

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN DE TIARET.**

---



**FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES**  
**DÉPARTEMENT GÉNIE CIVIL**

**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master**

Spécialité : Génie Civil

Option : Ouvrages d'art et infrastructure

Présenté par :

COULIBALY ABOUBACAR SIDIKI  
OKITO OLEKA FRAMPY

*Sujet du mémoire*

**Etude des raccordements d'accès à l'ouvrage au niveau de la commune de Sidi Slimane Wilaya de Tissemsilt.**

*Soutenu publiquement le 07/06/2017 devant le jury composé de :*

Mr.MIMOUNI M	Président
Mr ABADA G	Rapporteur
Mr.BENYAMINA A.B	Examineur
Mr.KLOUCHE D.I	Examineur
Mr.DJEBLI B	Examineur

PROMOTION : 2016/2017

# REMERCIEMENTS

*Comme le dicit un dicton : Ne jamais se lasser de dire **MERCI** quand il le faut. Sur cette petite phrase, nous remercions profondément tout le corps enseignant de l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret exceptionnellement notre aimable encadreur Mr ABADA Ghenam pour l'effort tant personnel que professionnel qu'il a déployé en vue de nous voir réussir ce modeste travail, l'honorable et attentif professeur Mr. MIMOUNI mohamed pour nous avoir prodigué la formation digne d'un enseignant d'université.*

*Nos remerciements vont à l'endroit du chef de département de génie civil Mr BOUAKKAZ Khaled pour son total dévouement aux poursuites des programmes des cours.*

*Nous adressons nos vifs remerciements aux enseignants de la Science et Technologies qui ont été d'une aide vouable depuis nos arrivées jusqu'à ce jour.*

*Enfin merci à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin pour bâtir cet appréciable projet de fin d'étude.*

*Merci.*

## *Dedicace*

Alhamdoulillah Alhamdoulillah merci pour tout ce que vous avez fait de bien pour moi mon **Créateur**, je m'estimerai toujours très comblé d'avoir eu cette chance inouïe, d'être ce que je suis aujourd'hui par votre abondance de biens à mon égard, jamais je ne pourrai vous remercier assez pour le courage et la détermination que j'ai en moi.

Chacun sa destinée et je suis fier de la mienne car si j'en suis à ce stade aujourd'hui, c'est que j'ai le droit de m'en réjouir car la vie n'est pas très tendre envers tout le monde. L'amour, l'attention, le respect et la considération qu'ont mes proches à mon endroit témoignent de toutes les étoiles des cieux que j'ai la vie dont rêvent beaucoup.

Je dédie cette réussite tout d'abord, à ceux pour qui j'aurais ébranlé l'impossible ma chère mère **COULIBALY KARIDJATOU** et mon cher défunt **PERE IBRAHIM**, lui qui a cru en ma capacité et m'a honoré de son inconditionnel amour paternel (que la terre te soit légère et le **Paradis** soit ta demeure).

Je dédie mon succès à l'amour de ma vie, ma complice dans tous mes moments difficiles, ma muse, la première V de ma lettre W ma chère défunte sœur **ROKIA** (que tes efforts et ton abnégation à me voir sourire ne soient jamais vains ainsi repose en paix et que le **Paradis** te soit grandement ouvert) jamais je ne t'oublierais.

Ce acharné travail est autant dédié à mes frères et sœurs **ROBINHO, SAFIATOU, SOULBY, KARIM, LAVIEILLE, LEVIEUX** et à mes demi-frères qui compteront toujours pour moi.

Je ne pourrai jamais parler sans évoquer mes amis d'enfance, mes amis d'ABIDJAN, mes amis de BAMAKO et les meilleurs mes amis d'ALGERIE principalement ceux de TIARET, ORAN, AIN TEMOUCHENT, ANNABA, MOSTAGANEM etc...

J'adresse ce bonheur à ma chère et précieuse maman **MARIAME DIALLO**, mon estimé frère d'une autre nation, l'incontesté **OKITO OLEKA FRAMPY**, mes appréciables et charmants compagnons **DRIS, HAWA, SALI, MAÏ, AÏCHA, TOUDE, DJENE, CAMARA SEYBA, KEITA BOURAMA, MACIRE', SIDIBE', HASSEYE, DIAGOUS, BEDOSS, JEAN, SALEM, KHALED, MOULAYE, CISSE, MALLE, MON HOMO COULOU, SISSOKO, TIGANA, SANGARE, CHEICK AT, AMADOU T, SOKORE** à mon petit frère **SAKO SIDIKI** mon inestimable conseiller, à mon admirable ami et frère **BOUARE HAMED**, à mes ambitieux et aimables frères **DEMBELE BOUBACAR, AHAMED DIAKITE, GORO AMADOU, YAYA GUINDO, YAYA DIARRA, AMADOU DOUMBIA** et à tous mes nouveaux et nouvelles sans exception.

Ayant trop de noms à citer, je dédie simplement cet incommensurable exploit à tous pour la joie que chacun me procure au fil du jour. **MERCI BEAUCOUP, THANK YOU VERY MUCH, MUCHAS GRACIAS, AW BAI NI TIE'.**

Coulibaly Aboubacar Sidiki alias *Babsoni Padrecolby*

## *Dédicace*

Oh bon Dieu ! Laisse-moi te remercier pour tout ce que tu fais pour moi, je te remercie encore pour cette intelligence, capacité de réfléchir et d'aller atteindre un objectif d'une partie de mon rêve. Il n'y a rien de plus précieux au monde d'atteindre son objectif avec le fruit de son effort à l'aide du bon Dieu le miséricordieux. « Merci seigneur ! »

Je dédie ce modeste travail à mon cher père Mr **OKITO OLEKA BARTHELEMY**, qui s'est donné corps et âme en me motivant du début jusqu'à la fin de mon parcours universitaire et à chaque pas de ma vie par son dévouement. C'est grâce à lui que j'écris mon propre destin. Grâce à ses pensées constructives dans cette optique, ipso facto je n'oublierai jamais ce mot « seul les études libèrent mon fils ». Il est ma force et ma motivation. Ce labeur lui appartient car il mérite les plus belles fleurs du monde et du bonheur un peu plus deux fois.

A ma très chère mère **ONYA BAHATI GISELE** pour son amour et ses prières de pouvoir voir un jour son fils scintiller durant n'importe quel chemin, la seule qui devient lionne et me relève avec patience dès que je succombe. C'est une mère irremplaçable dans mon cœur. « Je t'aime comme un film à la même image maman ».

A ma tendre mère **MBUSE MAHOLO FRIEDA** pour son amour ; ses conseils, encouragements, prières et considérations.

A ma mère Mme **OKITO OHEMBA ALICE** pour son amour, ses précieux conseils et encouragements ; Je ne pourrais que demander au bon Dieu de vous protéger et vous garder en bonne santé tout en vous portant récompense car la mienne ne sera guère complète.

A mes défunts grands-parents, **NYOTA BERNADETTE**, **RAPHAEL OYEMBA** et **ZOBELA EKANGA**, A mon motivateur Zack Mwekassa pour tous ses conseils qui m'ont beaucoup aidé.

A toute ma famille Louise Okito que j'aime beaucoup, Blaise Okito, Barth Okito, Georges Okito, Tegra, Prodiv, Christivi, Christ beni, christ fidèle, Shako, Véronique mamie Ahuka et Gloria Mbuse, qui m'ont toujours Soutenu et encouragé.

A mes frères et sœurs Olivier Kanku, Serges Bushiri, Frangy Batuma, Jonathan Ndeke, Tony Mbenza, Hugues Mirindi, Sarah Osango, Tigan, juvette, Bénédicte Mbuyi, Gloria Mugaruka, Marcellin Rumya, Zopa Jeannot, Yannick Kilolo, Mawasi mikondo, Salem Oudeika, Fred mulumba gigga, Sem Mpia, Melva Mboko, Christian Mtbz, Hugues Kahasha, Djodjo IYambo, Ib Cissé, et aux quatre coins du monde, A tous mes amis d'ALGERIE, Tiaret, Oran, Alger, Ain Temouchaint, Tizi-ouzou, Bel abbés, Mostaganem et tant d'autres. Tiaret mon amour.

A mon promoteur Mr **ABADA GHENAM**, sans oublier celui qui a vraiment fait partie de la majeure estime de mon cœur et a partagé avec moi pas à pas mon parcours avec vigueur mon binôme Ivoir-Malien le **BABSONI PADRE COLBY** Mr **COULIBALY ABOUBACAR SIDIKI**.

**Okito Oleka Frampy**

## SOMMAIRE

RESUME.....	
ABSTRACT.....	
ملخص.....	
LISTE DES FIGURES.....	
LISTE DES TABLEAUX.....	
LISTE DES ABREVIATIONS.....	
INTRODUCTION GENERALE.....	1

### Chapitre I

#### Présentation et situation du projet

I-1. Introduction .....	2
I-2. Présentation du projet.....	2
I-3. Plan de situation.....	3
I-4. Levé topographique.....	4
I-5. Objectif du projet.....	5

### Chapitre II

#### Présentation du projet

II-1. Rappel .....	6
II-2. Vitesse de base.....	6
II-2.1. Choix de la vitesse de référence.....	7
II-2.2. Vitesse de projet.....	7
II-3. Véhicules isolés.....	7
II-3.1. Effort moteur et effort résistants... ..	7
II-3.2. Adhérence et le freinage.....	9
II-4. Véhicules groupés.....	13
II-4.1. Distance de sécurité (ds).....	13
II-4.2. Distance de visibilité de dépassement normale ( $dv_N$ ).....	14
II-4.3. Distance de visibilité de dépassement minimale ( $dv_m$ ).....	14
II-4.4. Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (dmd).....	15
II-4.5. Valeurs retenues par B40.....	15

**Chapitre III**  
**Etude géométrique**

III-1. Les notions de base.....	16
III-2. Tracé en plan.....	16
III-2.1. Règles à respecter dans le tracé en plan.....	17
III-2.2. Les éléments du tracé en plan.....	17
III-2.3. Les conditions de raccordement .....	22
III-2.4. Notion de devers.....	24
III-3. Profil en long.....	25
III-3.1. Définition.....	25
III-3.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long.....	25
III-3.3. Les éléments de composition du profil en long.....	26
III-3.4. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long.....	26
III-3.5. Déclivités.....	29
III-3.6. Raccordements en profil en long.....	30
III-4. Profil en travers.....	32
III-4.1. Définition.....	32
III-4.2. Le profil en travers type.....	32
III-4.3. Le profil en travers courant.....	33
III-5. Application au projet.....	33
III-5.1. Tracé en plan.....	33
III-5.2. Profil en long .....	33
III-5.3. Profil en travers .....	34

**Chapitre IV**  
**Dimensionnement du corps chaussé**

IV-1. Définition de la chaussée.....	35
IV-2 Constitution d'une chaussée.....	35
IV-2.1. Couche de forme.....	35
IV-2.2. Couche d'assise.....	36
IV-2.3. La couche de surface.....	36
IV-3. Différentes familles de chaussées.....	37
IV-3.1. Chaussées souples.....	37
IV-3.2. Chaussées rigides.....	38

IV-4. Démarche du principe de dimensionnement des chaussées.....	39
IV-5. Les méthodes de dimensionnement des chaussées.....	39
IV-5.1. La méthode C.B.R (california bearing ratio).....	39
IV-5.2. La méthode du catalogue des structures.....	41
IV-5.3. La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).....	42
IV-6. Programme de dimensionnement mécanique logiciel ALIZIE.....	52
IV-6.1. Le choix de type de la structure et les matériaux qui la compose.....	42
IV-6.2. La détermination des sollicitations admissibles dans les différents matériaux...	43
IV-6.3. La détermination des différentes couches de matériaux.....	43
IV-7. Caractéristique du sol support.....	45
IV-8. Application au projet.....	46

## **Chapitre V**

### **Cubatures**

V-1. Introduction.....	48
V-2. Méthode de calcul des cubatures.....	48

## **Chapitre VI**

### **Choix de la variante et implantation de l'axe**

VI-1. Introduction.....	50
VI-2. Choix de la variante retenue .....	50
VI-3. Coordonnées d'implantation de l'axe.....	51
VI-3.1. Introduction.....	51
VI-3.2. Réalisation de l'implantation.....	51
VI-3.3. Les opérations de l'implantation.....	52

## **Chapitre VII**

### **Hypothèses relatives aux matériaux et programme des charges**

VII-1. Hypothèse relative aux matériaux.....	54
VII.1.1. Le béton.....	54
VII.1.2. Les aciers.....	59
VII.2. Programme de charges statiques et dynamiques.....	63
VII-2.1. Introduction.....	63

VII-2.2. Les actions permanentes.....	63
VII-2.3. Les actions variables.....	63
VII-2.4. Sous l'action de la poussée des terres et la charge hydraulique.....	64
VII-2.5. Calcul des surcharges routières.....	64
VII-3. Etude hydraulique.....	69
VII-3.1. Estimation des débits d'apport ( $Q_a$ ).....	69
VII-3.2. Coefficient de ruissellement .....	70
VII-3.3 Intensité de la pluie.....	70
VII-3.4. Calcul de la fréquence d'averse .....	71
VII-3.5. Temps de concentration.....	71

## **Chapitre VIII**

### **Modélisation de l'ouvrage d'art (dalot)**

VIII-1. Introduction.....	74
VIII-2. Modélisation avec le logiciel CYPE.....	76
VIII-2.1. Introduction.....	76
VIII-2.2. Présentation du logiciel CYPE 2014.....	76
VIII-2.3. Méthodes utilisées par CYPE.....	77
VIII-2.4. Introduction des données.....	78

## **Chapitre IX**

### **Ferraillage du dalot**

IX-1. Le ferraillage proposé par le logiciel.....	86
IX-2. Résultats et plan de ferraillage des éléments de l'ouvrage.....	86
IX-2.1. Résumé de ferraillage des modules.....	86
IX-2.2. Résumé de ferraillage des murs en ailes.....	87
IX-2.3. Plans et ferraillage de l'ouvrage.....	88

## **Chapitre X**

### **Signalisation**

X-1. Introduction.....	89
X-2. Objectif de la signalisation.....	89
X-3. Catégories de signalisation.....	89
X-4. Signalisation et règles à respecter.....	89

X-5. Types de signalisation.....	90
X-5.1. La signalisation verticale.....	90
X-5.2. La signalisation horizontal.....	91
X-6. Caractéristiques des marques.....	93
X-7. Application au projet.....	93

## **Chapitre XI**

### **Devis quantitatif et estimatif**

Devis quantitatif et estimatif.....	96
-------------------------------------	----

<b>Conclusion générale.....</b>	<b>97</b>
---------------------------------	-----------

<b>Bibliographie .....</b>	<b>98</b>
----------------------------	-----------

### **Annexes**

Annexe 1 : cubature.....	99
--------------------------	----

Annexe 2 : Listing .....	103
--------------------------	-----

Annexe 3 : dalot.....	107
-----------------------	-----

## LISTE DES FIGURES

Figure I. 1: Emplacement du projet.....	5
Figure I. 2: Les communes de la wilaya de Tissemsilt.....	6
Figure 1. 1: Levé topographique.....	6
Figure II. 1: Voiture stationnée.....	11
Figure II. 2: Voiture descendant en pente inclinée.....	12
Figure II. 3: Voiture montant en pente inclinée.....	12
Figure II. 4: Détermination de la distance de freinage.....	14
Figure II.5: Distance de sécurité.....	17
Figure II. 6: Distance de visibilité de dépassement normale.....	18
Figure II. 7: Distance de visibilité de dépassement minimal.....	19
Figure III. 1: La clothoïde.....	28
Figure III. 2: Coordination entre TP et PL déconseillé en angle saillant.....	33
Figure III. 3: Coordination entre TP et PL conseillé en angle saillant.....	34
Figure III. 4: Coordination entre TP et PL en angle concave.....	34
Figure III.9: Profil en travers.....	38
Figure III. 10 : Profil en travers types.....	39
Figure IV. 1: Ensemble chaussée/couche de forme/sol.....	43
Figure IV. 2: Chaussée souple.....	44
Figure IV. 3: Fonctionnement de la chaussée souple.....	45
Figure IV. 4: Coupe transversale d'une chaussée rigide.....	45
Figure IV. 5: Fonctionnement de la chaussée rigide.....	46
Figure IV. 6: Les couches de la Chaussée.....	54
Figure V. 1: Détermination du volume.....	57
Figure VI. 1: Piquetage et nivellement d'un point.....	62
Figure VII. 3: Essai de traction (3 points).....	66
Figure VII. 4: Essai de traction (4 points).....	66
Figure VII. 5: Déformation transversale du béton.....	67
Figure VII. 6: Diagramme parabole-rectangle.....	68
Figure VII. 7: Diagramme de déformation.....	68
Figure VII. 8: notations utilisées pour les calculs en flexion simple à l'ELU.....	68
Figure VII. 9: Diagramme déformation-contrainte de l'acier.....	69
Figure VII. 10: Diagramme déformation-contrainte de calcul.....	70
Figure VII. 11: Action de la poussée des terres.....	74
Figure VII. 12: Système $B_c$ .....	78
Figure VII. 13: Système $B_r$ .....	78
Figure VII. 14: Système $B_t$ .....	79
Figure VIII. 1: Schéma d'un pont cadre (dalot).....	84
Figure VIII. 2: Choix des goussets en angles supérieur.....	85
Figure VIII. 3: Choix des goussets en angles inférieur.....	85
Figure VIII. 4: Interface de CYPE 2014.....	86

Figure VIII. 5: Nom du fichier.....	88
Figure VIII. 6: Choix du type de la géométrie de l'ouvrage.....	89
Figure VIII. 7: Définition de la géométrie du dalot.....	89
Figure VIII. 8: Définition des murs en ailes et leur orientation.....	90
Figure VIII. 9: Définition de la position de la chaussée par rapport au dalot.....	90
Figure VIII. 10: Type de terrain.....	91
Figure VIII. 11: Charges sur le radier et la chaussée.....	91
Figure VIII. 12: Affichage du projet.....	91
Figure VIII. 13: Fin de modélisation.....	92
Figure VIII. 14: Définition des matériaux.....	92
Figure VIII. 15: Données générales.....	93
Figure VIII. 16: convois des charges ( $B_c$ , $B_t$ , $B_r$ ).....	94
Figure VIII. 17: Edition de la charge en bande.....	94
Figure VIII. 18: Dimensionnement final.....	95
Figure IX. 1: Plans de ferrailage.....	97
Figure IX. 2: Plan complet du dalot.....	99
Figure IX. 3: Résultat du ferrailage du dalot.....	99
Figure X. 1: Types de modulation pour lignes discontinues.....	103
Figure X. 2: Flèches de signalisation.....	105
Figure X. 3: Flèches de rabattement et schéma de signalisation stop sur chaussée.....	106
Figure X. 4: Flèches de sélection.....	106
Figure X. 5: Signaux d'interdiction ou de restriction.....	107
Figure XI. 6: Ligne continue.....	107
Figure X. 7: Ligne discontinue T1.....	107
Figure X. 8: Ligne discontinue de rive T2.....	107
Figure X. 9: Ligne discontinue de rive T3.....	107

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau II. 1 : Les distances de visibilité.....	19
Tableau III. 1: Les valeurs des différents rayons.....	25
Tableau III. 2: Valeurs des dévers (B40).....	30
Tableau III. 3: Valeurs des pentes maximales.....	35
Tableau III. 4: les rayons en angle saillant.....	39
Tableau III. 5: Les rayons en angle rentrant.....	39
Tableau IV. 1 : Matériau/coefficient d'équivalence.....	48
Tableau IV. 2: Classe de trafic.....	48
Tableau IV. 3: Classe du sol.....	49
Tableau IV. 4: Démarche général de dimensionnement mécanique.....	51
Tableau IV. 5: Essais d'identification d'un sol.....	53
Tableau IV. 6: Epaisseurs des couches.....	54
Tableau VI. 1 : Tableau comparatif des variantes.....	59
Tableau VII. 1: Caractéristique du béton.....	64
Tableau VII. 2: Nuances des armatures.....	70
Tableau VII. 3: Classification des ponts.....	75
Tableau VII. 4: Coefficient de dégressivité transversale.....	76
Tableau VII. 5: Charges A(L) par voie.....	76
Tableau VII. 6: Coefficient $b_c$ .....	77
Tableau VII. 7: Coefficient $b_t$ .....	79
Tableau VII. 8: Coefficient de ruissellement.....	80
Tableau VII. 9: Variable de Gauss.....	81
Tableau VIII. 1: Epaisseurs du tablier et du radier.....	89
Tableau VIII. 2: Choix de gabarit et épaisseur piédroit.....	89
Tableau IX. 1: Résultat des ferrailages pour le module.....	98
Tableau IX. 2: Résumé de ferrailage des murs en ailes.....	98
Tableau X. 1 : Caractéristiques des lignes discontinues.....	104

## LISTE DES ABREVIATIONS

C : Catégorie

E : Environnement

V<sub>p</sub> : Vitesse du projet

PL : Profil en long

TP : Tracé en plan

Max : Maximum

Min : Minimum

B40 : Normes techniques d'aménagement des routes

BB : Béton bitumineux

GB : Grave bitume

GNT : Grave non traité

C.B.R : California bearing ratio

L.C.P.C : Laboratoire central des ponts et chaussées

A.A.S.H.O : American association of state highway officials

Mpa : Mega pascal

ELS : Etat limite de service

ELU : Etat limite ultime

RL : Rond lisse

HA : Haute adhérence

T-S : Treillis soudés

BAEL : règlements béton armé aux états limites

f<sub>c28</sub> : Résistance à la compression du béton à 28 jours

CPC : Cahier des prescriptions communes

## INTRODUCTION GENERALE

En raison de l'importance économique et commerciale et la position géographique, TISSEMSSILT, wilaya d'Algérie, est un point de raccordement obligatoire pour atteindre d'autres wilayas du pays telles que les wilayas de **Aïn Defla, Chlef, Relizane, Médéa** et enfin la wilaya de **Tiaret**. Les objectifs stratégiques pour la prochaine décennie, devraient permettre, entre autres, de faire du réseau routier un puissant facteur d'appui au développement économique et social du pays. La croissance socio-économique impose la préservation et la rénovation de ses moyens de communication notamment dans le domaine des infrastructures de transport.

En effet, en se basant sur l'importance de la route pour une société et avec l'aide de notre encadreur Mr ABADA Ghenam, notre choix de thème s'est porté sur **l'ETUDE DES RACCORDEMENTS D'ACCES A L'OUVRAGE AU NIVEAU DE LA COMMUNE DE SIDI SLIMANE WILAYA DE TISSEMSILT.**

Ce projet de fin d'étude a pour but :

- ❖ D'enrichir et d'approfondir nos connaissances acquises ;
- ❖ De préparer en avance les étudiants à la vie professionnelle.

Chapitre n°1

**PRESENTATION ET SITUATION  
DU PROJET**

## **I-1 INTRODUCTION**

Le terme route dérive du substantif latin <via rupta> qui signifie voie rompue, ainsi la route est un espace aménagé servant de communication ou de transport terrestre. Elle constitue une infrastructure appropriée pour la circulation des piétons, des bêtes, des véhicules et des engins hormis ceux qui requièrent des voies ferrées.

La route comprend les caractéristiques superficielles irréprochables bordées par des accotements, couvertes d'un revêtement dépourvu d'ondulations perceptibles, disposant d'un système d'évacuation d'eau de ruissellement et de drainage et au besoin d'ordres sélectionnés pour l'embellissement de l'espace tout entier éventuellement des plantations d'arbre.

La route est une voie de communication de première importance, elle constitue le miroir même du développement socio-économique d'un pays en ce sens qu'elle favorise les échanges interprovinciaux, le désenclavement des zones ou régions enclavées.

La présence d'une route joue un rôle prédominant et permet la mobilité des personnes et biens, les découvertes, l'amélioration de l'équilibre entre l'offre et la demande, la création de nouvelles activités, la tempérence des inégalités, la mise en valeur d'un territoire, la simulation des initiatives etc. . .

Considéré comme un moteur du développement économique d'un état, la route présente l'avantage décisif de permettre la desserte de la quasi-totalité d'un territoire de porte à porte.

C'est ainsi qu'en Algérie, le système de transport terrestre (particulièrement routier), supporte plus de 90 % du volume de transport de marchandises et de voyageurs. Cependant les programmes routiers mis en œuvre ces dernières années reflètent de la volonté de l'état à disposer et à mettre au service de l'économie nationale et du citoyen, un réseau routier capable de satisfaire aux demandes en transports routiers qui de nos jours, sont de plus en plus croissantes et aussi d'améliorer les conditions de sécurité sur les routes algériennes.

## **I-2 PRESENTATION**

Notre zone d'étude se trouve plus précisément à Sidi Slimane commune de la wilaya de Tissemsilt. Le projet est situé non loin du barrage Beni Chaïb allant de l'intersection de deux routes inconnues au franchissement de l'oued et s'étant sur une distance ne dépassant pas 500 mètres.

L'itinéraire du projet appartient au relief montagneux, et se caractérise par une forte sinuosité (E3), et des moyennes à fortes déclivités. Il est classé en catégorie (C4).

La vitesse de base de notre projet est estimée à 40 Km/h en raison de la difficulté de cette route.



*Figure I. 3: Emplacement du projet*

### I-3 PLAN DE SITUATION

**Sidi Slimane** est une commune de la wilaya de **Tissemsilt** daïra de **Bordj Bou Naama**. Elle est située à l'ouest de l'Algérie en zone montagneuse avec une altitude de 769 m. La commune abritait en 2008 une population de 8461 habitants avec une superficie de 635 km<sup>2</sup> d'où une densité de population de 13,3 habitants par km<sup>2</sup>.

Entourée par **Beni Lahcene**, **Boucaïd** et **Bordj Bou Naama**, la commune est à 6 km au nord-est de **Bordj Bou Naama** la plus grande ville à proximité.

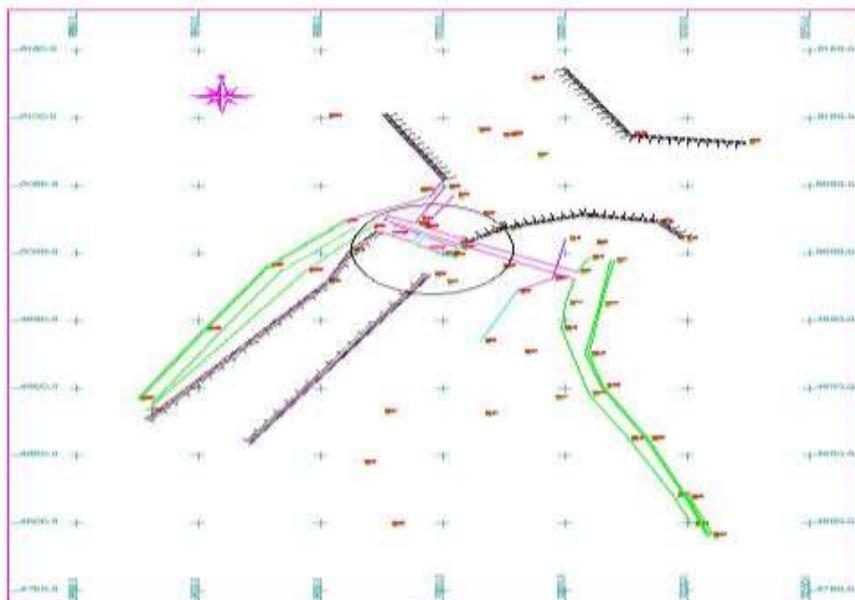
Du climat méditerranéen avec été chaud, le relief est très accidenté avec des pentes très élevées étant donné son emplacement en terrain montagneux.



*Figure 1. 4: Les communes de la wilaya de Tissemsilt*

#### I-4 LEVE TOPOGRAPHIQUE

Du levé topographique représenté sur la figure 1.3, on constate que le terrain est montagneux donc à relief difficile.



*Figure 1. 3 : Levé topographique*

**I-5 Objectif du projet**

La mise en œuvre de ce projet vise deux objectifs essentiels :

- ✓ Un objectif global qui est de contribuer à l'amélioration du cadre de vie des populations et de renforcer la compétitivité de l'économie Algérienne en facilitant les échanges au niveau national.
- ✓ Un objectif spécifique qui est de faciliter la mobilité des usagers afin de résoudre les difficultés de circulation et de sécurité routière dans les zones urbaines et aussi de soulager les populations riveraines des nuisances quotidiennes dues à l'état de dégradation de la route.

*Etudes des raccordements d'accès à l'ouvrage au niveau de la commune de SIDI SLIMANE  
wilaya de TISSEMSSILT*

Chapitre n°2

**ETUDE CINEMATIQUE**

## II-1 RAPPEL

L'étude des caractéristiques des routes ne peut être entamée qu'après l'analyse du comportement du véhicule (véhicule isolé et groupé).

En outre cette analyse doit toucher les situations concrètes (accidents) et les situations expérimentées (simulateur de conduite).

Il est aussi important de faire des tests psychologiques et physiologiques sur la manière dont se comporte le conducteur pour étudier :

- Le temps de perception-réaction ;
- La vue : champs visuel ( $\approx 10^\circ$  pour une tête immobile), vitesse angulaire d'observation (2s pour explorer  $180^\circ$ ) ;
- La sensibilité aux accélérations ;
- Fatigue, intoxications inattention, impatience etc...

Tous ces paramètres vont contribuer à l'amélioration des conditions de circulation et de sécurité de la route.

## II-2 VITESSE DE BASE

La cohérence des paramètres fondamentaux décrivant les caractéristiques d'une route s'obtient en considérant une vitesse (vitesse de référence ou de base).

Cette vitesse de référence ou de base est définie comme :

- ❖ Le paramètre qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement des points particuliers d'une section de route, de telle sorte que la sécurité du véhicule isolé soit assurée.
- ❖ Les points particuliers d'une section de route sont ceux de caractéristiques géométriques les plus contraignantes.
- ❖ Pour un projet routier envisagé, il faudra donc fixer quelle vitesse de référence on va associer au projet. Cette vitesse de référence correspondra en fait à un niveau d'aménagement de la route.

La vitesse de référence présente trois caractères :

- ✚ **Global** : elle est définie que pour une certaine longueur de route dont elle caractérise les points particuliers.

✚ **Homogène** : elle implique une cohésion interne entre les divers maxima ou minima qui s'y rattachent et qu'elle résume (rayon en plans, rayon en crête, rampes etc. . .)

✚ **Indicatif** : elle donne une idée de la vitesse permise par la route aux véhicules légers rapides, en ses points particuliers, dans la plupart des conditions d'adhérence rencontrées.

On a cinq valeurs de vitesse de référence : 40, 60, 80, 100 et 120 (km/h), correspondant à des routes de catégories de plus en plus élevées.

## II-2.1 Choix de la vitesse de référence

Le choix de la vitesse de référence dépend :

- Du type de route ;
- De l'importance et genre de trafic ;
- De la topographie ;
- Des conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

## II-2.2 Vitesse de projet

La vitesse du projet **V<sub>p</sub>** est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales.

On entend par conditions normales :

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

## II-3 LES VEHICULES ISOLES

### II-3.1 Effort moteur et effort résistant

#### II-3.1.a Effort moteur :

$$F = \frac{1}{r} \chi \frac{\rho}{d}$$

F : effort moteur ;  $\chi$  : couple moteur ; r : rayon des roues ;

$\rho$  : rendement des transmissions entre le moteur et les roues ;

d : facteur de démultiplication

L'effort moteur est défini comme l'effort qui permet aux roues motrices de tourner.

**II-3.1.b Effort résistant**

Pour qu'il ait mouvement, il faut que l'effort moteur soit supérieur aux efforts résistants ( $F >$  efforts résistants).

On distingue trois types d'efforts résistants à savoir :

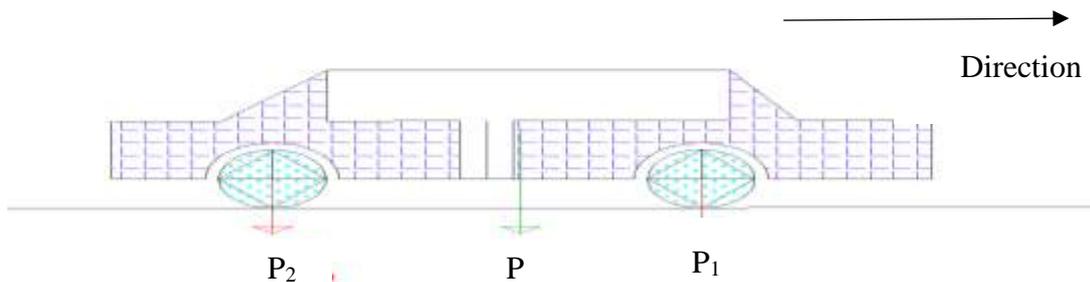
- La résistance au roulement  $R_r$  ;
- La résistance de l'air  $R_a$  ;
- La résistance due à la pesanteur  $R_p$ .

$$R_r = \varphi \cdot (P_1 + P_2) \quad \text{avec}$$

$P_1$  : poids de l'essieu moteur ;

$P_2$  : poids de l'essieu porteur ;

$\varphi$  : paramètre peu variable de 0,01 à 0,018



**Figure II. 5: voiture stationnée**

$$R_a = k \cdot s \cdot v^2$$

$$k = \mu \frac{C_x}{2} \quad \text{avec}$$

$v$  : vitesse du véhicule en (m/s) ;

$s$  : surface de la projection sur un plan vertical horizontale à l'axe ;

$k$  : coefficient de finesse ;

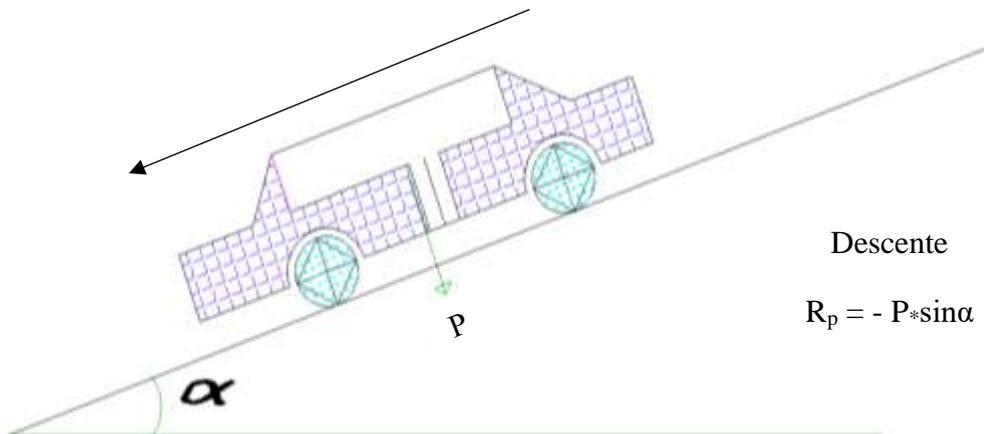
$\mu$  : masse spécifique de l'air = 0,125 kg/m<sup>3</sup>

$$C_x = \begin{cases} 0,30 : \text{véhicules de série aérodynamique} \\ 0,35 : \text{véhicule ordinaires} \\ 0,80 : \text{camions} \end{cases}$$

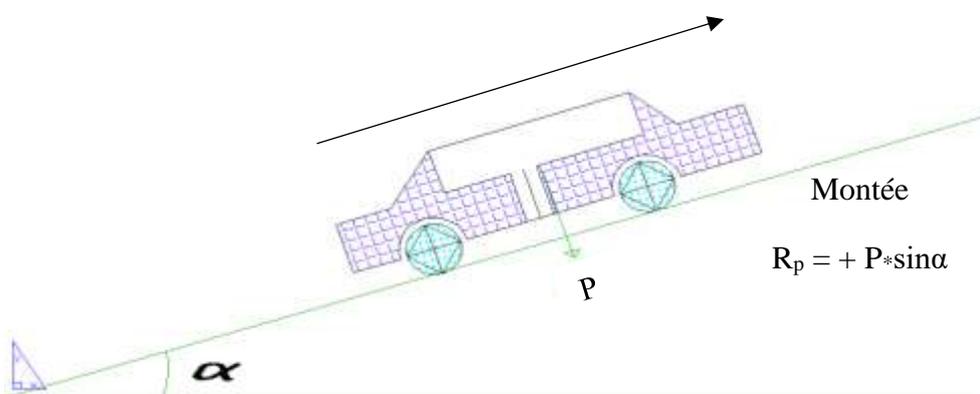
$$R_p = \pm P \cdot \sin \alpha \quad \text{avec}$$

$P$  : poids du véhicule

$\alpha$  : angle d'inclinaison



*Figure II. 6: Voiture descendant en pente inclinée*



*Figure II. 7: Voiture montant en pente inclinée*

### II-3.2 L'adhérence et le freinage

#### II-3.2.a L'adhérence :

L'adhérence représente l'effort moteur maximal susceptible d'être appliqué à un véhicule, elle est égale à  $P_1 \cdot f_1$  ( $P_1$  : poids de l'essieu moteur).

On peut augmenter l'adhérence soit en augmentant  $P_1$  (cas des véhicules 4x4) soit en augmentant  $f_1$  qui dépend à la fois de la rugosité superficielle de la chaussée et des caractéristiques des pneumatiques.

Valeurs de $f_i$	-	Chaussée sèche pneu en bon état	$f_i = 0,8$ à $0,9$
	-	Chaussée mouillée pneu en bon état	$f_i = 0,6$ à $0,8$
	-	Chaussée mouillée pneu en moyen état	$f_i = 0,3$ à $0,4$
	-	Chaussée lisse mouillée pneu usés	$f_i = 0,1$ à $0,2$
	-	Verglas, boue etc....	$f_i = 0,05$ à $0,1$

Avec  $f_i$ : le coefficient de frottement longitudinal

### II-3.2.b Distance de réaction ( $d_1$ ):

La distance de réaction est la distance parcourue pendant le « temps de réaction »  $t$ , entre l'instant où le conducteur voit l'obstacle et celui où il commence à freiner.

On admet d'après de nombreuses études sur le comportement des conducteurs que le temps de perception et de réaction est en moyenne dans une attention concentrée de :

- $t = 1,2$  s : dans le cas d'un obstacle imprévisible ;
- $t = 0,6$  s : dans le cas d'un obstacle prévisible ;

La moyenne de réaction est de  $0,9$  s mais en pratique on prend toujours :

- $t = 2$  s : cas des vitesses  $\leq 100$  km/h (conducteur peu concentré) ;
- $t = 1,8$  s : cas des vitesses  $> 100$  km/h (conducteur concentré) ;

Le mouvement étant considéré comme un mouvement uniforme où  $v$  est la vitesse en m/s et  $t$  le temps de perception-réaction moyen, la distance de réaction  $d_1$  se définit ainsi :

- $d_1 = v * t$  ;
- $d_1 = (40/3,6) * 2 = 22,22$  m pour  $V \leq 100$  km/h ;
- $d_1 = (40/3,6) * 1,8 = 20$  m pour  $V > 100$  km/h

### II-3.2.c Distance de freinage ( $d_0$ ):

La distance de freinage  $d_0$  est la distance parcourue, depuis le début du freinage, jusqu'à l'arrêt du véhicule.

Pour obtenir le freinage il faut détruire la force vive du véhicule en lui opposant un travail engendré le long d'un certain parcours. Ce parcours est précisément la distance de freinage que l'on cherche.

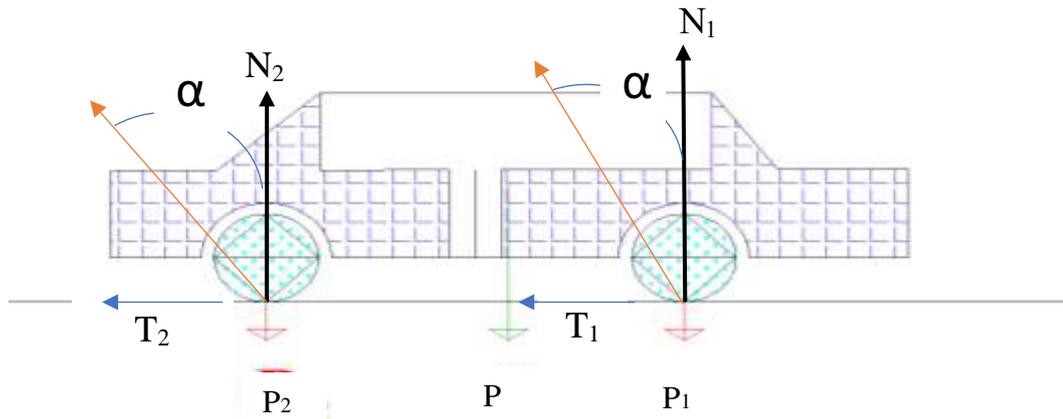


Figure II. 8: Détermination de la distance de freinage

La variation de l'énergie cinétique permet d'écrire :  $\frac{1}{2} m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_b^2 = \Delta E_c$  avec

$m$  : masse du véhicule ;

$v_f$  : vitesse finale ;

$v_b$  : vitesse initiale de base

Par définition le travail c'est la force exercée multipliée par la distance de calcul.

Par l'égalisation de la variation de l'énergie cinétique à la somme des travaux effectués au niveau de l'essieu moteur, on obtient la relation suivante :

$$\Delta E_c = \Sigma TVX \quad \text{avec} \quad \Sigma TVX = -T_1 \cdot d_0 - T_2 \cdot d_0 \quad \text{d'où}$$

$$\frac{1}{2} m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_b^2 = -T_1 \cdot d_0 - T_2 \cdot d_0 \quad \text{avec} \quad v_f = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_1 = P_1 \cdot f_l \\ T_2 = P_2 \cdot f_l \end{array} \right.$$

$f_l$  : coefficient de frottement longitudinal =  $\cos \alpha$

$$\frac{1}{2} m \cdot v_b^2 = (P_1 + P_2) d_0 \cdot f_l \quad P = P_1 + P_2 = m \cdot g$$

$$\frac{1}{2} m v_b^2 = m g d_0 f_1 \quad \Longrightarrow \quad \boxed{d_0 = \frac{v_b^2}{2 * g * f_1}} \quad f_1 = 0,4 \text{ (cas général)}$$

$v_b$  : vitesse de base en m/s

$g$  : accélération de pesanteur = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$$\boxed{d_0 = \frac{V_b^2}{100}} \quad \text{avec } V_b \text{ (km/h)}$$

Pour notre projet nous avons une vitesse de base de 40 km/h d'où par application dans la formule de la distance de freinage, nous obtenons une distance de freinage de 16 m (cas purement théorique).

Le terrain présentant certaines déclivités, on en tiendra compte pour ces cas précis. La distance de freinage sera définie comme suit :

$$\frac{1}{2} m v_b^2 = m g d_0 f_1 \pm m g i d_0 \quad \Longrightarrow \quad \boxed{d_0 = \frac{v_b^2}{2 * g (f_1 \pm i)}}$$

Avec  $i$  : la déclivité

### II-3.2.d Distance d'arrêt ( $d_a$ ) :

La distance d'arrêt  $d_a$  est la distance parcourue par un véhicule entre le moment où le conducteur perçoit un obstacle et l'arrêt complet du véhicule.

Elle comprend :

- La distance de réaction  $d_1$ ;
- Et la distance de freinage  $d_0$ .

$$d_a = d_1 + d_0$$

### ✚ Distance d'arrêt en alignement droit :

$$d_a = d_0 + 0,55V_b \quad \text{pour } V_b \leq 100 \text{ km/h ;}$$

$$d_a = d_0 + 0,50V_b \quad \text{pour } V_b > 100 \text{ km/h.}$$

### Application :

Pour une vitesse  $V_b = 40$  km/h :

$$d_a = 16 + 0,55 \times 40 = 38 \text{ m pour } V_b \leq 100 \text{ km/h ;}$$

$$d_a = 16 + 0,50 \times 40 = 36 \text{ m pour } V_b > 100 \text{ km/h.}$$

### ✚ Distance d'arrêt en courbe :

Le freinage est moins énergétique dans les raccordements courbes, par conséquent pour ne pas perdre le contrôle du véhicule, la distance de freinage doit être majorée de 25%.

$$d_a = 1.25 d_0 + 0,55V \quad \text{pour } V_b \leq 100 \text{ Km/h et } t = 2 \text{ s}$$

$$d_a = 1.25 d_0 + 0,50V \quad \text{pour } V_b > 100 \text{ Km/h et } t = 1.8 \text{ s}$$

### Application :

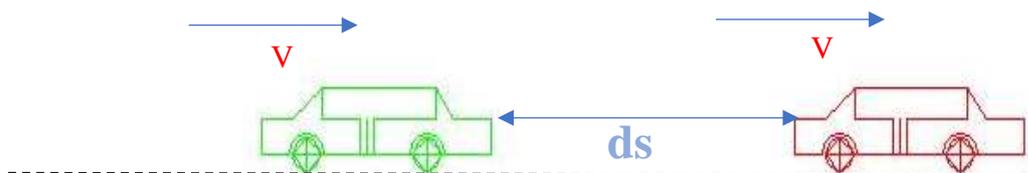
$$d_a = (1,25*16) + (0,55*40) = 42 \text{ m} \quad \text{pour } V_b \leq 100 \text{ Km/h et } t = 2 \text{ s} ;$$

$$d_a = (1,25*16) + (0,55*40) = 40 \text{ m} \quad \text{pour } V_b > 100 \text{ Km/h et } t = 1,8 \text{ s}.$$

## II-4 VEHICULES GROUPEES

### II-4.1 Distance de sécurité (ds)

La distance de sécurité est l'espace entre deux véhicules pour que si le premier s'arrête après avoir freiné au maximum, le second puisse s'arrêter sans risque de collision.



*Figure II. 5: Distance de sécurité*

Théoriquement les deux véhicules roulent à la même vitesse, ils doivent s'arrêter sur la même distance de freinage ( $d_0$ ) et dans le même temps. La distance de sécurité doit être égale au chemin parcouru par le second véhicule pendant le temps  $t$  de perception-réaction de son conducteur.

En pratique, on prend une formule empirique :  $ds = 0,2V + 0,003V^2 + 8$

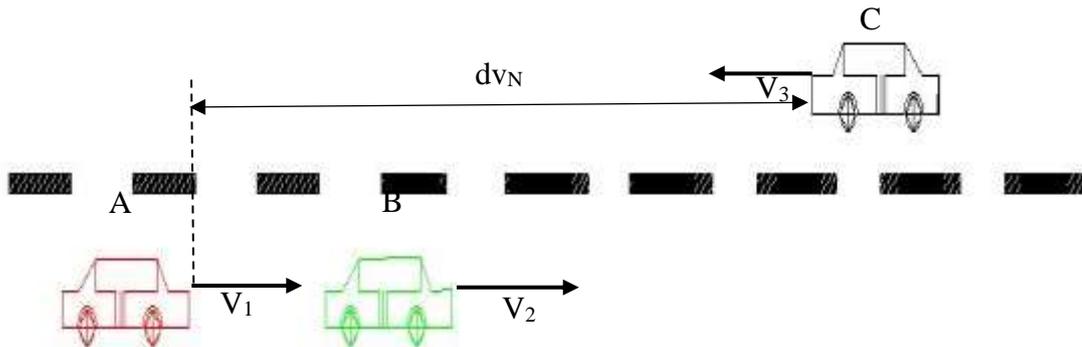
Avec  $V$  en (km/h).

**II-4.2 Distance de visibilité de dépassement normale ( $dv_N$ )**

Cette distance est la longueur parcourue par un véhicule à la vitesse  $V$  supérieure d'environ 50 % et qui correspond à une manœuvre courante de dépassement qui dure 11 et 12 seconde. On adopte :

$dv_N (m) = 6 \cdot V$	Pour $V \leq 90$ km/h
------------------------	-----------------------

Pour  $V = 140$  km/h, on adoptera  $dv_N (m) = 7 \cdot V$  (km/h). Le coefficient multiplicateur de  $V$  sera interpolé linéairement pour une vitesse comprise entre 90 km/h et 140 km/h.



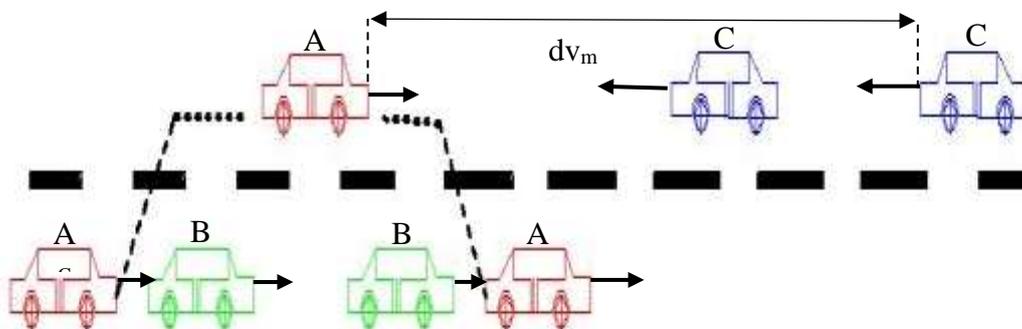
*Figure II. 6: Distance de visibilité de dépassement normal*

**II-4.3 Distance de visibilité de dépassement minimal  $dv_m$**

C'est la longueur parcourue pendant environ 15 secondes à la vitesse  $V$  et qui correspond à la manœuvre de dépassement qui dure 7 à 8 secondes, effectuée par des véhicules disposant d'une réserve suffisante de puissance. Elle sert au calcul du rayon en profil en long. On adopte :

$dv_m (m) = 4 \cdot V$	Pour $V \leq 90$ km/h
------------------------	-----------------------

Pour  $V = 140$  km/h, on adoptera  $dv_m (m) = 5 \cdot V$  (km/h). Le coefficient multiplicateur de  $V$  sera interpolé linéairement pour une vitesse comprise entre 90 km/h et 140 km/h.



*Figure II. 7: Distance de visibilité de dépassement minimal*

#### II-4.4 Distance de visibilité de manœuvre de dépassement dMd

C'est la distance de visibilité permettant en sécurité au véhicule dépassant d'abandonner en freinant ou de poursuivre en accélérant une manœuvre de dépassement amorcée, dans l'hypothèse où le véhicule adverse freine. Elle sert au calcul des rayons minimaux en point haut pour les chaussées bidirectionnelles. Elle est évaluée en supposant qu'en début de manœuvre les véhicules dépassant et adverse roulent à la vitesse  $V$ , et que le véhicule dépassé roule à la vitesse  $(V-15)$  km/h.

#### II-4.5 Valeurs retenues par B40

*Tableau II. 2 : Les distances de visibilité*

TOUTES CATEGORIES	V (km/h)	40	60	80	100	120
	Distance de visibilité de dépassement					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• minimal <math>d_{v_m}</math> (m)</li> <li>• normal <math>d_{v_N}</math> (m)</li> </ul>	150	250	325	425	550
	Distance de visibilité de manœuvre de dépassement dMd (m)	70	120	200	300	425

*Etudes des raccordements d'accès à l'ouvrage au niveau de la commune de SIDI SLIMANE  
wilaya de TISSEMSSILT*

Chapitre n°3

**ETUDE GEOMETRIQUE**

### III-1 LES NOTIONS DE BASES

Le projet d'une route consiste à déterminer les meilleures conditions à substituer au relief plus ou moins accidenté du terrain naturel. L'aspect le plus important donc sera l'étude du tracé, c'est-à-dire l'emplacement de l'axe de la route. Aussi, ce tracé se conformera au mieux au « but du projet » et sera fait en accord avec les représentants de la collectivité locale.

L'étude du tracé a pour but de définir les caractéristiques de la piste à construire ainsi que son prix de revient, tout en respectant les principes de base suivants :

- Rechercher la plus faible dépense de construction, en réduisant la longueur, les terrassements et ouvrages d'art : c'est la règle « d'économie de construction » ;
- Rechercher le tracé donnant le plus de facilités de circulation, de façon à réduire les dépenses de transport : c'est la règle « d'économie d'utilisation »
- Rechercher la sécurité.

La base essentielle du projet comprendra quatre documents importants :

- Le tracé en plan ;
- Le profil en long ;
- Le profil en travers-type ;
- Des profils en travers.

### III-2 TRACE EN PLAN

Le tracé en plan résulte de la reproduction, à l'échelle réduite de la projection de la route sur le plan horizontal. Cette opération a pour base un levé de plan, exercice topographique.

Le tracé en plan d'une route est constitué d'une succession de courbes et d'alignements droits séparés ou pas par des raccordements progressifs. Il vise à assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

#### *Un bon tracé en plan droit :*

- Eviter de très longs alignements droits favorables à l'éblouissement par les phares et créent chez les conducteurs une certaine torpeur. La longueur maximale admissible d'un alignement droit est de 3000 m. il est recommandé d'alterner les alignements et les courbes de grands rayons ;
- Minimiser les terrassements pour équilibrer les déblais et remblais ;

- Minimiser la longueur entre le début et la fin du tracé.

### III-2.1 Règles à respecter dans le tracé en plan

- ❖ Adapter au maximum le terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants ;
- ❖ Appliquer les normes techniques d'aménagement des routes(B40) ;
- ❖ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet ;
- ❖ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières si possibles ;
- ❖ Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer de les franchir perpendiculairement ;
- ❖ Respecter la côte des plus hautes eaux ;
- ❖ Respecter la pente maximum ;
- ❖ Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible ;
- ❖ Se raccorder sur les réseaux existants ;
- ❖ S'inscrire dans le couloir choisi ;
- ❖ Éviter au maximum les ouvrages existants (usines, habitations, propriétés privées) ;
- ❖ Éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques (tremblement de terre, instabilité géologique, glissements de terrain, chute de pierre) ;
- ❖ Éviter le passage dans les zones touristiques, les zones protégées, les zones classées comme sites historique.

### III-2.2 Les éléments du tracé en plan

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

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

Il faut tenir compte également de l'influence des facteurs physiologiques intervenant lors de la conduite et éventuellement des problèmes de visibilité (il faut rendre visible une certaine longueur de trajet pour pouvoir conduire).

Le tracé en plan comporte :

- Des alignements droits ;
- Des arcs de cercle ;
- Des arcs de courbe à courbure progressive : essentiellement des arcs de clothoïde.

### ***III-2.2.a Les alignements droits :***

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

Ils serviront éventuellement de raccordement entre 2 cercles. Pour des raisons de sécurité, et en particulier éviter la monotonie source d'accidents et d'éblouissement par les phares la nuit, il est recommandé d'alterner alignements droits et courbes circulaires : 40 à 60 % d'alignements droits, et on limite à 30 % les courbes à courbures progressive telles que les clothoïdes. Bien entendu les contraintes du projet peuvent de ce fait contraindre à des ratios différents.

#### **Règles concernant la longueur des alignements :**

Une longueur minimale d'alignement  $L_{\min}$  devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant **cinq (5) secondes** à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

$$\boxed{L_{\min} = 5 * \frac{V_b}{3,6}} \quad \text{avec } V_b : \text{vitesse de base en } km/h$$

Une longueur maximale  $L_{\max}$  est prise égale à la distance parcourue pendant **soixante (60) secondes**.

$$\boxed{L_{\max} = 60 * \frac{V_b}{3,6}}$$

Par application avec notre vitesse de base, on a :

$$L_{\min} (\text{même sens}) = 56 \text{ m ;}$$

$$L_{\max} = 667 \text{ m.}$$

**III-2.2.b** Les arcs de cercle :

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

Pour des raisons de cinématique et de confort des passagers des véhicules, le rayon  $R$  d'un cercle doit satisfaire la relation suivante :

$$V^2 = k * R (d + f(V))$$

Où  $V$  est la vitesse pratiquée par le véhicule,  $d$  le devers de la chaussée,  $f(V)$  une fonction qui tient compte de l'absorption d'une partie de la force centrifuge par les suspensions du véhicule.

C'est le devers  $d$  qui est d'abord déterminant : il est choisi pour des raisons de confort, d'esthétique ou d'écoulement d'eau. Puis la vitesse intervient car on veut assurer la possibilité d'atteindre certaines zones du tracé. Le rayon des cercles se trouvera ainsi déterminé par la relation précédente, ainsi :

- Aux points singuliers le devers prend sa valeur maximale absolue  $d_{max}$ , on peut y circuler à la vitesse  $V_r$ . Le rayon du cercle est le rayon minimal absolu **RHm** ;

$$RHm = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{max})}$$

$f_t$  : coefficient de frottement transversal

- Pour l'ensemble du tracé en dehors des zones correspondant aux points singuliers, le devers ne peut atteindre que sa valeur normale, on peut y circuler à la vitesse  $V = V_r + 20$  le rayon du cercle est le rayon minimal normal **RHN** ;

$$RHN = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{max})}$$

- Pour assurer l'évacuation rapide de l'eau de la surface de la chaussée, le devers de la chaussée est au minimum de 2,5 % (béton bitumineux) ou 2 % (béton hydraulique). Le rayon des cercles où ce devers doit exister doit être au moins égal au « rayon ; au devers minimal **RHd** ».

$$RHd = \frac{V_r^2}{(127 * 2 * d_{min})}$$

- Si de plus la chaussée, est « non déversée » (dévers inverse de celui nécessite par l'effet des forces centrifuges considérées dans ce cas comme négligeables dans le cas des chaussées situées côté extérieur de la courbe de façon à évacuer les eaux directement à l'extérieur de la plateforme), le rayon du cercle doit être au moins égal au rayon « non déversé » **RHnd**.

$$\mathbf{RHnd} = \frac{v_r^2}{127(f'' - d_{max})}$$

Avec :

$f'' = 0,06$  g en catégorie 1-2 ;

$f'' = 0,07$  g en catégorie 3;

$f'' = 0,075$  g en catégorie 4-5.

D'après les normes techniques B40 et en fonction de la catégorie de notre route ainsi que son relief, nous avons :

**Tableau III. 6: Les valeurs des différents rayons**

Rayon	SYMBOLE (d%)	ENV. 1			ENV. 2			ENV. 3		
		100	80	60	80	60	40	60	40	-
<u>CAT. 4</u>	Vr									
- min. absolu	RHm	375 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	40 (8%)	115 (7%)	40 (7%)	
- min. normal	RHN	600 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	115 (6%)	230 (5%)	115 (5%)	
- au d. min.	RHd (3%)	1300	800	450	800	450	200	450	200	
- non déversé	RHnd (-3%)	1750	1100	650	1100	650	280	650	280	

### **III-2.2.c** Les Courbes de raccordement :

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité.

La courbe de raccordement la plus utilisée est la **Clothoïde** grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures.

Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique qui sont limitées par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

#### ☰ Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

- ✚ Stabilité transversale du véhicule ;
- ✚ Confort des passagers du véhicule ;
- ✚ Transition de la forme de la chaussée ;
- ✚ Tracé élégant, souple, fluide, optiquement satisfaisant.

#### ☰ Types de courbe de raccordement :

##### ✚ Parabole cubique :

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

##### ✚ Lemniscate :

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

##### ✚ Clothoïde :

*La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul.*

*La courbure de la **Clothoïde**, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.*

*Parcourue à vitesse constante, la **Clothoïde** maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.*

Courbure  $K$  linéairement proportionnelle à la longueur curviligne.

$$K = C * L = \frac{1}{R} \rightarrow L * R = \frac{1}{C} \text{ on pose } A^2 = \frac{1}{C} \rightarrow \boxed{L * R = A^2}$$



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

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rads} \rightarrow L > R/9 \text{ soit } A > R/3 \text{ d'où } \boxed{R/3 \leq A \leq R}$$

### Règle générale du B40

$$\color{red}{+} R \leq 1500 \text{ m} \quad \Delta R = 1 \text{ m (éventuellement 0,5 m)}$$

$$\boxed{L = \sqrt{24 * R * \Delta R}}$$

$$\color{red}{+} 1500 \text{ m} \leq R \leq 5000 \text{ m}$$

$$\boxed{L \geq R/9}$$

$$\color{red}{+} R > 5000 \text{ m} \quad \Delta R = 2,5 \text{ m}$$

$$\boxed{L = 7,75\sqrt{R}}$$

### III-2.3.b Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours  $\Delta t$  du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

$$\boxed{L < \frac{V_b^2}{18} \left( \frac{V_b^2}{127 * R} - \Delta d \right)}$$

Avec  $V_b$  : vitesse de base (km/h) ;

$R$  : rayon en (m) ;

$\Delta d$  : variation de dévers.

### III-2.3.c Condition de gauchissement :

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

$$\boxed{L \geq I * \Delta d * V_b}$$

$L$  : longueur de raccordement ;

$I$  : largeur de la chaussée ;

$\Delta d$  : variation de dévers.

**Nota :** La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demie-chaussée extérieure au virage.

Cette variation est limitée à 2 %.

$$L \geq \frac{5 \cdot \Delta d \cdot V_b}{30}$$

### III-2.4 Notion de dévers

Le dévers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe.

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

#### III-2.5.a Dévers en alignement droit :

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

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

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

Le dévers minimal est pris égal à **2,5 %**, ce dévers ne sera prévu que si la chaussée doit être exécutée dans de bonnes conditions (couche de base réalisée au finisher et guidée sur fil).

Il sera réservé essentiellement aux routes de catégorie 1 et 2.

Pour les routes de catégories 3, 4, 5 ou celles de catégorie 1 et 2 risquant de poser des problèmes de tassement, d'orniérage ou des difficultés d'exécution, un dévers de 3% leur sera adopté.

#### III-2.5.b Dévers en courbe :

En courbe le dévers permet :

- ✚ D'assurer un bon écoulement des eaux superficielles ;

- ✚ De compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules ;
- ✚ D'améliorer le guidage optique.

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

Le dévers minimal admissible dans les courbe est essentiellement limité par les conditions de stabilité des véhicules lents ou à l'arrêt, dans des conditions météorologiques exceptionnelles.

**Tableau III. 7: Valeurs des dévers (B40)**

Catégorie	Dévers	Environnement		
		Faible E1	Moyen E2	Difficile E3
1 et 2	D <sub>min</sub>	2,5 %	2,5 %	2,5%
	D <sub>max</sub>	7%	7 %	7%
3 et 4	D <sub>min</sub>	3 %	3 %	3 %
	D <sub>max</sub>	8 %	8 %	7 %
5	D <sub>min</sub>	3 %	3 %	3 %
	D <sub>max</sub>	9 %	9 %	9 %

### III-3 PROFIL EN LONG

#### III-3.1 Définition

Le profil en long est une représentation plane de la surface du terrain naturel suivant un plan vertical contenant l'axe du tracé, il détermine la configuration du terrain au droit de l'axe de la route. Il est caractérisé par des droites (pentes, rampes), courbe horizontale ou inclinée et paliers rigoureusement droits.

#### III-3.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long

Le tracé du profil en long doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux, pour cela il faut respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur :

- Eviter les angles entrants en déblai car il est important d'éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement ;
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage ;

- Pour assurer un bon écoulement des eaux, on placera les zones des devers nuls dans une pente du profil en long ;
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai ;
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long ;
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon ;
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique ;
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

### III-3.3 Les éléments de composition du profil en long

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

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

### III-3.4 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long

Le respect de bonnes conditions de visibilité et la garantie d'une bonne lisibilité de l'itinéraire par l'utilisateur imposent de veiller à une bonne coordination des éléments du tracé en plan et du profil en long. C'est la combinaison des deux éléments qui conditionne l'image offerte réellement à l'utilisateur et de ce fait est le paramètre déterminant vis-à-vis de son comportement.

Outre les objectifs d'intégration dans le site, cette coordination vise également en termes de sécurité à assurer pour l'utilisateur :

- La perception des points singuliers de l'itinéraire ;
- La prévision anticipée des évolutions du tracé ;
- L'appréciation de l'adaptation au terrain sans être abusé par des trompe-l'œil ou gêné par des brisures ou des discontinuités.

Les pertes de tracé, si elles ne sont pas gênantes pour l'usager, peuvent parfois engendrer une perception erronée du tracé routier de jour comme de nuit. En conséquence, il est nécessaire d'assurer la visibilité d'une longueur de route compatible avec la distance d'accommodation moyenne pour la vitesse pratiquée (distance conducteur – point sur lequel il fixe son attention). En cas d'impossibilité, on évitera la réapparition de la route à une distance inférieure à cette longueur.

Cette longueur est fonction de la vitesse et est de l'ordre de 180 m à 40 km/h et 500 m à 90 km/h.

Un tracé sera dit satisfaisant lorsque la route, telle qu'elle apparaît en perspective de chaque point du parcours permet :

- De distinguer la chaussée et les obstacles qu'elle pourrait porter à une distance assez grande, pour lui permettre de manœuvrer et de s'arrêter ;
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (bifurcations, échangeurs) ;
- De prévoir de loin l'évolution du tracé ;
- D'apprécier l'adaptation au terrain, sans être abusé par des trompe-l'œil, ou gêné par des courbes, des brisures, des discontinuités désagréables.

#### III-3.4.a En angle saillant :

- Règle : Il ne faut pas coïncider le sommet de la parabole du profil en long (PL) avec l'origine de la courbe en tracé en plan (TP) ;
- Objectif : Eviter que le virage soit masqué par le sommet de la parabole.

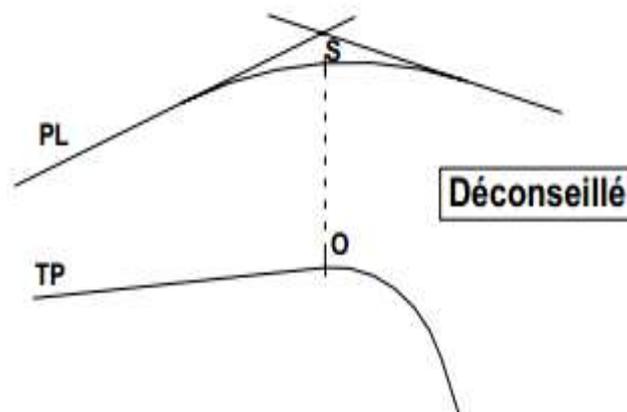
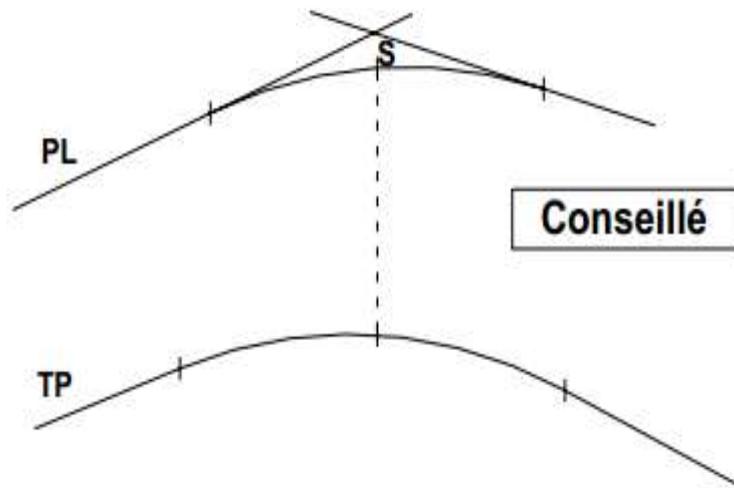


Figure III. 6: Coordination entre TP et PL déconseillé en angle saillant

Remède :

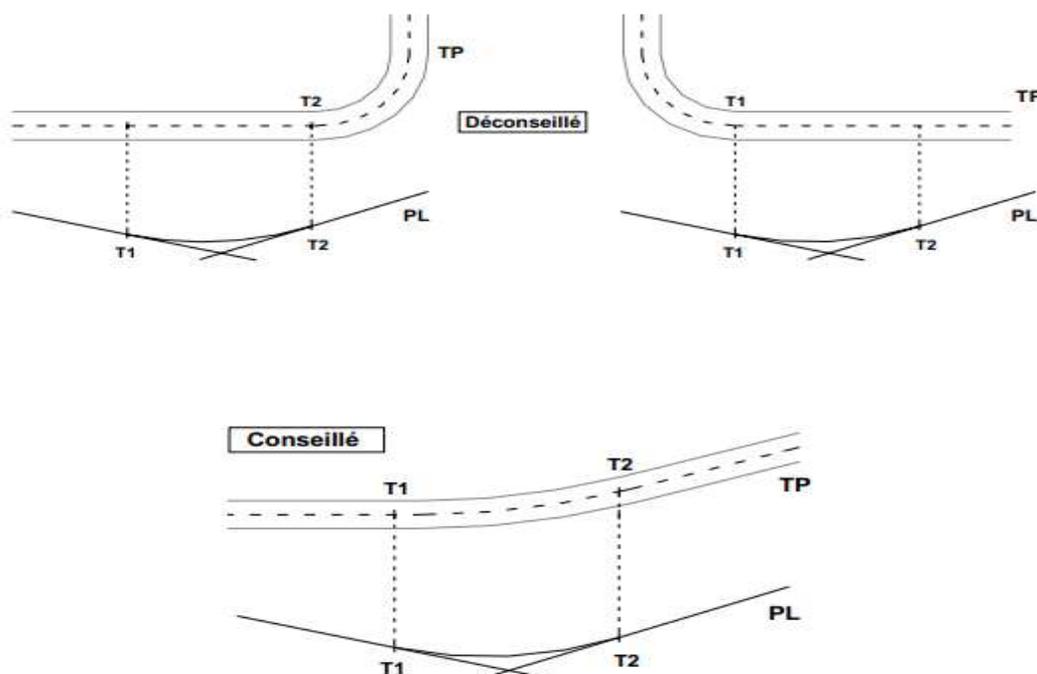
1 : Coïncider la courbe en plan avec celle du PL dans la mesure du possible.



**Figure III. 7: Coordination entre TP et PL conseillé en angle saillant**

2 : Introduire une clothoïde pour changer l'origine de la courbe en TP.

**III-3.4.b** En angle concave :



**Figure III. 8: Coordination entre TP et PL en angle concave**

T1 et T2 représentent les points de tangente entre les alignements droits et les arcs de cercle ou de clothoïde (s'il en existe).

### III-3.5 Déclivités

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

#### III-3.5.a Déclivité minimale :

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

- ✚ Au moins **0,5 %** et de préférence **1 %**, si possible.
- ✚ **I<sub>min</sub> = 0,5 %** dans les longues sections en déblai : pour que l'ouvrage d'évacuation des eaux ne soit pas trop profond.
- ✚ **I<sub>min</sub> = 0,5 %** dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eaux.

#### III-3.5.b Déclivité maximale :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500 m, à cause de :

- ✚ La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe maximale).
- ✚ L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente maximale.).

Donc, La déclivité maximale dépend de :

- ✚ La condition d'adhérence.
- ✚ La vitesse minimum du PL.
- ✚ La condition économique.

## Selon B40

Tableau III. 8: Valeurs des pentes maximales

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

Pour notre cas la vitesse de référence  $V_r = 40 \text{ km/h}$  donc la pente maximale  $I_{max} = 8 \%$  mais en considérant B40 pour les reliefs accidentés, nous pouvons aller jusqu'à une pente maximale de 10 %.

**III-3.6 Raccordements en profil en long**

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

**III-3.6.a Raccordements convexes (angle saillant) :**

Les rayons minimums admissibles des raccords paraboliques en angles saillants sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.

**- Condition de confort :**

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

Limitation de l'accélération verticale :  $\frac{g}{40}$  pour cat.1-2

$$\frac{V_r^2}{R_V} < \frac{g}{40} \quad \text{Pour } g = 10 \text{ m/s}$$

$$R_{V_{min}} = \begin{cases} 0,3V_r^2 & \text{pour cat 1-2} \\ 0,23V_r^2 & \text{pour cat 3-4-5} \end{cases}$$

Dans notre cas  $R_{V_{min}} = 0,23V_r^2$  avec  $V_r$  en (km/h) et  $R_V$  en (m).

**- Condition de visibilité :**

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaires à celle du confort.

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

Le rayon est donné par l'expression suivante :

$$R_V = \frac{d_a^2}{2} (h_0 + h_1 + 2\sqrt{h_0 h_1})$$

Avec :  $d_a$  : distance d'arrêt (**m**) ;

$h_0$  : hauteur de l'œil (**m**) ;

$h_1$  : hauteur de l'obstacle (**m**).

**III-3.6.b Raccordement concave (angle rentrant) :**

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

$$R'_V = \frac{d_a^2}{(1,5 + 0,035d_a)}$$

Avec  $R_V$  : rayon minimum de cercle de raccordement ;

$d_a$  : distance d'arrêt.

**- Condition de confort :**

$$R_{Vmin} = 100 * \frac{50}{\Delta d(\%)}$$

Avec :  $\Delta d$  : variation de dévers ;

$R_{Vmin}$  : rayon vertical minimal.



### III-4.3 Le profil en travers courant

Le plan de sectionnement est disposé perpendiculairement sur l'axe de la route.

Les éléments de base pour un profil en travers sont les distances entre les points et les différences de niveau. Les points du profil en travers sont établis pour chaque point du profil en long.

Les éléments du profil en travers peuvent être obtenus par :

- Mesure sur terrain ;
- Un plan à courbe de niveau.

Sur le terrain, les profils sont levés par nivellement géométrique avec un niveau ou avec un tachéomètre autoréducteur si le terrain est accidenté.

## III-5 APPLICATION AU PROJET

### III-5.1 Tracé en plan

Notre projet est une route bidirectionnelle en relief accidenté classée en catégorie quatre (cat.4).

Etant donné la nature de notre terrain, nous avons essayé de respecter dans la mesure du possible les conditions du tracé en plan tels que :

- Les distances en alignement droit, qui en se référant sur notre vitesse de base :  $56 \text{ m} \leq AD \leq 667 \text{ m}$  ;
- Les rayons des raccordements soient au moins supérieurs au rayon minimum normal ( $RHN = 115 \text{ m}$ ) d'après **B40** et dans le pire des cas, ces rayons soient égaux au rayon minimal absolu ( $RHm = 40 \text{ m}$ ). Ce qui n'a toujours pas été possible de réaliser en raison de l'état de notre terrain.

### III-5.2 Profil en long

Lors de la création de la ligne rouge, nous avons choisi des droites avec des pentes inférieures à **10 %**, étant donné notre terrain en relief difficile.

Concernant les raccordements en plan vertical, les rayons assurant les conditions de confort et de visibilité sont donnés selon les normes **B40** en fonction de la vitesse de base et de la catégorie de la route.

La route étant bidirectionnelle et classée en catégorie quatre avec une vitesse de base de **40 km/h**, nous permet d'obtenir les différents rayons verticaux suivants :

**Tableau III. 9: les rayons en angle saillant**

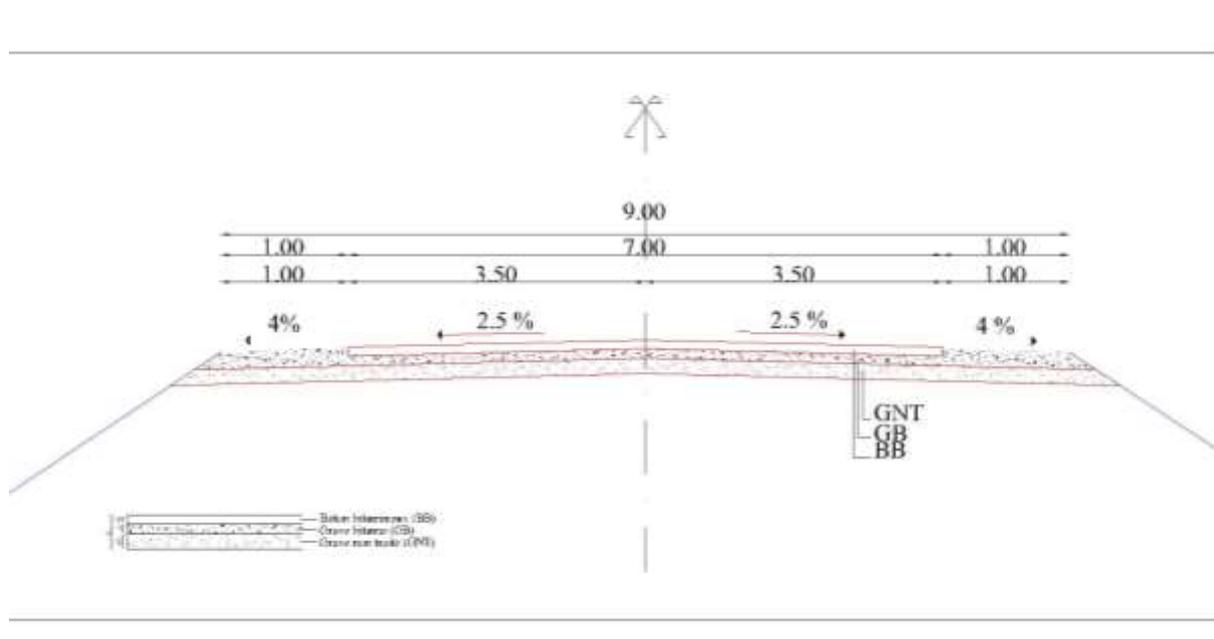
Rayon	symbole	valeur
minimal absolu	RVm	<b>450</b>
minimal normal	RVn	<b>1300</b>

**Tableau III. 10: Les rayons en angle rentrant**

Rayon	symbole	valeur
minimal absolu	RVm	<b>500</b>
minimal normal	RVn	<b>1100</b>

### III-5.3 Profil en travers

Notre projet est constitué d'une chaussée de deux voies de **3,5 m** avec des accotements de **1 m** de part et d'autre de la chaussée ainsi qu'un dévers maximal de **6 %**.

**Figure III. 10 : Profil en travers types**

*Etudes des raccordements d'accès à l'ouvrage au niveau de la commune de SIDI SLIMANE  
wilaya de TISSEMSSILT*

Chapitre n°4

**DIMENSIONNEMENT DU  
CORPD DE CHAUSSE**

## INTRODUCTION

L'estimation d'un projet routier, ne se limite pas en un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, elle devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation : action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonne caractéristique géométrique mais aussi de bonne caractéristique mécanique lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie. La qualité de la construction des chaussées joue à ce titre un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées.

Le dimensionnement des chaussées présente de nombreuses particularités sur lesquelles cette introduction souhaite insister. Pour simplifier, on peut distinguer deux approches très différentes, celle qui relève de l'empirisme et celle qui relève de la théorie.

### IV-1 DEFINITION DE LA CHAUSSEE

- **Au sens géométrique** : C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

- **Au sens structurel** : C'est l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

### IV-2 CONSTITUTION D'UNE CHAUSSEE

Les chaussées se présentent comme des structures multicouches mises en œuvre sur un ensemble appelé *plate-forme de chaussée*, constituée du sol terrassé dit sol support, le plus souvent surmonté d'une *couche de forme*.

#### IV-2.1 La couche de forme

Cette couche, qui ne fait pas partie intégrante de la chaussée, a plusieurs fonctions :

- Pendant les travaux elle protège le sol support, contribue au nivellement et permet la circulation des engins de chantiers ;
- Elle permet de protéger le sol support de l'action du gel.

### IV-2.2 La couche d'assise

L'assise de chaussée est généralement constituée de deux couches : la couche de fondation surmontée de la couche de base.

Ces couches en matériaux élaborés, le plus souvent liés (bitume, liants hydrauliques) pour les forts trafics, apportent à la chaussée la résistance mécanique aux charges verticales induites par le trafic. Elles répartissent les pressions sur le sol support, afin de maintenir les déformations à ce niveau dans les limites admissibles.

### IV-2.3 La couche de surface

Cette couche est constituée de :

- **La couche de roulement**, qui est la couche supérieure de la chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat.
- **La couche de liaison** pas nécessairement placée entre la couches d'assise et la couche de roulement.

Dans le cas particulier des **chaussées en béton** de ciment (chaussées rigides) la dalle, qui repose sur une couche de fondation, joue simultanément le rôle de couche de surface et celui de couche de base. L'ensemble chaussée-couche de forme-sol, peut être représenté sur le schéma suivant.

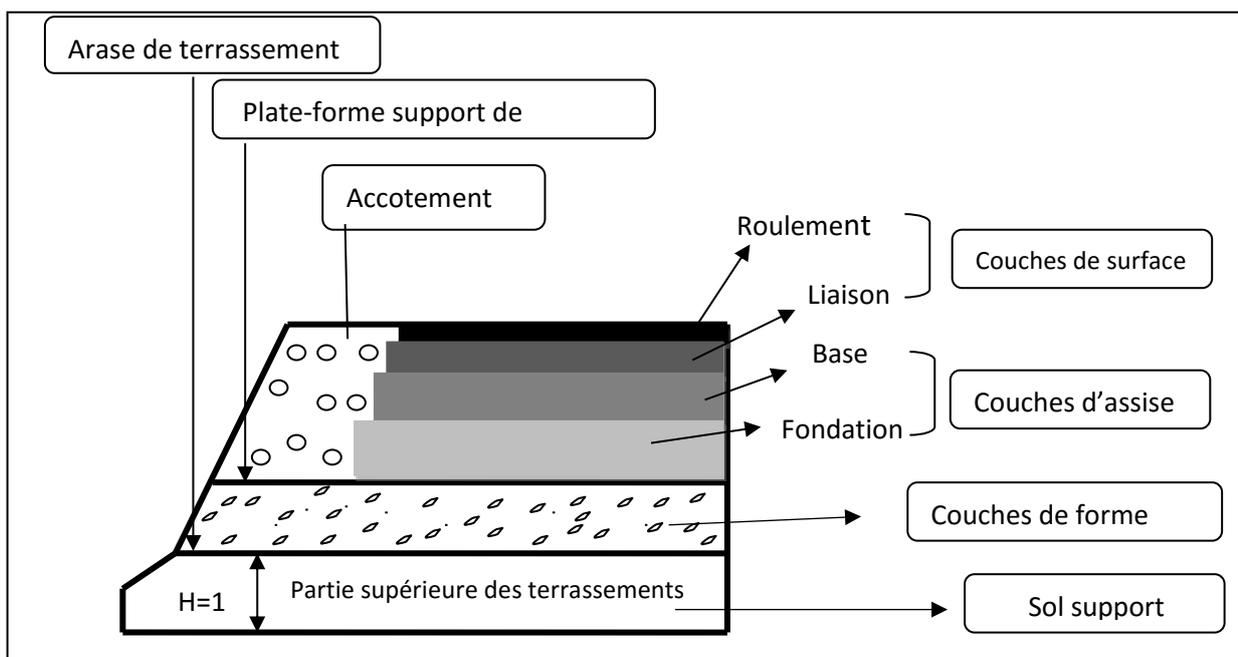


Figure IV. 7: Ensemble chaussée/couche de forme/sol

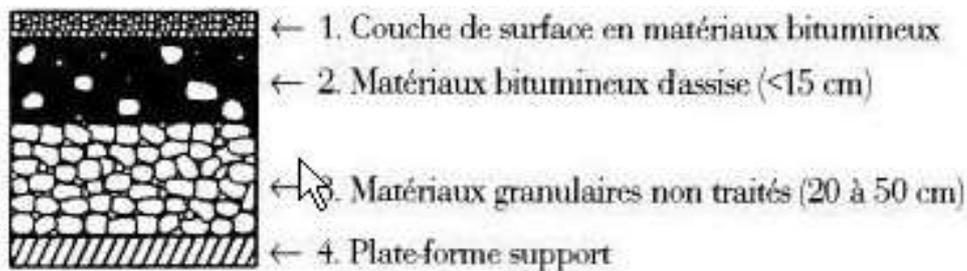
### IV-3 DIFFERENTES FAMILLES DE CHAUSSEES

Suivant leur mode de fonctionnement, on distingue :

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

#### IV-3.1 Chaussées souples

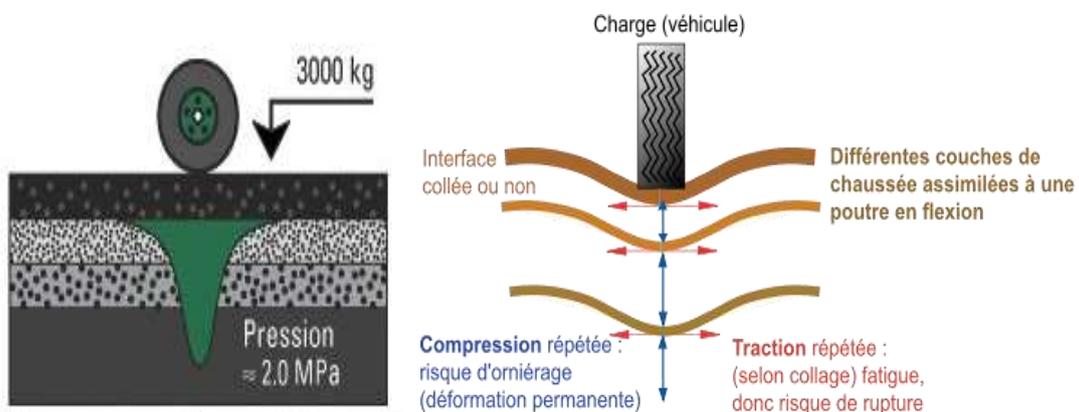
Ces structures comportent une couverture bitumineuse mince (moins de 15 cm), parfois réduites à un simple enduit superficiel, reposant sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités.



**Figure IV. 8: Chaussée souple**

L'épaisseur globale de la chaussée est généralement comprise entre 30 et 60 cm. Les matériaux granulaires constituant l'assise de ces chaussées ont une faible rigidité.

Leur fonctionnement peut être schématisé comme suit :

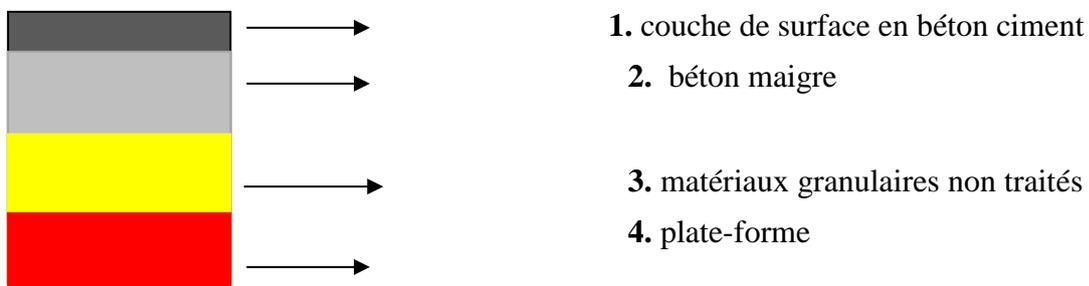


**Figure IV. 9: Fonctionnement de la chaussée souple**

Comme la couverture bitumineuse est mince, les efforts verticaux dus au trafic sont transmis au support avec une faible diffusion. Les contraintes verticales élevées engendrent par leur répétition des déformations plastiques qui se répercutent en déformations permanentes à la surface de la chaussée.

La couverture bitumineuse subit à sa base des efforts répétés de traction-flexion. L'évolution de la plus fréquente des chaussées souples se manifeste d'abord par l'apparition de déformation permanente du type orniérage à grand rayon, flaches et affaissements qui détériorent les qualités des profils en travers et en long. Les sollicitations répétées des flexions alternées dans la couverture bitumineuse entraînent une dégradation par fatigue, sous la forme de fissures d'abord isolées puis évoluant peu à peu vers un faïençage.

### IV-3.2 Chaussées rigides



*Figure IV. 10: Coupe transversale d'une chaussée rigide*

On appelle chaussées rigides, des chaussées comportant en couche supérieure des matériaux traités au liant hydraulique (béton de ciment essentiellement). La nature du béton hydraulique fait que la rigidité des dalles qui constituent la partie supérieure de la chaussée protège le sol support des sollicitations mécaniques. La rupture de la chaussée s'amorce en premier lieu dans la dalle par excès de contraintes.

Leur fonctionnement peut être schématisé comme suit :



*Figure IV. 11: Fonctionnement de la chaussée rigide*

#### IV-4 DEMARCHE DU PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES

Quelque soient les techniques de chaussée, la démarche de dimensionnement et l'articulation des différentes étapes restent sensiblement les mêmes :

**1<sup>ère</sup> étape** : une fois réunies les données nécessaires au calcul, on procède :

- A un premier choix de la couche de roulement,
- A un pré-dimensionnement de la structure par référence à des situations comparables.

**2<sup>ème</sup> étape** : modélisation et calcul de la structure : on calcul les contraintes et déformations dans la structure de chaussée ainsi pré-dimensionner, sous l'essieu de référence de 130 KN (13 tonnes).

**3<sup>ème</sup> étape** : vérification en fatigue de la structure et de la déformation du support, en comparant les contraintes et déformations calculées à l'étape 2 à des valeurs admissibles.

**4<sup>ème</sup> étape** : ajustement des épaisseurs calculées : les épaisseurs des couches déterminées à l'issue de l'étape 3.

**5<sup>ème</sup> étape** : vérification de la tenue au gel-dégel.

**6<sup>ème</sup> étape** : définition de la coupe transversale de chaussée : les étapes 1 à 5 ont permis de déterminer une structure dite nominale correspondant au bord de la voie la plus chargée, il reste à préciser le profil en travers de la chaussée. Pour cela, les variations transversales d'épaisseurs des couches sont possibles en fonction du trafic par voie.

#### IV-5 LES METHODES DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES

##### IV-5.1 La méthode C.B.R (California Bearing Ratio)

C'est une méthode semi-empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support.

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de **BOUSSINESQ** soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice C.B.R.

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{p}}{I_{CBR} + 5}$$

Avec  $I_{CBR}$  : Indice C.B.R

En tenant compte de l'influence du trafic, on a la formule suivante :

$$e = \frac{100 + \sqrt{p} * \left(75 + 50 * \log \frac{N}{20}\right)}{I_{CBR} + 5}$$

$N$  : désigne le nombre moyen de camion de plus de 1500 kg à vide ;

$P$  : charge par roue  $P = 6,5$  t (essieu de 13 t) ;

$\text{Log}$  : logarithme décimal

### Coefficient d'équivalence :

L'épaisseur de la chaussée, obtenue par la formule C.B.R améliorée, correspond à un matériau bien défini la grave de référence. Pour ce matériau, le coefficient d'équivalence est égal à 1.

Si la chaussée doit être constituée par d'autres matériaux de qualités différentes, il faudra utiliser le coefficient ( $e_f$ ) de celle-ci telle que :

$$e = \sum a_f * e_f$$

$a_f$  : coefficient d'équivalence de chacun des matériaux utilisés.

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

**Tableau IV. 7 : Matériau/coefficient d'équivalence**

MATERIAUX UTILISEES	COEFFICIENT D'EQUIVALENCE
Béton bitumineux – enrobé dense	2,00
Grave ciment – grave laitier	1,50
Sable ciment	1,00 à 1,20
Grave concassée ou gravier	1,00
Grave roulée – grave sableuse – T.V.O	0,75
Sable	0,50
Grave bitume	1,60 à 1,70
Tuf	0,50

L'épaisseur totale à donner la chaussée est :  $e = a_1 * e_1 + a_2 * e_2 + a_3 * e_3$

$a_1 * e_1$  : Couche de roulement

$a_2 * e_2$  : Coche de base

$a_3 * e_3$  : Couche de fondation

### IV-5.2 La méthode du catalogue des structures

Cette méthode découle du règlement algérienne B60-B61 et elle consiste à déterminer la classe du trafic des poids lourds à la 20<sup>ème</sup> année et la classification du sol support. Une grille combinant les deux données oriente le projecteur sur le type de chaussée qui lui correspond.

#### IV-5.2.a Détermination de la classe du trafic :

**Tableau IV. 8: Classe de trafic**

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

On commence par la détermination du trafic de poids lourds cumulés sur 20 ans et la classer dans l'une des classes définies précédemment.

Le trafic cumulé est donné par la formule :

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

$T_{pl}$  : Trafic poids lourds à l'année de mise en service ;

$n$  : durée de vie ( $n = 20$  ans).

#### IV-5.2.b Détermination de la classe du sol :

Le sol doit être classé selon la valeur de l'indice CBR de la densité Proctor modifié maximal. Les différentes catégories sont données par le tableau indiquant les classes de sol :

**Tableau IV. 9: Classe du sol**

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

#### IV-5.3 La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central Des Ponts et Chaussées)

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

$$T_{eq} = \frac{TJMA_0 * a * [(1 + Z)^n - 1] * 0,75 * p * 365}{(1 + Z) - 1}$$

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

$TJMA_0$  = trafic à la mise en service de la route.

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds.

Une fois que la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente (en fonction de  $T_{eq}$ ,  $I_{CBR}$ ) à partir de l'abaque L.C.P.C.

#### IV-6 PROGRAMME DE DIMENSIONNEMENT MECANIQUE DES CHAUSSEES LE LOGICIEL ALIZE-LCPC

Le logiciel alizé LCPC met en œuvre la méthode rationnelle de dimensionnement mécanique des structures de chaussée. Développée par LCPC-SETRA, le logiciel facilite la réalisation pratique des calculs numériques nécessaires au dimensionnement des structures de chaussées.

En utilisation courante, la démarche du dimensionnement rationnel s'articule selon les trois phases principales suivantes : à savoir :

##### IV-6.1 Le choix de type de la structure et des matériaux qui la composent :

La structure de chaussée peut être souple ou rigide ou autre type.

#### IV-6.2 La détermination des sollicitations admissibles dans les différents matériaux :

- Pour les matériaux non traités (graves non traitées et sols) : le modèle adopté est le modèle d'endommagement par accumulation des déformations plastiques irréversibles, Il résulte des sollicitations de compression verticale exercées par le trafic. L'expression des sollicitations verticales admissibles ne découle pas directement d'essais en laboratoire, mais de considérations d'origine empirique :

$$S_{zadm} = A \cdot N^b$$

A et b : paramètre d'origine empirique, indépendant du matériau non traité considéré, mais variant en pratique selon la nature de la chaussée et l'intensité du trafic.

N : nombre de passage des charges roulantes.

#### IV-6.3 La détermination des épaisseurs des différentes couches de matériaux

Les sollicitations créées par les charges roulantes dans les différentes couches de matériaux sont calculées à l'aide du modèle multicouche élastique linéaire de BURMISTER

La détermination de l'épaisseur de chaque couche de matériaux repose sur la vérification du critère de non rupture du matériau considéré pendant la durée de service de la chaussée, à savoir :

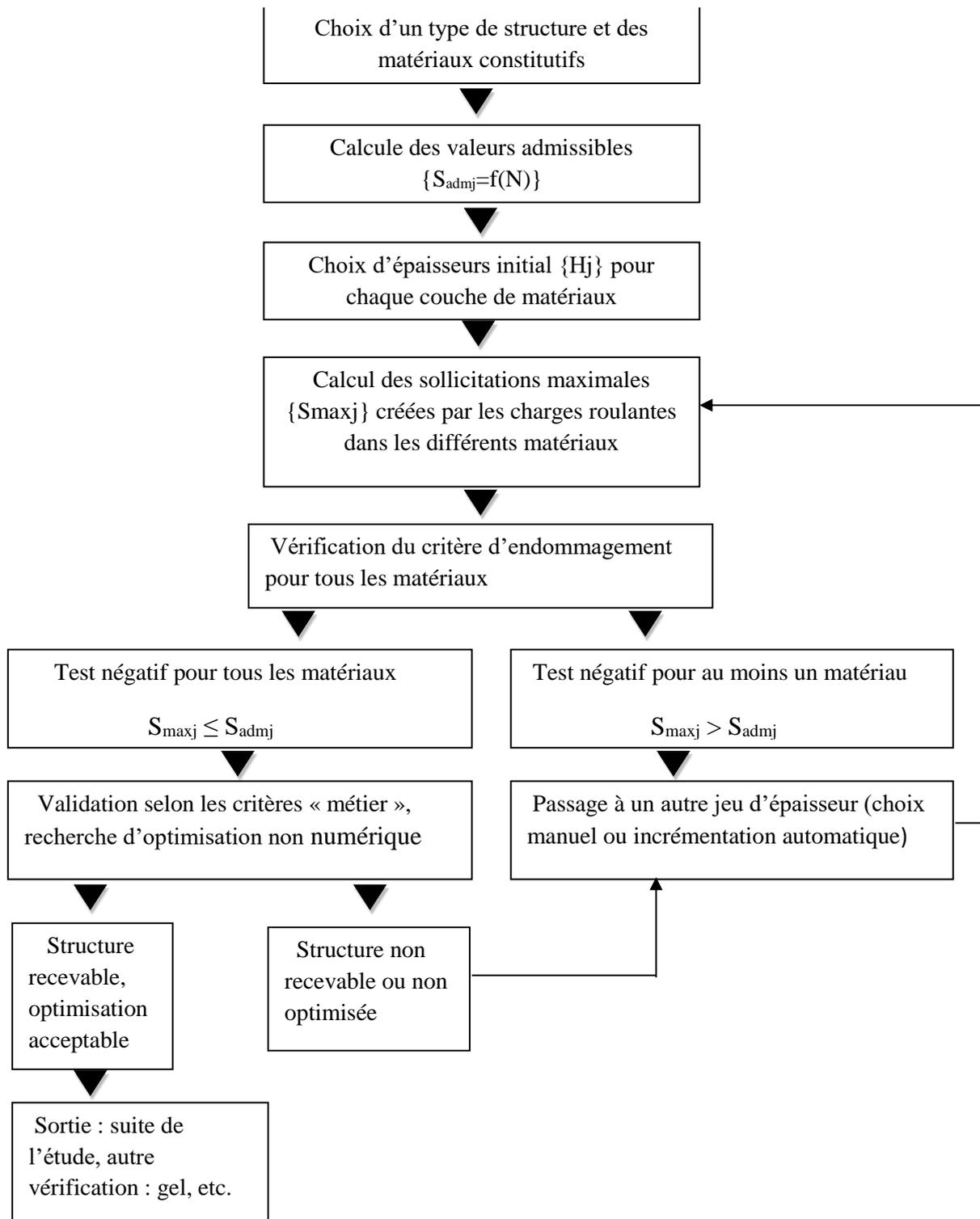
$$S_{maxj} \leq S_{admj}$$

$S_{maxj}$  : sollicitation maximal créée par le trafic dans la couche de matériau n°j ;

$S_{admj}$  : sollicitation admissible par le matériau.

La détermination finale des épaisseurs  $H_j$  des différentes couches de matériaux constituant la structure de chaussée n'a pas, en général, de solution directe : absence de solution explicite  $\{H_j = f(N)\}$ . Elle s'effectue le plus souvent suivant une démarche itérative inverse, schématisée dans la page suivante.

**Tableau IV. 10: Démarche général de dimensionnement mécanique**



#### IV-7 CARACTERISTIQUES DU SOL SUPPORT

- Un sol se caractérise par la nature et les propriétés de ses particules et par son état.

La nature du sol est définie par sa granularité, sa plasticité, la nature de ses particules (minéraux, matières organiques).

L'état du sol est défini par l'indice des vides (ou la teneur en eau) pour les sols saturés et par l'indice des vides et le degré de saturation (ou la teneur en eau) pour les sols non saturés. Il s'apprécie également en valeur relative par l'indice de consistance pour les sols cohésifs (ou fins) et l'indice de densité pour les sols pulvérulents (ou grenus). Ces essais sont récapitulés dans le tableau suivant.

- La description d'un sol donne des indications sur :
  - sa granularité (indication de ses deux classes granulaires principales) ;
  - la forme et l'état de surface de ses grains ;
  - sa plasticité ;
  - son état de densité ou de consistance ;
  - sa couleur, son odeur ;
  - sa structure visible à l'œil nu ;
  - son origine ou son niveau géologique ;
  - son appellation régionale ou locale.
- Elle est complétée le cas échéant par :
  - la teneur en matières organiques ;
  - la teneur en carbonate de calcium.
- Les essais d'identification ont souvent un caractère conventionnel et doivent être réalisés en respectant un processus opératoire précis.

**Tableau IV. 11: Essais d'identification d'un sol**

Sol	Nature	État
Pulvérulent (grenu)	Granularité (analyse granulométrique) Équivalent de sable Teneur en carbonates Masse volumique des particules	Indice des vides Teneur en eau Indice de densité
Cohésif (fin)	Granularité (sédimentométrie) Limites d'Atterberg Activité Teneur en carbonates Teneur en matières organiques Masse volumique des particules	Indice des vides Teneur en eau Degré de saturation Indice de consistance

#### IV-8 APPLICATION AU PROJET

Nous pouvons considérer que nous avons un sol argileux (S3) d'où d'après le tableau de la classification du sol (tableau IV.3), l'indice CBR varie de 5 à 10. Cependant pour un bon dimensionnement du corps de chaussée, nous optons pour un indice CBR qui serait égal à 6.

Pour le dimensionnement du corps de notre chaussée, nous utiliserons la méthode CBR qui est l'une des méthodes les plus répandues en Algérie et aussi notre projet n'admet pas une étude de trafic, ainsi les autres méthodes ne concernent en rien notre projet car elles nécessitent une connaissance préalable du trafic journalier moyen annuel (TJMA).

#### METHODE C.B.R :

Cette méthode consiste à déterminer l'épaisseur équivalente du corps de chaussée ensuite à déterminer les épaisseurs des différentes couches.

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{p}}{I_{CBR} + 5} = a_1 * e_1 + a_2 * e_2 + a_3 * e_3$$

Avec  $e$  : épaisseur équivalente ;

$I_{CBR}$  : indice CBR du sol support ;

$P$  : charge par roue ( $P = 6,5$  t).

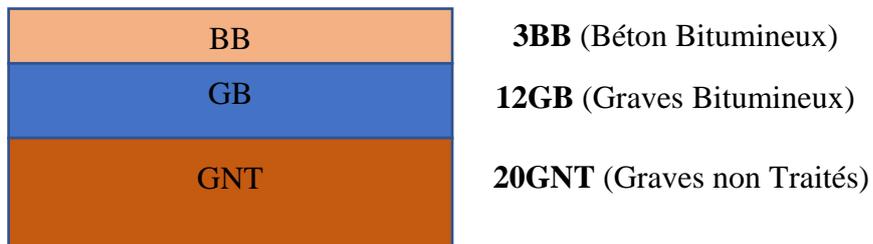
**Application numérique :**

$$e = \frac{100+150\sqrt{6,5}}{6+5} = 43,85 \text{ cm}$$

**Tableau IV. 12: Epaisseurs des couches**

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence ( $a_f$ )	Epaisseur équivalente (cm)
BB	03	2	6
GB	12	1,5	18
GNT	20	1	20
TOTAL	35		44

Composition de notre structure : **3BB + 12GB + 20GNT**



*Figure IV. 12: Les couches de la Chaussée*

Chapitre n°5

**CUBATURES**

## V-1 INTRODUCTION

Les cubatures de terrassement, c'est la détermination des volumes de remblais et de déblais nécessaires à la réalisation d'un projet.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

## V-2 METHODE DE CALCUL DES CUBATURES

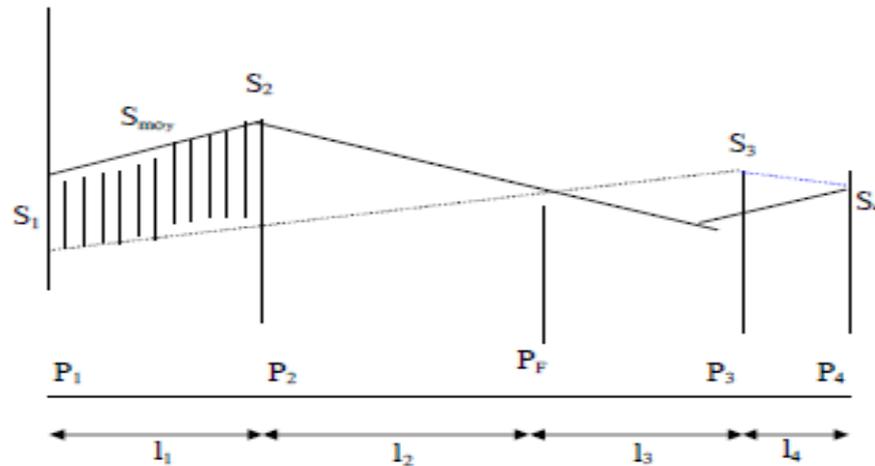
Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utiliserons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts, on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de **10 %** et ceci dans le but d'être en sécurité.

### Description de la méthode de la moyenne des aires

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

$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

- h: Hauteur entre deux profils ;
- $S_1, S_2$ : Surface des deux profils ;
- $S_0$ : Surface limitée à mi-distances des profils.



**Figure V. 2: Détermination du volume**

Le volume compris entre les deux profils en travers  $P_1$  et  $P_2$  de section  $S_1$  et  $S_2$  sera égal à :

$$V = \frac{l_1}{6} * (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

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

$$\text{Ceci donne : } V_1 = \frac{l_1}{2} * (S_1 + S_2)$$

Donc les volumes seront :

$$\text{Entre } P_1 \text{ et } P_2 : V_1 = \frac{l_1}{2} * (S_1 + S_2) ;$$

$$\text{Entre } P_2 \text{ et } P_F : V_2 = \frac{l_2}{2} * (S_2 + 0) ;$$

$$\text{Entre } P_F \text{ et } P_3 : V_3 = \frac{l_3}{2} * (0 + S_3) ;$$

$$\text{Entre } P_3 \text{ et } P_4 : V_4 = \frac{l_4}{2} * (S_3 + S_4).$$

En additionnant membre à membre chacune de ces expressions, on obtient le volume total des terrassements :

$$V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} S_2 + \frac{l_2 + l_3}{2} * 0 + \frac{l_3 + l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4$$

**NB :** Les résultats de calcul des cubatures obtenus à l'aide d'Autopiste sont joints en annexe.

*Etudes des raccordements d'accès à l'ouvrage au niveau de la commune de SIDI SLIMANE  
wilaya de TISSEMSSILT*

Chapitre n°6

**CHOIX DE LA VARIANTE  
ET IMPLANTATION DE  
L'AXE**

## VI-1 INTRODUCTION

Le choix de la variante est la procédure à suivre après le tracé et l'examen de plusieurs variantes. Ce choix se fait en fonction de l'élaboration des normes d'aménagement qui régissent une république.

Jusqu'à la fin du siècle dernier, le choix d'un tracé s'inspirait de la recherche du plus court chemin tout en limitant les déclivités à des valeurs compatibles avec la traction animale.

## VI-2 CHOIX DE LA VARIANTE RETENUE

Notre choix s'est porté sur la variante 4 en raison des règles qu'elle respecte en dépit de notre terrain accidenté.

A travers un tableau comparatif nous étayons les caractéristiques de chacune des 4 variantes et ainsi déterminerons la variante la plus favorable et avantageuse.

*Tableau VI. 10 : Tableau comparatif des variantes*

Variante	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Caractéristiques				
Longueur totale (m)	467,024	409,882	424,812	394,911
Longueur min en A.D (m)	52,554	9,756	9,412	50,093
Rayon horizontal min (m)	34,162	33,778	35,416	31,026
Rayon vertical min (m)	1500	1000	600	700
Déclivité maximale (%)	5,74	7,03	9,11	8,86
Coordination entre TP et PL	OK	OK	OK	OK
Cubatures déblai (m <sup>3</sup> )	23	18610	416	139
Cubatures remblai (m <sup>3</sup> )	32047	9845	25830	15548

## VI-3 COORDONNEES D'IMPLANTATION DE L'AXE

### VI-3.1 Introduction

L'implantation est l'opération qui consiste à reporter sur le terrain, suivant les indications d'un plan, la position de la route, d'axes ou de points isolés dans un but de construction ou de repérage. La plupart des tracés d'implantation sont constitués de droites, de courbes et de points isolés.

Les instruments utilisés doivent permettre de positionner des alignements ou des points : théodolites, équerres optiques, rubans, niveaux, etc. L'instrument choisi dépend de la précision cherchée, elle-même fonction du type d'ouvrage à implanter : précision millimétrique pour des fondations spéciales, centimétrique pour des ouvrages courants, décimétriques pour des terrassements, etc. Les principes suivants doivent être respectés :

- Aller de l'ensemble vers le détail ce qui implique de s'appuyer sur un canevas existant ou à créer ;
- Prévoir des mesures surabondantes pour un contrôle sur le terrain.

### VI-3.2 Réalisation de l'implantation

Pour réaliser correctement une implantation d'ouvrage, il est nécessaire de disposer d'un certain nombre d'éléments de base.

#### VI-3.2.a *Alignement de référence :*

Toute construction doit impérativement s'intégrer dans le bâti existant. Ceci est souvent caractérisé par un choix préalable d'un alignement particulier. Cet alignement pouvant être par rapport à :

-  Un axe de voirie (route) ;
-  Une bordure de trottoir ;
-  Un alignement par rapport à des édifices existants...

#### VI-3.2.b *Repères de nivellement :*

L'alignement de la paroi verticale d'un édifice n'est pas la seule exigence en matière d'intégration de l'édifice sur le site. Il existe aussi une exigence altimétrique ou de nivellement. Cette dernière pourra être effectuée grâce à :

- ✚ Un point déterminé d'un niveau supérieur de la bordure du trottoir ;
- ✚ Le tampon d'une bouche d'égout en vue de l'évacuation des eaux pluviales (EP), eaux vannes (EV) ou encore des eaux usées (EU).

### VI-3.3 Les opérations de l'implantation

La réalisation de l'implantation passe par un ensemble de manœuvres préparatoires dont on cite :

#### VI-3.3.a Le piquetage :

Cette opération vise à matérialiser au moins deux axes généralement orthogonaux. Ces deux axes sont généralement reportés hors de l'emprise de la construction dont l'un est parallèle à l'axe longitudinal de l'ouvrage. Ces deux axes serviront ensuite de base pour tracer un ensemble de lignes directrices secondaires situées cette fois à l'intérieur de l'emprise du bâtiment.

#### VI-3.3.b Le nivellement :

Comme son nom l'indique, le nivellement cherche à respecter les différents niveaux en vue de procéder à tous travaux de fouille ou de terrassement. Pour ce faire on réalise en général un quadrillage à grande maille (15 m\*15 m) ou (20 m\*20 m). A l'intersection des lignes du quadrillage on place des piquets munis de repères altimétriques qui serviront plus tard à l'exécution des fouilles et des terrassements.



*Figure VI. 1: Piquetage et nivellement d'un point*

**VI-3.3.c** *Mise en œuvre pratique de l'implantation :*

Il se peut que les notions de piquetage et de nivellement soient quelque peu abstraites, il n'en demeure que ce sont des méthodes couramment mises en œuvre en pratique.

Les pratiques de chantiers menant à cette fin se résument comme suit :

- Nettoyage et débroussaillage avec un nivellement grossier du terrain ;
- Repérage de l'emprise de l'ouvrage au moyen de piquets posés aux angles de ce dernier ;
- Mise en place des chaises d'implantation, ces chaises sont des planches en bois placées en équerre juste derrière l'emprise de l'ouvrage ;
- Détermination des lignes principales en les matérialisant au moyen de cordeaux ou de fil de fer recuit cloués sur les chaises. Les lignes principales sont déterminées pour les directions orthogonales ou plus généralement suivant les directions principales de ce dernier. A l'intersection des cordeaux on repère les axes des poteaux ou des voiles.

Chapitre n°7

**HYPOTHESES RELATIVES  
AUX MATERIAUX ET  
PROGRAMME DE  
CHARGES**

## VII-1 HYPOTHESES RELATIVES AUX MATERIAUX

### VII-1.1 Le béton

#### VII-1.1.a Présentation du matériau :

Le béton hydraulique est un mélange optimal de liant (ciments artificiels), granulats naturels ou artificiels, l'eau et éventuellement d'adjuvants (entraîneur d'air, plastifiant, hydrofuge).

Les caractéristiques principales du béton sont :

- Une bonne résistance en compression simple [20 - 40] Mpa ;
- Une mauvaise résistance en traction  $R_t = [2 - 4]$  Mpa ;
- Poids volumique compris entre 22 et 24 KN/m<sup>3</sup> ;
- Un coefficient de dilatation thermique identique à celui de l'acier  $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ .

#### VII-1.1.b Résistance du béton :

Dans l'établissement d'un projet et dans les cas courants, un béton est défini par la valeur de sa résistance à la compression à 28 jours dite valeur caractéristique requise (ou spécifiée) elle est notée **f<sub>c28</sub>** (Mpa) et choisie en fonction des conditions de fabrication du béton de la classe du ciment utilisé et de son dosage au mètre cube (m<sup>3</sup>).

**Tableau VII. 1: Caractéristique du béton**

Classe du ciment	45 et 45R		55 et 55R	
	C.C	A.S	C.C	A.S
f <sub>c28</sub> = 16 Mpa	300 kg/m <sup>3</sup>			
f <sub>c28</sub> = 20 Mpa	350 kg/m <sup>3</sup>	325 kg/m <sup>3</sup>	325 kg/m <sup>3</sup>	300 kg/m <sup>3</sup>
f <sub>c28</sub> = 25 Mpa	(1)	400kg/m <sup>3</sup>	375 kg/m <sup>3</sup>	350 kg/m <sup>3</sup>
f <sub>c28</sub> = 30 Mpa	Non admis	(1)		(1)

(1) : Cas à justifier par une étude appropriée ;

C.C : Condition courante de fabrication ;

A.S : Avec autocontrôle surveillé ;

R : Ciment à début de durcissement rapide.

Lorsque l'âge du béton est inférieur à 28 jours, on prend en compte les calculs de résistance  $f_{c_j}$  (Mpa) valeur caractéristique à  $j$  jours qui est obtenue suivant le cas par la formule suivante :

$$f_{c_j} = \frac{j \cdot f_{c_{28}}}{4,76 + 0,83j} \quad \text{Pour } f_{c_{28}} \leq 40 \text{ Mpa}$$

$$f_{c_j} = \frac{j \cdot f_{c_{28}}}{1,40 + 0,95j} \quad \text{Pour } f_{c_{28}} \geq 40 \text{ Mpa}$$

Si  $28j \leq j \leq 60j$  alors  $f_{c_j} = \frac{j \cdot f_{c_{28}}}{4,76 + 0,83j}$

Si  $j \geq 60j$  alors  $f_{c_j} = 1,1f_{c_{28}}$

**Remarque :**

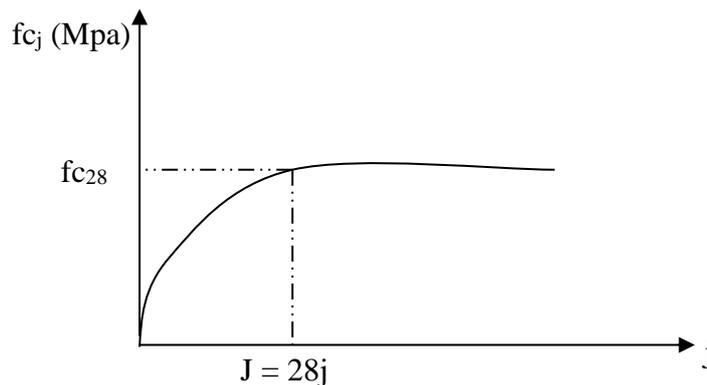


Figure VII. 1: Diagramme de l'état du béton

La résistance à la compression est mesurée par compression axiale de cylindre droit de révolution de  $200 \text{ cm}^2$  de section et d'une hauteur double de leur diamètre  $\phi = 16 \text{ mm}$ .

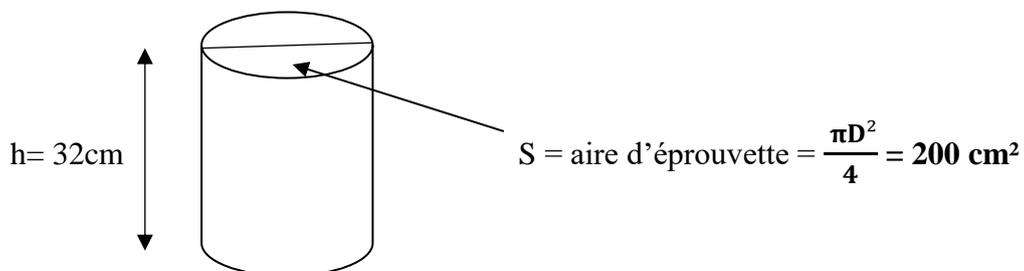


Figure VII. 2: Mesure par compression axiale

La résistance du béton est également définie par la résistance à la traction  $f_{tj}$  à  $j$  jours qui est conventionnellement définie par la relation :

$$f_{tj} = 0,6 + 0,06f_{c_j} \quad [Mpa]$$

$f_{c_j}$  : résistance à la compression à  $j$  jours ;

$f_{tj}$  : résistance à la traction à  $J$  jours.

Les résistances caractéristiques en traction  $f_{tj}$  peuvent être déterminées par essais :

- ✓ Par l'essai de traction par flexion ;
- ✓ Par l'essai de fendage ou essai Brésilien.

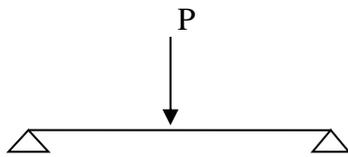


Figure VII. 3: Essai de traction (3 points)

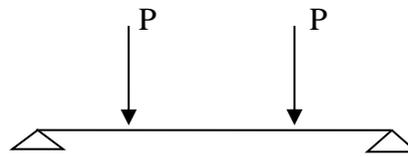


Figure VII. 4: Essai de traction (4 points)

#### VII-1.1.c Déformation du béton :

##### ▪ Déformation longitudinale :

Sous des contraintes minimales (efforts) d'une durée d'application inférieure à 24 heures, on admet à défaut de mesure qu'à l'âge  $j$  jours, le module de déformation du béton  $E_{ij}$  est égale à :

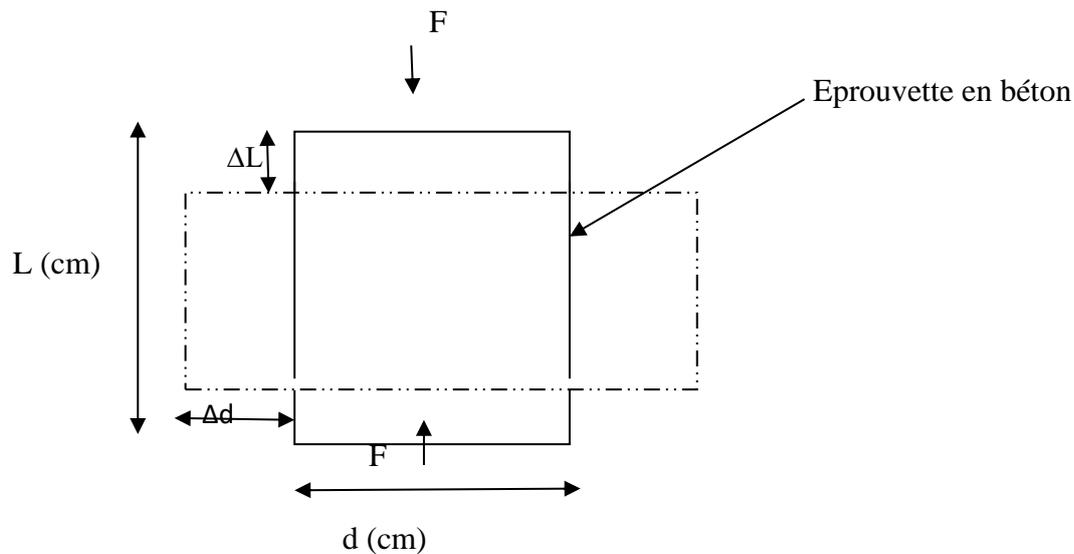
$$E_{ij} = 11000 \sqrt[3]{f_{c_j}} \quad [Mpa]$$

Sous des contraintes de longue durée, les effets de fluage du béton rajoutent une déformation complémentaire du double de la déformation instantanée du béton.

La déformation totale sera donc triple en exprimant les résistances en **Mpa**, le module de déformation longitudinale différée du béton  $E_{vj}$  est égale à :

$$E_{vj} = \frac{1}{3} E_{ij} = 3700 \sqrt[3]{f_{c_j}} \quad [Mpa]$$

▪ **Déformation transversale :**



**Figure VII. 5: Déformation transversale du béton**

$$\nu = \frac{\Delta d}{\Delta L}$$

Avec  $\Delta L$ : raccourcissement longitudinal;

$\Delta d$  : gonflement transversal ;

$\nu$  : coefficient de Poisson.

▪ **Déformation du béton indépendant des charges appliquées :**

Le retrait: Le béton après sa confection (fabrication) contient un excès d'eau, si le durcissement se fait à l'aire libre, l'eau va s'évaporer. Cette évaporation s'accompagne automatiquement par une diminution du volume. Cette diminution s'appelle le retrait.

▪ **Contraintes limites à l'état limite ultime (ELU) :**

La contrainte limite ultime du béton en compression est :

$$f_{bu} = \frac{0,85 f_{cj}}{\theta \cdot \gamma_b} \quad [\text{Mpa}]$$

Avec  $\gamma_b$ : coefficient de sécurité du béton = 1,5 en général

$\gamma_b = 1,5$  en général ;

$\gamma_b = 1,15$  dans le cas accidentel ;

$\theta$  : coefficient d'application de la charge.

$\theta = 1$  si la durée est  $> 24\text{h}$

$\theta = 0,9$  si la durée est  $1\text{h} \leq \text{durée} \leq 24\text{h}$

$\theta = 0,85$  si la durée est  $\leq 1\text{h}$

▪ **Contraintes limites à l'état ultime de service ELS :**

$$\sigma_{bc} = 0,60 f_{c_j} \quad \text{à l'ELS}$$

**ELU (diagramme parabole-rectangle)**

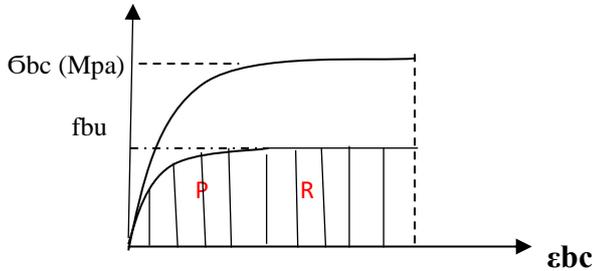


Figure VII. 6: Diagramme parabole-rectangle

- $\sigma_{bc}$  : contrainte de compression du béton en Mpa.
- $f_{c_j}$  : résistance caractéristique du béton en compression à J jours.
- $f_{bu}$  : résistance conventionnelle ultime à la compression (contrainte de calcul)
- $\epsilon_{bc}$  : déformation du béton en compression.

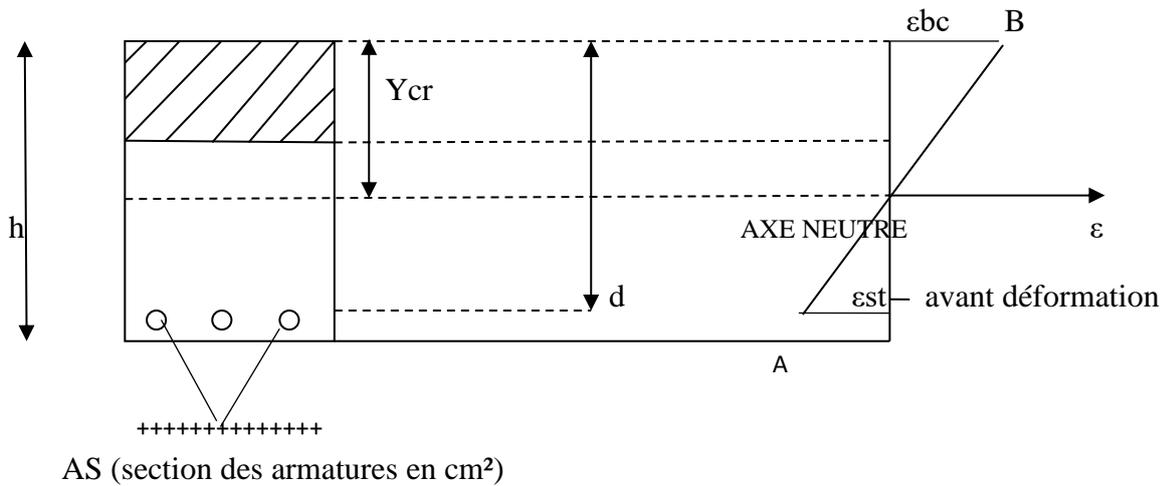


Figure VII. 7: Diagramme de déformation

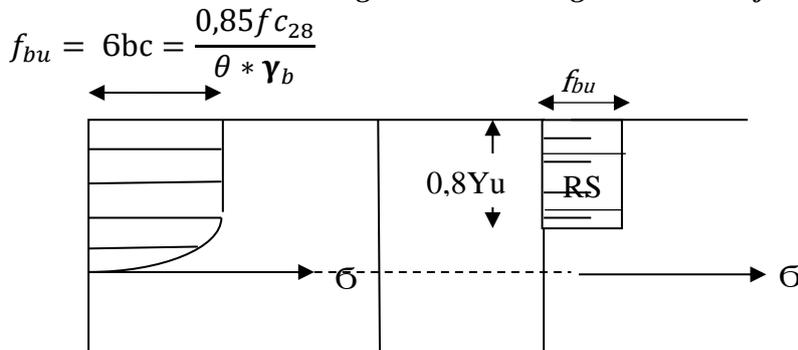


Diagramme parabole rectangle

Diagramme parabole rectangulaire simplifié

Figure VII. 8: notations utilisées pour les calculs en flexion simple à l'ELU

La déformation maximale du béton est (3,5 ‰) lorsque la section est partiellement comprimée, on peut remplacer le diagramme parabole-rectangle par un diagramme rectangulaire simplifié (voir figure précédente).

## VII-1.2 Les aciers

### VII-1.2.a Présentation :

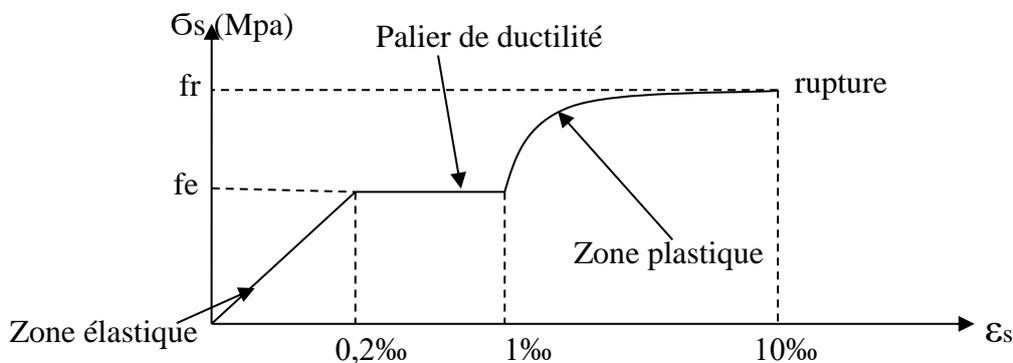
Le matériau acier est un alliage fer + carbone en faible pourcentage. Les aciers utilisés en béton armé sont les aciers de nuance douce (0,15 à 0,25 ‰) et les aciers avec adhérence (0,25 à 0,40 ‰).

On considère pour les aciers un poids volumique  $\gamma_{\text{acier}} = 78,5 \text{ KN/m}^3$ .

### VII-1.2.b Caractères mécaniques :

Le caractère mécanique qui sert de base aux justifications est la limite d'élasticité garantie désignée par  $f_e$ . Elle varie en fonction du type d'acier. Le module d'élasticité longitudinale  $E_s$  est pratiquement constante quel que soit l'acier utilisé et est pris égal à :  $E_s = 200000 \text{ Mpa}$ .

Le diagramme déformations-contraintes 5 ‰ à l'allure suivante pour la traction (diagramme est symétrique pour la compression).



**Figure VII. 9: Diagramme déformation-contrainte de l'acier**

$f_r$  : contrainte de rupture ;

$f_e$  : limite d'élasticité.

Deux grands types d'armatures sont disponibles sur le marché :

Les ronds lisses (RL) et les armatures à haute adhérence (HA).

Quand les armatures sont soudées entre elles sous forme de quadrillage, elles forment le panneau de treillis soudé (T-S).

**VII-1.2.c** Les diamètres des armatures :

Les diamètres normalisés d'armatures courantes sont :

(HA) : 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 32, 40 [mm]

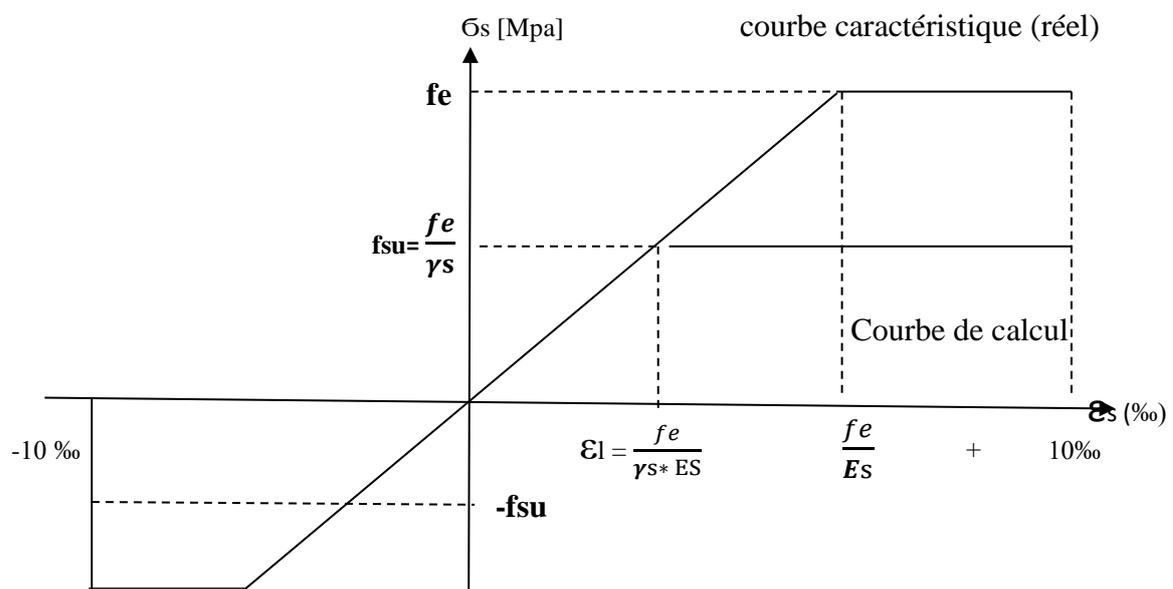
(RL) : 6, 8, 10, 12 [mm]

**VII-1.2.d** Nuances des armatures :

Il existe quatre (4) nuances principales qui correspondent à des qualités de limite élastique garantie  $f_e$  qui servent de base aux calculs justificatifs selon le **BAEL91**.

**Tableau VII. 11: Nuances des armatures**

Nuances	Fe [Mpa]	Contrainte de rupture $\sigma_r$ [Mpa]	Allongement de rupture (%)
<b>fe 215</b>	<b>215</b>	<b>330 à 490</b>	<b>22</b>
<b>fe 235</b>	<b>235</b>	<b>410 à 490</b>	<b>22</b>
<b>fe 400</b>	<b>400</b>	<b>480</b>	<b>14</b>
<b>fe 500</b>	<b>500</b>	<b>550</b>	<b>12</b>

**VII-1.2.e** Diagramme déformations-contraintes de calcul :

**Figure VII. 10: Diagramme déformation-contrainte de calcul**

$\gamma_s$  : Coefficient de sécurité pour l'acier ;

$\gamma_s = 1,15$  Dans le cas général ;

$\gamma_s = 1$  Dans le cas accidentel ;

$E_s$  = module d'élasticité longitudinal ( $E_s = 200000$  Mpa) ;

$f_{su}$  : contrainte de calcul des aciers ;

$\epsilon_l$  : abscisse limite de la droite d'élasticité ;

$$\epsilon_{sl} = \epsilon_l = \frac{f_e}{\gamma_s * E_s} ;$$

$$\sigma_s = E_s * \epsilon_s \implies \epsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{f_e}{\gamma_s * E_s} ;$$

### VII-1.2.f Contrainte limite :

a) ELU :

Si  $0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_l \implies \sigma_s = E_s * \epsilon_s$  zone élastique

Si  $\epsilon_l \leq \epsilon_s \leq 10 \text{ ‰} \implies \sigma_s = f_{bu} = \frac{f_e}{\gamma_s}$  zone plastique

$\epsilon_l = \epsilon_{sl}$  est pris égal à  $\frac{f_e}{\gamma_s * E_s}$  ce qui donne par exemple pour un acier **fe400**.

$$\epsilon_l = 1,74 \text{ ‰} = \frac{f_e}{\gamma_s E_s} = \frac{400}{1,15 * 200000} = 1,74 \text{ ‰}$$

b) ELS :

$\sigma_s = f_e$  (Mpa)  $\longrightarrow$  fissuration peu préjudiciable (peu nuisible)

$\sigma_s = \inf \left\{ \frac{2}{3} f_e, 110 \sqrt{n * f_{tj}} \right\} \longrightarrow$  fissuration préjudiciable

$\sigma_s = \inf \left\{ \frac{1}{2} f_e, 90 \sqrt{n * f_{tj}} \right\} \longrightarrow$  fissuration très préjudiciable

$\mu$  : Coefficient de fissuration ;

$\mu = 1$  Pour les RL ;

$\mu = 1,6$  Pour HA ( $\phi \geq 6\text{mm}$ ) ;

$\mu = 1,3$  Pour HA ( $\phi < 6\text{mm}$ ).

➤ Dispositions constructives :

- **Enrobage des aciers**

$Q_l$  : est le diamètre des armatures longitudinales ;

$Q_t$  : est le diamètre des armatures transversales pour assurer une bonne protection des armatures contre la corrosion, il faut que l'enrobage " C " soit au minimum :

- $C = 5$  cm pour les ouvrages à la mer ou exposés au brouillard salins, ainsi que pour les ouvrages exposés à des atmosphères très agressifs ;
- $C = 3$  cm pour les parois coffrées ou non qui sont soumises à des actions agressives. Cette valeur peut être à 2 cm si  $f_{c28} > 40$  Mpa ;
- $C = 1$  cm pour les parois qui seraient situées dans les locaux couverts et clos, et qui ne seraient pas exposées aux condensations.

e: enrobage des barres longitudinales ;

c : enrobage ;

a : longueur du paquet de barres ;

b : hauteur du paquet de barres.

- **Diamètre maximal**

Pour les dalles, les mailles ne doivent pas être trop grandes et le diamètre maximal des armatures doit vérifier :

$$Q_{l\max} \leq \frac{h}{10}$$

Avec h : l'épaisseur de l'élément pour les poutres, les armatures transversales  $Q_t$  doivent vérifier :

$$Q_t = \inf \left\{ Q_l, \frac{h}{5}, \frac{b_0}{10} \right\}$$

$Q_l$  : diamètre des armatures longitudinales ;

$h$  : hauteur de la poutre ;

$b_0$  : largeur de la poutre.

## VII-2 PROGRAMME DE CHARGES STATIQUES ET DYNAMIQUES

### VII-2.1 Introduction

Dans ce titre on va calculer les charges et les surcharges que l'ouvrage doit supporter car il y'a une fonction porteuse, les actions appliquées à un ouvrage peuvent être permanentes ou variables.

### VII-2.2 Les actions permanentes comprennent :

1. Le poids des éléments porteurs : (dalle, poutres etc...).
2. Le poids des éléments non porteurs : (mur en tête le corps de chaussée, glissières ...).

### VII-2.3 Les actions variables comprennent :

#### 1. Les charges d'exploitation :

Les règlements des charges sur les ponts font partie de l'ancienne génération. Ils sont regroupés dans le Fascicule 61 titre I, II, III du cahier des prescriptions communes (CPC).

1. Le titre I : relatif aux ponts ferroviaires ;
2. Le titre II : relatif aux ponts routes ;
3. Le titre III : relatif aux ponts canaux.

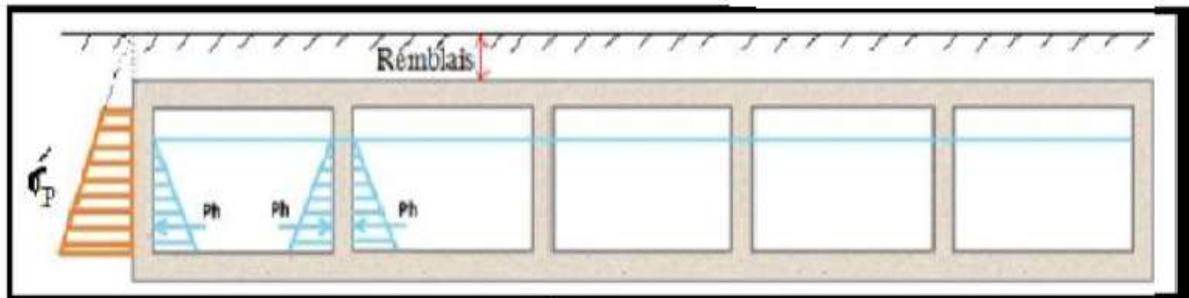
Elles doivent alors comporter une marge, afin de permettre ultérieurement des modifications éventuelles des conditions d'exploitation ; l'expérience montre en effet que, lorsqu'un ouvrage a été conçu de façon à satisfaire trop strictement aux conditions prévues, tout changement de celles-ci impose des renforcements très onéreux des structures porteuses.

#### 2. Les charges climatiques :

Essentiellement l'eau et températures et la charge hydraulique.

## VII-2.4 Sous l'action de la poussée des terres et la charge hydraulique :

### VII-2.4.1 L'action de la poussée des terres :



**Figure VII. 11: Action de la poussée des terres**

$P_t = 12H \cdot \sigma_p'$  avec  $\sigma_p' = \sigma_v' \cdot K_p$  et  $K_p$  c'est le coefficient de poussée avec

$K_p = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)$  avec  $\phi$  l'angle de frottement interne de remblai sans cohésion.

$\sigma_v' = g \cdot H$   $P_p = \frac{1}{2} H \cdot \sigma_p'$  et l'application  $H' = \frac{2}{3} H$

### VII-2.4.2 La charge hydraulique :

La charge hydraulique (Ph) est de sens contraire par rapport à celle de la poussée des terres sur les piédroits.

## VII-2.5 Calcul des surcharges routières :

On distingue :

- ❖ La surcharge de type A (L) ;
- ❖ Système B (B<sub>r</sub>, B<sub>c</sub>, B<sub>t</sub>)

### a. La largeur rouable (L<sub>r</sub>)

La largeur rouable est définie comme la largeur comprise entre dispositifs de retenue ou de bordures.

### b. La largeur chargeable (L<sub>c</sub>)

Elle se déduit de la largeur rouable en enlevant une bande de 0,50 mètres le long de chaque dispositif de retenue (glissière ou barrière) lorsqu'il existe.

**c. Classe des ponts routes**

On distingue trois classes de ponts en fonction de leur largeur rouable comme indiqué dans le tableau suivant :

*Tableau VII. 12: Classification des ponts*

La classe	La largeur rouable
1	$L_r \geq 7 \text{ m}$
2	$5,50 \text{ m} < L_r < 7 \text{ m}$
3	$L_r < 5,50 \text{ m}$

**d. Nombre de voies**

Les chaussées comportent un nombre de voie de circulation égal à la partie entière du quotient par trois (3) de leur largeur chargeable.

$$N_v = E \frac{L_c}{3}$$

Application numérique à notre projet :  $L_r = 7 \text{ m}$  alors notre pont est de classe 1 et  $L_c = 7 \text{ m}$  d'où  $N_v = 2$

**VII-2.5.a** Système de charges A(L) :

Le système A se compose d'une charge uniformément répartie dont l'intensité dépend de la longueur chargée et est donnée par la formule suivante :

$$A_2(L) = a_1 * a_2 * A(L)$$

Avec :  $A(L) = 230 + \frac{36000}{L + 12}$

$L = 30 \text{ m}$  : portée de notre dalot

$$A(L) = 230 + \frac{36000}{30+12} = 1087 \text{ kg/m}^2$$

$$A(L) = 1,087 \text{ t/m}^2$$

$a_1$  : coefficient de dégressivité transversale de la charge, est donné par le tableau suivant :

**Tableau VII. 13: Coefficient de dégressivité transversale**

Classe du pont	Nombre de voies chargées				
	1	2	3	4	5
1	1	1	0,9	0,75	0,75
2	1	0,9	-	-	-
3	0,9	0,8	-	-	-

Tel que :  $v$  : la largeur réelle d'une voie

$$V_0 = \begin{cases} 3,5 \text{ m} \longrightarrow \text{pont du I classe ;} \\ 3 \text{ m} \longrightarrow \text{pont du II classe ;} \\ 2,75 \text{ m} \longrightarrow \text{pont du III classe.} \end{cases}$$

**Remarque :**

Les valeurs données précédemment tiennent compte de la majoration dynamique.

$$a_2 = \frac{v_0}{v}$$

Avec :  $v_0 = 3,5 \text{ m}$  (pont de 1<sup>ère</sup> classe)

$v$  : largeur d'une voie = 3,5 m

**Dans notre projet on a**

**Tableau VII. 14: Charges  $A(L)$  par voie**

Nombre de voies	$a_1$	$a_2$	$A(L) \times a_1 \times a_2$	Largeur de voie	$A_2 (L) (t/m^2)$
1	1	1	1,087	3,5	3,8045
2	1	1	1,087	7	7,609

**VII-2.5.b Système de charges B :**

Le système de charge B comprend trois sous-systèmes les suivantes :

- ❖ Sous système  $B_c$  : se compose de camions types (30T).
- ❖ Sous système  $B_r$  : se compose d'une roue isolée.

❖ Sous système  $B_t$  : se compose de groupe de deux essieux dénommés essieux tandems (8T).

Les deux premiers systèmes  $B_c$  et  $B_r$  s'appliquent à tous les ponts quelle que soit leur classe, le système  $B_t$  ne s'applique qu'aux ponts de première ou de deuxième classe.

#### Sous système $B_c$

On dispose sur la chaussée au plus autant de files ou convois de camions que la chaussée comporte de voies de circulation et l'on place toujours ces files dans la situation la plus défavorable pour l'élément considéré.

Disposition dans le sens transversal : nombre maximale de files que l'on peut disposer égale au nombre de voies de circulation, il ne faut pas en mettre plus, même si cela est géométriquement possible, les files peuvent être accolées ou non.

Disposition dans le sens longitudinal : nombre de camions est limité à deux, la distance des deux camions d'une même file est déterminée pour produire l'effet le plus défavorable.

Le sens de circulation peut-être dans un sens ou dans l'autre à condition que les deux camions circulent dans le même sens.

En fonction de la classe du pont et du nombre de files considérés, la valeur des charges du système  $B_c$  prise en compte est multipliée par le coefficient  $b_c$ , donné dans le tableau suivant :

**Tableau VII. 15: Coefficient  $b_c$**

Classe du pont	Nombre de fils considéré				
	1	2	3	4	>5
1	1,20	1,10	0,95	0,80	0,70
2	1,00	1,00	-	-	-
3	1,00	0,80	-	-	-

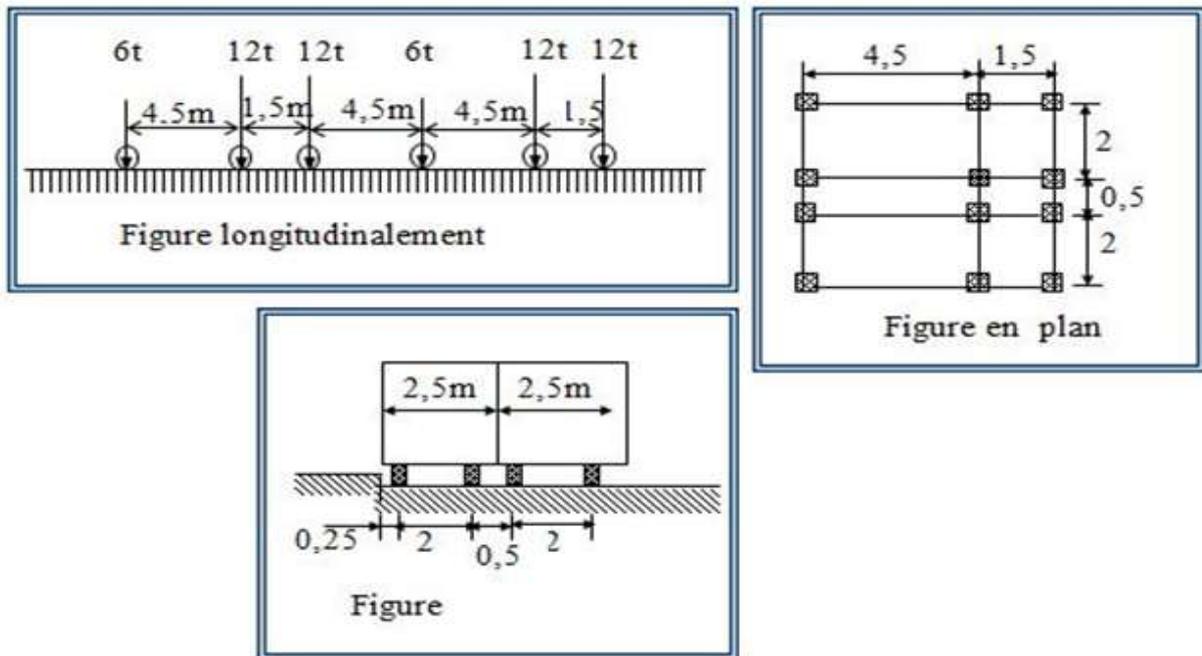


Figure VII. 12: Système B<sub>c</sub>

Chaque camion porte trois essieux à roues simples ayant une masse totale de 30t dont un essieu avant de 6t, deux essieux arrière de 12t chacune.

✚ Sous système B<sub>r</sub>

La surcharge prise en compte dans ce cas de figure est une roue isolée de 10 t qui peut prendre n'importe quelle position sur la largeur roulable.

Sa zone d'impact est formée par un rectangle, chargé d'une façon uniforme, et ayant 0,60 m de côté transversal et 0,30 m de côté longitudinal.

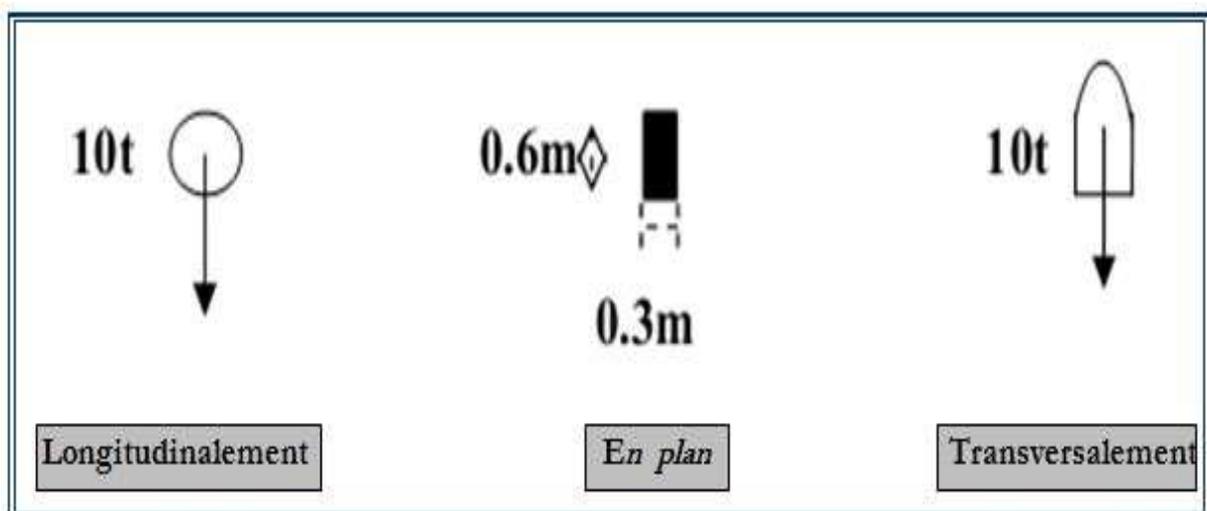


Figure VII. 13: Système B<sub>r</sub>

### ✚ Sous système $B_t$

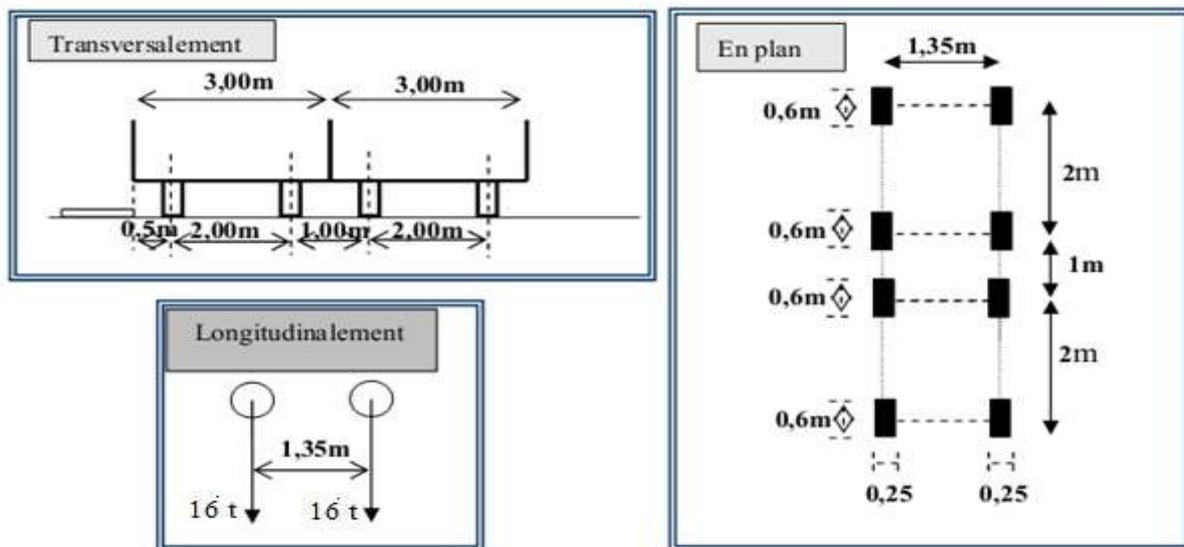
Un tandem de sous-système  $B_t$  est composé de 2 essieux de **16 t** chacun. Ces 2 essieux, à roues simples munies de pneumatiques, possèdent les caractéristiques suivantes :

La surface d'impact de chaque roue est de :  $(0,60 * 0,25) \text{ m}^2$

On peut disposer transversalement sur la chaussée au maximum deux tandems  $B_t$  et longitudinalement le nombre de tandem est limité à 1. En plus du coefficient de majoration dynamique, ces charges sont affectées des coefficients de pondération  $B_t$  pour les ponts de classe I et II.

**Tableau VII. 16: Coefficient  $b_t$**

Classe du pont	I	II
$B_t$	1	0.9



**Figure VII. 14: Système  $B_t$**

## VII-3 ETUDE HYDRAULIQUE

### VII-3.1 Estimation des débits d'apport ( $Q_a$ )

Le calcul du débit maximum limite est donné par la formule suivante :

$$Q_a = K * C * I * A$$

**Qa** : débit d'apport en  $\text{m}^3/\text{s}$  ;

**C** : coefficient de ruissellement ;

**I** : intensité de l'averse de durée égale au temps de concentration en  $\text{mm/h}$

**K = 0.002778** : coefficient qui permet de convertir les  $\text{mm/h}$  en  $\text{l/s}$

**A** : superficie de la surface drainée (bassin versant) **A = 0,0247Km<sup>2</sup>**

### VII-3.2 Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants : **La couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.**

*Tableau VII. 17: Coefficient de ruissellement*

Type de chaussée	Coefficient « C »	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobé	0,80 à 0,95	0,90
Accotement (sol légèrement perméable)	0,15 à 0,40	0,30
Talus (sol perméable)	0,10 à 0,30	0,25
Terrain naturel	0,00 à 0,20	0,10

### VII-3.3 Intensité de la pluie

$$P_j (\%) = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{U \sqrt{\ln(C_v^2 - 1)}}$$

Où :

**P<sub>j</sub>moy** : pluie journalière moyenne (mm) ;

**C<sub>v</sub>** : Coefficient de variation ;

**U** : Variable de Gauss ;

**Ln** : Log. Népérien.

**Tableau VII. 18: Variable de Gauss**

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (année)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS (U)	0	0,841	1,282	1,645	2,057	2,327

**VII-3.4 Calcul de la fréquence d'averse**

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$Pt (\%) = Pj (\%) \left( \frac{tc}{24} \right)^b$$

Avec :

**Pj** : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm) ;

**b** : Exposant climatique ;

**Pt** : pluie journalière maximale annuelle ;

**tc** : Temps de concentration (heure).

**VII-3.5 Temps de concentration**

La durée **t** de l'averse **qui** produit le débit maximum **Q** étant prise égale au temps de concentration dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi comme suit :

1. Lorsque  $A < 5 \text{ km}^2$

$$tc = 0,127 \sqrt{\frac{A}{p}}$$

2. Lorsque  $5 \text{ km}^2 \leq A \leq 25 \text{ km}^2$

$$tc = 0,108 \frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{p}}$$

3. Lorsque  $25 \text{ km}^2 \leq A \leq 200 \text{ km}^2$

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

Avec :

**tc** : Temps de concentration (**heure**).

**A** : Superficie du bassin versant (**km**).

**L** : Longueur du bassin versant (**km**).

**p** : Pente moyenne du bassin versant (**m.p.m**).

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

### VII-3.6 L'intensité horaire

$$I = \frac{P(t)}{tc}$$

Avec :

**I** : Intensité de la pluie (**mm/h**).

**tc** : Temps de concentration (**heure**).

**P (t)** : Hauteur de la pluie de durée **tc** (**mm**).

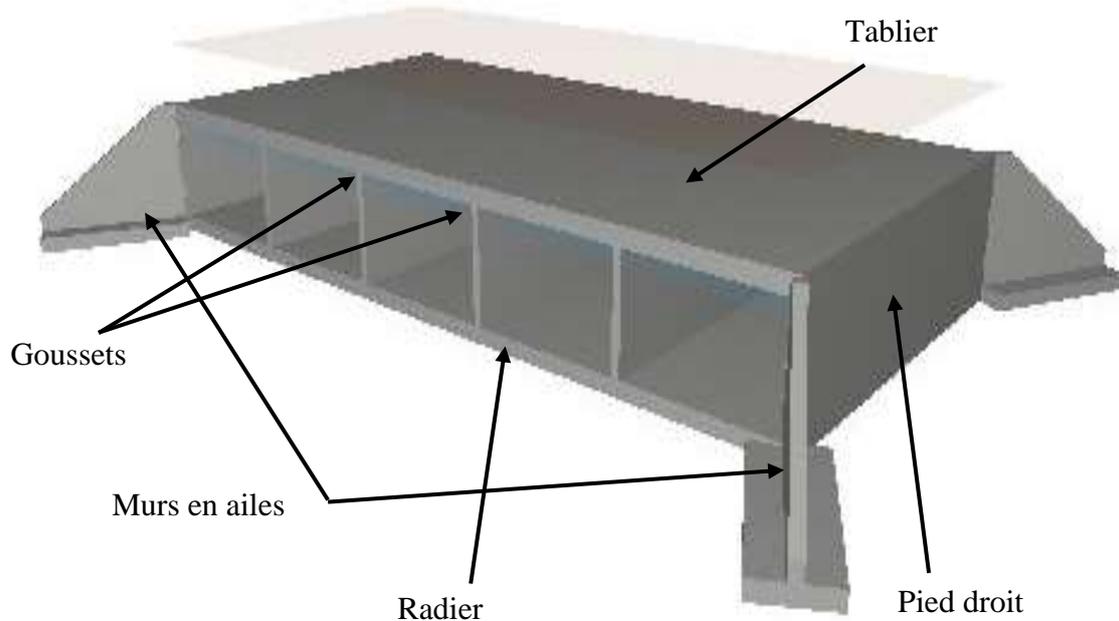
Chapitre n°8

**MODELISATION DE  
L'OUVRAGE D'ART  
(DALOT)**

### VIII-1 INTRODUCTION

Les dalots conviennent surtout lorsque les portées restent modestes (jusqu'à environ **12 m**) et présentent l'avantage de pouvoir être fondés sur tous les sols acceptant une fondation superficielle peu chargée (la traverse Inférieure faisant office de radier général, exerce des pressions sur le sol de l'ordre de **0,1 MPa**, ce qui n'exclut pratiquement que les vases, les tourbes ou certains limons, et autorise même souvent la fondation sur remblai compacté).

C'est un ouvrage qui joue deux rôles essentiels d'une part, permet à la route de franchir un obstacle naturel (cours d'eau) ou artificiel (voie de communication) et d'autre part, il est aussi responsable de l'écoulement des eaux sous la chaussée.



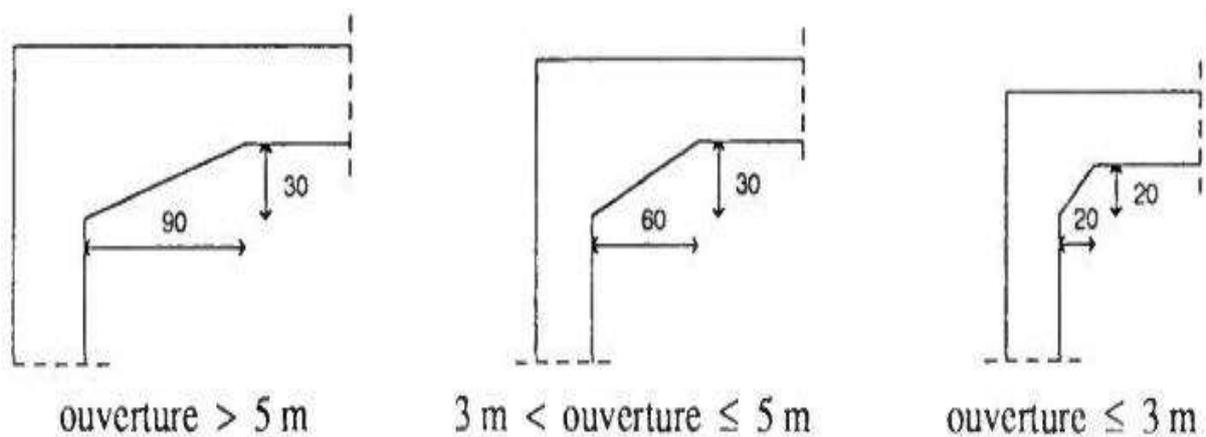
*Figure VIII. 4: Schéma d'un pont cadre (dalot)*

Notre dalot est composé de :

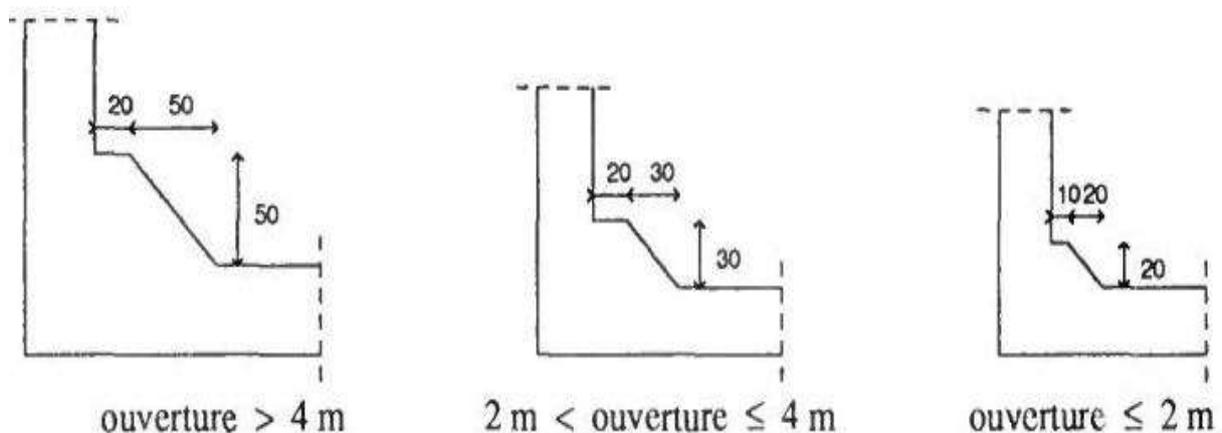
- 1- **Tablier** : c'est une dalle encastrée sur les pieds droits ;
- 2- **Radier** : c'est une fondation superficielle reposant sur le béton de propreté ;
- 3- **Pieds droits** : ce sont des voiles encastrées sur le radier et la dalle ;

- 4- **Murs en ailes** : Il s'agit de murs en T renversé, composés d'une voile verticale de hauteur variable encastré sur une semelle.
- 5- **Les goussets** : Ils sont destinés à améliorer l'encastrement des traverses sur les pieds droits, à résorber les concentrations de contraintes et à atténuer les effets des pics de moments. Ils améliorent de plus l'esthétique des ouvrages en rendant plus perceptible leur fonctionnement, surtout pour les portées importantes.

Le choix des goussets dépend de la portée de l'ouverture du dalot comme illustré sur les figures ci-dessous :



*Figure VIII. 5: Choix des goussets en angles supérieur*



*Figure VIII. 6: Choix des goussets en angles inférieur*

## VIII-2 MODELISATION AVEC LE LOGICIEL CYPE

### VIII-2.1 Introduction

Lors de l'étude d'une structure le recours à l'outil informatique est bien souvent inévitable, celui-ci permet en effet d'effectuer des calculs complexes difficilement réalisables par des méthodes manuelles et procure un gain de temps important en évitant des opérations longues et fastidieuses.

Pour que l'ingénieur fasse appel à un logiciel, il lui incombe dans tous les cas de poser le problème correctement, de modéliser la structure, et de définir les sorties graphiques ou les tableaux de résultats qu'il compte utiliser.

### VIII-2.2 Présentation du logiciel CYPE 2014



*Figure VIII. 4: Interface de CYPE 2014*

CYPE est un logiciel de calcul ou du moins de dimensionnement des ouvrages type dalots. Ce dernier fera l'objet de notre étude. Le logiciel utilise la méthode de calcul par éléments finis triangulaires de type lamelle épaisse tridimensionnelle qui prend en compte la résistance à l'effort tranchant.

Les normes pouvant être prises en compte pour la justification et le dimensionnement des armatures des sections par le logiciel CYPE 2014 sont les suivantes :

- BAEL 91 modifié 99 (France) ;
- EHE (Espagne) ;
- REBAP (Portugal) ;
- ACI 318M-11 (USA International) ;

- ACI 318-11 (USA) ;
- Eurocode 2 ;
- IS 456 : 2000 (Inde) ;
- NTC : 14-01-2008 (Italie) ;

Pour la génération des actions dynamiques le logiciel prend en compte une des normes suivantes :

- CPC (Fascicule 61 (France) ;
- IQP-98 et ROM 0.2 – 90 (Espagne) ;
- RSA (Portugal).

### **VIII-2.3 Méthodes utilisées par CYPE**

Le logiciel utilise la méthode de calcul par éléments finis triangulaires de type lamelle épaisse tridimensionnelle à six nœuds.

#### ***VIII-2.3.a Méthode des éléments finis :***

La méthode des éléments finis est une méthode numérique largement appliquée dans le domaine de la mécanique et de la résistance des matériaux.

#### ***VIII-2.3.b Principes généraux de la méthode des éléments finis :***

Dans le cas des milieux continus, une méthode analogue à celle employée pour les poutres peut être suivie. Pour un ouvrage souterrain nous avons les principes de base suivants :

- ❖ Considérer la structure comme un assemblage d'élément de barre ;
- ❖ Le milieu considéré est bidimensionnel ;
- ❖ Le milieu continu est divisé par des lignes imaginaires ;
- ❖ Prendre comme seules inconnues les déplacements des nœuds de ces éléments ;
- ❖ Evaluer la matrice de rigidité de chaque élément ;
- ❖ Calculer la matrice de rigidité de la structure entière par simple addition des matrices de rigidité des éléments ;
- ❖ Appliquer les liaisons externes et internes (déplacements imposés nuls par exemple) ;
- ❖ Calculer à partir du chargement les charges appliquées aux nœuds des éléments ;
- ❖ Résoudre le système linéaire pour obtenir les déplacements.

Les fonctions des déplacements définissant l'état de déformation à l'intérieur d'un élément en fonction des déplacements nodaux et par suite, l'état de contrainte.

A partir de ces fonctions de déplacement et des lois rhéologiques de déplacement sur le solide (défini donc de façon complète par les composantes  $\mathbf{U}$  des déplacements aux nœuds de la structure) fait correspondre un champ de sollicitations défini de même façon par les composantes  $\mathbf{F}$  des forces aux nœuds.

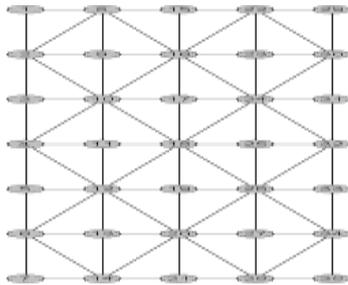
Cette relation s'écrit :  $\{F\} = [K] \cdot \{U\}$

$[K]$  : matrice de rigidité ;

$\{U\}$  : les composantes du déplacement des nœuds.

### VIII-2.3.c La discrétisation ou le maillage :

Le principe de cette méthode est de diviser le domaine en nombre d'éléments de géométrie simple (droite, triangulaire, rectangulaire) caractérisés par un nombre fini de degrés de liberté (translation, rotation), et il faut faire la numérotation des nœuds de gauche vers la droite et du bas en haut comme représentée sur la figure suivante :



## VIII-2.4 Introduction des données

### VIII-2.4.a Les étapes à suivre :

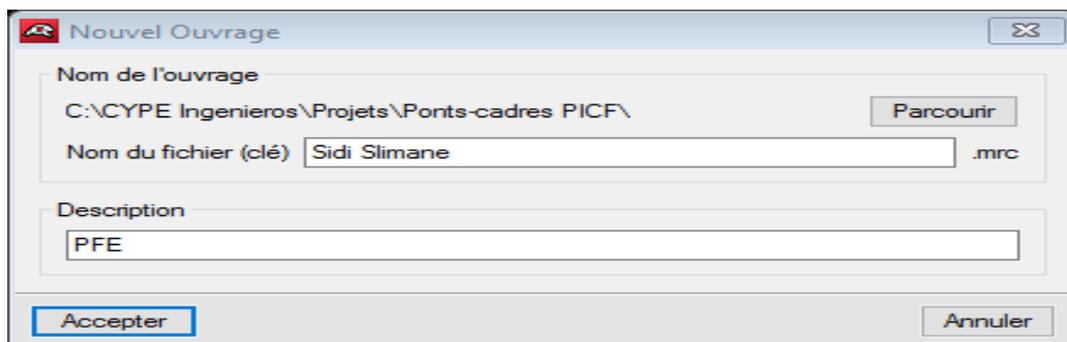
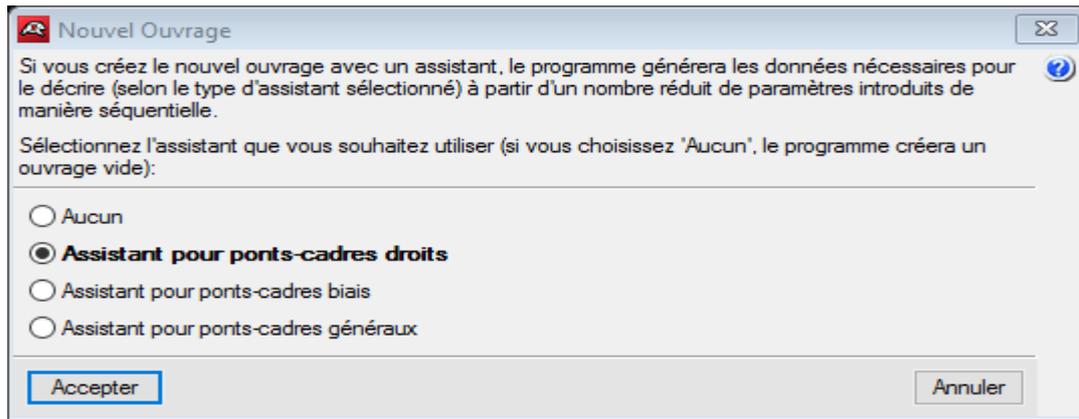


Figure VIII. 5: Nom du fichier.



*Figure VIII. 6: Choix du type de la géométrie de l'ouvrage.*

L'assistant pour ponts-cadres droit permet de définir un pont-cadre avec bords libres et piédroits parallèles, c'est-à-dire avec dalle rectangulaire.

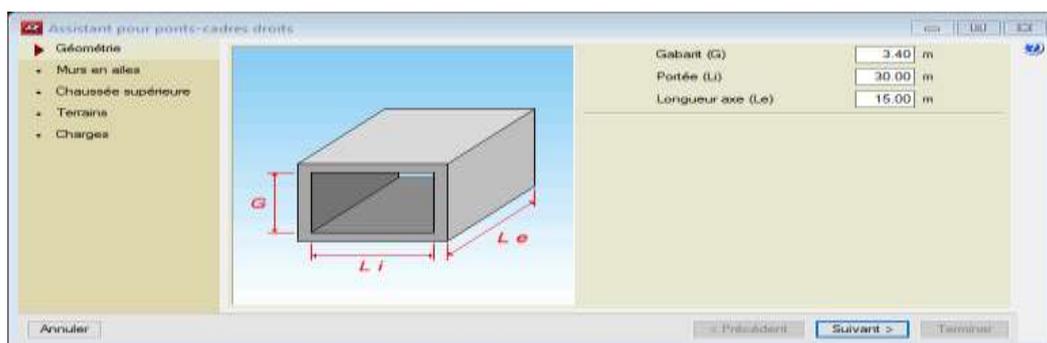
Le programme utilise le critère suivant de dimensionnement des épaisseurs :

*Tableau VIII. 1: Epaisseurs du tablier et du radier*

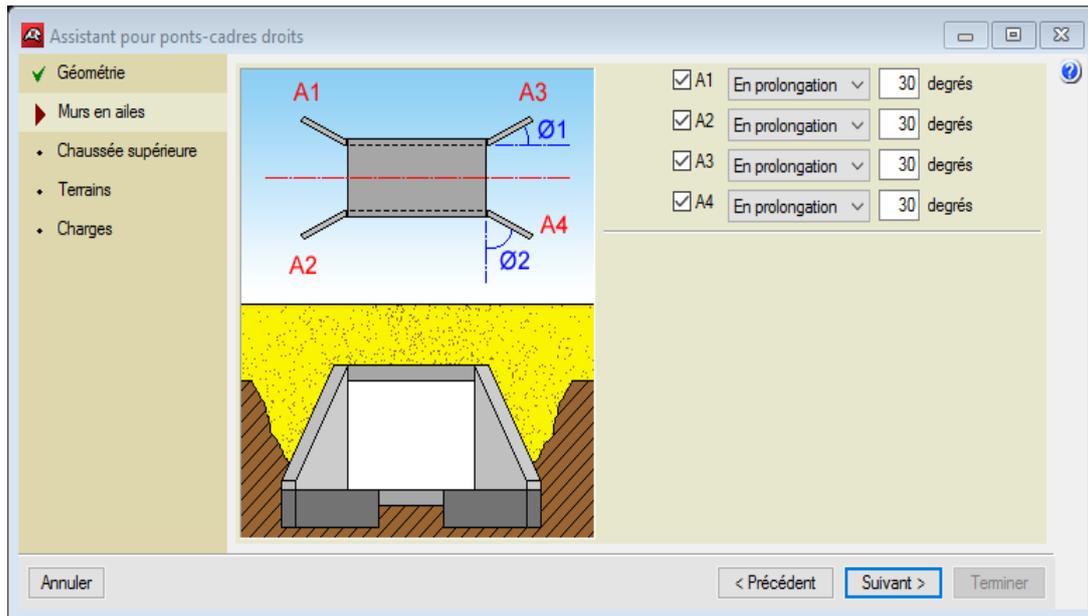
Portée (m)	Épaisseur du tablier	Épaisseur du Radier
$L \leq 5$	$0.02 \times L^2 + 0.10$	$0.02 \times L^2 + 0.10$
$5 < L < 7$	0.5	0.4
$L \geq 7$	$0.0835 \times L^2 + 0.10$	$0.0816 \times L^2 + 0.10$

*Tableau VIII. 2: Choix de gabarit et épaisseur piédroit.*

Gabarit	Épaisseur de piédroit
$G \leq 4.5$	$0.02 \times G^2 + 0.10$
$4.5 < G < 7$	0.5
$G \geq 7$	$0.07126 \times G$

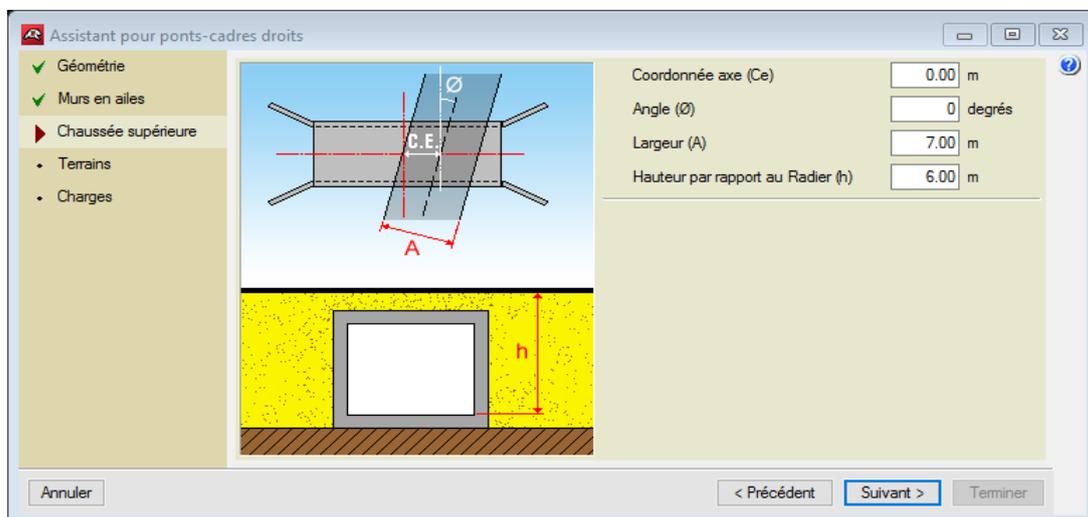


*Figure VIII. 7: Définition de la géométrie du dalot.*



**Figure VIII. 8: Définition des murs en ailes et leur orientation**

Vous pouvez activer ou non la présence de murs en ailes et leurs orientations. Le programme génère la charge sur le remblai présent sur l'extrados des murs en ailes en fonction du sinus de l'angle en prolongation. Par exemple, en supposant que l'on ait une surcharge de  $1 \text{ t/m}^2$ , un angle de  $0$  degrés génère  $0 \text{ t/m}^2$  de surcharge, un angle de  $45$  degrés génère  $0,7 \text{ t/m}^2$  et un angle de  $90$  degrés génère  $1 \text{ t/m}^2$ .



**Figure VIII. 9: Définition de la position de la chaussée par rapport au dalot**

On insère les coordonnées, l'angle, la largeur de la chaussée supérieure et la hauteur par rapport au radier.



Figure VIII. 10: Type de terrain

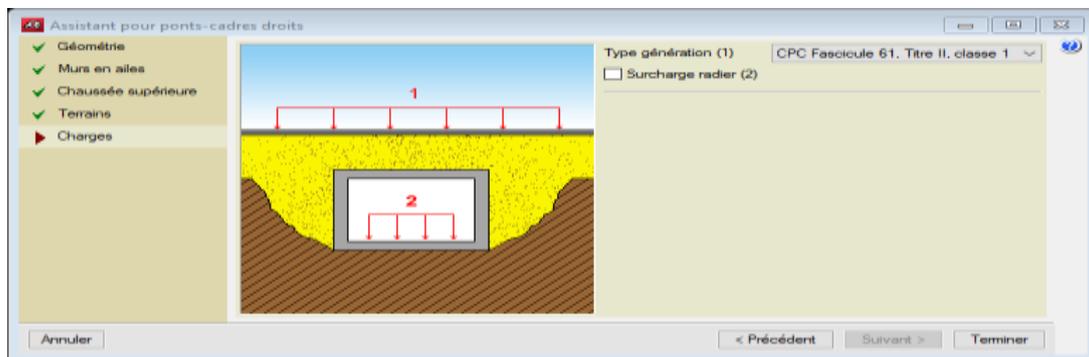


Figure VIII. 11: Charges sur le radier et la chaussée

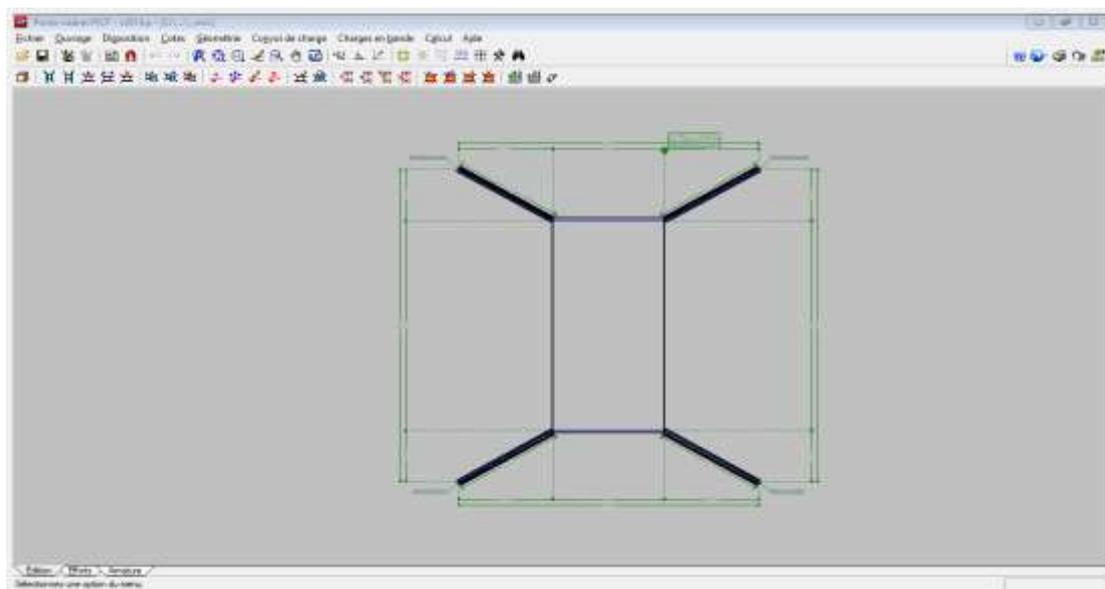
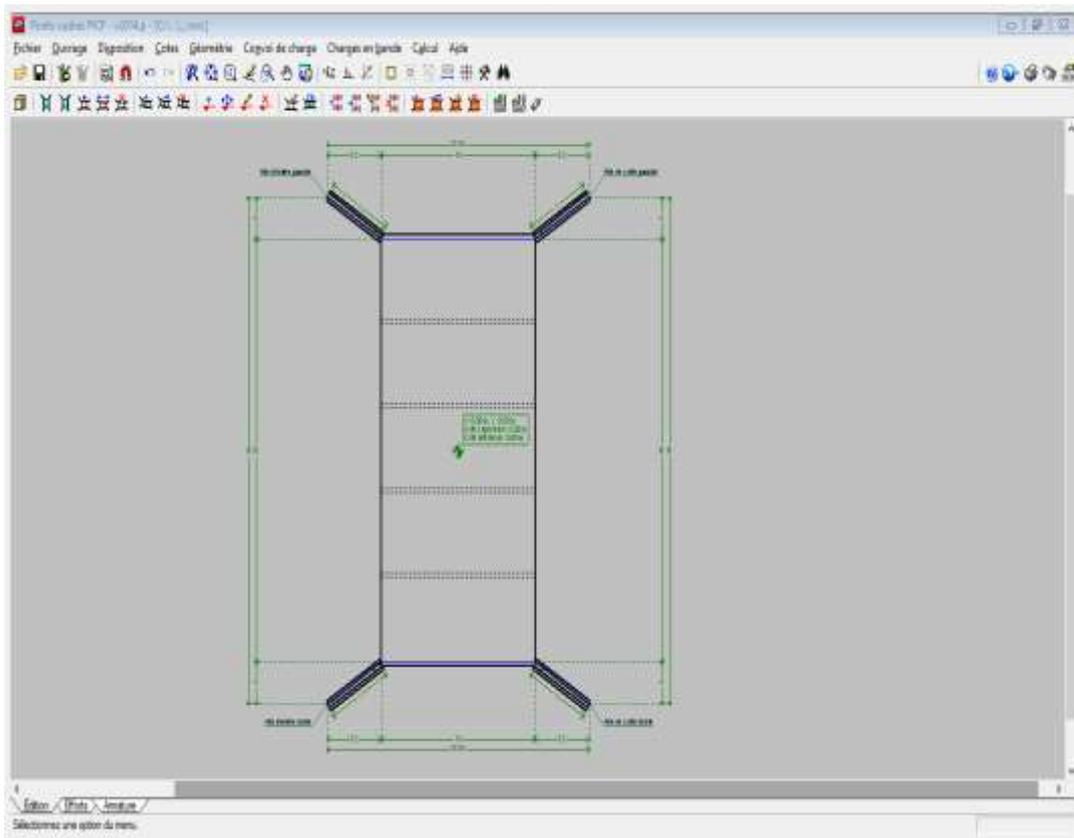


Figure VIII. 12: Affichage du projet

L'affichage du projet après insertion des données.



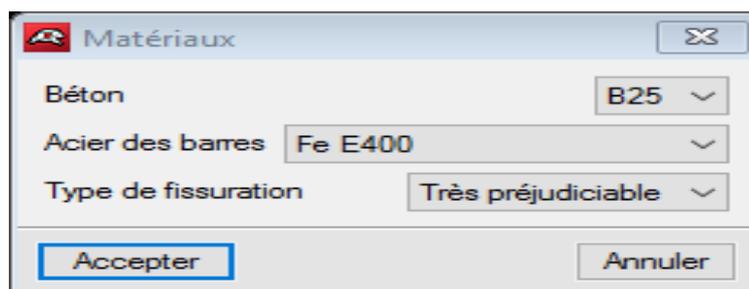
*Figure VIII. 13: Fin de modélisation*

La figure ci-dessus représente la fin de la modélisation du dalot avec cinq (5) ouvertures.

#### *VIII-2.4.b* L'analyse de l'ouvrage :

##### ➤ **La définition des matériaux :**

Logiciel propose les caractéristiques des matériaux, béton et aciers, selon les normes françaises BAEL 91 modifié 99.



*Figure VIII. 14: Définition des matériaux*

➤ Les données générales sur l'ouvrage :

The screenshot shows a dialog box titled "Données générales" with the following sections and values:

- Terrain**
  - Module de réaction: 90000.0 kN/m<sup>3</sup>
  - Contrainte admissible sol d'assise: 250.00 kN/m<sup>2</sup>
  - Coefficient de frottement terrain-fondation: 0.58
  - Avec remblai
    - Poids volumique (d): 20.0 kN/m<sup>3</sup>
    - Angle de frottement interne (f): 37 degrés
    - Pourcentage de frottement terrain-mur: 0 %
    - Angle de transmission des charges: 45 degrés
    - Cohésion (c): 10.00 kN/m<sup>2</sup>
- Géométrie**
  - Plan supérieur module: Par gabarit (dropdown), 3.40 m
  - Ajustage des piédroits: Aux faces intérieures (dropdown)
- Charges**
  - Surcharge uniforme supérieure: 1.00 kN/m<sup>2</sup>
  - Surcharge uniforme inférieure: 4.00 kN/m<sup>2</sup>
  - Charge hydraulique: Par tirant d'eau (dropdown), 3.00 m
- Paramètres béton armé**
  - Enrobage extérieur: 3.5 cm
  - Enrobage intérieur: 3.5 cm
  - Diamètre du plus gros granulat: 25.00 mm

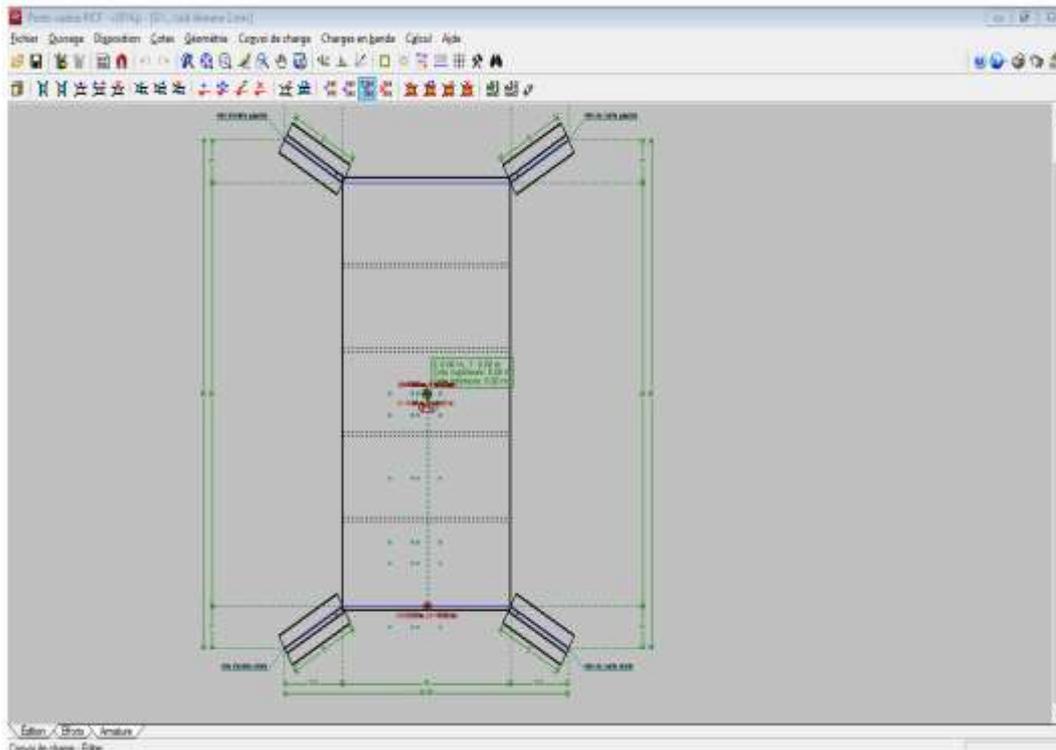
Buttons: "Accepter" and "Annuler" are located at the bottom of the dialog.

Figure VIII. 15: Données générales

VIII-2.4.c Introduction des charges et surcharges :

➤ Les convois de charges (B<sub>c</sub>, B<sub>t</sub>, B<sub>r</sub>)

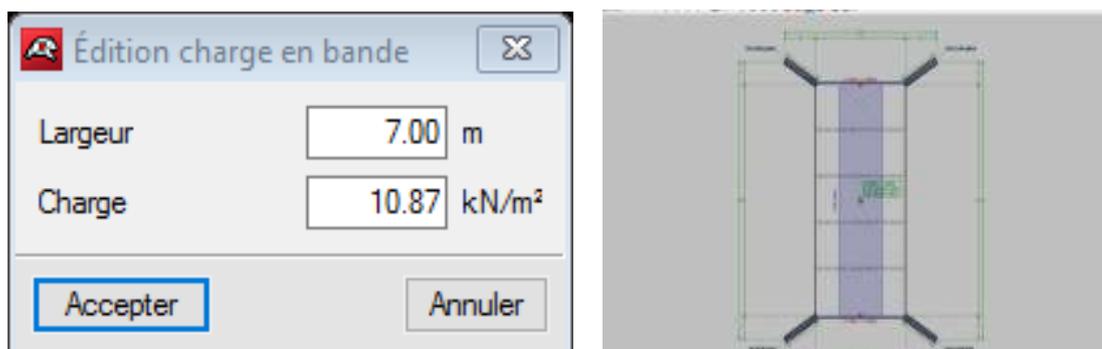
L'introduction des charges B selon la norme française fascicule 61 proposée par la bibliothèque de logiciel, ce dernier facilite la modification de la direction, la position des charges et la création de nouvelles surcharges.



*Figure VIII. 16: convois des charges ( $B_c$ ,  $B_t$ ,  $B_r$ )*

➤ **Les charges en bande**

Dans ce cas il suffit de faire le calcul manuel de la charge du système A(L) et l'introduire sur toute la largeur de la chaussée.



*Figure VIII. 17: Edition de la charge en bande*

➤ **La vérification**

Le logiciel fait la vérification et cette dernière consiste à :

1. Calculer au préalable les déplacements et efforts de l'ensemble du pont-cadre.
2. Mettre en place de l'armature minimale, si elle n'a pas encore été définie. Dans le cas contraire, celle-ci est respectée.

- Vérifier le pont-cadre, avec la possibilité de consulter un récapitulatif des vérifications effectuées. De plus, dans le cas où le pont-cadre présente des éléments non vérifiés, ceux-ci seront signalés par une couleur rouge.

#### VIII-2.4.d La vérification complète et dimensionnement total :

Ce dimensionnement consiste à :

- Calculer au préalable les déplacements et efforts de l'ensemble de l'ouvrage s'il n'a pas été fait.
- De dimensionner toutes les armatures de l'ouvrage.
- De vérifier tout le pont avec la possibilité de consulter un récapitulatif des vérifications effectuées. De plus, dans le cas où un élément ne vérifiera pas une condition, celui-ci sera signalé d'une couleur rouge.

Dans le cas du module, seule l'armature est dimensionnée, les épaisseurs sont conservées.

Aucune modification de la géométrie n'est réalisée, ce qui implique par exemple, que les épaisseurs du module sont conservées.

Dans le cas des ailes, l'épaisseur des murs et les dimensions des semelles.



Vérification	Valeurs	Etat
<b>Vérification de la stabilité:</b> Critère de CYSB Semelle superficielle: - Coefficient de sécurité au renversement: - Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.8 Calculé: 2.68 Minimum: 1.5 Calculé: 1.51	Vérifié Vérifié
<b>Épaisseur minima:</b> Critère du SETSA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale" - Semelle superficielle: - Mur:	Minimum: 15 cm Calculé: 50 cm Calculé: 40 cm	Vérifié Vérifié
<b>Séparation libre minimale des armatures horizontales:</b> (BAC-91, Article A.7.2.5) Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 3.7 cm Calculé: 13.8 cm Calculé: 13.8 cm	Vérifié Vérifié
<b>Séparation maximale des armatures horizontales:</b> (BAC-91, Article A.4.3.34) Mur: - Arrière: - Avant:	Maximum: 20 cm Calculé: 15 cm Calculé: 15 cm	Vérifié Vérifié
<b>Pourcentage géométrique horizontal minimum par face:</b> (BAC-91, Article SETBA 3.9.3) Mur: - Arrière (0.00 m): - Avant (0.00 m):	Minimum: 0.0015 Calculé: 0.00188 Calculé: 0.00188	Vérifié Vérifié
<b>Séparation maximale entre barres:</b> (BAC-91, Article A.4.3.34) - Semelle superficielle: - Armature longitudinale inférieure: - Armature longitudinale supérieure: - Armature transversale inférieure: - Armature transversale supérieure: - Mur:	Maximum: 20 cm Calculé: 20 cm Calculé: 20 cm Calculé: 20 cm Calculé: 20 cm	Vérifié Vérifié Vérifié Vérifié

**Figure VIII. 18: Dimensionnement final**

*Etudes des raccordements d'accès à l'ouvrage au niveau de la commune de SIDI SLIMANE  
wilaya de TISSEMSSILT*

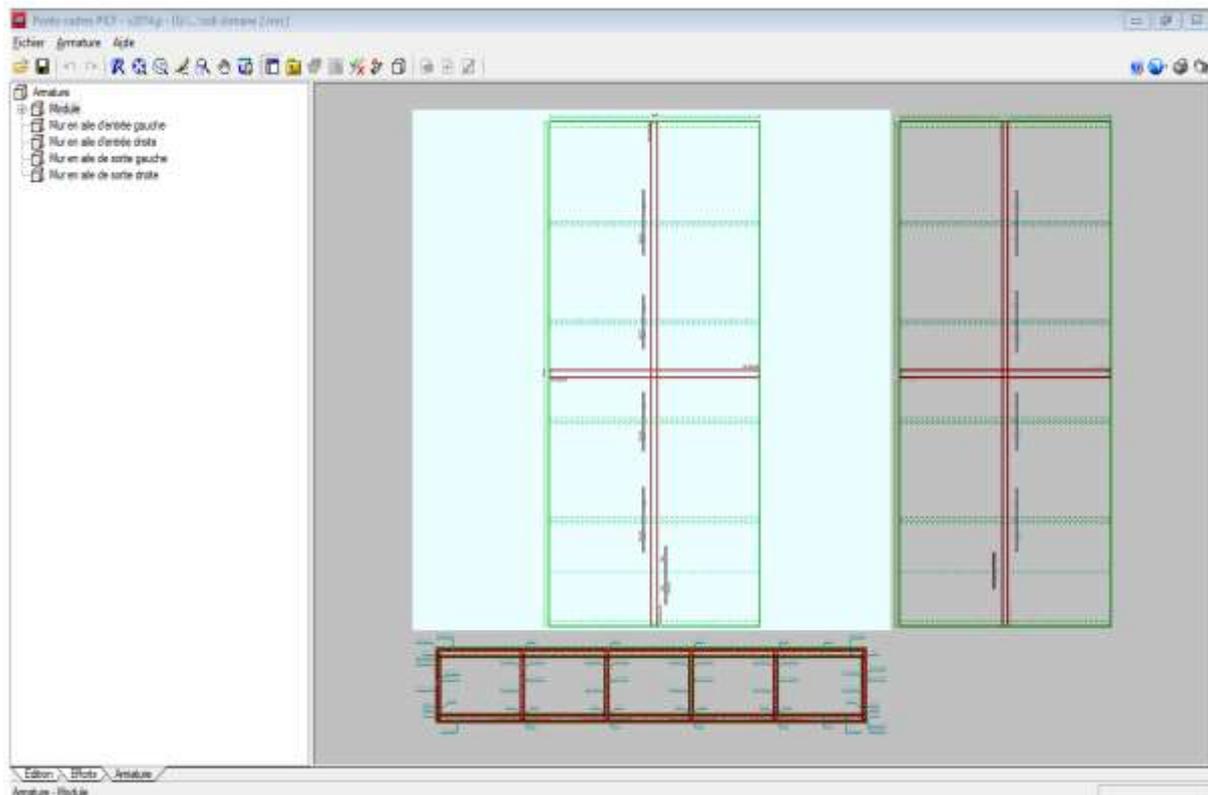
Chapitre n°9

**FERRAILLAGE DU DALOT**

## IX-1 LE FERRAILAGE PROPOSE PAR LE LOGICIEL CYPE 2014

Le logiciel propose un plan de ferrailage en fonction des résultats du dimensionnement. Mais il est possible de modifier ce ferrailage, c'est-à-dire modifier les diamètres proposés en baisse ou en hausse. Il faut savoir qu'il est impossible de modifier la disposition des aciers. Pour pouvoir le faire, la seule alternative est celle de la version exportée.

Il faut noter que PICF-CYPE propose un ferrailage optimal après le calcul des différentes sollicitations auxquelles le dalot est soumis.



*Figure IX. 1: Plans de ferrailage*

## IX-2 RESULTATS ET PLAN DE FERRAILAGE DES ELEMENTS DE L'OUVRAGE

Les résultats de ferrailage sont en annexe.

### IX-2.1 Résumé de ferrailage des modules :

Les résultats de ferrailage des différents modules sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau IX. 1: Résultat des ferrillages pour le module**

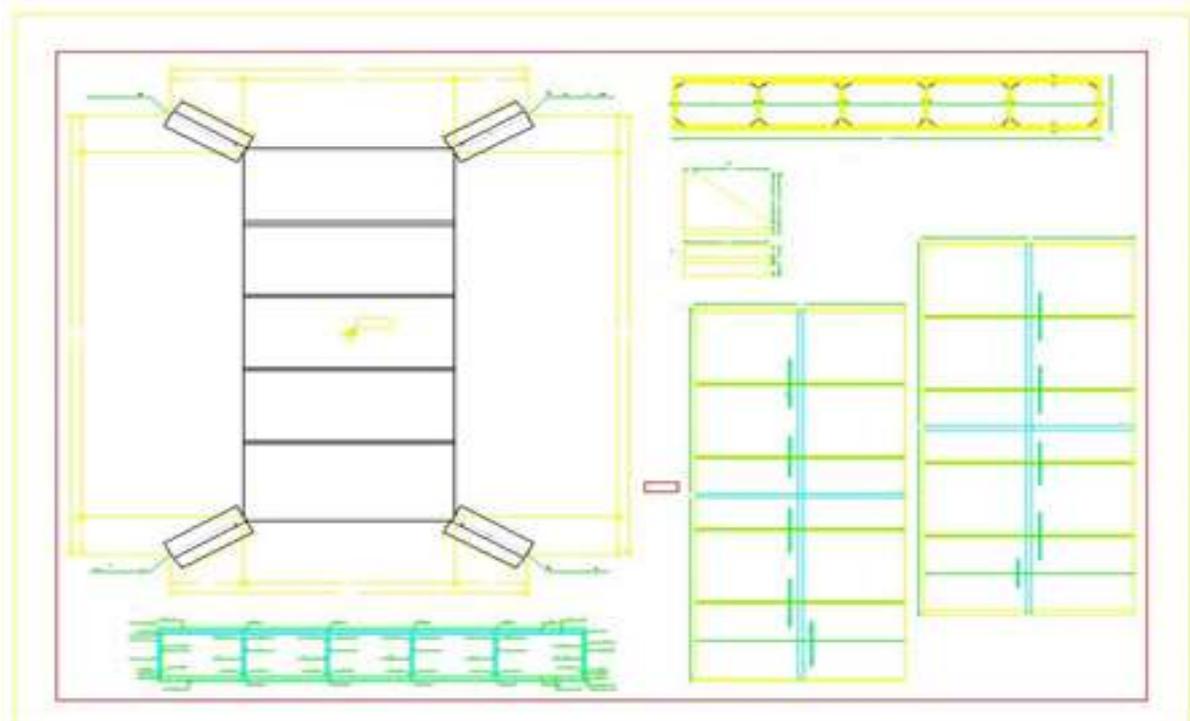
	Position	Direction	Choix	Espacement
Radier	Extérieure	Longitudinal	HA16	20
		Transversal	HA12	15
	Intérieure	Longitudinal	HA12	15
		Transversal	HA16	20
Tablier	Extérieure	Longitudinal	HA16	20
		Transversal	HA12	15
	Intérieure	Longitudinal	HA12	15
		Transversal	HA16	15
Piedroits	Arrière	Vertical	HA12	20
		Horizontal	HA12	20
	Avant	Vertical	HA12	20
		Horizontal	HA12	20
Piedroits intermédiaires	Gauche	Vertical	HA12	20
		Horizontal	HA12	20
	Droite	Vertical	HA12	20
		Horizontal	HA12	20

**IX-2.2 Résumé de ferrailage des murs en ailes :**

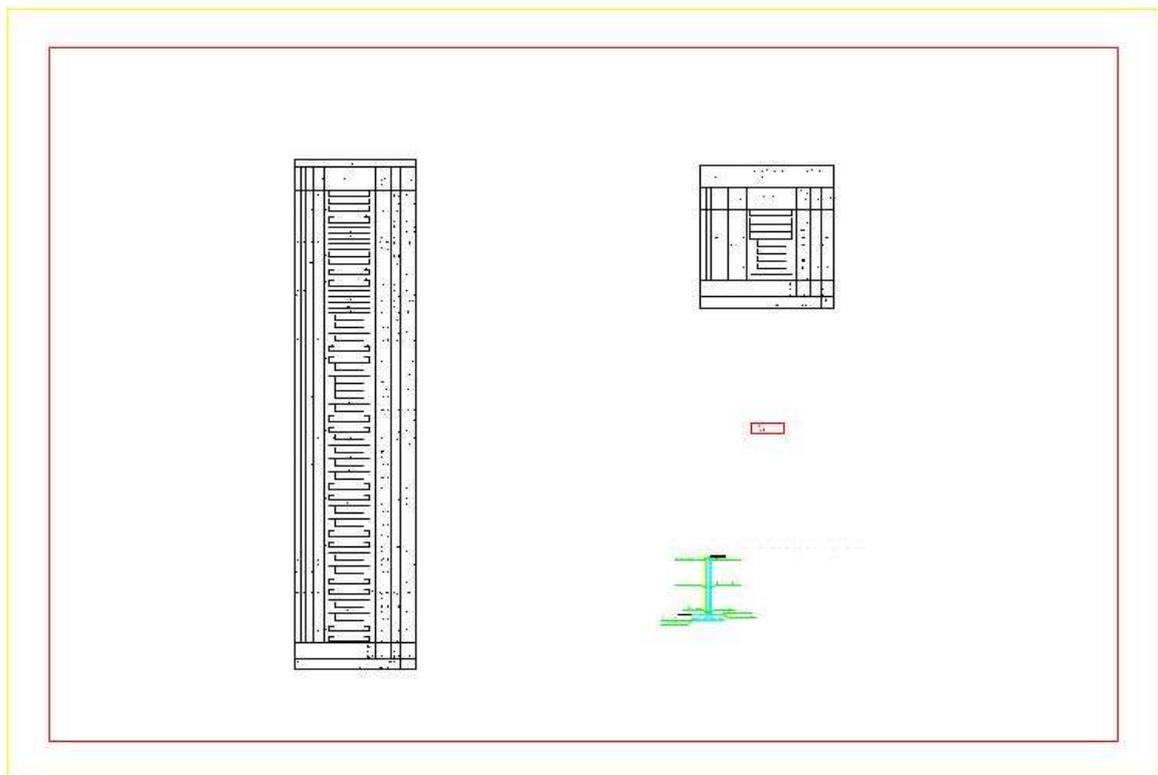
Le ferrailage des murs en ailes est donné dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IX. 2: Résumé de ferrailage des murs en ailes**

	Position	Direction	Choix	Espacement
Mur en aile	Horizontal	AR	HA12	15
		AV	HA12	20
	Vertical	AR	HA20	15
		AV	HA10	15
Semelle	Transversal	Inf	HA12	20
		Sup	HA12	20
	Longitudinal	Inf	HA12	20
		sup	HA12	20

**IX-2.3 Plans et ferrailages de l'ouvrage :**

*Figure IX. 2: Plan complet du dalot*



*Figure IX. 3: Résultat du ferrailage du dalot*

Chapitre n°10

**SIGNALISATION**

## **X-1 INTRODUCTION**

La signalisation désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier destinée à assurer la sécurité des usagers. La circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés compte tenu du trafic et l'augmentation des vitesses que peuvent substituer les conducteurs parfois.

Les équipements de signalisation et de sécurité routière constituent un langage visuel qui facilite la tâche des conducteurs grâce à l'instauration d'une véritable communication codifiée entre l'utilisateur et la route.

Elle doit être uniforme, continue et homogène afin de ne pas fatiguer l'attention de l'utilisateur par une utilisation abusive de signaux.

## **X-2 OBJECTIF DE LA SIGNALISATION ROUTIERE**

La signalisation routière a pour objectifs :

- De rendre plus sûre et plus facile la circulation ;
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police ;
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

## **X-3 CATEGORIES DE SIGNALISATION**

On distingue :

- La signalisation par panneaux ;
- La signalisation par feu ;
- La signalisation par marquage des chaussées ;
- La signalisation par balisage ;
- La signalisation par bornage.

## **X-4 SIGNALISATION ET REGLES A RESPECTER**

Pour concevoir une bonne signalisation, il est nécessaire de respecter les règles suivantes :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité) ;
- Cohérence avec les règles de circulation ;
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale ;
- Eviter la publicité irrégulière ;

- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

## X-5 TYPES DE SIGNALISATION

Il existe deux types de signalisation : la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

### X-5.1 La signalisation verticale

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

La signalisation verticale peut être classée en quatre classes qui sont :

**Signaux de danger :** ce sont des panneaux de formes triangulaires, ils doivent être placés à 150 mètres en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

**Signaux comportant une prescription absolue :** ce sont des panneaux de formes circulaires, on trouve :

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

**Signaux à simple indication :** ce sont des panneaux avec des formes généralement rectangulaires, parfois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication ;
- Signaux de direction ;
- Signaux de localisation ;
- Signaux divers.

**Signaux de position des dangers :** ils sont toujours implantés en pré-signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

### X-5.2 La signalisation horizontale

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques de couleurs blanches sur les chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types :

#### X-5.2.a Marquage longitudinal :

- **Lignes continues** : les lignes continues sont infranchissables, les dépassements et changement de voies sont interdits ainsi que la traverser perpendiculaire.
- **Lignes discontinues** : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir. Elle se diffèrent par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.
  - ❖ Lignes axiales ou lignes de délimitation des voies pour lesquelles la longueur des traits est environ égale au tiers de leur intervalle.
  - ❖ Lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalle.
  - ❖ Lignes d'avertissement des ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence dont la largeur des traits est le triple de celle de leur intervalle.

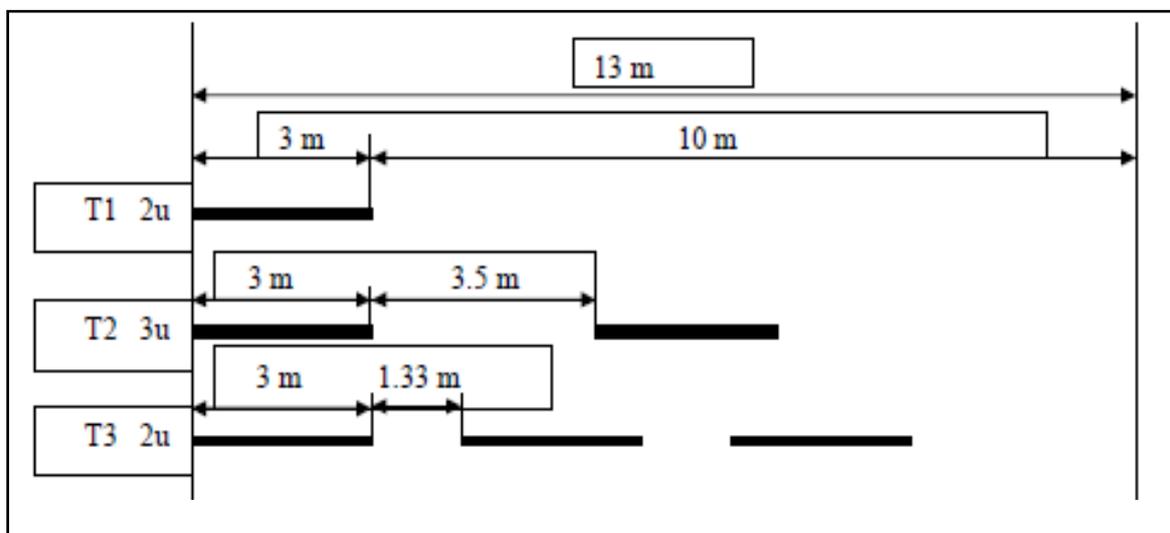


Figure X. 10: Types de modulation pour lignes discontinues

**Tableau X. 2 : Caractéristiques des lignes discontinues**

Rapport Plein/Vide	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Longueur du trait (m)	Type de modulation
≈ 1/3	10	3	T <sub>1</sub>
	5	1.5	T <sub>1</sub> <sup>-</sup>
≈ 1	3.5	6	T <sub>2</sub>
	0.5	0.5	T <sub>2</sub> <sup>-</sup>
≈ 3	1.33	3	T <sub>3</sub>
	6	20	T <sub>3</sub> <sup>-</sup>

**X-5.2.b** Marquage transversal :

- **Lignes transversales continues :** Ce sont des lignes éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- **Lignes transversales discontinues :** Ce sont des lignes éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient céder le passage aux intersections.

**X-5.2.c** Autre marquage :

- **Flèches de rabattement :** Il s'agit de flèches légèrement incurvées signalant aux usagers qu'ils devraient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.
- **Flèches de sélection :** Ce sont des flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

**Figure X. 11: Flèches de signalisation**

## X-6 CARACTERISTIQUES DES MARQUES

- Le blanc est la couleur pour les marquages sur chaussées définitives et l'orange pour les marques provisoires.
- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur d'unité **U** différente suivant le type de route, à savoir :
  - **U = 7,5 cm** sur les autoroutes et voies rapides urbaines ;
  - **U = 6 cm** sur les routes et voies urbaines ;
  - **U = 5 cm** pour les autres routes.

## X-7 APPLICATION AU PROJET

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

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de pré signalisation (type G1).
- Panneaux de signalisation type (E3 E4).
- Panneaux donnant les indications utiles pour les conduites de véhicules (Type E14, E15).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E). En ce qui concerne l'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de :
  - Pour les routes et voies urbaines :  $U = 6\text{cm}$ .
  - Pour les bretelles et les voies d'accès :  $U = 5\text{cm}$ .

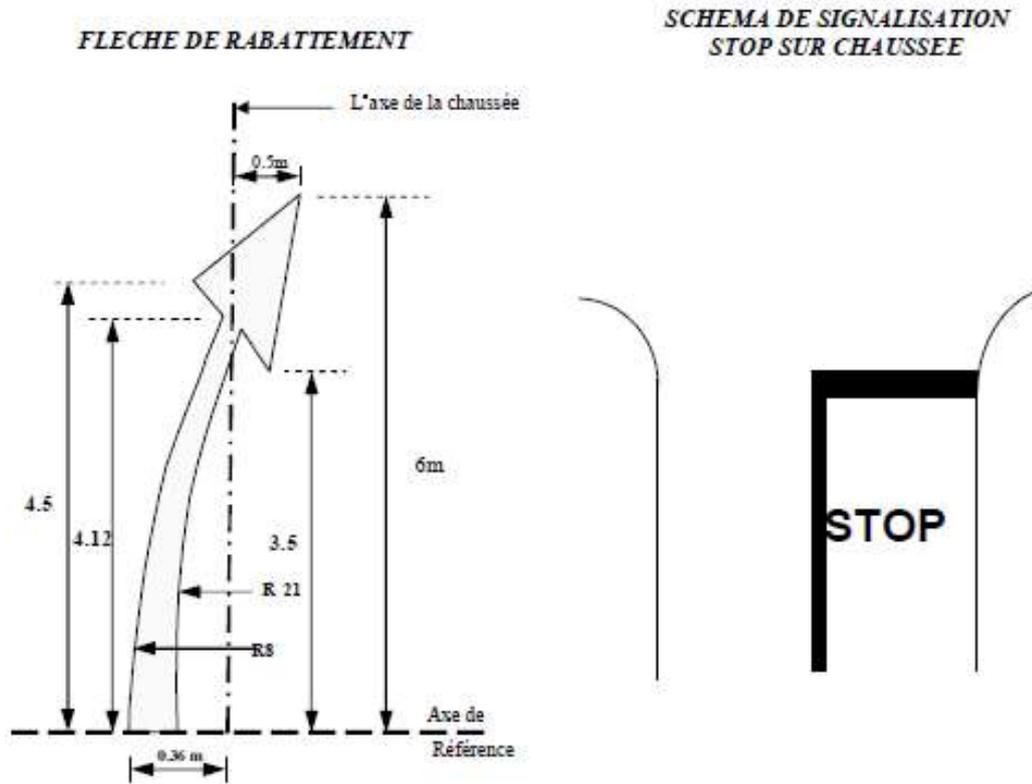


Figure X. 12: Flèches de rabattement et schéma de signalisation stop sur chaussée

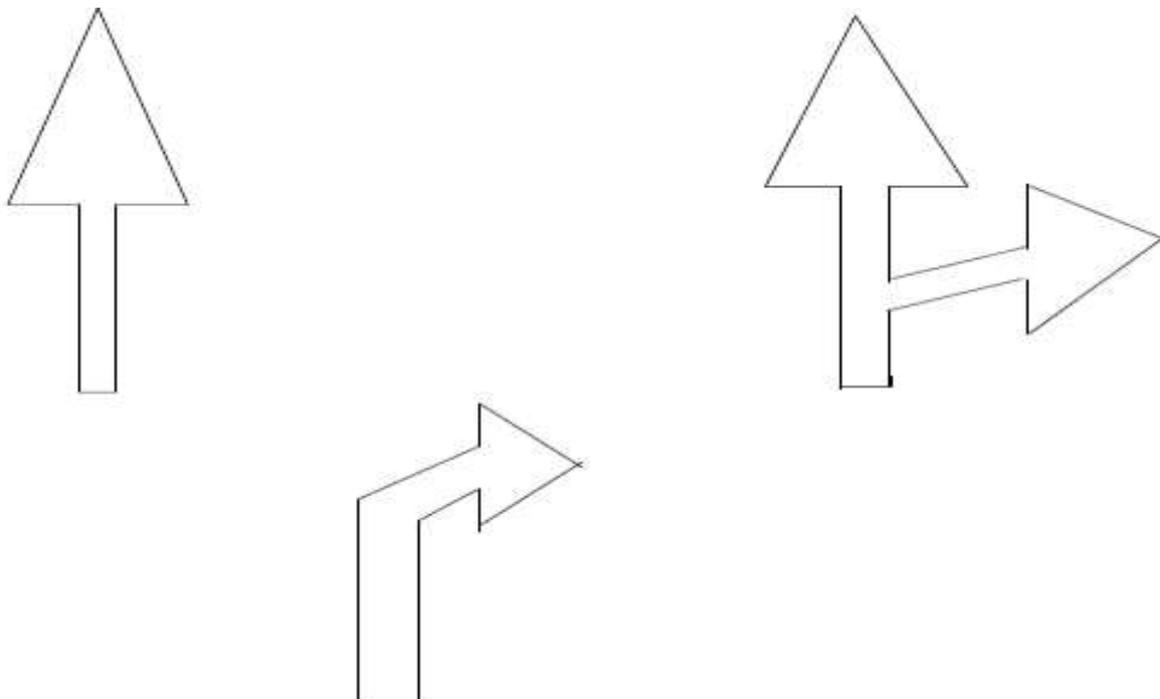


Figure X. 13: Flèches de sélection

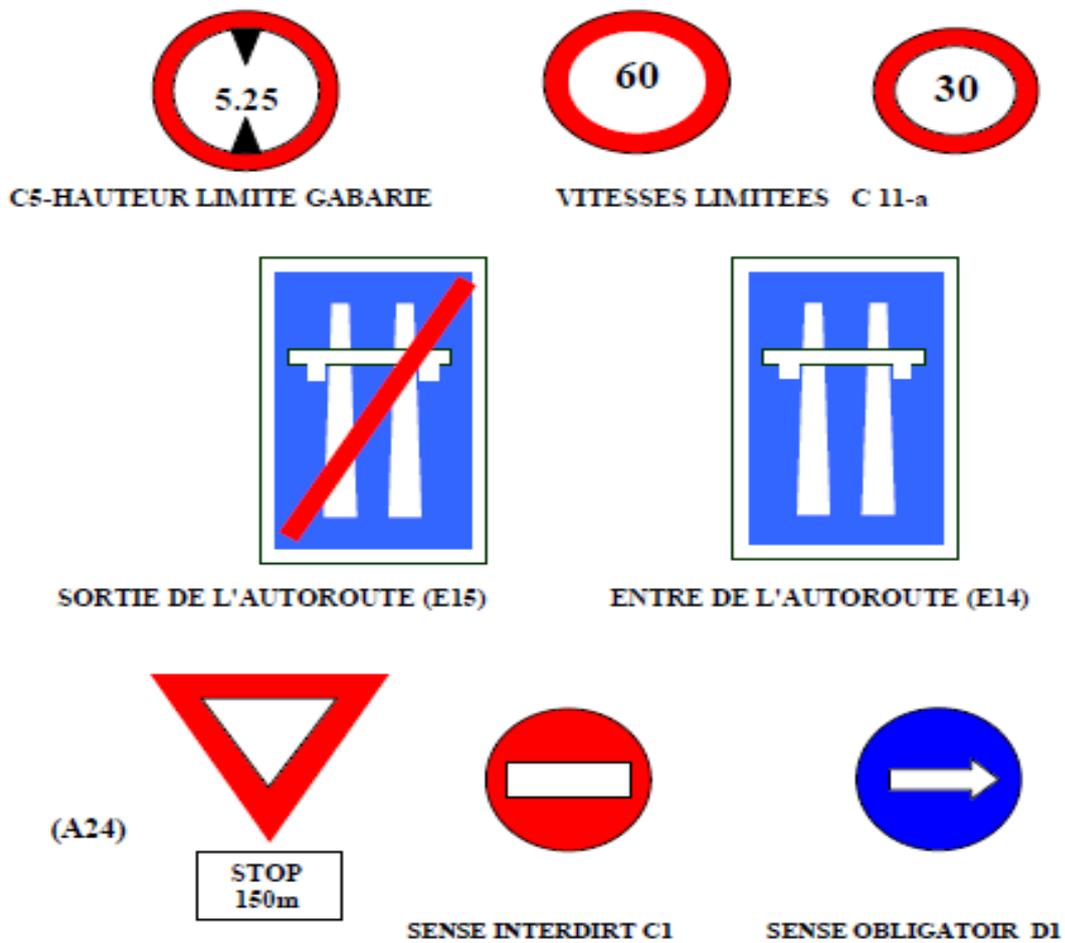


Figure X. 14: Signaux d'interdiction ou de restriction



Figure XI. 15: Ligne continue



Figure X. 16: Ligne discontinue T1



Figure X. 17: Ligne discontinue de rive T2



Figure X. 18: Ligne discontinue de rive T3

Chapitre n°11

**DEVIS QUANTITATIF ET  
ESTIMATIF**

N°	Désignation des travaux	U	Quantité	PU(DA)	Montant (H.T)
<b>1- TERRASSEMENT:</b>					
02	Déblais en terrain de toute nature confondu	M <sup>3</sup>	139	200	27800
03	Remblais	M <sup>3</sup>	15548	400	6219200
04	Décapage des terres végétales (0.2 m)	M <sup>3</sup>	639,857	80	51188,56
<b><u>Sous total :</u></b>					<b><u>6298188,56</u></b>
<b>2- CORPS DE CHAUSSEE</b>					
05	F/Pose couche de fondation en GNT sur 20 cm d'épaisseur	M <sup>3</sup>	768,40	1200	922080
06	F/Pose couche de base en GB sur 12 cm d'épaisseur	M <sup>3</sup>	507,58	6000	3045480
07	F/Pose couche de roulement en BB sur 3 cm d'épaisseur	M <sup>3</sup>	112,53	6500	731445
<b><u>Sous total :</u></b>					<b><u>4699005</u></b>
<b>3- DALOT A 5 OUVERTURES :</b>					
08	Ouverture de fouilles en grande masse y/c déviation de l'oued et évacuation.	M <sup>3</sup>	275	5000	1375000
09	Réalisation d'un drainage en pierre sous le radier ep = 50 cm	M <sup>2</sup>	67	5000	335000
10	Réalisation d'une plateforme de 15 cm en B.A au T.S	M <sup>2</sup>	190	1300	247000
11	F et M.O de béton de propreté ep=10 cm	M <sup>3</sup>	8	10000	80000
12	Réalisation de B.A pour radier, semelle, dosé à 350 kg/m <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	97	20000	1940000
13	Réalisation de pare à fouilles en B.A	M <sup>3</sup>	9,50	30000	285000
14	Réalisation de B.A pour murs voiles et gousset dosé à 350 kg/m <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	70	35000	2450000
15	Réalisation des dalles de tablier en B.A ep =56 cm y compris F/P de Garde-corps latérales métallique de sécurité en tube rond.	M <sup>3</sup>	71	30000	2130000
16	Réalisation de B.A pour murs de soutènement en ailes dosé à 350 kg/m <sup>3</sup> y/c toutes sujétions.	M <sup>2</sup>	20	40000	800000
17	Réalisation de B.A pour Dalle de transition	M <sup>3</sup>	10	40000	400000
18	F/P de bordure de trottoirs en T3 y/c caniveau	ML	50	1300	65000
<b><u>Sous total :</u></b>					<b><u>10107000</u></b>
Le devis en T.T.C s'élève à la somme de : <b>Vingt-quatre millions six cent quatre-vingt-onze mille neuf cent sept dinars.</b>				<b>Total (H.T)</b>	<b>21104194 DA</b>
				<b>TVA 17%</b>	<b>3587713 DA</b>
				<b>Total (T.T.C)</b>	<b>24691907 DA</b>

*Etudes des raccordements d'accès à l'ouvrage au niveau de la commune de SIDI SLIMANE  
wilaya de TISSEMSSILT*

---

**CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

Toute chose a un début et une fin, nous voici arrivés au terme de notre étude qui a porté sur << l'étude des raccordements d'accès à l'ouvrage au niveau de la commune de Sidi Slimane wilaya de Tissemsilt>>.

En partant des objectifs assignés, nous avons dû réaliser notre projet tout en respectant les lois et règlements du tracé d'une route d'abord par une étude géométrique qui consistait à faire un tracé en plan de nos différentes variantes ensuite le profil en long et en travers de ces mêmes variantes. Considérant l'importance du dimensionnement du corps de chaussée, nous avons à fortiori fait ce dimensionnement afin de savoir l'épaisseur de chaque couche de chaussée. Après que cela ait été fait nous nous sommes intéressés à la cubature et au choix de la variante retenue en fonction de celle favorable au souci de sécurité, d'économie, d'entretien et d'esthétique. Cependant la deuxième partie de notre étude étant la conception d'un ouvrage, nous avons cependant réalisé un dalot de trente mètres (30 m) de portée avec cinq (5) ouvertures dans le but de faciliter l'écoulement d'eau étant donné l'état de notre terrain situé en zone montagneuse.

C'est sur cette base de bien faire, que nous avons travaillé avec les différents logiciels de dessins et conceptions tels que AutoCAD 2007, AutoPiste et CYPE2014 d'une part pour faciliter l'étude exacte de ce projet et d'autre part pour savoir le cout estimatif envisageable.

A cet effet, il résulte de tout cela, un total garanti que nous avons acquis le maximum de connaissance à l'élaboration d'une route qu'elle soit en zone urbaine ou rurale car ce travail tant dans son importance dans une société nécessite la plus grande attention qu'il soit en vue de satisfaire premièrement les conditions techniques et économiques par application des normes en vigueur et deuxièmement les usagers futurs de cette route.

Enfin, nous espérons que ce modeste travail sera un guide précieux pour les futures promotions.

# BIBLIOGRAPHIE

## BIBLIOGRAPHIE

1. **MTP** (1977), **B40**-Norme Technique d'Aménagement des Routes Algériennes ;  
**MTP** : Ministère des Travaux Publics ;
2. **CTTP** (Novembre2001), Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves.  
-**Fascicule 2**: Hypothèses et Données de Dimensionnement ;  
-**Fascicule 3** : Fiches Techniques de Dimensionnement ;  
**CTTP**: Contrôle Technique des Travaux Publics ;
3. **LCPC et SETRA**, Guide technique de conception et dimensionnement des structures de chaussées, Edition Paris, 1994 ;
4. **KALLI Fatima – Zohra et GOUMETTRE Ahmed**, Manuel de projet de routes,  
Edition OPU, 2012 ;
5. **KALLI Fatima – Zohra –Rahal**, cours de routes et exercices corrigés, Edition OPU,  
2013 ;
6. **Fascicule 61 titre II** du cahier des prescriptions communes (CPC) « Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'arts », Réédition, 1981 ;
7. **Mr.BEKKI.H**, cours de routes 3<sup>eme</sup> année Licence, 2015 ;
8. **Mr.HADJ**, cours de beton armé1 3<sup>eme</sup> année Licence premier semestre, 2015 ;
9. ANCIENS MEMOIRES.

Sites internet utilisés :

<http://www.wikipedia.fr>;

<http://www.cours-genie-civil.com>;

<http://www.ing-dz.com>.

# ANNEXES

## Cubatures Décapage (variante 1)

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Décapage		Surface En Coupe	Volumes		Surfaces en plan	
			Gauche	Droite		Partiels	Cumulés	Partielles	Cumulées
PK1	0.000	10.00	0.10	0.10	1.28	12.754	12.754	127.54	127.54
PK2	20.000	20.00	0.10	0.10	1.30	25.956	38.710	259.56	387.10
PK3	40.000	20.00	0.10	0.10	1.43	28.505	67.215	285.05	672.15
PK4	60.000	20.00	0.10	0.10	1.60	31.910	99.125	319.10	991.25
PK5	80.000	20.00	0.10	0.10	1.72	34.475	133.600	344.75	1336.00
PK6	100.000	20.00	0.10	0.10	1.84	36.849	170.449	368.49	1704.49
PK7	120.000	20.00	0.10	0.10	1.96	39.123	209.573	391.23	2095.73
PK8	140.000	20.00	0.10	0.10	2.06	41.262	250.835	412.62	2508.35
PK9	160.000	20.00	0.10	0.10	2.19	43.836	294.671	438.36	2946.71
PK10	180.000	20.00	0.10	0.10	2.36	47.334	342.005	473.34	3420.05
PK11	200.000	20.00	0.10	0.10	2.85	56.764	398.769	567.64	3987.69
PK12	220.000	15.07	0.10	0.10	2.68	40.605	439.374	406.05	4393.74
PK13	230.133	10.00	0.10	0.10	2.62	26.216	465.590	262.16	4655.90
PK14	240.000	14.93	0.10	0.10	2.59	38.613	504.204	386.13	5042.04
PK15	260.000	20.00	0.10	0.10	2.84	56.719	560.923	567.19	5609.23
PK16	280.000	13.79	0.10	0.10	2.55	34.008	594.931	340.08	5949.31
PK17	287.584	10.00	0.10	0.10	2.70	25.248	620.179	252.48	6201.79
PK18	300.000	16.21	0.10	0.10	2.62	40.892	661.071	408.92	6610.71
PK19	320.000	20.00	0.10	0.10	1.97	36.626	697.697	366.26	6976.97
PK20	340.000	20.00	0.10	0.10	1.52	29.127	726.824	291.27	7268.24
PK21	360.000	20.00	0.10	0.10	1.41	28.281	755.105	282.81	7551.05
PK22	380.000	20.00	0.10	0.10	1.25	25.091	780.196	250.91	7801.96
PK23	400.000	20.00	0.10	0.10	0.99	19.730	799.925	197.30	7999.25
PK24	420.000	20.00	0.10	0.10	1.03	20.550	820.475	205.50	8204.75
PK25	440.000	14.41	0.10	0.10	1.15	16.555	837.031	165.55	8370.31
PK26	448.826	13.51	0.10	0.10	1.20	16.243	853.273	162.43	8532.73
PK27	467.024	9.10	0.10	0.10	0.62	5.652	858.925	56.52	8589.25

## Cubatures Décapage (variante 2)

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Décapage		Surface En Coupe	Volumes		Surfaces en plan	
			Gauche	Droite		Partiels	Cumulés	Partielles	Cumulées
PK1	0.000	10.00	0.10	0.10	2.16	21.601	21.601	216.01	216.01
PK2	20.000	20.00	0.10	0.10	2.82	56.407	78.008	564.07	780.08
PK3	40.000	20.00	0.10	0.10	2.72	54.324	132.332	543.24	1323.32
PK4	60.000	20.00	0.10	0.10	2.52	50.218	182.550	502.18	1825.50
PK5	80.000	20.00	0.10	0.10	2.19	43.512	226.062	435.12	2260.62
PK6	100.000	20.00	0.10	0.10	1.96	38.993	265.056	389.93	2650.56
PK7	120.000	20.00	0.10	0.10	1.59	31.764	296.820	317.64	2968.20
PK8	140.000	20.00	0.10	0.10	1.36	27.356	324.176	273.56	3241.76
PK9	160.000	20.00	0.10	0.10	1.25	25.001	349.176	250.01	3491.76
PK10	180.000	20.00	0.10	0.10	1.93	38.426	387.602	384.26	3876.02
PK11	200.000	20.00	0.10	0.10	2.00	39.827	427.429	398.27	4274.29
PK12	220.000	20.00	0.10	0.10	1.88	37.563	464.992	375.63	4649.92
PK13	240.000	20.00	0.10	0.10	2.17	43.480	508.471	434.80	5084.71
PK14	260.000	20.00	0.10	0.10	2.42	47.562	556.033	475.62	5560.33
PK15	280.000	20.00	0.10	0.10	1.78	35.516	591.549	355.16	5915.49
PK16	300.000	20.00	0.10	0.10	1.55	30.656	622.205	306.56	6222.05
PK17	320.000	20.00	0.10	0.10	1.59	31.959	654.164	319.59	6541.64
PK18	340.000	20.00	0.10	0.10	1.11	22.149	676.312	221.49	6763.12
PK19	360.000	20.00	0.10	0.10	0.95	18.718	695.030	187.18	6950.30
PK20	380.000	20.00	0.10	0.10	1.04	20.802	715.833	208.02	7158.33
PK21	400.000	14.94	0.10	0.10	1.15	17.173	733.006	171.73	7330.06
PK22	409.882	4.94	0.10	0.10	1.20	5.941	738.947	59.41	7389.47

## Cubatures Décapage (variante 3)

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Décapage		Surface En Coupe	Volumes		Surfaces en plan	
			Gauche	Droite		Partiels	Cumulés	Partielles	Cumulées
PK1	0.000	10.00	0.10	0.10	1.38	13.792	13.792	137.92	137.92
PK2	20.000	20.00	0.10	0.10	1.23	24.693	38.485	246.93	384.85
PK3	40.000	20.00	0.10	0.10	1.25	25.027	63.512	250.27	635.12
PK4	60.000	20.00	0.10	0.10	1.26	25.286	88.798	252.86	887.98
PK5	80.000	20.00	0.10	0.10	1.39	27.851	116.649	278.51	1166.49
PK6	100.000	20.00	0.10	0.10	1.23	24.649	141.298	246.49	1412.98
PK7	120.000	20.00	0.10	0.10	1.77	35.469	176.766	354.69	1767.66
PK8	140.000	20.00	0.10	0.10	1.73	34.491	211.257	344.91	2112.57
PK9	160.000	20.00	0.10	0.10	1.85	37.050	248.307	370.50	2483.07
PK10	180.000	20.00	0.10	0.10	2.28	45.439	293.746	454.39	2937.46
PK11	200.000	20.00	0.10	0.10	2.62	52.403	346.149	524.03	3461.49
PK12	220.000	20.00	0.10	0.10	2.44	48.830	394.979	488.30	3949.79
PK13	240.000	20.00	0.10	0.10	2.75	54.958	449.937	549.58	4499.37
PK14	260.000	20.00	0.10	0.10	2.97	59.508	509.445	595.08	5094.45
PK15	280.000	20.00	0.10	0.10	2.90	55.844	565.289	558.44	5652.89
PK16	300.000	20.00	0.10	0.10	2.09	40.932	606.221	409.32	6062.21
PK17	320.000	20.00	0.10	0.10	2.21	44.194	650.415	441.94	6504.15
PK18	340.000	20.00	0.10	0.10	1.96	39.286	689.701	392.86	6897.01
PK19	360.000	20.00	0.10	0.10	1.28	25.365	715.067	253.65	7150.67
PK20	380.000	20.00	0.10	0.10	0.94	18.672	733.739	186.72	7337.39
PK21	400.000	20.00	0.10	0.10	0.80	16.074	749.812	160.74	7498.12
PK22	420.000	12.41	0.10	0.10	0.67	8.315	758.127	83.15	7581.27
PK23	424.812	2.41	0.10	0.10	0.70	1.694	759.821	16.94	7598.21

## Cubatures Décapage (variante 4)

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Décapage		Surface En Coupe	Volumes		Surfaces en plan	
			Gauche	Droite		Partiels	Cumulés	Partielles	Cumulées
PK1	0.000	10.00	0.10	0.10	1.26	12.552	12.552	125.52	125.52
PK2	20.000	20.00	0.10	0.10	1.27	25.377	37.929	253.77	379.29
PK3	40.000	20.00	0.10	0.10	1.34	26.820	64.749	268.20	647.49
PK4	60.000	20.00	0.10	0.10	1.41	28.100	92.849	281.00	928.49
PK5	80.000	20.00	0.10	0.10	1.58	31.658	124.507	316.58	1245.07
PK6	100.000	20.00	0.10	0.10	1.43	28.563	153.070	285.63	1530.70
PK7	120.000	20.00	0.10	0.10	1.78	34.968	188.039	349.68	1880.39
PK8	140.000	20.00	0.10	0.10	1.73	34.165	222.203	341.65	2222.03
PK9	160.000	20.00	0.10	0.10	1.85	36.778	258.982	367.78	2589.82
PK10	180.000	20.00	0.10	0.10	2.30	46.029	305.011	460.29	3050.11
PK11	200.000	18.08	0.10	0.10	2.23	40.337	345.348	403.37	3453.48
PK12	216.158	10.00	0.10	0.10	2.45	24.453	369.801	244.53	3698.01
PK13	220.000	11.92	0.10	0.10	2.45	29.233	399.034	292.33	3990.34
PK14	240.000	15.28	0.10	0.10	2.49	38.021	437.055	380.21	4370.55
PK15	250.561	10.00	0.10	0.10	2.55	25.459	462.514	254.59	4625.14
PK16	260.000	14.72	0.10	0.10	2.06	31.058	493.573	310.58	4935.73
PK17	280.000	20.00	0.10	0.10	1.54	29.541	523.114	295.41	5231.14
PK18	300.000	20.00	0.10	0.10	1.25	24.256	547.370	242.56	5473.70
PK19	320.000	20.00	0.10	0.10	1.13	22.685	570.054	226.85	5700.54
PK20	340.000	20.00	0.10	0.10	0.91	18.285	588.340	182.85	5883.40
PK21	360.000	20.00	0.10	0.10	1.06	21.231	609.571	212.31	6095.71
PK22	380.000	17.46	0.10	0.10	1.21	21.101	630.672	211.01	6306.72
PK23	394.911	7.46	0.10	0.10	1.23	9.185	639.857	91.85	6398.57

## Cubatures Déblai Remblai (variante 1)

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK1	0.000	10.00	2.06	1.71	20.575	17.114	21	17
PK2	20.000	20.00	0.00	10.66	0.000	213.157	21	230
PK3	40.000	20.00	0.00	21.73	0.000	434.671	21	665
PK4	60.000	20.00	0.00	33.61	0.000	672.214	21	1337
PK5	80.000	20.00	0.00	45.04	0.000	900.858	21	2238
PK6	100.000	20.00	0.00	55.68	0.000	1113.451	21	3351
PK7	120.000	20.00	0.00	65.53	0.000	1309.963	21	4661
PK8	140.000	20.00	0.00	75.99	0.000	1522.020	21	6183
PK9	160.000	20.00	0.00	87.66	0.000	1757.897	21	7941
PK10	180.000	20.00	0.00	103.68	0.000	2077.267	21	10019
PK11	200.000	20.00	0.00	166.66	0.000	3327.435	21	13346
PK12	220.000	15.07	0.00	132.25	0.000	2004.339	21	15350
PK13	230.133	10.00	0.00	121.00	0.000	1210.414	21	16561
PK14	240.000	14.93	0.00	109.27	0.000	1631.841	21	18193
PK15	260.000	20.00	0.00	167.32	0.000	3346.374	21	21539
PK16	280.000	13.79	0.00	139.57	0.000	1866.266	21	23405
PK17	287.584	10.00	0.00	153.44	0.000	1444.607	21	24850
PK18	300.000	16.21	0.00	140.87	0.000	2210.970	21	27061
PK19	320.000	20.00	0.00	62.85	0.000	1165.582	21	28226
PK20	340.000	20.00	0.00	42.77	0.000	822.325	21	29049
PK21	360.000	20.00	0.00	42.56	0.000	851.172	21	29900
PK22	380.000	20.00	0.00	38.41	0.000	768.195	21	30668
PK23	400.000	20.00	0.00	28.86	0.000	577.300	21	31245
PK24	420.000	20.00	0.00	22.17	0.000	443.449	21	31689
PK25	440.000	14.41	0.00	14.63	0.000	210.871	21	31900
PK26	448.826	13.51	0.00	10.04	0.000	135.717	21	32035
PK27	467.024	9.10	0.29	1.23	2.605	11.167	23	32047

## Cubatures Déblai Remblai (variante 2)

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK1	0.000	10.00	170.53	0.00	1705.335	0.043	1705	0
PK2	20.000	20.00	180.16	0.00	3603.192	0.089	5309	0
PK3	40.000	20.00	155.95	0.01	3118.866	0.194	8427	0
PK4	60.000	20.00	129.71	0.01	2589.479	0.194	11017	1
PK5	80.000	20.00	95.06	0.01	1891.263	0.195	12908	1
PK6	100.000	20.00	76.93	0.01	1534.626	0.166	14443	1
PK7	120.000	20.00	41.17	0.01	822.944	0.168	15266	1
PK8	140.000	20.00	15.70	0.01	316.416	0.189	15582	1
PK9	160.000	20.00	0.00	4.26	0.000	83.277	15582	85
PK10	180.000	20.00	0.00	58.57	0.000	1165.458	15582	1250
PK11	200.000	20.00	0.00	75.60	0.000	1506.755	15582	2757
PK12	220.000	20.00	0.00	59.35	0.000	1187.033	15582	3944
PK13	240.000	20.00	0.00	96.78	0.000	1935.587	15582	5879
PK14	260.000	20.00	0.00	117.44	0.000	2309.910	15582	8189
PK15	280.000	20.00	0.00	56.66	0.000	1132.343	15582	9322
PK16	300.000	20.00	0.00	25.54	0.000	499.506	15582	9821
PK17	320.000	20.00	13.03	1.21	262.851	23.969	15845	9845
PK18	340.000	20.00	24.36	0.00	486.976	0.087	16332	9845
PK19	360.000	20.00	28.21	0.00	559.038	0.087	16891	9845
PK20	380.000	20.00	37.67	0.00	752.172	0.089	17643	9845
PK21	400.000	14.94	47.40	0.00	708.185	0.067	18351	9845
PK22	409.882	4.94	52.44	0.00	259.113	0.022	18610	9845

## Cubatures Déblai Remblai (variante 3)

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK1	0.000	10.00	14.88	0.01	148.835	0.099	149	0
PK2	20.000	20.00	7.78	0.01	155.538	0.198	304	0
PK3	40.000	20.00	3.92	0.56	78.319	11.154	383	11
PK4	60.000	20.00	1.17	1.84	23.292	37.302	406	49
PK5	80.000	20.00	0.32	5.97	6.318	121.576	412	170
PK6	100.000	20.00	0.00	6.12	0.000	122.561	412	293
PK7	120.000	20.00	0.00	26.03	0.000	522.855	412	816
PK8	140.000	20.00	0.00	39.02	0.000	779.255	412	1595
PK9	160.000	20.00	0.00	55.18	0.000	1105.074	412	2700
PK10	180.000	20.00	0.00	99.02	0.000	1975.617	412	4676
PK11	200.000	20.00	0.00	143.10	0.000	2862.032	412	7538
PK12	220.000	20.00	0.00	115.21	0.000	2304.112	412	9842
PK13	240.000	20.00	0.00	146.48	0.000	2932.036	412	12774
PK14	260.000	20.00	0.00	171.57	0.000	3443.898	412	16218
PK15	280.000	20.00	0.00	174.79	0.000	3421.168	412	19639
PK16	300.000	20.00	0.00	96.38	0.000	1873.495	412	21512
PK17	320.000	20.00	0.00	88.33	0.000	1766.621	412	23279
PK18	340.000	20.00	0.00	65.90	0.000	1317.981	412	24597
PK19	360.000	20.00	0.00	36.55	0.000	726.730	412	25324
PK20	380.000	20.00	0.00	17.49	0.000	348.665	412	25672
PK21	400.000	20.00	0.00	7.77	0.000	155.466	412	25828
PK22	420.000	12.41	0.05	0.20	0.605	2.538	413	25830
PK23	424.812	2.41	1.38	0.02	3.310	0.047	416	25830

## Cubatures Déblai Remblai (variante 4)

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK1	0.000	10.00	1.64	1.58	16.389	15.836	16	16
PK2	20.000	20.00	0.00	6.62	0.000	132.339	16	148
PK3	40.000	20.00	0.00	11.27	0.000	225.417	16	374
PK4	60.000	20.00	0.00	15.98	0.000	319.581	16	693
PK5	80.000	20.00	0.00	19.67	0.000	393.334	16	1087
PK6	100.000	20.00	0.00	12.60	0.000	251.962	16	1338
PK7	120.000	20.00	0.00	29.77	0.000	579.339	16	1918
PK8	140.000	20.00	0.00	39.52	0.000	778.757	16	2697
PK9	160.000	20.00	0.00	50.95	0.000	1012.836	16	3709
PK10	180.000	20.00	0.00	101.14	0.000	2024.996	16	5734
PK11	200.000	18.08	0.00	92.40	0.000	1669.655	16	7404
PK12	216.158	10.00	0.00	110.50	0.000	1105.023	16	8509
PK13	220.000	11.92	0.00	116.79	0.000	1392.202	16	9901
PK14	240.000	15.28	0.00	135.19	0.000	2065.750	16	11967
PK15	250.561	10.00	0.00	136.82	0.000	1372.583	16	13340
PK16	260.000	14.72	0.00	66.53	0.000	1022.095	16	14362
PK17	280.000	20.00	0.00	25.53	0.000	479.562	16	14841
PK18	300.000	20.00	4.06	7.50	86.074	138.090	102	14979
PK19	320.000	20.00	0.29	11.67	5.820	233.353	108	15213
PK20	340.000	20.00	0.00	8.54	0.000	170.850	108	15384
PK21	360.000	20.00	0.00	5.69	0.000	113.888	108	15497
PK22	380.000	17.46	0.73	2.46	12.656	43.003	121	15540
PK23	394.911	7.46	2.42	1.02	18.049	7.614	139	15548

## Axe En Plan (variante 1)

Els Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 390.0174 g	108.722	0.000	326.927	82.599	
Arc 1	Rayon 127.572 m Centre X 183.942 m Centre Y 170.065 m	116.771	108.722	309.949	189.987	
Droite 2	Gisement 331.7453 g	52.554	225.494	244.952	282.102	
Arc 2	Rayon 34.162 m Centre X 182.460 m Centre Y 277.233 m	58.243	278.048	198.798	307.236	
Droite 3	Gisement 223.2098 g	130.734	336.290	150.543	289.414	
			467.024	103.929	167.273	
Longueur totale de l'axe 467.024 mètre(s)						

## Axe En Plan (variante 2)

Els Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 374.6541 g	46.911	0.000	326.927	82.599	
Clothoïde 1	Paramètre -80.000	21.333	46.911	308.740	125.840	
Arc 1	Rayon -300.000 m Centre X 581.199 m Centre Y 252.006 m	29.380	68.244	300.703	145.601	
Clothoïde 2	Paramètre 80.000	21.333	97.624	291.643	173.537	
Droite 2	Gisement 385.4158 g	23.574	118.958	286.553	194.253	
Arc 2	Rayon 60.876 m Centre X 221.915 m Centre Y 203.387 m	51.063	142.532	281.200	217.211	
Droite 3	Gisement 331.0258 g	61.736	193.594	251.255	256.725	
Arc 3	Rayon 33.778 m Centre X 187.596 m Centre Y 253.109 m	41.427	255.330	196.707	285.635	
Droite 4	Gisement 240.9329 g	9.756	296.757	160.055	272.666	
Clothoïde 3	Paramètre 80.000	21.333	306.513	154.205	264.858	
Arc 4	Rayon 300.000 m Centre X 387.956 m Centre Y 76.411 m	31.541	327.846	141.618	247.635	
Clothoïde 4	Paramètre -80.000	21.333	359.387	125.010	220.839	
Droite 5	Gisement 229.7127 g	29.162	380.720	115.186	201.903	
			409.882	102.065	175.860	
Longueur totale de l'axe 409.882 mètre(s)						

## Axe En Plan (variante 3)

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 375.3469 g	38.994	0.000	326.927	82.599	
Clothoïde 1	Paramètre -80.000	21.333	38.994	312.201	118.705	
Arc 1	Rayon -300.000 m	56.079	60.328	304.380	138.552	
	Centre X 586.017 m					
	Centre Y 241.899 m					
Clothoïde 2	Paramètre 80.000	21.333	116.407	290.080	192.693	
Droite 2	Gisement 391.7744 g	9.412	137.740	287.081	213.813	
Arc 2	Rayon 44.355 m	42.585	147.152	285.868	223.147	
	Centre X 241.883 m					
	Centre Y 217.432 m					
Droite 3	Gisement 330.6533 g	42.179	189.737	262.424	256.744	
Droite 4	Gisement 331.0286 g	34.419	231.917	225.040	276.278	
Arc 3	Rayon 35.416 m	41.831	266.336	194.629	292.397	
	Centre X 188.377 m					
	Centre Y 257.537 m					
Droite 5	Gisement 234.5543 g	39.782	308.167	158.506	276.563	
Clothoïde 3	Paramètre 80.000	21.333	347.949	137.958	242.499	
Arc 4	Rayon 300.000 m	0.024	369.282	127.156	224.103	
	Centre X 389.386 m					
	Centre Y 78.378 m					
Clothoïde 4	Paramètre -64.343	13.800	369.306	127.145	224.082	
Droite 6	Gisement 230.8214 g	41.706	383.106	120.628	211.918	
			424.812	101.216	175.005	
Longueur totale de l'axe 424.812 mètre(s)						

## Axe En Plan

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 377.6105 g	104.306	0.000	326.927	82.599	
Arc 1	Rayon 130.000 m	95.451	104.306	290.995	180.520	
	Centre X 168.952 m					
	Centre Y 135.737 m					
Droite 2	Gisement 330.8677 g	50.093	199.757	229.544	250.753	
Arc 2	Rayon 31.026 m	51.666	249.850	185.225	274.101	
	Centre X 170.764 m					
	Centre Y 246.651 m					
Droite 3	Gisement 224.8529 g	93.395	301.516	142.073	258.458	
			394.911	106.531	172.090	
Longueur totale de l'axe 394.911 mètre(s)						

## Profil En Long Projet(variante 1)

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente -5.74 %	124.048	0.000	115.396
Parabole 1	Pente -5.74 %	86.120	124.048	108.274
	Rayon 1500.000 m			
	Sommet Absc. 210.168 m			
	Sommet Alt. 105.802 m			
	Pente 0.00 %			
Pente 2	Pente 0.00 %	77.339	210.168	105.802
Parabole 2	Pente 0.00 %	39.324	287.507	105.802
	Rayon 1500.000 m			
	Sommet Absc. 287.507 m			
	Sommet Alt. 105.802 m			
	Pente 2.62 %			
Pente 3	Pente 2.62 %	140.193	326.831	106.317
			467.024	109.992
Longueur totale de l'axe 467.024 mètre(s)				

## Profil En Long Projet (variante 2)

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente -7.03 %	72.505	0.000	112.455
Parabole 1	Pente -7.03 %	20.857	72.505	107.360
	Rayon 1500.000 m			
	Sommet Absc. 177.914 m			
	Sommet Alt. 103.656 m			
	Pente -5.64 %			
Pente 2	Pente -5.64 %	32.425	93.363	106.039
Parabole 2	Pente -5.64 %	84.551	125.787	104.211
	Rayon 1500.000 m			
	Sommet Absc. 210.339 m			
	Sommet Alt. 101.828 m			
	Pente -0.00 %			
Pente 3	Pente -0.00 %	50.424	210.339	101.828
Parabole 3	Pente 0.00 %	30.561	260.763	101.828
	Rayon 1000.000 m			
	Sommet Absc. 260.763 m			
	Sommet Alt. 101.828 m			
	Pente 3.06 %			
Pente 4	Pente 3.06 %	34.500	291.324	102.295
Parabole 4	Pente 3.06 %	35.584	325.825	103.350
	Rayon 1500.000 m			
	Sommet Absc. 279.982 m			
	Sommet Alt. 102.649 m			
	Pente 5.43 %			
Pente 5	Pente 5.43 %	48.473	361.409	104.859
			409.882	107.491
Longueur totale de l'axe 409.882 mètre(s)				

## Profil En Long Projet (variante 3)

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente -9.11 %	65.737	0.000	114.228
Parabole 1	Pente -9.11 %	45.185	65.737	108.242
	Rayon 600.000 m			
	Sommet Absc. 120.379 m			
	Sommet Alt. 105.754 m			
	Pente -1.58 %			
Pente 2	Pente -1.58 %	45.701	110.922	105.828
Parabole 2	Pente -1.58 %	23.643	156.623	105.108
	Rayon 1500.000 m			
	Sommet Absc. 180.266 m			
	Sommet Alt. 104.921 m			
	Pente 0.00 %			
Pente 3	Pente 0.00 %	85.488	180.266	104.921
Parabole 3	Pente 0.00 %	42.994	265.754	104.921
	Rayon 1250.000 m			
	Sommet Absc. 265.754 m			
	Sommet Alt. 104.921 m			
	Pente 3.44 %			
Pente 4	Pente 3.44 %	116.064	308.748	105.661
			424.812	109.653
Longueur totale de l'axe 424.812 mètre(s)				

## Profil En Long Projet

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente -8.86 %	98.875	0.000	115.396
Parabole 1	Pente -8.86 %	106.312	98.875	106.636
	Rayon 1200.000 m			
	Sommet Absc. 205.187 m			
	Sommet Alt. 101.927 m			
	Pente 0.00 %			
Pente 2	Pente 0.00 %	48.245	205.187	101.927
Parabole 2	Pente 0.00 %	44.502	253.432	101.927
	Rayon 700.000 m			
	Sommet Absc. 253.432 m			
	Sommet Alt. 101.927 m			
	Pente 6.36 %			
Pente 3	Pente 6.36 %	96.977	297.934	103.342
			394.911	109.507
Longueur totale de l'axe 394.911 mètre(s)				

**1.- COMBINAISONS***HYPOTHÈSES*

1 - Poids propre
2 - Poussée des terres
3 - Charge hydraulique
4 - Charge en bande 1
5 - Convoi 1 position 1
6 - Convoi 2 position 1
7 - Convoi 3 position 1

*COMBINAISONS POUR LES ÉTATS LIMITES ULTIMES*

Combinaison	Hypothèses						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1.00	1.00					
2	1.35	1.00					
3	1.00	1.35					
4	1.35	1.35					
5	1.00	1.00		1.50			
6	1.35	1.00		1.50			
7	1.00	1.35		1.50			
8	1.35	1.35		1.50			
9	1.00	1.00			1.50		
10	1.35	1.00			1.50		
11	1.00	1.35			1.50		
12	1.35	1.35			1.50		
13	1.00	1.00		1.50	1.50		
14	1.35	1.00		1.50	1.50		
15	1.00	1.35		1.50	1.50		
16	1.35	1.35		1.50	1.50		
17	1.00	1.00				1.50	
18	1.35	1.00				1.50	
19	1.00	1.35				1.50	
20	1.35	1.35				1.50	
21	1.00	1.00		1.50		1.50	
22	1.35	1.00		1.50		1.50	
23	1.00	1.35		1.50		1.50	
24	1.35	1.35		1.50		1.50	
25	1.00	1.00					1.50
26	1.35	1.00					1.50
27	1.00	1.35					1.50
28	1.35	1.35					1.50
29	1.00	1.00		1.50			1.50
30	1.35	1.00		1.50			1.50
31	1.00	1.35		1.50			1.50
32	1.35	1.35		1.50			1.50
33	1.00	1.00	1.50				
34	1.35	1.00	1.50				
35	1.00	1.35	1.50				

Combinaison	Hypothèses						
	1	2	3	4	5	6	7
36	1.35	1.35	1.50				
37	1.00	1.00	1.50	1.50			
38	1.35	1.00	1.50	1.50			
39	1.00	1.35	1.50	1.50			
40	1.35	1.35	1.50	1.50			
41	1.00	1.00	1.50		1.50		
42	1.35	1.00	1.50		1.50		
43	1.00	1.35	1.50		1.50		
44	1.35	1.35	1.50		1.50		
45	1.00	1.00	1.50	1.50	1.50		
46	1.35	1.00	1.50	1.50	1.50		
47	1.00	1.35	1.50	1.50	1.50		
48	1.35	1.35	1.50	1.50	1.50		
49	1.00	1.00	1.50			1.50	
50	1.35	1.00	1.50			1.50	
51	1.00	1.35	1.50			1.50	
52	1.35	1.35	1.50			1.50	
53	1.00	1.00	1.50	1.50		1.50	
54	1.35	1.00	1.50	1.50		1.50	
55	1.00	1.35	1.50	1.50		1.50	
56	1.35	1.35	1.50	1.50		1.50	
57	1.00	1.00	1.50				1.50
58	1.35	1.00	1.50				1.50
59	1.00	1.35	1.50				1.50
60	1.35	1.35	1.50				1.50
61	1.00	1.00	1.50	1.50			1.50
62	1.35	1.00	1.50	1.50			1.50
63	1.00	1.35	1.50	1.50			1.50
64	1.35	1.35	1.50	1.50			1.50

*COMBINAISONS POUR LES ÉTATS LIMITES DE SERVICE*

Combinaison	Hypothèses						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1.00	1.00					
2	1.00	1.00		1.00			
3	1.00	1.00			1.00		
4	1.00	1.00		1.00	1.00		
5	1.00	1.00				1.00	
6	1.00	1.00		1.00		1.00	
7	1.00	1.00					1.00
8	1.00	1.00		1.00			1.00
9	1.00	1.00	1.00				
10	1.00	1.00	1.00	1.00			
11	1.00	1.00	1.00		1.00		
12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
13	1.00	1.00	1.00			1.00	
14	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	

Combinaison	Hypothèses						
	1	2	3	4	5	6	7
15	1.00	1.00	1.00				1.00
16	1.00	1.00	1.00	1.00			1.00

## 2.- DESCRIPTION DE L'ARMATURE

### MODULE

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA16e=20, crosse=56cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12e=15, crosse=22cm	Renforts 1: HA14 - Murs 1 à 1 - Longueur ini.= 2.01m - Longueur fin.= 2.01m Renforts 2: HA12 - Murs 2 à 2 - Longueur ini.= 1.66m - Longueur fin.= 1.66m Renforts 3: HA14 - Murs 3 à 3 - Longueur ini.= 1.73m - Longueur fin.= 1.91m Renforts 4: HA16 - Murs 4 à 4 - Longueur ini.= 1.98m - Longueur fin.= 2.00m
	Inférieur	Longitudinal	HA12e=15, crosse=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA16e=15, crosse=18cm	Renforts 1: HA12 - Cellules 5 à 5 - Longueur ini.= 1.54m - Longueur fin.= 2.03m
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA16e=20, crosse=56cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12e=15, crosse=22cm	Renforts 1: HA14 - Murs 1 à 1 - Longueur ini.= 1.96m - Longueur fin.= 1.96m Renforts 2: HA12 - Murs 2 à 2 - Longueur ini.= 1.89m - Longueur fin.= 1.89m Renforts 3: HA14 - Murs 3 à 3 - Longueur ini.= 1.68m - Longueur fin.= 1.86m Renforts 4: HA16 - Murs 4 à 4 - Longueur ini.= 1.93m - Longueur fin.= 1.95m
	Supérieur	Longitudinal	HA12e=15, crosse=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA16e=20, crosse=18cm	Renforts 1: HA12 - Cellules 5 à 5 - Longueur ini.= 1.20m - Longueur fin.= 1.05m
Piédroit gauche	Arrière	Vertical	HA12e=20, crosse=13cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	Renfort supérieur: HA12 - Longueur=1.75 m, crosse=13 cm Renfort inférieur: HA12 - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
	Avant	Vertical	HA12e=20, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
Piédroit droit	Arrière	Vertical	HA12e=20, crosse=13cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	Renfort supérieur: HA12 - Longueur=1.98 m, crosse=13 cm Renfort inférieur: HA12 - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
	Avant	Vertical	HA12e=20, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
Mur intermédiaire 1	Gauche	Vertical	HA12e=20, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
	Droite	Vertical	HA12e=20, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
Mur intermédiaire 2	Gauche	Vertical	HA12e=20, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
	Droite	Vertical	HA12e=20, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
Mur intermédiaire 3	Gauche	Vertical	HA12e=20, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
	Droite	Vertical	HA12e=20, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
Mur intermédiaire 4	Gauche	Vertical	HA12e=20, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
	Droite	Vertical	HA12e=20, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	

**MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE**

Armature horizontale: HA12e=15 Armature longitudinale inférieure: HA12e=20, crosse=13cm Armature longitudinale supérieure: HA12e=20, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA20e=15 - Recouvrement =0.75m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.27m Armature verticale avant: HA10e=15 - Recouvrement =0.25m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.27m	Transversal inférieur: HA12e=20 Transversal supérieur: HA12e=20

**MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE**

Armature horizontale: HA12e=15 Armature longitudinale inférieure: HA12e=20, crosse=13cm Armature longitudinale supérieure: HA12e=20, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA20e=15 - Recouvrement =0.75m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.27m Armature verticale avant: HA10e=15 - Recouvrement =0.25m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.27m	Transversal inférieur: HA12e=20 Transversal supérieur: HA12e=20

**MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE**

Armature horizontale: HA12e=15 Armature longitudinale inférieure: HA12e=20, crosse=13cm Armature longitudinale supérieure: HA12e=20, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA20e=15 - Recouvrement =0.75m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.27m Armature verticale avant: HA10e=15 - Recouvrement =0.25m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.27m	Transversal inférieur: HA12e=20 Transversal supérieur: HA12e=20

**MUR EN AILE DE SORTIE DROITE**

Armature horizontale: HA12e=15 Armature longitudinale inférieure: HA12e=20, crosse=13cm Armature longitudinale supérieure: HA12e=20, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA20e=15 - Recouvrement =0.75m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.27m Armature verticale avant: HA10e=15 - Recouvrement =0.25m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.27m	Transversal inférieur: HA12e=20 Transversal supérieur: HA12e=20

### 3.- QUANTITATIF

Référence: Mur en aile d'entrée gauche		Fe E400			Total
Nom de l'armature		HA10	HA12	HA20	
Mur - Armature avant - Horizontal	Longueur (m)		26x(1.45-6.51)		109.46
	Poids (kg)		26x(1.29-5.78)		97.18
Mur - Armature arrière - Horizontal	Longueur (m)		26x(1.46-6.51)		109.98
	Poids (kg)		26x(1.30-5.78)		97.64
Semelle superficielle - Armature inférieure - Longitudinal	Longueur (m)		13x6.18		80.34
	Poids (kg)		13x5.49		71.33
Semelle superficielle - Armature supérieure - Longitudinal	Longueur (m)		13x6.18		80.34
	Poids (kg)		13x5.49		71.33
Semelle superficielle - Armature inférieure - Transversal	Longueur (m)		31x2.33		72.23
	Poids (kg)		31x2.07		64.13
Semelle superficielle - Armature supérieure - Transversal	Longueur (m)		31x2.33		72.23
	Poids (kg)		31x2.07		64.13
Mur - Armature arrière - Vertical	Longueur (m)			41x(0.77-4.20)	110.70
	Poids (kg)			41x(1.90-10.36)	273.00
Mur - Armature arrière - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)			41x(1.14-1.40)	56.99
	Poids (kg)			41x(2.81-3.45)	140.55
Mur - Armature avant - Vertical	Longueur (m)	41x(0.77-4.20)			110.70
	Poids (kg)	41x(0.47-2.59)			68.25
Mur - Armature avant - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	41x0.89			36.49
	Poids (kg)	41x0.55			22.50
Total	Longueur (m)	147.19	524.58	167.69	
	Poids (kg)	90.75	465.74	413.55	970.04
Total avec pertes (10.00%)	Longueur (m)	161.91	577.04	184.46	
	Poids (kg)	99.83	512.31	454.90	1067.04

Référence: Mur en aile d'entrée droite		Fe E400			Total
Nom de l'armature		HA10	HA12	HA20	
Mur - Armature avant - Horizontal	Longueur (m)		26x(1.45-6.51)		109.46
	Poids (kg)		26x(1.29-5.78)		97.18
Mur - Armature arrière - Horizontal	Longueur (m)		26x(1.46-6.51)		109.98
	Poids (kg)		26x(1.30-5.78)		97.64
Semelle superficielle - Armature inférieure - Longitudinal	Longueur (m)		13x6.18		80.34
	Poids (kg)		13x5.49		71.33
Semelle superficielle - Armature supérieure - Longitudinal	Longueur (m)		13x6.18		80.34
	Poids (kg)		13x5.49		71.33
Semelle superficielle - Armature inférieure - Transversal	Longueur (m)		31x2.33		72.23
	Poids (kg)		31x2.07		64.13
Semelle superficielle - Armature supérieure - Transversal	Longueur (m)		31x2.33		72.23
	Poids (kg)		31x2.07		64.13
Mur - Armature arrière - Vertical	Longueur (m)			41x(0.77-4.20)	110.70
	Poids (kg)			41x(1.90-10.36)	273.00
Mur - Armature arrière - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)			41x(1.14-1.40)	56.99
	Poids (kg)			41x(2.81-3.45)	140.55
Mur - Armature avant - Vertical	Longueur (m)	41x(0.77-4.20)			110.70
	Poids (kg)	41x(0.47-2.59)			68.25
Mur - Armature avant - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	41x0.89			36.49
	Poids (kg)	41x0.55			22.50
Total	Longueur (m)	147.19	524.58	167.69	
	Poids (kg)	90.75	465.74	413.55	970.04
Total avec pertes (10.00%)	Longueur (m)	161.91	577.04	184.46	
	Poids (kg)	99.83	512.31	454.90	1067.04

Référence: Module		Fe E400			Total
Nom de l'armature		HA12	HA14	HA16	
Armature tablier - Intérieur - Transversal	Longueur (m)			100x30.82	3082.00
	Poids (kg)			100x48.64	4864.39
Armature tablier - Extérieur - Transversal	Longueur (m)	100x30.90			3090.00
	Poids (kg)	100x27.43			2743.41
Armature tablier - Intérieur - Longitudinal	Longueur (m)	200x15.76			3152.00
	Poids (kg)	200x13.99			2798.46
Armature tablier - Extérieur - Longitudinal	Longueur (m)			153x16.13	2467.89
	Poids (kg)			153x25.46	3895.12
Armature tablier - Extérieur - Renfort de moment négatif	Longueur (m)		99x4.02		397.98
	Poids (kg)		99x4.86		480.93
Armature tablier - Extérieur - Renfort de moment négatif	Longueur (m)	99x3.32			328.68
	Poids (kg)	99x2.95			291.81
Armature tablier - Extérieur - Renfort de moment négatif	Longueur (m)		99x3.64		360.36
	Poids (kg)		99x4.40		435.47

Référence: Module Nom de l'armature	Fe E400			Total
	HA12	HA14	HA16	
Armature tablier - Extérieur - Renfort de moment négatif	Longueur (m)		99x3.98	394.02
	Poids (kg)		99x6.28	621.89
Armature tablier - Intérieur - Renfort de moment positif	Longueur (m)	99x3.58		354.42
	Poids (kg)	99x3.18		314.67
Armature radier - Extérieur - Transversal	Longueur (m)		75x30.82	2311.50
	Poids (kg)		75x48.64	3648.29
Armature radier - Intérieur - Transversal	Longueur (m)	100x30.90		3090.00
	Poids (kg)	100x27.43		2743.41
Armature radier - Extérieur - Longitudinal	Longueur (m)	200x15.90		3180.00
	Poids (kg)	200x14.12		2823.32
Armature radier - Intérieur - Longitudinal	Longueur (m)		153x16.04	2454.12
	Poids (kg)		153x25.32	3873.39
Armature radier - Intérieur - Renfort de moment négatif	Longueur (m)	99x3.92		388.08
	Poids (kg)	99x4.74		468.97
Armature radier - Intérieur - Renfort de moment négatif	Longueur (m)	99x3.78		374.22
	Poids (kg)	99x3.36		332.25
Armature radier - Intérieur - Renfort de moment négatif	Longueur (m)	99x3.54		350.46
	Poids (kg)	99x4.28		423.51
Armature radier - Intérieur - Renfort de moment négatif	Longueur (m)		99x3.88	384.12
	Poids (kg)		99x6.12	606.26
Armature radier - Extérieur - Renfort de moment positif	Longueur (m)	74x2.24		165.76
	Poids (kg)	74x1.99		147.17
Armature piédroit gauche - Extérieur - Horizontal	Longueur (m)	22x15.76		346.72
	Poids (kg)	22x13.99		307.83
Armature piédroit gauche - Intérieur - Horizontal	Longueur (m)	17x15.76		267.92
	Poids (kg)	17x13.99		237.87
Armature piédroit droit - Extérieur - Horizontal	Longueur (m)	22x15.76		346.72
	Poids (kg)	22x13.99		307.83
Armature piédroit droit - Intérieur - Horizontal	Longueur (m)	17x15.76		267.92
	Poids (kg)	17x13.99		237.87
Armature mur intermédiaire (1) - Gauche - Horizontal	Longueur (m)	17x15.76		267.92
	Poids (kg)	17x13.99		237.87
Armature mur intermédiaire (1) - Droit - Horizontal	Longueur (m)	17x15.76		267.92
	Poids (kg)	17x13.99		237.87
Armature mur intermédiaire (2) - Gauche - Horizontal	Longueur (m)	17x15.76		267.92
	Poids (kg)	17x13.99		237.87
Armature mur intermédiaire (2) - Droit - Horizontal	Longueur (m)	17x15.76		267.92
	Poids (kg)	17x13.99		237.87
Armature mur intermédiaire (3) - Gauche - Horizontal	Longueur (m)	17x15.76		267.92
	Poids (kg)	17x13.99		237.87
Armature mur intermédiaire (3) - Droit - Horizontal	Longueur (m)	17x15.76		267.92
	Poids (kg)	17x13.99		237.87
Armature mur intermédiaire (4) - Gauche - Horizontal	Longueur (m)	17x15.76		267.92
	Poids (kg)	17x13.99		237.87
Armature mur intermédiaire (4) - Droit - Horizontal	Longueur (m)	17x15.76		267.92
	Poids (kg)	17x13.99		237.87
Armature piédroit gauche - Extérieur - Vertical	Longueur (m)	75x4.03		302.25
	Poids (kg)	75x3.58		268.35
Armature piédroit gauche - Extérieur - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	75x0.81		60.75
	Poids (kg)	75x0.72		53.94
Armature piédroit gauche - Intérieur - Vertical	Longueur (m)	75x3.90		292.50
	Poids (kg)	75x3.46		259.69
Armature piédroit gauche - Intérieur - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	75x0.81		60.75
	Poids (kg)	75x0.72		53.94
Armature piédroit gauche - Extérieur - Renfort de moment négatif	Longueur (m)	74x1.69		125.06
	Poids (kg)	74x1.50		111.03
Armature piédroit gauche - Extérieur - Renfort de moment négatif - Acier en Attente	Longueur (m)	74x0.81		59.94
	Poids (kg)	74x0.72		53.22
Armature piédroit droit - Extérieur - Vertical	Longueur (m)	75x4.03		302.25
	Poids (kg)	75x3.58		268.35
Armature piédroit droit - Extérieur - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	75x0.81		60.75
	Poids (kg)	75x0.72		53.94
Armature piédroit droit - Intérieur - Vertical	Longueur (m)	75x3.90		292.50
	Poids (kg)	75x3.46		259.69
Armature piédroit droit - Intérieur - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	75x0.81		60.75
	Poids (kg)	75x0.72		53.94
Armature piédroit droit - Extérieur - Renfort de moment négatif	Longueur (m)	74x1.69		125.06
	Poids (kg)	74x1.50		111.03
Armature piédroit droit - Extérieur - Renfort de moment négatif - Acier en Attente	Longueur (m)	74x0.81		59.94
	Poids (kg)	74x0.72		53.22
Armature mur intermédiaire (1) - Gauche - Vertical	Longueur (m)	75x3.90		292.50
	Poids (kg)	75x3.46		259.69

Référence: Module		Fe E400			Total
Nom de l'armature		HA12	HA14	HA16	
Armature mur intermédiaire (1) - Gauche - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	75x0.81			60.75
	Poids (kg)	75x0.72			53.94
Armature mur intermédiaire (1) - Droit - Vertical	Longueur (m)	75x3.90			292.50
	Poids (kg)	75x3.46			259.69
Armature mur intermédiaire (1) - Droit - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	75x0.81			60.75
	Poids (kg)	75x0.72			53.94
Armature mur intermédiaire (2) - Gauche - Vertical	Longueur (m)	75x3.90			292.50
	Poids (kg)	75x3.46			259.69
Armature mur intermédiaire (2) - Gauche - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	75x0.81			60.75
	Poids (kg)	75x0.72			53.94
Armature mur intermédiaire (2) - Droit - Vertical	Longueur (m)	75x3.90			292.50
	Poids (kg)	75x3.46			259.69
Armature mur intermédiaire (2) - Droit - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	75x0.81			60.75
	Poids (kg)	75x0.72			53.94
Armature mur intermédiaire (3) - Gauche - Vertical	Longueur (m)	75x3.90			292.50
	Poids (kg)	75x3.46			259.69
Armature mur intermédiaire (3) - Gauche - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	75x0.81			60.75
	Poids (kg)	75x0.72			53.94
Armature mur intermédiaire (3) - Droit - Vertical	Longueur (m)	75x3.90			292.50
	Poids (kg)	75x3.46			259.69
Armature mur intermédiaire (3) - Droit - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	75x0.81			60.75
	Poids (kg)	75x0.72			53.94
Armature mur intermédiaire (4) - Gauche - Vertical	Longueur (m)	75x3.90			292.50
	Poids (kg)	75x3.46			259.69
Armature mur intermédiaire (4) - Gauche - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	75x0.81			60.75
	Poids (kg)	75x0.72			53.94
Armature mur intermédiaire (4) - Droit - Vertical	Longueur (m)	75x3.90			292.50
	Poids (kg)	75x3.46			259.69
Armature mur intermédiaire (4) - Droit - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	75x0.81			60.75
	Poids (kg)	75x0.72			53.94
Armature piédroit gauche - Extérieur - Renfort de moment négatif	Longueur (m)	74x1.88			139.12
	Poids (kg)	74x1.67			123.52
Armature piédroit droit - Extérieur - Renfort de moment négatif	Longueur (m)	74x2.12			156.88
	Poids (kg)	74x1.88			139.28
Total	Longueur (m)	22032.22	1496.88	11093.65	
	Poids (kg)	19561.04	1808.88	17509.34	38879.26
Total avec pertes (10.00%)	Longueur (m)	24235.44	1646.57	12203.02	
	Poids (kg)	21517.14	1989.77	19260.28	42767.19
Référence: Mur en aile de sortie gauche		Fe E400			Total
Nom de l'armature		HA10	HA12	HA20	
Mur - Armature avant - Horizontal	Longueur (m)		26x(1.45-6.51)		109.46
	Poids (kg)		26x(1.29-5.78)		97.18
Mur - Armature arrière - Horizontal	Longueur (m)		26x(1.46-6.51)		109.98
	Poids (kg)		26x(1.30-5.78)		97.64
Semelle superficielle - Armature inférieure - Longitudinal	Longueur (m)		13x6.18		80.34
	Poids (kg)		13x5.49		71.33
Semelle superficielle - Armature supérieure - Longitudinal	Longueur (m)		13x6.18		80.34
	Poids (kg)		13x5.49		71.33
Semelle superficielle - Armature inférieure - Transversal	Longueur (m)		31x2.33		72.23
	Poids (kg)		31x2.07		64.13
Semelle superficielle - Armature supérieure - Transversal	Longueur (m)		31x2.33		72.23
	Poids (kg)		31x2.07		64.13
Mur - Armature arrière - Vertical	Longueur (m)			41x(0.77-4.20)	110.70
	Poids (kg)			41x(1.90-10.36)	273.00
Mur - Armature arrière - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)			41x(1.14-1.40)	56.99
	Poids (kg)			41x(2.81-3.45)	140.55
Mur - Armature avant - Vertical	Longueur (m)	41x(0.77-4.20)			110.70
	Poids (kg)	41x(0.47-2.59)			68.25
Mur - Armature avant - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	41x0.89			36.49
	Poids (kg)	41x0.55			22.50
Total	Longueur (m)	147.19	524.58	167.69	
	Poids (kg)	90.75	465.74	413.55	970.04
Total avec pertes (10.00%)	Longueur (m)	161.91	577.04	184.46	
	Poids (kg)	99.83	512.31	454.90	1067.04
Référence: Mur en aile de sortie droite		Fe E400			Total
Nom de l'armature		HA10	HA12	HA20	
Mur - Armature avant - Horizontal	Longueur (m)		26x(1.45-6.51)		109.46
	Poids (kg)		26x(1.29-5.78)		97.18

Référence: Mur en aile de sortie droite		Fe E400			Total
Nom de l'armature		HA10	HA12	HA20	
Mur - Armature arrière - Horizontal	Longueur (m)		26x(1.46-6.51)		109.98
	Poids (kg)		26x(1.30-5.78)		97.64
Semelle superficielle - Armature inférieure - Longitudinal	Longueur (m)		13x6.18		80.34
	Poids (kg)		13x5.49		71.33
Semelle superficielle - Armature supérieure - Longitudinal	Longueur (m)		13x6.18		80.34
	Poids (kg)		13x5.49		71.33
Semelle superficielle - Armature inférieure - Transversal	Longueur (m)		31x2.33		72.23
	Poids (kg)		31x2.07		64.13
Semelle superficielle - Armature supérieure - Transversal	Longueur (m)		31x2.33		72.23
	Poids (kg)		31x2.07		64.13
Mur - Armature arrière - Vertical	Longueur (m)			41x(0.77-4.20)	110.70
	Poids (kg)			41x(1.90-10.36)	273.00
Mur - Armature arrière - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)			41x(1.14-1.40)	56.99
	Poids (kg)			41x(2.81-3.45)	140.55
Mur - Armature avant - Vertical	Longueur (m)	41x(0.77-4.20)			110.70
	Poids (kg)	41x(0.47-2.59)			68.25
Mur - Armature avant - Vertical - Acier en Attente	Longueur (m)	41x0.89			36.49
	Poids (kg)	41x0.55			22.50
Total	Longueur (m)	147.19	524.58	167.69	
	Poids (kg)	90.75	465.74	413.55	970.04
Total avec pertes (10.00%)	Longueur (m)	161.91	577.04	184.46	
	Poids (kg)	99.83	512.31	454.90	1067.04

## Résumé des quantitatifs (pertes d'acier incluses)

Élément	Fe E400 (kg)					Béton (m <sup>3</sup> )	
	HA10	HA12	HA14	HA16	HA20	Total	B25
Référence: Mur en aile d'entrée gauche	99.82	512.31			454.91	1067.04	13.11
Référence: Mur en aile d'entrée droite	99.82	512.31			454.91	1067.04	13.11
Référence: Module		21517.15	1989.77	19260.27		42767.19	578.34
Référence: Mur en aile de sortie gauche	99.82	512.31			454.91	1067.04	13.11
Référence: Mur en aile de sortie droite	99.82	512.31			454.91	1067.04	13.11
Total	399.28	23566.39	1989.77	19260.27	1819.64	47035.35	630.76

