,068	156,859	314,77	497912,715	4062692,311	2,50	-2,50	-1,24
P167	5375,000	Cloithoïde 5	Pente 7	148,860	156,724	314,70	497910,190	4062681,609	2,50	-1,71	-1,24
P168	5400,000	Cloithoïde 5	Pente 7	149,475	156,415	314,00	497904,580	4062657,247	2,50	0,07	-1,24
P169	5425,000	Cloithoïde 5	Pente 7	149,121	156,106	312,55	497899,382	4062632,794	2,50	1,86	-1,24
P170	5450,000	Cloithoïde 5	Pente 7	148,780	155,797	310,35	497894,887	4062608,202	3,64	3,64	-1,24
P171	5475,000	Cloithoïde 5	Pente 7	151,048	155,488	307,40	497891,390	4062583,451	5,43	5,43	-1,24
P172	5497,004	Arc 4	Pente 7	152,358	155,217	304,19	497889,374	4062561,542	7,00	7,00	-1,24
P173	5500,000	Arc 4	Pente 7	152,341	155,180	303,71	497889,188	4062558,551	7,00	7,00	-1,24
P174	5525,000	Arc 4	Pente 7	151,825	154,871	299,73	497888,512	4062533,564	7,00	7,00	-1,24
P175	5550,000	Arc 4	Pente 7	150,760	154,562	295,75	497889,398	4062508,584	7,00	7,00	-1,24

P176	5575,000	Arc 4	Pente 7	150,448	154,253	291,77	497891,843	4062483,708	7,00	7,00	-1,24
P177	5600,000	Arc 4	Pente 7	150,082	153,944	287,80	497895,836	4062459,033	7,00	7,00	-1,24
P178	5625,000	Arc 4	Pente 7	149,796	153,636	283,82	497901,363	4062434,656	7,00	7,00	-1,24
P179	5650,000	Arc 4	Pente 7	150,041	153,327	279,84	497908,402	4062410,672	7,00	7,00	-1,24
P180	5675,000	Arc 4	Pente 7	150,462	153,018	275,86	497916,925	4062387,174	7,00	7,00	-1,24
P181	5700,000	Arc 4	Pente 7	150,985	152,709	271,88	497926,899	4062364,254	7,00	7,00	-1,24
P182	5725,000	Arc 4	Pente 7	151,534	152,400	267,90	497938,285	4062342,002	7,00	7,00	-1,24
P183	5750,000	Arc 4	Pente 7	152,021	152,092	263,92	497951,039	4062320,504	7,00	7,00	-1,24
P184	5775,000	Arc 4	Pente 7	152,488	151,783	259,94	497965,110	4062299,846	7,00	7,00	-1,24
P185	5800,000	Arc 4	Pente 7	152,262	151,474	255,96	497980,445	4062280,106	7,00	7,00	-1,24
P186	5825,000	Arc 4	Pente 7	152,083	151,165	251,99	497996,982	4062261,363	7,00	7,00	-1,24
P187	5850,000	Arc 4	Pente 7	152,105	150,856	248,01	498014,658	4062243,689	7,00	7,00	-1,24
P188	5858,011	Arc 4	Pente 7	152,083	150,758	246,73	498020,551	4062238,263	7,00	7,00	-1,24
P189	5875,000	Clothoïde 6	Pente 7	152,119	150,548	244,20	498033,393	4062227,142	5,79	5,79	-1,24
P190	5900,000	Clothoïde 6	Pente 7	152,204	150,239	241,10	498053,002	4062211,638	4,00	4,00	-1,24
P191	5925,000	Clothoïde 6	Pente 7	151,668	149,930	238,76	498073,257	4062196,987	2,50	2,22	-1,24
P192	5950,000	Clothoïde 6	Parabole 6	151,166	149,646	237,15	498093,957	4062182,970	2,50	0,43	-0,88
P193	5975,000	Clothoïde 6	Parabole 6	150,665	149,504	236,30	498114,924	4062169,354	2,50	-1,36	-0,26
P194	5991,011	Clothoïde 6	Parabole 6	150,212	149,495	236,15	498128,415	4062160,733	2,50	-2,50	0,14
P195	6000,000	Droite 5	Parabole 6	149,891	149,518	236,15	498135,994	4062155,899	2,50	-2,50	0,37
P196	6025,000	Droite 5	Parabole 6	148,966	149,688	236,15	498157,071	4062142,454	2,50	-2,50	0,99
P197	6050,000	Droite 5	Parabole 6	148,386	150,014	236,15	498178,148	4062129,009	2,50	-2,50	1,62
P198	6075,000	Droite 5	Parabole 6	147,792	150,497	236,15	498199,225	4062115,564	2,50	-2,50	2,24
P199	6100,000	Droite 5	Parabole 6	147,255	151,136	236,15	498220,302	4062102,120	2,50	-2,50	2,87
P200	6125,000	Droite 5	Parabole 6	146,507	151,931	236,15	498241,379	4062088,675	2,50	-2,50	3,49
P201	6147,014	Clothoïde 7	Parabole 6	145,378	152,760	236,15	498259,939	4062076,836	2,50	-2,50	4,04
P202	6150,000	Clothoïde 7	Parabole 6	145,225	152,882	236,15	498262,456	4062075,230	2,50	-2,50	4,12
P203	6175,000	Clothoïde 7	Pente 8	144,201	153,983	236,60	498283,496	4062061,729	2,50	-2,50	4,56
P204	6200,000	Clothoïde 7	Pente 8	143,245	155,124	237,78	498304,362	4062047,960	2,50	-2,50	4,56
P205	6225,000	Clothoïde 7	Pente 8	142,666	156,265	239,69	498324,888	4062033,688	2,50	-2,50	4,56
P206	6225,014	Arc 5	Pente 8	142,666	156,265	239,70	498324,899	4062033,680	2,50	-2,50	4,56
P207	6250,000	Arc 5	Pente 8	142,347	157,405	241,97	498344,919	4062018,732	2,50	-2,50	4,56
P208	6275,000	Arc 5	Pente 8	142,381	158,546	244,24	498364,403	4062003,070	2,50	-2,50	4,56
P209	6300,000	Arc 5	Pente 8	142,621	159,687	246,51	498383,315	4061986,722	2,50	-2,50	4,56
P210	6325,000	Arc 5	Pente 8	144,007	160,827	248,79	498401,632	4061969,709	2,50	-2,50	4,56
P211	6350,000	Arc 5	Pente 8	145,873	161,968	251,06	498419,329	4061952,053	2,50	-2,50	4,56
P212	6375,000	Arc 5	Pente 8	147,608	163,109	253,34	498436,385	4061933,777	2,50	-2,50	4,56
P213	6400,000	Arc 5	Pente 8	151,872	164,249	255,61	498452,777	4061914,903	2,50	-2,50	4,56
P214	6425,000	Arc 5	Pente 8	157,932	165,390	257,88	498468,485	4061895,455	2,50	-2,50	4,56
P215	6450,000	Arc 5	Pente 8	162,744	166,531	260,16	498483,489	4061875,460	2,50	-2,50	4,56
P216	6475,000	Arc 5	Pente 8	168,109	167,671	262,43	498497,769	4061854,941	2,50	-2,50	4,56
P217	6500,000	Arc 5	Pente 8	173,528	168,812	264,70	498511,307	4061833,926	2,50	-2,50	4,56
P218	6525,000	Arc 5	Pente 8	178,656	169,953	266,98	498524,086	4061812,440	2,50	-2,50	4,56
P219	6550,000	Arc 5	Parabole 7	181,476	171,093	269,25	498536,090	4061790,512	2,50	-2,50	4,52

P220	6575,000	Arc 5	Parabole 7	183,535	172,170	271,52	498547,303	4061768,169	2,50	-2,50	4,10
P221	6600,000	Arc 5	Parabole 7	184,923	173,143	273,80	498557,712	4061745,440	2,50	-2,50	3,68
P222	6625,000	Arc 5	Parabole 7	185,504	174,011	276,07	498567,302	4061722,354	2,50	-2,50	3,27
P223	6650,000	Arc 5	Parabole 7	184,186	174,776	278,35	498576,061	4061698,941	2,50	-2,50	2,85
P224	6670,908	Arc 5	Parabole 7	183,965	175,336	280,25	498582,741	4061679,130	2,50	-2,50	2,50
P225	6675,000	Clothoïde 8	Parabole 7	184,197	175,436	280,61	498583,979	4061675,229	2,50	-2,50	2,43
P226	6700,000	Clothoïde 8	Parabole 7	185,602	175,993	282,40	498591,118	4061651,271	2,50	-2,50	2,02
P227	6725,000	Clothoïde 8	Parabole 7	186,018	176,445	283,46	498597,718	4061627,158	2,50	-2,50	1,60
P228	6748,908	Clothoïde 8	Parabole 7	184,321	176,780	283,79	498603,779	4061604,031	2,50	-2,50	1,20
P229	6750,000	Droite 6	Parabole 7	184,240	176,793	283,79	498604,054	4061602,974	2,50	-2,50	1,18
P230	6775,000	Droite 6	Parabole 7	181,595	177,037	283,79	498610,349	4061578,780	2,50	-2,50	0,77
P231	6800,000	Droite 6	Parabole 7	179,141	177,176	283,79	498616,645	4061554,586	2,50	-2,50	0,35
P232	6825,000	Droite 6	Parabole 7	177,551	177,212	283,79	498622,941	4061530,391	2,50	-2,50	-0,07
P233	6850,000	Droite 6	Parabole 7	177,237	177,143	283,79	498629,236	4061506,197	2,50	-2,50	-0,48
P234	6875,000	Droite 6	Parabole 7	175,776	176,970	283,79	498635,532	4061482,003	2,50	-2,50	-0,90
P235	6898,997	Clothoïde 9	Parabole 7	173,014	176,706	283,79	498641,575	4061458,779	2,50	-2,50	-1,30
P236	6900,000	Clothoïde 9	Parabole 7	172,871	176,693	283,79	498641,827	4061457,808	2,50	-2,50	-1,32
P237	6925,000	Clothoïde 9	Parabole 7	168,526	176,312	283,55	498648,154	4061433,622	2,50	-2,50	-1,73
P238	6950,000	Clothoïde 9	Pente 9	166,266	175,830	282,87	498654,656	4061409,483	2,50	-2,50	-2,04
P239	6975,000	Clothoïde 9	Pente 9	165,041	175,321	281,75	498661,499	4061385,438	2,50	-2,50	-2,04
P240	6998,997	Arc 6	Pente 9	163,162	174,833	280,26	498668,541	4061362,498	2,50	-2,50	-2,04
P241	7000,000	Arc 6	Pente 9	163,106	174,812	280,19	498668,848	4061361,543	2,50	-2,50	-2,04
P242	7025,000	Arc 6	Pente 9	161,720	174,304	278,42	498676,833	4061337,853	2,50	-2,50	-2,04
P243	7050,000	Arc 6	Pente 9	159,890	173,795	276,65	498685,473	4061314,395	2,50	-2,50	-2,04
P244	7075,000	Arc 6	Pente 9	157,851	173,286	274,88	498694,762	4061291,185	2,50	-2,50	-2,04
P245	7100,000	Arc 6	Pente 9	156,157	172,777	273,11	498704,691	4061268,242	2,50	-2,50	-2,04
P246	7125,000	Arc 6	Pente 9	155,760	172,268	271,34	498715,254	4061245,584	2,50	-2,50	-2,04
P247	7150,000	Arc 6	Pente 9	153,358	171,759	269,58	498726,442	4061223,228	2,50	-2,50	-2,04
P248	7175,000	Arc 6	Pente 9	151,067	171,250	267,81	498738,247	4061201,192	2,50	-2,50	-2,04
P249	7200,000	Arc 6	Pente 9	150,793	170,741	266,04	498750,659	4061179,492	2,50	-2,50	-2,04
P250	7225,000	Arc 6	Pente 9	149,890	170,232	264,27	498763,669	4061158,145	2,50	-2,50	-2,04
P251	7250,000	Arc 6	Pente 9	153,205	169,724	262,50	498777,267	4061137,167	2,50	-2,50	-2,04
P252	7275,000	Arc 6	Pente 9	155,962	169,215	260,73	498791,442	4061116,575	2,50	-2,50	-2,04
P253	7300,000	Arc 6	Pente 9	156,333	168,706	258,97	498806,184	4061096,385	2,50	-2,50	-2,04
P254	7319,402	Arc 6	Pente 9	162,277	168,311	257,59	498818,008	4061081,003	2,50	-2,50	-2,04
P255	7325,000	Arc 6	Pente 9	161,472	168,197	257,20	498821,481	4061076,613	2,50	-2,50	-2,04
P256	7350,000	Arc 6	Pente 9	164,959	167,688	255,43	498837,321	4061057,272	2,50	-2,50	-2,04
P257	7375,000	Arc 6	Pente 9	167,233	167,179	253,66	498853,692	4061038,379	2,50	-2,50	-2,04
P258	7400,000	Arc 6	Pente 9	174,467	166,670	251,89	498870,582	4061019,948	2,50	-2,50	-2,04
P259	7425,000	Arc 6	Pente 9	175,491	166,161	250,12	498887,977	4061001,994	2,50	-2,50	-2,04
P260	7450,000	Arc 6	Pente 9	177,789	165,653	248,36	498905,864	4060984,529	2,50	-2,50	-2,04
P261	7475,000	Arc 6	Pente 9	177,237	165,144	246,59	498924,229	4060967,568	2,50	-2,50	-2,04
P262	7500,000	Arc 6	Pente 9	175,524	164,635	244,82	498943,058	4060951,123	2,50	-2,50	-2,04

P263	7525,000	Arc 6	Pente 9	172,847	164,126	243,05	498962,337	4060935,208	2,50	-2,50	-2,04
P264	7527,285	Arc 6	Pente 9	172,616	164,079	242,89	498964,121	4060933,780	2,50	-2,50	-2,04
P265	7550,000	Clothoïde 10	Pente 9	170,391	163,617	241,46	498982,037	4060919,817	2,50	-2,50	-2,04
P266	7575,000	Clothoïde 10	Pente 9	167,996	163,108	240,32	499002,063	4060904,853	2,50	-2,50	-2,04
P267	7600,000	Clothoïde 10	Pente 9	165,942	162,599	239,62	499022,305	4060890,180	2,50	-2,50	-2,04
P268	7625,000	Clothoïde 10	Pente 9	163,079	162,090	239,35	499042,657	4060875,662	2,50	-2,50	-2,04
P269	7627,285	Clothoïde 10	Pente 9	162,797	162,044	239,35	499044,519	4060874,337	2,50	-2,50	-2,04
P270	7650,000	Droite 7	Pente 10	160,131	161,432	239,35	499063,031	4060861,174	2,50	-2,50	-4,33
P271	7675,000	Droite 7	Pente 10	157,208	160,349	239,35	499083,405	4060846,686	2,50	-2,50	-4,33
P272	7700,000	Droite 7	Pente 10	154,976	159,266	239,35	499103,779	4060832,198	2,50	-2,50	-4,33
P273	7725,000	Droite 7	Pente 10	154,726	158,183	239,35	499124,153	4060817,710	2,50	-2,50	-4,33
P274	7750,000	Droite 7	Pente 10	153,949	157,101	239,35	499144,527	4060803,222	2,50	-2,50	-4,33
P275	7775,000	Droite 7	Pente 10	150,060	156,018	239,35	499164,901	4060788,734	2,50	-2,50	-4,33
P276	7800,000	Droite 7	Pente 10	146,239	154,935	239,35	499185,275	4060774,246	2,50	-2,50	-4,33
P277	7825,000	Droite 7	Pente 10	144,497	153,852	239,35	499205,649	4060759,759	2,50	-2,50	-4,33
P278	7850,000	Droite 7	Pente 10	142,802	152,770	239,35	499226,023	4060745,271	2,50	-2,50	-4,33
P279	7875,000	Droite 7	Pente 10	145,324	151,687	239,35	499246,397	4060730,783	2,50	-2,50	-4,33
P280	7900,000	Droite 7	Pente 10	148,109	150,604	239,35	499266,771	4060716,295	2,50	-2,50	-4,33
P281	7925,000	Droite 7	Pente 10	150,977	149,521	239,35	499287,145	4060701,807	2,50	-2,50	-4,33
P282	7950,000	Droite 7	Pente 10	153,986	148,438	239,35	499307,519	4060687,319	2,50	-2,50	-4,33
P283	7975,000	Droite 7	Pente 10	157,186	147,356	239,35	499327,893	4060672,831	1,55	-2,50	-4,33
P284	7992,005	Clothoïde 11	Pente 10	158,919	146,619	239,35	499341,751	4060662,977	0,34	-2,50	-4,33
P285	8000,000	Clothoïde 11	Pente 10	159,437	146,273	239,41	499348,266	4060658,341	-0,23	-2,50	-4,33
P286	8025,000	Clothoïde 11	Pente 10	160,858	145,190	240,34	499368,541	4060643,716	-2,02	-2,50	-4,33
P287	8050,000	Clothoïde 11	Pente 10	160,809	144,107	242,41	499388,466	4060628,618	-3,80	-3,80	-4,33
P288	8062,005	Arc 7	Pente 10	160,193	143,588	243,81	499397,824	4060621,100	-4,66	-4,66	-4,33
P289	8075,000	Arc 7	Pente 10	159,864	143,025	245,46	499407,754	4060612,717	-4,66	-4,66	-4,33
P290	8100,000	Arc 7	Pente 10	158,274	141,942	248,65	499426,228	4060595,878	-4,66	-4,66	-4,33
P291	8125,000	Arc 7	Pente 10	153,581	140,859	251,83	499443,838	4060578,136	-4,66	-4,66	-4,33
P292	8150,000	Arc 7	Pente 10	149,098	139,776	255,01	499460,539	4060559,536	-4,66	-4,66	-4,33
P293	8175,000	Arc 7	Pente 10	145,293	138,694	258,20	499476,290	4060540,125	-4,66	-4,66	-4,33
P294	8200,000	Arc 7	Pente 10	141,704	137,611	261,38	499491,051	4060519,951	-4,66	-4,66	-4,33
P295	8225,000	Arc 7	Parabole 8	137,225	136,535	264,56	499504,785	4060499,065	-4,66	-4,66	-4,15
P296	8250,000	Arc 7	Parabole 8	132,188	135,576	267,74	499517,458	4060477,518	-4,66	-4,66	-3,52
P297	8275,000	Arc 7	Parabole 8	127,130	134,774	270,93	499529,038	4060455,365	-4,66	-4,66	-2,90
P298	8300,000	Arc 7	Parabole 8	122,089	134,128	274,11	499539,497	4060432,661	-4,66	-4,66	-2,27
P299	8325,000	Arc 7	Parabole 8	117,145	133,638	277,29	499548,808	4060409,462	-4,66	-4,66	-1,65
P300	8350,000	Arc 7	Parabole 8	115,374	133,304	280,48	499556,947	4060385,827	-4,66	-4,66	-1,02
P301	8375,000	Arc 7	Parabole 8	114,424	133,127	283,66	499563,896	4060361,815	-4,66	-4,66	-0,40
P302	8400,000	Arc 7	Parabole 8	114,812	133,105	286,84	499569,635	4060337,485	-4,66	-4,66	0,23
P303	8425,000	Arc 7	Parabole 8	115,212	133,240	290,03	499574,151	4060312,899	-4,66	-4,66	0,85
P304	8450,000	Arc 7	Parabole 8	115,548	133,532	293,21	499577,433	4060288,118	-4,66	-4,66	1,48

P305	8475,000	Arc 7	Parabole 8	124,255	133,979	296,39	499579,473	4060263,204	-4,66	-4,66	2,10
P306	8500,000	Arc 7	Parabole 8	133,892	134,583	299,58	499580,264	4060238,219	-4,66	-4,66	2,73
P307	8525,000	Arc 7	Parabole 8	137,526	135,343	302,76	499579,806	4060213,226	-4,66	-4,66	3,35
P308	8550,000	Arc 7	Parabole 8	140,635	136,260	305,94	499578,099	4060188,287	-4,66	-4,66	3,98
P309	8559,604	Arc 7	Parabole 8	141,687	136,653	307,16	499577,112	4060178,734	-4,66	-4,66	4,22
P310	8575,000	Clothoïde 12	Parabole 8	143,216	137,332	308,91	499575,165	4060163,462	-3,56	-3,56	4,60
P311	8600,000	Clothoïde 12	Pente 11	145,378	138,553	310,82	499571,270	4060138,768	-1,77	-2,50	5,03
P312	8625,000	Clothoïde 12	Pente 11	147,499	139,809	311,60	499566,853	4060114,162	0,01	-2,50	5,03
P313	8629,604	Clothoïde 12	Pente 11	147,892	140,040	311,62	499566,018	4060109,634	0,34	-2,50	5,03
P314	8650,000	Droite 8	Pente 11	149,634	141,065	311,62	499562,315	4060089,577	1,80	-2,50	5,03
P315	8675,000	Droite 8	Pente 11	149,079	142,322	311,62	499557,777	4060064,992	2,50	-2,50	5,03
P316	8700,000	Droite 8	Pente 11	148,859	143,578	311,62	499553,239	4060040,408	2,50	-2,50	5,03
P317	8725,000	Droite 8	Pente 11	149,378	144,834	311,62	499548,701	4060015,823	2,50	-2,50	5,03
P318	8750,000	Droite 8	Pente 11	149,513	146,090	311,62	499544,163	4059991,238	2,50	-2,50	5,03
P319	8775,000	Droite 8	Pente 11	148,634	147,347	311,62	499539,625	4059966,654	2,50	-2,50	5,03
P320	8793,370	Clothoïde 13	Pente 11	146,891	148,270	311,62	499536,290	4059948,589	2,50	-2,50	5,03
P321	8800,000	Clothoïde 13	Pente 11	146,673	148,603	311,65	499535,086	4059942,069	2,03	-2,50	5,03
P322	8825,000	Clothoïde 13	Pente 11	142,653	149,859	312,22	499530,451	4059917,503	0,24	-2,50	5,03
P323	8850,000	Clothoïde 13	Pente 11	145,473	151,116	313,54	499525,452	4059893,008	-1,55	-2,50	5,03
P324	8875,000	Clothoïde 13	Pente 11	150,039	152,372	315,61	499519,803	4059868,656	-3,33	-3,33	5,03
P325	8900,000	Clothoïde 13	Pente 11	155,949	153,628	318,42	499513,224	4059844,539	-5,12	-5,12	5,03
P326	8925,000	Clothoïde 13	Pente 11	159,346	154,884	321,99	499505,446	4059820,783	-6,90	-6,90	5,03
P327	8926,370	Arc 8	Pente 11	159,483	154,953	322,20	499504,980	4059819,495	-7,00	-7,00	5,03
P328	8950,000	Arc 8	Pente 11	162,039	156,141	325,97	499496,253	4059797,539	-7,00	-7,00	5,03
P329	8975,000	Arc 8	Pente 11	165,117	157,397	329,94	499485,627	4059774,914	-7,00	-7,00	5,03
P330	9000,000	Arc 8	Pente 11	168,086	158,653	333,92	499473,608	4059752,998	-7,00	-7,00	5,03
P331	9025,000	Arc 8	Pente 11	169,860	159,910	337,90	499460,243	4059731,875	-7,00	-7,00	5,03
P332	9050,000	Arc 8	Pente 11	171,211	161,166	341,88	499445,585	4059711,627	-7,00	-7,00	5,03
P333	9051,833	Arc 8	Pente 11	171,337	161,258	342,17	499444,461	4059710,179	-7,00	-7,00	5,03
P334	9075,000	Clothoïde 14	Pente 11	172,075	162,422	345,54	499429,721	4059692,310	-5,35	-5,35	5,03
P335	9100,000	Clothoïde 14	Pente 11	171,421	163,678	348,45	499412,881	4059673,836	-3,56	-3,56	5,03
P336	9125,000	Clothoïde 14	Pente 11	170,489	164,935	350,61	499395,317	4059656,047	-1,77	-2,50	5,03
P337	9150,000	Clothoïde 14	Pente 11	169,236	166,191	352,03	499377,259	4059638,758	0,01	-2,50	5,03
P338	9175,000	Clothoïde 14	Pente 11	168,011	167,447	352,70	499358,921	4059621,767	1,80	-2,50	5,03
P339	9184,833	Clothoïde 14	Pente 11	168,147	167,941	352,76	499351,675	4059615,119	2,50	-2,50	5,03
P340	9200,000	Droite 9	Pente 11	168,699	168,704	352,76	499340,497	4059604,869	2,50	-2,50	5,03
P341	9203,885	Droite 9	Aucun	168,816	Aucun	352,76	499337,633	4059602,244	2,50	-2,50	0,00

Cubature récapitulatif

Matériau	Remblais	Déblais	Couche de forme	Couche de base	Couche de roulement
Volume(m ³)	1980768.1	1201644.5	96194.3	54332.2	16727.1

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État / Master

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Matériaux & Structures

Thème

Étude en APD de la liaison de 5 juillet vers la 2eme
rocade du PK1+500 au PK Fin avec conception d'un
échangeur.

Présenté par :

Mlle.BELKEBIR Khadidja Hana

Encadré par :

Mr. DERRADJI Ayachi.

Promotion 2022 /2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Slope stability analysis

Input data

Project

Task : Projet fin d'etude
 Part : Etude de la stabilite
 Description : Profil 19 Remblai
 Customer : ENSTP
 Author : BELKEBIR Khadidja Hana
 Date : 26/05/2023
 Project number : 02

Settings

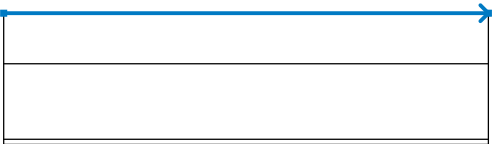
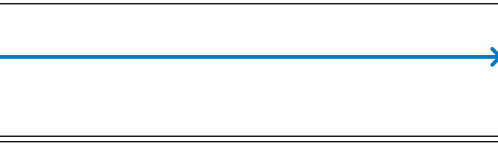
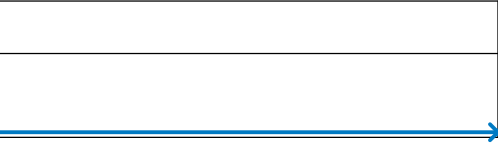
USA - Safety factor

Stability analysis


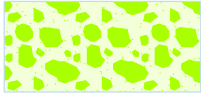

Earthquake analysis : Standard
 Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors	
Permanent design situation	
Safety factor :	$SF_s = 1,50 [-]$

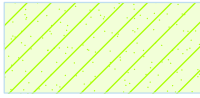
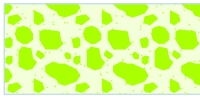

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-48,00	0,00	48,00	0,00		
2		-48,00	-10,00	48,00	-10,00		
3		-48,00	-25,00	48,00	-25,00		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	C_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	Marne		10,00	15,00	21,00
2	Marne compacte		20,00	20,00	22,00
3	remblai		22,00	30,00	20,00

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	Marne		21,00		
2	Marne compacte		22,00		
3	remblai		20,00		

Soil parameters

Marne

Unit weight : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 10,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 15,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

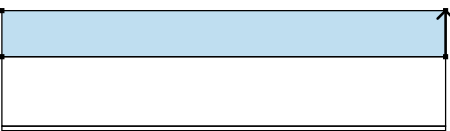
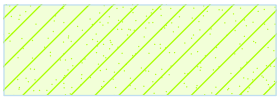
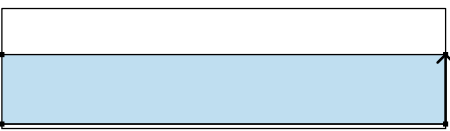
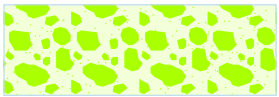
Marne compacte

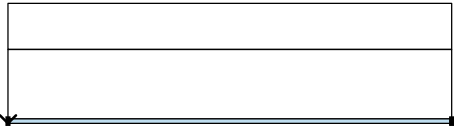
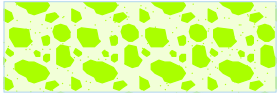
Unit weight : $\gamma = 22,00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 20,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 20,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

remblai

Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 22,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 30,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		48,00	-10,00	48,00	0,00	Marne 
		-48,00	0,00	-48,00	-10,00	
2		48,00	-25,00	48,00	-10,00	Marne compacte 
		-48,00	-10,00	-48,00	-25,00	

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
3		-48,00	-25,00	-48,00	-26,00	Marne compacte
		48,00	-26,00	48,00	-25,00	
						

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1 (stage 1)

Circular slip surface

Slip surface is not specified

Slope stability verification (Bishop)

Analysis has not been performed.

Analysis 2 (stage 1)

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center :	x =	1,73 [m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-48,81 [°]
	z =	33,69 [m]		$\alpha_2 =$	48,81 [°]
Radius :	R =	51,16 [m]			

Analysis of the slip surface without optimization.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 0,00$ kN/m

Sum of passive forces : $F_p = 8673,11$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 0,00$ kNm/m

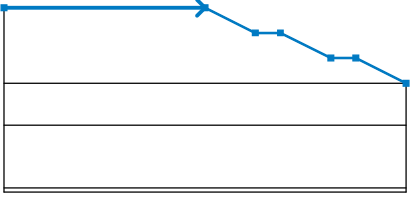
Resisting moment : $M_p = 443716,38$ kNm/m

Factor of safety = $4437163765,28 > 1,50$

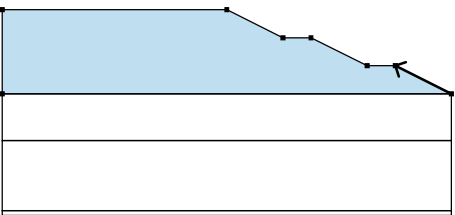

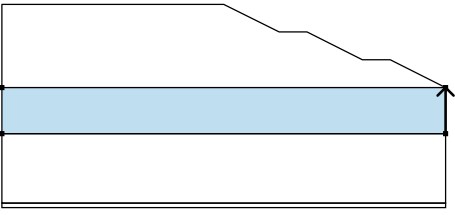
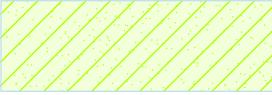
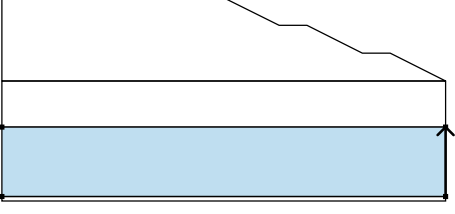
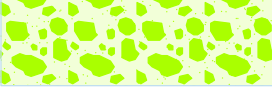

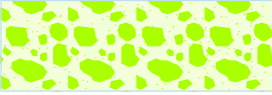
Slope stability ACCEPTABLE

Input data (Stage of construction 2)

Embankment interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-48,00	18,00	0,00	18,00	12,00	12,00
		18,00	12,00	30,00	6,00	36,00	6,00
		48,00	0,00				

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		48,00	0,00	36,00	6,00	remblai 
		30,00	6,00	18,00	12,00	
		12,00	12,00	0,00	18,00	
		-48,00	18,00	-48,00	0,00	
2		48,00	-10,00	48,00	0,00	Marne 
		-48,00	0,00	-48,00	-10,00	
3		48,00	-25,00	48,00	-10,00	Marne compacte 
		-48,00	-10,00	-48,00	-25,00	
4		-48,00	-25,00	-48,00	-26,00	Marne compacte 
		48,00	-26,00	48,00	-25,00	

Surcharge

No.	Surcharge		Type	Type of action	Location z [m]	Origin x [m]	Length l [m]	Width b [m]	Slope α [°]	Magnitude		
	new	change								q, q ₁ , f, F	q ₂	unit
1	Yes		strip	permanent	on terrain	x = -7,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m ²

Surcharges

No.	Name
1	surcharge voirie

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 2)

Analysis 1 (stage 2)

Circular slip surface

Slip surface is not specified

Slope stability verification (Bishop)

Analysis has not been performed.

Analysis 2 (stage 2)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	1,73	[m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-72,14	[°]
	z =	33,69	[m]		$\alpha_2 =$	52,80	[°]
Radius :	R =	51,16	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 4561,22$ kN/m

Sum of passive forces : $F_p = 18133,30$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 233351,91$ kNm/m

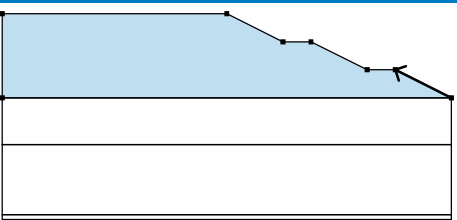

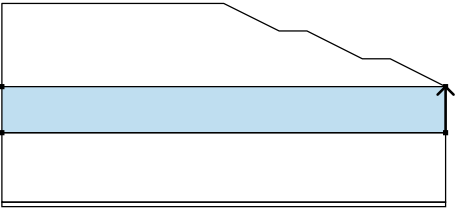
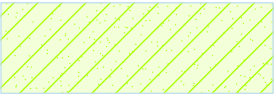
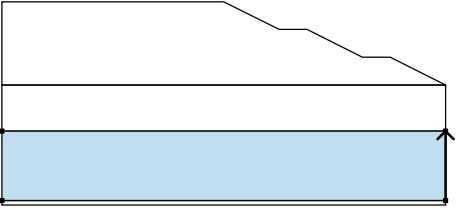
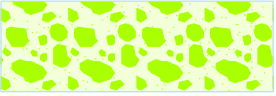
Resisting moment : $M_p = 927699,74$ kNm/m

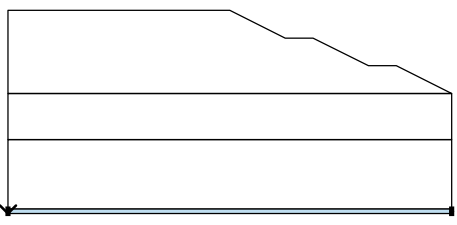
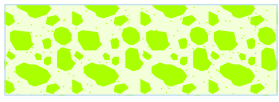
Factor of safety = 3,98 > 1,50

Slope stability ACCEPTABLE

Input data (Stage of construction 3)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		48,00	0,00	36,00	6,00	remblai 
		30,00	6,00	18,00	12,00	
		12,00	12,00	0,00	18,00	
		-48,00	18,00	-48,00	0,00	
2		48,00	-10,00	48,00	0,00	Marne 
		-48,00	0,00	-48,00	-10,00	
3		48,00	-25,00	48,00	-10,00	Marne compacte 
		-48,00	-10,00	-48,00	-25,00	

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
4		-48,00	-25,00	-48,00	-26,00	Marne compacte
		48,00	-26,00	48,00	-25,00	
						

Surcharge

No.	Surcharge		Type	Type of action	Location z [m]	Origin x [m]	Length l [m]	Width b [m]	Slope α [°]	Magnitude	
	new	change								q, q ₁ , f, F	q ₂
1	No	No	strip	permanent	on terrain	x = -7,50	l = 6,50		0,00	20,00	kN/m ²

Surcharges

No.	Name
1	surcharge voirie

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient : $K_h = 0,15$

Vertical seismic coefficient : $K_v = 0,04$

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 3)

Analysis 1 (stage 3)

Circular slip surface

Slip surface is not specified

Slope stability verification (Bishop)

Analysis has not been performed.

Analysis 2 (stage 3)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	0,19	[m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-81,14	[°]
	z =	23,71	[m]		$\alpha_2 =$	61,46	[°]
Radius :	R =	37,08	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 5310,70$ kN/m

Sum of passive forces : $F_p = 11817,87$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 196895,88$ kNm/m

Resisting moment : $M_p = 438151,38$ kNm/m

Factor of safety = 2,23 > 1,50

Slope stability ACCEPTABLE

Slope stability analysis

Input data

Project

Task : Projet fin d'etude
 Part : Etude de stabilite
 Description : profil 285
 Customer : ENSTP
 Author : BELKEBIR khadidja Hana
 Date : 26/05/2023
 Project number : 01

Settings

USA - Safety factor

Stability analysis


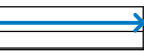
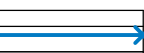
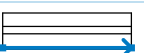
Earthquake analysis : Standard
 Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors

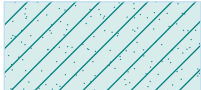
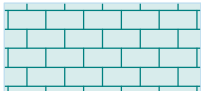

Permanent design situation

Safety factor : $SF_s = 1,50$ [-]

Interface

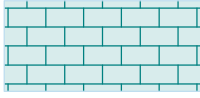

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-48,00	19,00	48,00	19,00		
2		-48,00	9,00	48,00	9,00		
3		-48,00	3,50	48,00	3,50		
4		-48,00	-7,00	48,00	-7,00		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	Φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	Argile marneuse		26,00	27,00	21,50
2	marne alteree		20,00	64,00	21,00
3	marne compacte		12,00	122,00	21,70

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	Argile marneuse		21,50		

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
2	marne alteree		21,50		
3	marne compacte		21,70		

Soil parameters

Argile marneuse

Unit weight : $\gamma = 21,50 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 26,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 27,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 21,50 \text{ kN/m}^3$

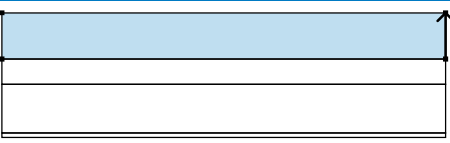
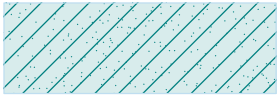
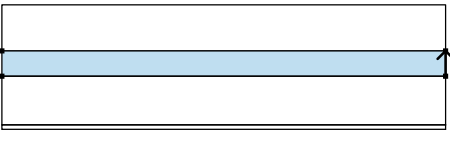
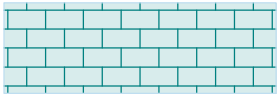
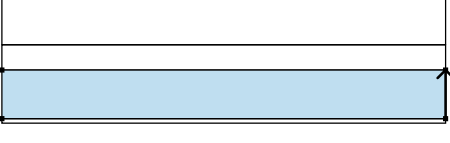

marne alteree

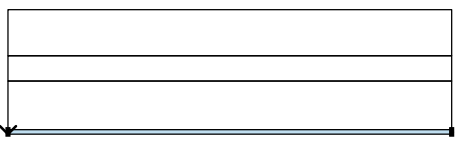

Unit weight : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 20,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 64,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 21,50 \text{ kN/m}^3$

marne compacte

Unit weight : $\gamma = 21,70 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 12,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 122,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 21,70 \text{ kN/m}^3$

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		48,00	9,00	48,00	19,00	Argile marneuse 
		-48,00	19,00	-48,00	9,00	
2		48,00	3,50	48,00	9,00	marne alteree 
		-48,00	9,00	-48,00	3,50	
3		48,00	-7,00	48,00	3,50	marne compacte 
		-48,00	3,50	-48,00	-7,00	

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
4		-48,00	-7,00	-48,00	-8,00	marne compacte
		48,00	-8,00	48,00	-7,00	
						

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1 (stage 1)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	0,41	[m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-40,41	[°]
	z =	54,81	[m]		$\alpha_2 =$	40,41	[°]
Radius :	R =	47,03	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 0,00$ kN/m

Sum of passive forces : $F_p = 7114,03$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 0,00$ kNm/m

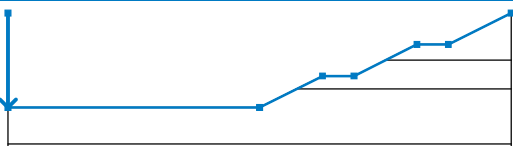
Resisting moment : $M_p = 334587,04$ kNm/m

Factor of safety = $3345870373,95 > 1,50$

Slope stability ACCEPTABLE

Input data (Stage of construction 2)

Earth cut

No.	Cut location	Coordinates of cut points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-48,00	18,00	-48,00	0,00	0,00	0,00
		12,00	6,00	18,00	6,00	30,00	12,00
		36,00	12,00	48,00	18,00		

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		48,00	9,00	48,00	18,00	Argile marneuse
		36,00	12,00	30,00	12,00	
		24,00	9,00			
2		48,00	3,50	48,00	9,00	marne alteree
		24,00	9,00	18,00	6,00	
		12,00	6,00	7,00	3,50	
3		48,00	-7,00	48,00	3,50	marne compacte
		7,00	3,50	0,00	0,00	
		-48,00	0,00	-48,00	-7,00	
4		-48,00	-7,00	-48,00	-8,00	marne compacte
		48,00	-8,00	48,00	-7,00	

Surcharge

No.	Surcharge		Type	Type of action	Location	Origin	Length	Width	Slope	Magnitude		
	new	change								z [m]	x [m]	l [m]
1	Yes		strip	permanent	on terrain	x = -9,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m ²

Surcharges

No.	Name
1	surcharge voirie

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 2)

Analysis 1 (stage 2)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	15,38	[m]	Angles :	α ₁ =	-36,31	[°]
	z =	22,88	[m]		α ₂ =	74,69	[°]
Analysis of the slip surface without optimization.							

Slip surface parameters

Radius : R = 28,40 [m]

Analysis of the slip surface without optimization.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 2030,63$ kN/m

Sum of passive forces : $F_p = 7834,40$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 57670,03$ kNm/m

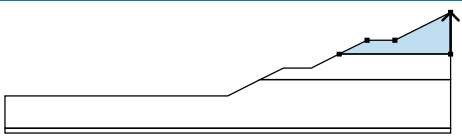
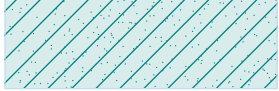
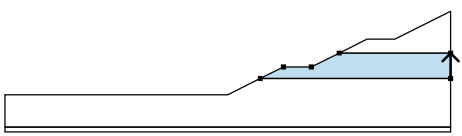

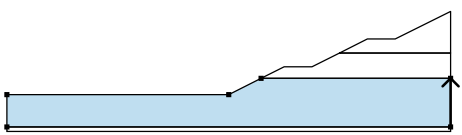

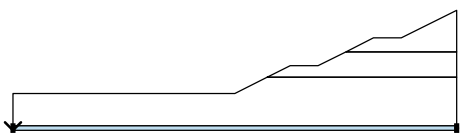

Resisting moment : $M_p = 222496,86$ kNm/m

Factor of safety = 3,86 > 1,50

Slope stability ACCEPTABLE

Input data (Stage of construction 3)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		48,00	9,00	48,00	18,00	Argile marneuse 
		36,00	12,00	30,00	12,00	
		24,00	9,00			
2		48,00	3,50	48,00	9,00	marne alteree 
		24,00	9,00	18,00	6,00	
		12,00	6,00	7,00	3,50	
3		48,00	-7,00	48,00	3,50	marne compacte 
		7,00	3,50	0,00	0,00	
		-48,00	0,00	-48,00	-7,00	
4		-48,00	-7,00	-48,00	-8,00	marne compacte 
		48,00	-8,00	48,00	-7,00	

Surcharge

No.	Surcharge		Type	Type of action	Location	Origin	Length	Width	Slope	Magnitude		
	new	change			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q1, f, F	q2	unit
1	No	No	strip	permanent	on terrain	x = -9,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m ²

Surcharges

No.	Name
1	surcharge voirie

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

EarthquakeHorizontal seismic coefficient : $K_h = 0,15$ Vertical seismic coefficient : $K_v = 0,04$ **Settings of the stage of construction**

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 3)**Analysis 1 (stage 3)****Circular slip surface**

Slip surface parameters							
Center :	x =	15,50	[m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-33,19	[°]
	z =	22,13	[m]		$\alpha_2 =$	71,01	[°]
Radius :	R =	25,52	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

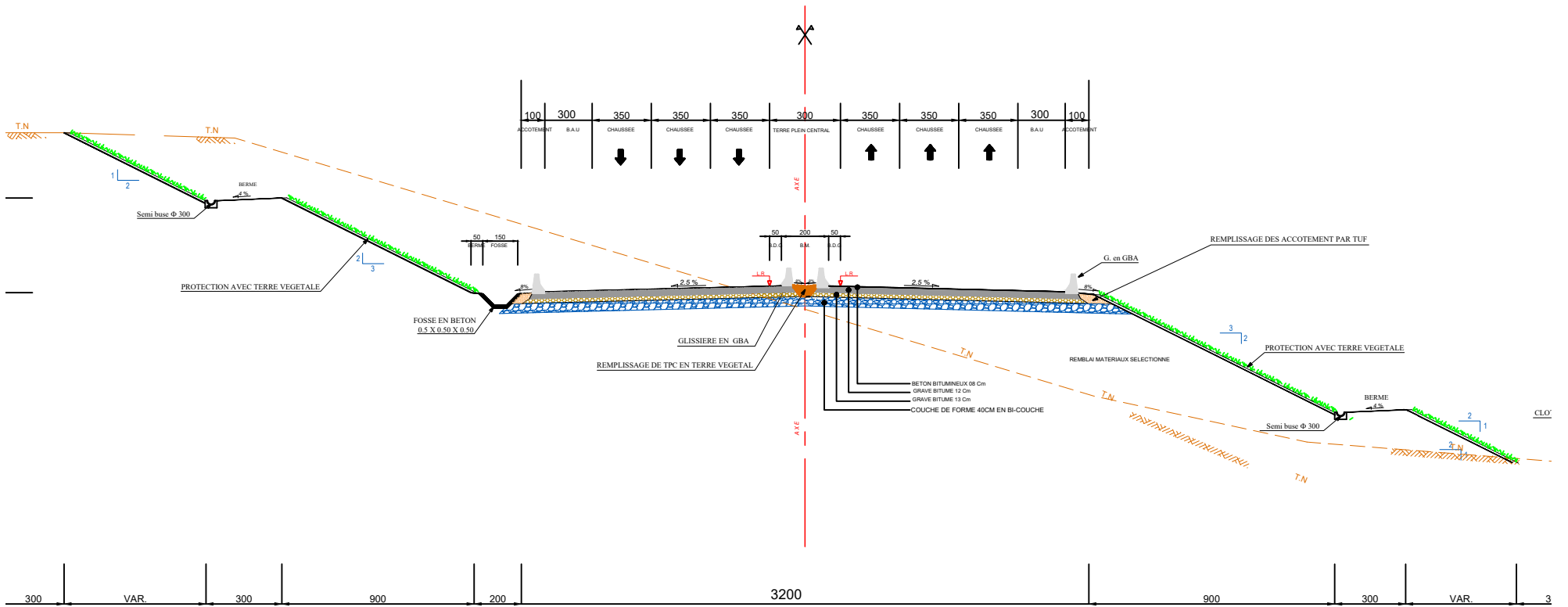
Slope stability verification (Bishop)Sum of active forces : $F_a = 2106,20$ kN/mSum of passive forces : $F_p = 6193,79$ kN/mSliding moment : $M_a = 53750,33$ kNm/mResisting moment : $M_p = 158065,46$ kNm/m

Factor of safety = 2,94 > 1,50

Slope stability ACCEPTABLE

PROFIL EN TRAVERS TYPE

1/100



CONCEPTION DE L'ECHANGEUR
DU CW113 AU PK 07+300

