



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 :

OULD MOHAMED AHMED SALEM

KAOUBA AHMED

Sujet du mémoire

***Etude des raccordements d'accès à L'ouvrage
au niveau de la commune de Takhmaret wilaya de Tiaret***

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

Remerciements

Toute notre parfaite gratitude et remerciement à Allah le plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

Notre profonde reconnaissance et gratitude à l'Algérie qui nous a donnée l'opportunité de faire ses longues études sur sa terre.

*Notre profond respect, estime et reconnaissance va à l'égard de notre encadreur **Mr.ABADA GHENAM**. Merci de nous avoir fait confiance et l'honneur de diriger ce travail, mais également pour vos précieux enseignements. Veuillez trouver ici l'expression de notre profonde reconnaissance.*

Nos remerciements s'adressent, également, aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail.

Nos remerciements vont aussi à l'endroit nos frères, soeurs et amis(es) qui nous ont soutenus durant ces années de labeur en particulier ceux de la promotion2017.

A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans la réalisation de ce projet de fin d'étude.

merci.

Dédicace

*Je dédie en premier lieu cette modeste recherche à mes très chers parents **Mohamed Kaouba, Benkharoudja Fatiha** qui n'ont ménagé aucun effort de me soutenir, de m'encourager souvent les moments les plus pénibles de ce long chemin, afin que je devienne ce que je suis aujourd'hui. Merci à vous !!;*

*A mes frères et sœur : **Adel, Abdelkader, Monir, Rania** et notre étoile **Halouma***

*A mes amis : **Fouad, Bouaza Abdlatif, Haloz Mohamed, Kharchouche Aek, Bestani Toufik, Nouiri Imad, Hamidou, Hadj, Ahmed Zamel, Sah Lezgham,, Daoud Abd Elkerim Hamad, Mohamed Naji, Berkani Kadour, Zitouni Mokhtar, Khalil Lafdal, Barikalla Mane, Mohamed Salem Mahmoud Outhmane, Moulay Ahmedou, Saha Laarbi Didi, Mohamed Vall Ahmed, Abdrahman Lo, Moustapha Salihi (MSTP), Drich Mohamed, Khaled.***

*Mon promoteur **Abbada Ghanam**, sans oublier mon binôme **Ould Mohamed Ahmed Salem** et toute sa famille et tous les enseignants qui ont participé à mon cursus Universitaire.*

En fin a tous mes amis et ceux du Tiaret que je ne mentionne pas leurs noms.

A tous ceux qui ont contribué de près et de loin dans mon avenir.

AHMED KAUBA

Dédicace

*Je dédie en premier lieu cette modeste recherche à mes très chers parents **Mohamed Oudeika, Oumou Lmouminin Aghdhal** et à ma tante **Benina Aghdhal** qui n'ont ménagé aucun effort de me soutenir, de m'encourager souvent les moments les plus pénibles de ce long chemin, afin que je devienne ce que je suis aujourd'hui. Merci à vous !!;*

*A mes frères et sœur : **Ely Cheikh, Taghi, Hbib, Hamoud** et notre étoile **Lematt***

*A mes amis : **Ahmed Zamel , Sah Lezgham, Koné Mohamedou, Daoud Abd Elkerim Hamad, Mohamed Naji, Berkani Ghadour, Zitouni Mokhtar, Khalil Lafdal, Barikalla Mane, Tigana Oumar, Mohamed Salem Mahmoud Outhmane , Moulay Ahmedou, Saha Laarbi Didi, Mohamed Vall Ahmed, Abdrahman Lo, Moustapha Salihi (MSTP), Derrich Mohamed, Wayil mohamed, Babsoni Padrocolby, Okito (Benzema)***

*Mon promoteur **Abbada Ghanam**, sans oublier mon binôme **Kaouba Ahmed** et toute sa famille et tous les enseignants qui ont participé à mon cursus Universitaire.*

En fin a tous mes amis et ceux du Tiaret que je ne mentionne pas leurs noms.

A tous ceux qui ont contribué de près et de loin dans mon avenir.

OULD MOHAMED AHMED SALEM

RESUME

Ce modeste travail est inclus dans la stratégie de développement du secteur des transports prônée par le gouvernement algérien.

L'objet de cette étude est la conception et le dimensionnement des raccordements des accès des ouvrages ainsi que la conception et le calcul d'un pont permettant le franchissement d'oued à Benirane en respectant les normes en vigueur tout en assurant le confort et la sécurité des usagers en tenant compte aussi de l'aspect financier du projet.

L'étude technique des différentes variantes a abouti à l'adoption d'un tracé de deux voies de 2,5m de largeur avec des accotements de 1m de part et d'autre des voies sur un tronçon de 3 kms avec implantation d'un ouvrage droit sur l'oued.

Le dimensionnement des raccordements d'accès à donner une couche de fondation de 20cm de Tuf, une couche de base de 15 cm de Grave concassée (GC), une couche de roulement de 6cm de BB.

L'ouvrage étudié est un dalot à poutre en béton armé d'une portée de 30m avec 5 ouvertures et de 6m de hauteur avec un tablier de 7m de largeur.

ABSTRACT

This modest work is included in the transport sector development strategy advocated by the Algerian government.

The purpose of this study is the design and the design of structures for access connections and the design and calculation of a bridge to cross the river to

Benirane respecting standards while providing comfort and safety of users taking into account also the financial aspect of the project.

The technical study of the different variants has resulted in the adoption of a plot of two lanes of 2,5m wide with 1m from roadsides and other lanes on a stretch of 3 kms with implantation of a law book on the river.

The sizing of access connections to provide a 20cm base course of Tuff, a base layer 15 cm Crushed gravel (GC), a 3cm surfacing BB.

The book study is a reinforced concrete beam bridge with a span of 30m and 6cm high with a width of 7m apron.

المخلص

يتم دمج هذا العمل المتواضع في استراتيجية تنمية قطاع النقل التي حثت عليها الحكومة الجزائرية. والغرض من هذه الدراسة هو تصميم طريق و جسر لعبور النهر إلى قرية بنيران مع احترام المعايير التي توفر الراحة و السلامة للمستخدمين مع الأخذ أيضا بعين الاعتبار الجانب المالي للمشروع.

الدراسة الفنية للمتغيرات المختلفة اعتمدت على طريق جانبيين ب 2.5متر للعرض مع متر من الطرفين ويمتد على امتداد 3 كم.

الأبعاد المستعملة 20سم للطبقة الأساسية التوفية، الطبقة القاعدية 15 سم من الحصى المسحوق (GC)، و6سم للطبقة العليا BB.

هيكل الجسر يتكون من 5 فتحات مع 30متر للحاملة و 6 أمتار في الارتفاع مع 7 أمتار للعرض.

SOMMAIRE

RESUME.....	
ABSTRACT.....	
الملخص.....	
LISTE DES FIGURES.....	
LISTE DES TABLEAUX.....	
LISTE DES ABREVIATIONS.....	
INTRODUCTION GENERALE.....	

Sommaire I Présentation du Projet

I.1. Introduction :.....	1
I.1.2. Classification administrative :.....	1
I.1.3. Classification technique:.....	1
I.2. Présentation du projet :.....	1
I.3. Plan de situation :.....	2
I.4. Présentation de la commune de Takhmaret :.....	2
I.5. Objectif du projet :.....	3
I.6 Le levé topographie :.....	4

Sommaire II Etude Cinématique

II.1 Introduction :.....	5
II.2. Vitesse de base :.....	5
II.3. Distance de freinage.....	6
II.4. Distance d'arrêt :.....	6
II.4.1. En alignement droit :.....	7
II.4.2. En courbe :.....	7
II.5. Manœuvre de dépassement :.....	7
II.5.1. Distance de visibilité dépassement :.....	7

Sommaire III Etude géométrique

III.1 Tracé en plan :	10
III.1.1. Définition:	11
III.1.2. Règles à respecter dans le tracé en plan :	11
III.1.3. Les éléments géométriques du tracé en plan :	11
III.1.3.1. Alignements droits :	12
III.1.3.2. Raccordement en Arc de cercle:.....	12
III.1.3.3. Rayon en plan (Rh)	13
III.1.3.3.1 Rayon horizontal minimal absolue (RHmin)	13
III.1.3.3.2. Rayon horizontal minimal normal RHN	13
III.1.3.3.3. Rayon au dévers minimal <i>RHd</i>	14
III.1.3.3.4. Rayon non déversé RHnd.....	14
III.1.3.5. Devers.....	14
III.1.3.5.1. Devers en alignement	14
III.1.3.5.2. Devers l'intérieur des courbes.....	15
III.2. Profil en long	16
III.2.1. Définition :	16
III.2.2. Les règles à respecter pour le tracé du profil en long.....	16
III.2.3. Les éléments de composition du profil en long.....	17
III.2.4. Définition de la déclivité :	17
III.2.4.1. Déclivité minimale :	17
III.2.4.2. Déclivité maximale :	17
III.2.5. Raccordement en profil en long :	18
III.2.5.1. Raccordement convexe (saillants) :.....	18
III.2.5.2. Raccordement concave : (rentrant)	19
III.3 Coordination entre trace en plan et profil en long.....	19
III.3.1. En angle saillant	19
III.3.2. En angle concave.....	20
III.4. Profil en travers	20
III.4.1. Eléments constitutifs du profil en travers :.....	21
III.4.2. Classification de profil en travers :	23
III.4.2.1. Le profil en travers type :	23
III.4.2.2. Le profil en travers courant :	23

Sommaire IV Dimensionnement du Corps de chaussée

IV.1. Introduction :	25
IV.2. Les Différentes types de chaussée :	25
IV.2.1. Le rôle des différentes couches d'une chaussée souple	26
IV.3. Les méthodes de dimensionnement du corps de chaussées :	26
IV.3.1. Méthode A.A.S.H.O :	27
IV.3.2. Méthode asphalte in-situ :	27
IV.3.3. Méthode L.C.P.C (laboratoire de contrôle des ponts et chaussées) :	27
IV.3.4. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(CTTP):	28
IV.3.5. Méthode CBR: (Californian- Bearing- Ratio) :	28
IV.4. Caractéristiques du sol support	29
IV.5. Application au projet.....	29
IV.5.1. Choix de la méthode de dimensionnement	29

Sommaire V Cubatures

V.1. Introduction	31
V.2. Définition.....	31
V.3. Méthodes de calcul de cubatures	31
V.3.1. Description de la méthode :	32
V.2. Choix de la variante retenue	33
V.3. Coordonnées d'implantation de l'axe.....	34
V.3.1. Définition :	34
V.4. Implantation de l'axe sur le terrain :	34

Sommaire VI caractéristique des matériaux

VI.1.Introduction :.....	35
VI.2 Hypothèses relatives aux matériaux :.....	37
VI.2.1 Les caractéristiques des matériaux :.....	37
VI.2.1.1 Béton :.....	37
VI.2.1.1.1 Préparation d'un mètre cube en béton :	37
VI.2.1.1.2 Caractéristiques des matériaux:	38
VI.2.1.1.3 Caractéristiques Physique Et Mécaniques De Béton :	38
VI.2.1.2 Acier :.....	39
VI.2.1.2.1 Aciers ronds lisses 'RL' :.....	40
VI.2.1.2.2 Aciers à haute adhérence 'HA' :.....	40
VI.2.1.2.3 Module d'élasticité de l'acier :.....	40
VI.2.1.2.4 Contraintes limites :	40

Sommaire VII programmes de charges statiques et dynamiques

VII.3 Programmes de charges statique et dynamique :.....	42
VII.3.1 Introduction :	42
VII.3.2 Les actions permanentes comprennent :	42
VII.3.3 Les actions variables, de leur cote, comprennent :	42
VII.3.4 Charges permanentes et compléments des Charges permanentes :	42
VII.3.5 Sous l'action de la poussée des terres et la charge hydraulique :	43
VII.3.6 Calcul des surcharges routières :	44
VII.3.6.1 Système de charges $A(L)$	45
VII.3.6.2 Système de charges B :	46
VII.3.6.2.1 Sous système B c :	47
VII.3.6.2.2 Sous Système Bt :	48
VII.3.6.2.3 Système Br :.....	49

Sommaire VIII Modélisation de l'ouvrage d'art (dalot) sur le logiciel Cype

VIII.1. Introduction :	51
VIII.2. Présentation du logiciel cype :	51
VIII.2.1 Définition de la société CYPE :	51
VIII.2.2. Domaines d'utilisation :	51
VIII.2.2.1 Etudes Structures et Gros œuvre :	51
VIII.2.2.2 Etudes Fluides et Second Oeuvre :	52
VIII.2.2.3. Economie et Gestion de Projets :	52
VIII.3. Présentation du logiciel PICF-CYPE 2014 :	52
VIII.4. Méthode utilisée par logiciel :	53
VIII.4.1. Méthode des éléments finis :	53
VIII.4.2. La discrétisation ou le maillage :	53
VIII.5. Les actions :	54
VIII.6. La légende pour les efforts internes :	55
VIII.7. Les résultats	55
VIII.8. Les extensions	56
VIII.9. La présentation en 3D :	56
VIII.10. Introduction des données :	56
VIII.11. Les étapes à suivre dans PicfCype :	57

Sommaire IX Ferrailage des éléments du dalot

IX.1. Le ferrailage proposé par le logiciel :	69
IX.2. Résultats et plan de ferrailage des éléments de l'ouvrage :	69
IX.3. Le résumé de ferrailage des modules :	69
IX.4. Le résumé de ferrailage de murs en ailes :	70
IX.5. Les avantages du logiciel PICF-CYPE :	76
IX.6. Les inconvénients du logiciel :	76

Liste de Tableaux

Tableau I-1 : Catégorie de route.....	1
Tableau II-1 : Vitesse de basse.....	5
Tableau II-2: Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse de référence.....	9
Tableau III-1: Valeur de Frt en fonction de la vitesse.....	14
Tableau III- 2: Valeurs max et min des devers «B40».....	15
Tableau III- 3: Valeur de I _{max}	18
Tableau III- 4 : Rayon en angle saillant	23
Tableau III- 5: Rayon en angle rentrant	24
Tableau IV- 1: Classe du sol support	28
Tableau IV- 2: Coefficient d'équivalence des matériaux.....	29
Tableau IV- 3: épaisseurs des couches.....	30
Tableau V- 1: Caractéristiques des variantes	33
Tableau VI-1-: Des compositions d'un mètre cube de béton.....	38
Tableau VII-1: évaluation des charges permanentes totales	43
Tableau VII-2 : Tableau de σ_p	44
Tableau VII-3 : Tableau de Classe de pont.	45
Tableau VII-4 : Tableau de Coefficient de dégressivité transversale de la char.....	45
Tableau VII-5: Tableau de Charge A (L) par voie.	46
Tableau VII-6: Tableau de coefficient bc	47
Tableau VII-7 : Tableau de Charge (Bt) par tandem.....	49
Tableau VI-8: Tableau de Charge (br).	50
Tableau VIII-1: La légende pour les efforts internes.	55
Tableau VIII-2 : Tableau des épaisseurs de tablier et de radier.	58
Tableau VIII-3 : Le choix de gabarit et épaisseur piédroit.	58
Tableau IX-1 : Les résultats des ferrailages pour le module.....	70
Tableau IX-2: Résumé de ferrailage des murs en ail.....	71

Liste de figures

Figure.I.1. Zoom sur l'emplacement du projet.....	2
Figure I.2 Le levé topographie :	4
Figure.II.1 : Distance de freinage.....	7
Figure II- 2: Distance de visibilité de dépassement	8
Figure II- 3: Distance de manœuvre de dépassement.....	8
Figure III-1 : Tracé en plan du projet.....	10
Figure III- 2: Représentation des forces qui équilibrent le véhicule dans une courbe à inclinaison α	13
Figure III-3 : Profil en long	16
Figure III- 4: Profil en long	17
Figure III- 5: coordination entre TP et PL déconseillé en angle saillant.....	19
Figure III- 6: Coordination entre TP et PL conseillé en angle saillant	20
Figure III- 7: Coordination entre TP et PL en angle concave	20
Figure III-8 : Profil en travers général	21
Figure III.9 :profil en travers type	24
Figure IV- 1: Coupe type d'une chaussée souple.....	25
Figure IV- 2 : Couches de la chaussée.....	30
Figure V- 1: Profil en long d'un tracé donné	32
Figure V.2 Implantation de l'axe en plan.....	34
Figure VII-1: Schéma d'un pont-cadre (dalot).....	35
Figure VII-2: Le choix des goussets angle supérieur	36
Figure VI-3: Le choix des goussets angle inférieur.....	36
Figure VII-1: L'action de la poussée des terres sur le dalot.....	43
Figure VII-2 : Système Bc.....	48
Figure VII-3: Système Bt.....	49
Figure VII-4: Système Br.....	50

Figure VIII-1 : Le logo de logiciel.	51
Figure VIII-2 : Modèle de maillage fais par logiciel picf-cype pour le tablier.	54
Figure VIII-3 : Fenêtre de démarrage des applications cype.	56
Figure VIII-4 : Nom d'un fichier.	57
Figure VIII-5 : Choix de type de la géométrie de l'ouvrage.	57
Figure VIII-6 : La définition de géométrie de notre ouvrage d'art.	59
Figure VIII-7: La définition des murs en ails et leur orientation.	60
Figure VIII-8 : La définition de la position de la chaussée par rapport l'ouvrage.	60
Figure VIII-9 : Les charges sur le radier et la chaussée.	61
Figure VIII-10 : Fiche des donnes.	61
Figure VIII-11: L'affichage de projet.	62
Figure VIII-12 : Le résultat final de la construction.	62
Figure VIII-13 Vue 3D de la construction.	63
Figure VIII-14 : Définition des matériaux.	63
Figure VIII-15 : Les données générales.	64
Figure VIII-16 : Les convois de charge (Bc, Bt, Br).	64
Figure VIII-17: Les charges en bande.	65
Figure VIII-18: La vérification.	66
Figure VIII-19 : Les conditions ont été vérifiées	66
Figure VIII-20 : Le dimensionnement de l'ouvrage.	67
Figure VIII-21: Dimensionnement final.	68
Figure X-1 : Les plans de ferrailage.	69
Figure IX-2 : Ferrailage de radier.	72
Figure IX-3 : Ferrailage de la section transversale.	73
Figure IX-4: Ferrailage de tablier.	74
Figure IX-5 : Ferrailage des murs en ailes.	75

INTRODUCTION GENERALE

Depuis la création de l'univers, Allah a donné une grande richesse à l'homme en l'occurrence la terre c'est ainsi que le domaine de route constitue une partie très importante du patrimoine national d'un pays. Elle est alors un facteur très important de développement économique et social; entre les villes, les provinces, les pays et des civilisations.

Le mot route vient du mot latin « **viarupta** » qui signifie « voie frayée » c'est donc une voie de communication terrestre permettant de relier un point à un autre, un village à un autre, etc.

Nous allons également définir la route moderne comme étant « un espace correctement aménagé pour recevoir un ou plusieurs courants de circulation construite dans le respect des règles d'art »

La route est importante sur plusieurs plans :

a. Sur le plan social elle facilite :

La communication et la fréquentation entre les hommes, l'implantation et l'accès des infrastructures communautaire (école, dispensaire, marché, football etc...), diminution des accidents de la route

b. Sur le plan économique elle permet :

L'évacuation des produits agricoles vers les centres villes, l'approvisionnement de campagne de produits manufacturés, le développement des échanges commerciaux réduisant ainsi les coûts de transport.

La route reste le mode de transport prépondérante aussi bien pour les personnes que pour les marchandises.

I.1. Introduction :

Une route est au sens littéral une voie terrestre aménagée pour permettre la circulation des véhicules à roues. La route est l'une des voies de communication la plus utilisée au monde, elle permet de relier tous les points d'un territoire. Elle est un axe de communication nécessaire au développement économique et social d'un pays, car elle permet le transport des marchandises, le déplacement des personnes et contribue à l'occupation du territoire ainsi qu'à l'exploitation des ressources.

Elle est aussi définie comme une vaste plateforme bien dégagée comportant deux ou plusieurs voies, devant résister aux efforts statique et dynamiques des véhicules (légers, lourds) et dont les caractéristiques géométriques correspondent à une réglementation et normes bien définies.

En Algérie, le système de transport terrestre (particulièrement routier), supporte plus de 90 % du volume de transport de marchandises et de voyageurs. Il représente par conséquent un élément fondamental dans le processus de développement du pays, qu'il s'agisse de besoins sociaux (désenclavement) ou économiques (desserte de pôles économiques, administratifs ou industriels).

Les routes peuvent être classées selon plusieurs critères, les plus utilisés sont : Critère administratif et Critère technique (vitesse de référence).

I.1.2. Classification administrative :

Dans la classification administrative, on distingue :

- Les chemins communaux CC.
- Les chemins de willaya CW.
- Les routes nationales RN.
- Les autoroutes.

Pour notre projet, il s'agit d'un chemin communal

I.1.3. Classification technique:

Dans la classification technique, on distingue 5 catégories classées d'après leur vitesse de base

Tableau I-1 : Catégorie de route

Catégorie	Exceptionnelle	Catégorie I	Catégorie II	Catégorie III	Hors Catégorie
VB(Km/h)	120	100	80	60	40

I.2. Présentation du projet :

Notre projet de fin d'étude consiste à faire l'étude technique d'un tronçon de route de 3 kms avec un ouvrage d'art situé dans le village de Benirane à Takhmaret Willaya de Tiaret.

Notre projet est classé en catégorie III, avec une vitesse de base de 60 km/h

I.3. Plan de situation :

Notre projet comme son intitulé l'indique se trouve dans la commune de Takhmaret willaya de Tiaret et s'étend sur un linéaire de 3 kms



Figure I-1: Zoom sur l'emplacement du projet

I.4. Présentation de la commune de Takhmaret :

Takhmaret est une ville située dans le daïra de Freneda wilaya de tiaret, entourée par Ain El Hadid, Gharrous et Ouled Brahim.

La commune compte 34 124 habitants depuis le dernier recensement de la population.

Takhmaret est à 34 km au nord-ouest de Freneda.

La Commune de takhmaret se trouve à 640 m d'altitude, son climat se caractérise par 02 périodes à savoir : un hiver rigoureux et un été chaud et sec avec une température moyenne de 37,2°C. Un été chaud et sec avec une température moyenne de 24°C.

I.5. Objectif du projet :

Les programmes routiers mis en œuvre ces dernières années reflètent la volonté de l'état de disposer et de mettre au service de l'économie national et du citoyen, un réseau routier capable de satisfaire à la demande en transport routier de plus en plus croissante (augmentation de la motorisation), et aussi d'améliorer les conditions de sécurité sur les routes algériennes.

Le But de notre étude c'est de réussir à désenclaver une population qui pendant les périodes de crue passe des journées dans l'isolement.

La pluie rend la piste impraticable. Le projet programmé consiste à étudier une route reliant la RN14 au village BENIRANE en mettant en œuvre nos connaissances acquises et en respectant évidemment les normes en vigueur.

Pour atteindre l'objectif visé, notre travail a été structuré en dix chapitres :

- Chapitre 1 : Présentation et situation du projet.
- Chapitre 2 : Etude cinématique.
- Chapitre 3 : Etude géométrique.
- Chapitre 4 : Calcul de cubature de terrassement et choix de la variante.
- Chapitre 5 : Dimensionnement du corps de chaussée
- Chapitre 6 : Caractéristiques des matériaux et dimensionnement de l'ouvrage d'art
- Chapitre 7 : programmes des charges statiques et dynamiques
- Chapitre 8 : Modélisation de l'ouvrage d'art (dalot) sur logiciel Cype
- Chapitre 9 : Ferrailage des éléments du dalot

Et enfin un devis quantitatif et une conclusion général.

II.1 Introduction :

L'étude de caractéristique des routes ne peut être entreprise qu'après celle du comportement véhicules.

Il y a lieu à ce titre d'étudier la façon dont se comporte le véhicule qu'il soit isolé ou groupé afin de voir son influence sur le voisin.

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

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°).
- Sensibilité aux accélérations.
- Fatigue, intoxication, inattention, impatience.

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

II.2. Vitesse de base :

L'usage de notre époque souhaite un court temps de parcours en pratiquant la plus grande vitesse possible sur le réseau routier et il appartient au constructeur de la route de lui offrir raisonnablement cette possibilité.

On appelle vitesse de base ou référence la vitesse qui peut être pratiquée en tout point de la section considérée. Elle est donc imposée par les zones dont les caractéristiques géométriques sont les plus contraignantes et elle permet ainsi de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ces zones particulières. En effet, le choix de vitesse de Base joue un rôle très important sur le cout du projet. Ce pendant Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de route ;
- L'importance et genre du trafic (volume, structure) ;
- La Topographie (degré de difficulté de terrain) ;
- Conditions économiques d'exécutions et d'exploitations.

Tableau II-1 : Vitesse de basse

Catégorie	Exceptionnelle	1 ^{ère} Catégorie	2 ^{ème} Catégorie	3 ^{ème} Catégorie	Hors Catégorie
VB(Km/h)	120	100	80	60	40

Dans notre cas d'étude la vitesse maximale est limité à 60 km/h donc notre route est de la 3^{ème} catégorie.

II.3. Distance de freinage

La distance de freinage “ d_0 ” est la longueur parcourue par un véhicule pendant l’action du freinage pour annuler sa vitesse.

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.

Soit m la masse d’un véhicule de poids P . ($P=m \cdot g$)

Le théorème des forces vives permet d’écrire :

$$E = \frac{1}{2}MV^2 = P f d_0$$

$$\frac{1}{2}P/g V^2 = P f d_0 \quad \rightarrow \quad d_0 = \frac{V^2}{2gf}$$

Avec f : le coefficient de frottement $\Rightarrow 0,46$ (Cas général)

V : vitesse en $m/s = \frac{V}{3,6} km/h$

g : accélération = $9.81 m/s^2$

$$\rightarrow \quad d_0 = \frac{V^2}{100} = \frac{60^2}{100} = 36m$$

Pour notre cas d’étude on a une distance de freinage $d_0=36m$ (cas purement théorique)

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

$$\frac{1}{2}P/g V^2 = P f d_0 \pm P i d_0 \quad \rightarrow \quad d_0 = \frac{V^2}{100} \times \frac{1}{1 \pm 2,5i}$$

avec i : déclivité

II.4. Distance d’arrêt :

C’est la distance minimale parcourue par un véhicule entre le moment où l’obstacle devient visible et celui où le véhicule s’arrête ; elle comprend :

- La distance parcourue à vitesse V pendant le temps nécessaire aux conducteurs pour percevoir l’obstacle et réagir sur ses freins (temps de perception-réaction)
- Et la distance sur laquelle devrait s’exercer le freinage pour obtenir l’arrêt (distance réaction d_1).

On admet d’après des nombreuses études sur le comportement des conducteurs ont que le temps de perception et de réactions 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 ≤ 100 (conducteur peu concentré)

$t = 1.8 s$ cas des vitesses > 100 (conducteur concentré)

Le mouvement étant considéré comme un mouvement uniforme ou v est la vitesse en et t le temps de perception et de réaction moyen ; la distance de réaction d_1 est définie comme suit :

$$d_1 = V.t$$

$$d_1 = (60/3,6) \times 2 = 33,33 \quad \text{pour } V \leq 100 \text{ km/h}$$

$$d_1 = (60/3,6) \times 1,8 = 30 \quad \text{pour } V > 100 \text{ km/h}$$

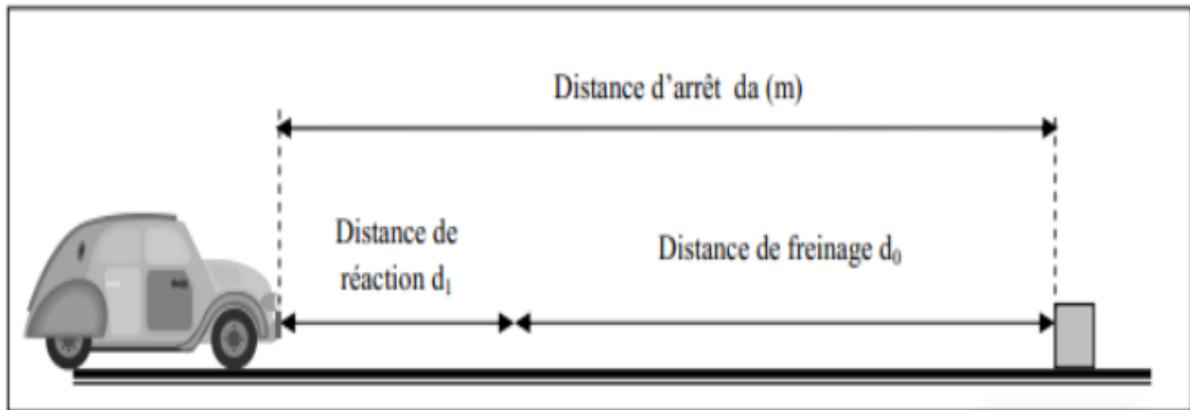


Figure II-1 : Distance de freinage

II.4.1. En alignement droit :

$$d_a = d_1 + d_0$$

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

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

Donc :

Pour une vitesse $V = 60 \text{ km/h}$

$$d_a = 36 + 0,55 \times 60 = 69 \text{ m} \quad \text{pour } V \leq 100 \text{ km/h}$$

$$d_a = 36 + 0,50 \times 60 = 66 \text{ m} \quad \text{pour } V > 100 \text{ km/h}$$

II.4.2. En courbe :

Le freinage est moins énergique dans les raccords courbes, afin de ne pas perdre le contrôle de véhicule, la distance de freinage est majorée de 25%.

$$\text{Pour } V \leq 100 \text{ km/h et } t = 2 \text{ s} \quad d_a = 1,25 d_0 + 0,55 \times V$$

$$\text{Pour } V > 100 \text{ km/h et } t = 1,8 \text{ s} \quad d_a = 1,25 d_0 + 0,50 \times V$$

Donc :

$$t = 2 \text{ s} \quad d_a = 1,25 \times d_0 + 0,55 \times V \quad d_a = (1,25 \times 36) + (0,55 \times 60) = 78 \text{ m}$$

$$t = 1,8 \text{ s} \quad d_a = 1,25 \times d_0 + 0,50 \times V \quad d_a = (1,25 \times 36) + (0,50 \times 60) = 75 \text{ m}$$

II.5. Manœuvre de dépassement :

II.5.1. Distance de visibilité dépassement :

Cette distance est la longueur parcourue par le véhicule dépassant à la vitesse V_1 pendant la durée nécessaire pour le dépassement.

En tout point du tracé, la visibilité doit être suffisante pour que le véhicule puisse voir à temps un obstacle placé sur la chaussée et qu'il puisse réaliser, dans des conditions acceptables, une manœuvre de dépassement.

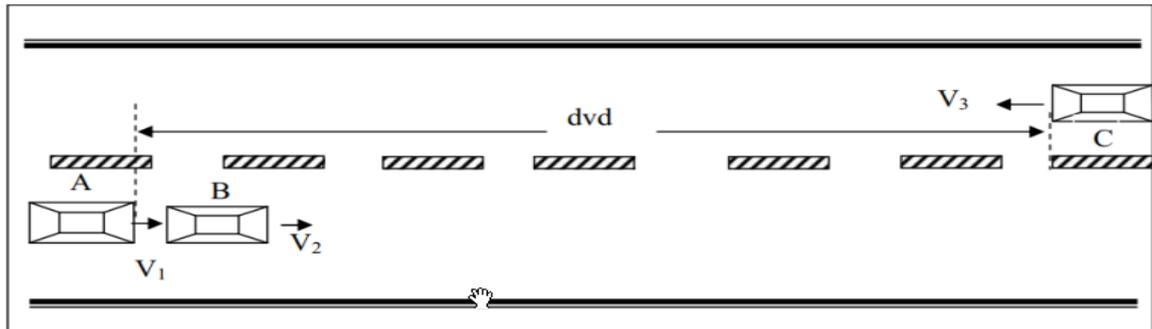


Figure II-2: Distance de visibilité de dépassement

dvd : distance de visibilité de dépassement.

C'est la distance parcourue par le véhicule dépassant pendant la manœuvre d'accélération ainsi que le rabattement.

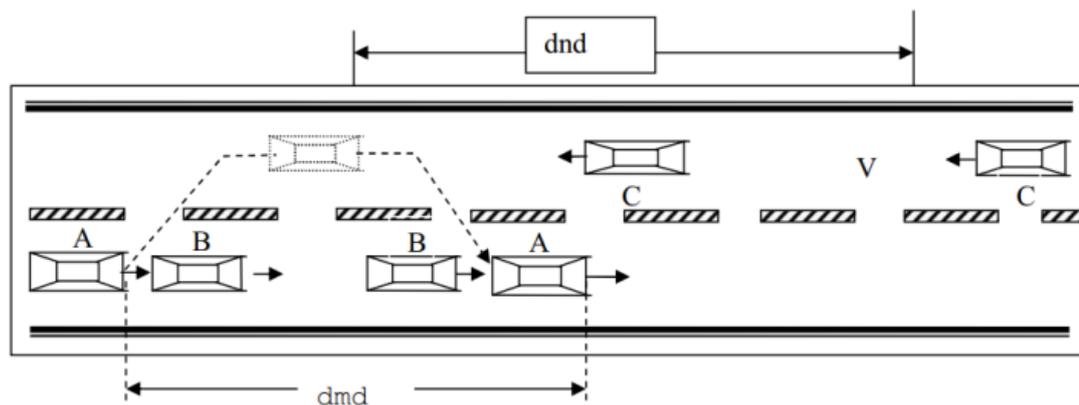


Figure II-3: Distance de manœuvre de dépassement

dmd : distance de manœuvre de dépassement.

dnd : distance normale de dépassement.

D'après le tableau ci-après, des normes (B40), On tire les valeurs de dnd , dvd et dmd en fonction de la vitesse de référence (vitesse de base) .

$$V_r = 60 \text{ km/h}$$

$$dvd = 360 \text{ m}$$

$$dmd = 180 \text{ m}$$

$$dnd = 240 \text{ m}$$

Tableau II-2: Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse de référence

$V_r(km/h)$	40	60	80	100	120	140
Distance						
Dmd	3V	3V	3V	3V	3V	3V
	120	180	240	300	360	420
Dnd	4V	4V	4V	4V	4V	4V
	160	240	320	400	480	560
Dvd	6V	6V	6V	6V	6V	6V
	240	360	480	600	720	840

III.1 Tracé en plan :

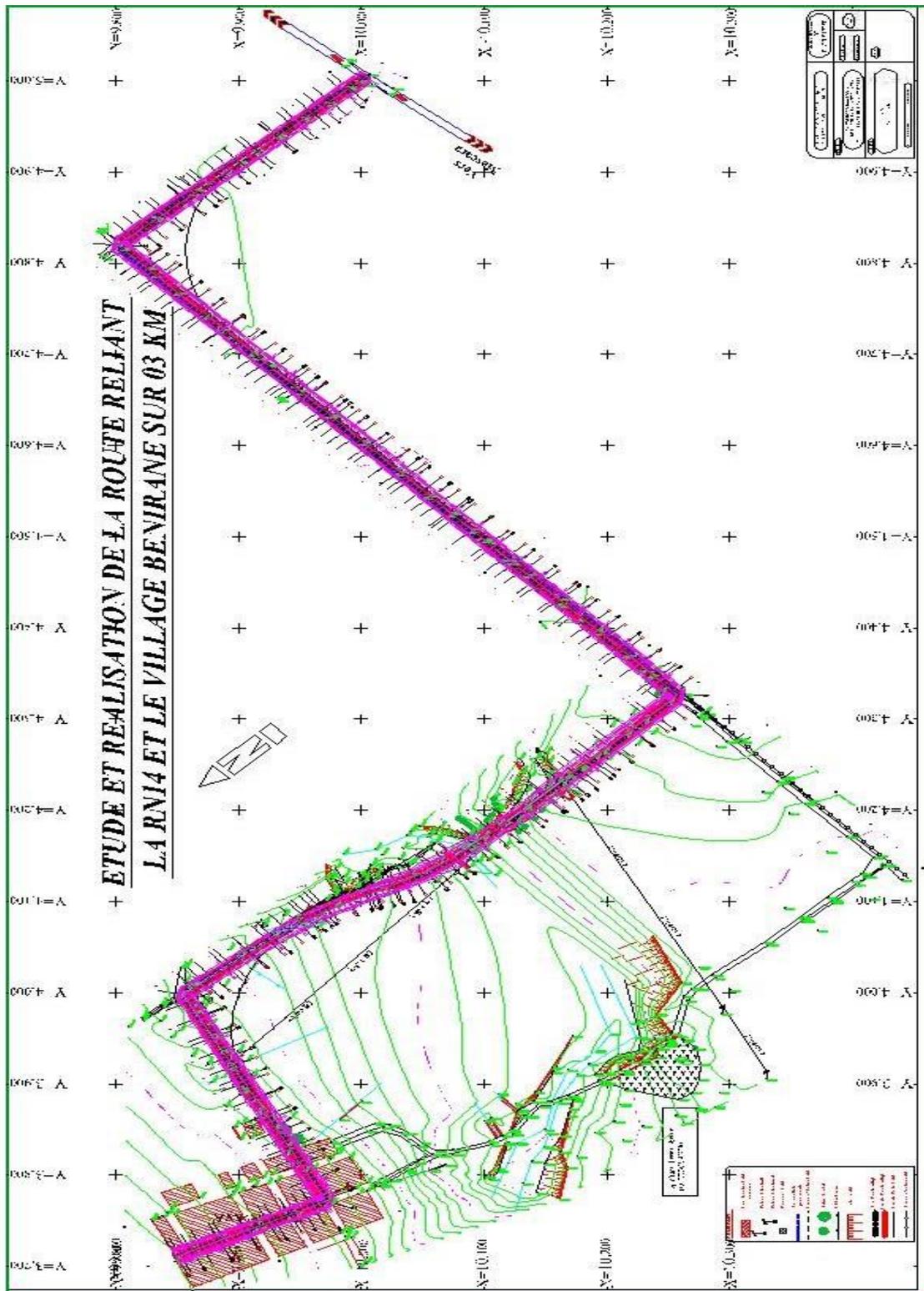


Figure III-1 : Tracé en plan du projet

III.1.1. Définition:

Le tracé en plan représente une reproduction à échelle réduite d'une projection de la route sur un plan horizontal, ce plan horizontal est en général une carte topographique ou un plan de situation. Il est constitué en général 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.

Pour cela l'étude sera réalisée conformément aux normes techniques d'aménagement des routes, avec une vitesse de base retenue de 60km/h.

III.1.2. Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour obtenir un bon tracé dans les normes, on essaie dans la mesure du possible de :

- Adapter au maximum le terrain nature la fin 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 cote des plus hautes eaux.
 - Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau
 - 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.1.3. Les éléments géométriques du tracé en plan :

Le tracé en plan est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelée ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

III.1.3.1. Alignements droits :

L'alignement droit est défini comme étant une distance entre deux courbes de même sens ou non dans un tracé de l'axe.

En effet, il est aussi l'élément géométrique le plus simple, mais les grands alignements droits sont très déconseillés.

La longueur maximale d'un alignement ne dépasse pas la longueur parcourue par la vitesse de base durant une minute. Quant à la longueur minimale elle ne doit pas être inférieure à la distance parcourue avec la vitesse de base durant un temps d'adaptation qui est égale à 5 secondes.

Selon les normes du B40 on a:

✓ Entre deux courbes de même sens il faut avoir une longueur minimale de $L_{min}=5V$

✓ Entre deux courbes de sens contraire on peut avoir un alignement droit minimum de $L_{min}=3V$

✓ Longueur maximale $L_{max}=60V$

Avec: V en (m/s)

Cas de notre projet:

$V_b=60$ Km/h

L_{min} (même sens) = $5V = 5(60/3,6) = 83,33$ m

L_{min} (sens contraire) = $3V = 3(60/3,6) = 50$ m

$L_{max}=60V = 60(60/3,6)=1000$ m

III.1.3.2. Raccordement en Arc de cercle:

Les premiers raccords sont des raccords en arc de cercle. Dans ces types de raccords trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- ✓ La stabilité des véhicules.
- ✓ Le mouvement des véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- ✓ La visibilité dans les tranchées en courbe.

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

Les forces en présence qui équilibrent le véhicule dans une courbe relevée à l'inclinaison α se présentent suivant le schéma ci-dessous :

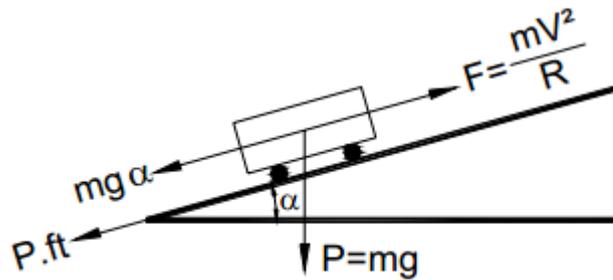


Figure III-2: Représentation des forces qui équilibrent le véhicule dans une courbe à inclinaison α

Soit :

P : le poids du véhicule ($P=mg$)

F : la force centrifuge produite lors du déplacement de la masse m du véhicule à la vitesse V sur la trajectoire circulaire de rayon R . ($F = \frac{mV^2}{R}$)

α : l'angle que fait le plan de roulement par rapport à l'horizontal (devers).

ft : la réaction transversale qui maintient la véhicule sur sa trajectoire.

L'équilibre est acquis si le frottement transversal s'oppose au dérapage :

$$P \sin \alpha + P ft \geq F \cos \alpha$$

α étant petit : $\sin \alpha \approx \alpha$ et $\cos \alpha \approx 1$

$$D'où : m g \alpha + m g ft \geq (F = \frac{mv^2}{R}) \Rightarrow R \geq \frac{mv^2}{13g(\alpha+ft)}$$

$$R \geq \frac{mv^2}{127(\alpha+ft)} \quad V \text{ en km/h et en } \alpha \text{ en } \%$$

III.1.3.3. Rayon en plan (Rh)

Les rayons et leurs dévers doivent permettre au minimum à un véhicule roulant à la vitesse V_r de ne pas dérapier dans la courbe du virage.

III.1.3.3.1 Rayon horizontal minimal absolue (RHmin)

Ce rayon correspond à la plus faible valeur admissible pour un tracé et il ne faut pas descendre en dessous de RH_{min} . Ce rayon correspond au dévers $d_{max}=7\%$

$$RH_{min} = \frac{v_r^2}{127(ft+d_{max})} \quad ft : \text{coefficient de frottement transversal}$$

III.1.3.3.2. Rayon horizontal minimal normal RHN

Est un rayon correspondant à la circulation normale à un véhicule traversant dans un virage de $V_r+20\text{km/h}$. Le rayon correspond à des valeurs de dévers de 6 %.

Donc on a :

$$RH_N = \frac{(Vr+20)^2}{127(ft+d_{max})}$$

III.1.3.3.3. Rayon au dévers minimal RH_d

Le rayon au dévers minimal est le rayon tel que parcouru à la vitesse Vr , Le rayon au dévers minimal R est calculé pour un dévers $d_{min} = 3\%$

$$RH_d = \frac{vr^2}{(127 \times 2 \times d_{min})} \quad \text{Devers associé : } d_{min}=2,5\% \text{ en catégorie 1 et 2}$$

$d_{min} = 3\%$ en catégorie 3,4 et 5

III.1.3.3.4. Rayon non déversé RH_{nd}

Ce rayon est pris dans le cas où la route conserve son profil en toit. Le cas le plus défavorable est un dévers négatif pour l'un des sens de circulation $d_{min} = -3\%$

$$RH_{min} = \frac{(Vr)^2}{127(f'' - d_{min})}$$

Avec: $f'' = 0.06$ Catégorie 1-2 ; $f'' = 0.07$ Catégorie 3; $f'' = 0.075$ Catégorie 4-5

Tableau III-1: Valeur de Frt en fonction de la vitesse

Vr (Km /h)	40	60	80	100	120	140
Frt	0.25	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09

III.1.3.5. Devers

III.1.3.5.1. Devers en alignement

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

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

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

Les valeurs suivantes seront en Algérie selon le B40

- ❖ Devers minimal $d_{min} = 2.5 \%$

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 ou 5, ou celles de catégorie 1 et 2 risquant de poser des problèmes de tassement, d'orniérage, ou des difficultés d'exécution, un devers de 3% sera adopté.

III.1.3.5.2. Devers l'intérieur des courbes

En courbe le devers permet de :

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

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

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

En résumé les valeurs extrêmes des devers préconisées pour l'Algérie d'après le B40 sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau III- 2: Valeurs max et min des devers «B40»

Catégorie	Dévers	Environnement		
		Faible E1	Moyen E2	Difficile E3
1 et 2	D_{min}	2.5	2.5	2.5
	D_{max}	7	7	7
3	D_{min}	3	3	3
	D_{max}	8	7	8
4	D_{min}	3	3	3
	D_{max}	8	8	8
5	D_{min}	3	3	3
	D_{max}	9	9	9
1 et 2	D_{min}	2.5	2.5	2.5
	D_{max}	7	7	7

III.2. Profil en long

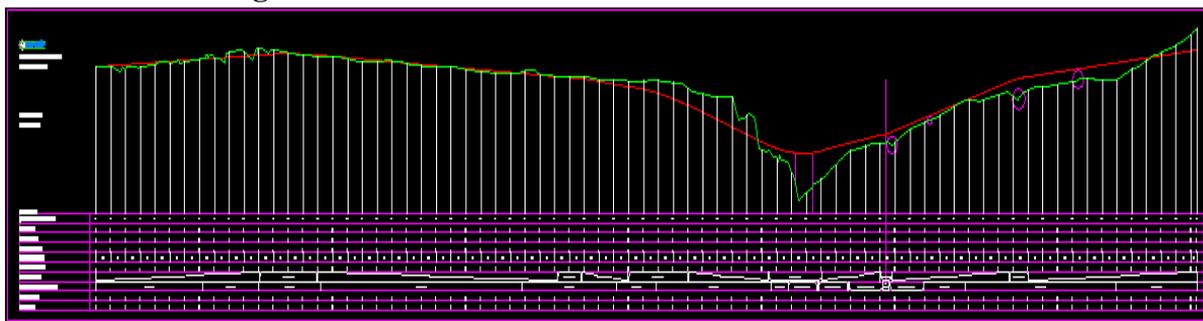


Figure III-3 : Profil en long

III.2.1. Définition :

Le profil en long est le développement du cylindre vertical sur lequel est tracé l'axe de la route. Il est constitué de segments de droite raccordés par des arcs de cercle caractérisés par leur rayon. Pour les segments de droite, on parle de pente ou de rampe suivant que la route descend ou monte dans le sens de la marche.

III.2.2. Les règles à respecter pour 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 faut éviter la stagnation des eaux et assurer leurs écoulement.
- ❖ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ❖ Epouser le terrain naturel pour limiter les volumes des déblais et remblais et les équilibrer afin de déterminer le coût.
- ❖ Pour assurer un bon écoulement des eaux, on placera les zones à dévers nuls en pente en profil en long.
- ❖ Eviter de placer un point bas du profil en long dans une zone de déblais et en sens inverse, il est aussi contre indiqué de prévoir un remblai dans un point haut du profil en long.
- ❖ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long sur un léger déblai qui implique une mauvaise évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- ❖ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.

- ❖ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long
- ❖ Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.

III.2.3. Les éléments de composition du profil en long

Le profil en long est 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...

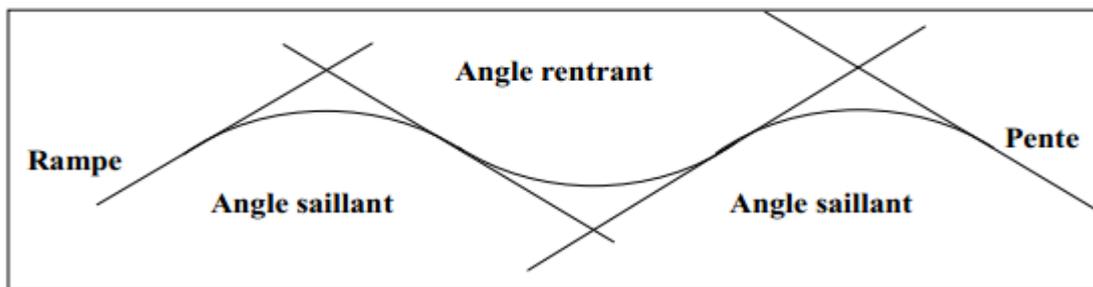


Figure III-4: Profil en long

III.2.4. Définition de la déclivité :

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

III.2.4.1. Déclivité minimale :

Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5%, pour éviter la stagnation des eaux.

Dans les sections en déblais on prend : $I_{min}=0.5\%$ pour que les ouvrages des canalisations ne soient pas profonds

III.2.4.2. Déclivité maximale :

La déclivité maximale est tolérer surtout dans les courtes distances (inférieures à 1500m) pour les raisons suivantes :

- Réduction de la vitesse et augmentation des dépenses de circulation.
- Important effort de freinage des poids lourds ce qui conduit à user les pneumatiques.

Selon le règlement B40 on a :

Tableau III- 3: Valeur de I_{max}

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

III.2.5. Raccordement en profil en long :

Le changement de déclivité constitue des points particuliers dans le profil en long.

Ce changement est assuré par l'introduction de raccordement circulaire qui doit satisfaire les conditions de confort et de visibilité pour assurer la sécurité des usagers. On distingue deux types de raccords :

III.2.5.1. Raccordement convexe (saillants) :

La conception des raccords convexes doit satisfaire les conditions suivantes :

a) Condition de confort :

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

$$V_r^2 / R_V < g/40$$

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 $R_{V \min} = 0.23 V_r^2$

Avec :

R_V : Rayon vertical (m)

V_r : Vitesse référence (Km/h).

b) Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccords des points hauts comme condition supplémentaire à celle de condition 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 de raccordement est donné par la formule suivante :

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

D_1 : distance d'arrêt (m)

h_0 : hauteur de l'œil (m)

h_1 : hauteur de l'obstacle (m)

III.2.5.2. Raccordement concave : (rentrant)

La visibilité du jour n'est pas déterminante dans le cas de raccordement dans les points bas c'est pendant la nuit qu'il faut s'assurer que les phares du véhicules devront éclairer le tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

$$R'_V = \frac{D_1^2}{1.5 + 0.035D_1}$$

III.3 Coordination entre trace en plan et profil en long

Le profil en long et le tracé en plan sont coordonnés de telle sorte que la route apparaisse à l'usager sans discontinuité gênante de tracé, lui permette de prévoir son évolution et de distinguer clairement les dispositions des points singuliers, notamment les carrefours, les entrées et les sorties dans les échangeurs etc.

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, cette coordination a pour but principal d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route (esthétique) et des conditions de visibilité minimales doivent être assurées.

III.3.1. En angle saillant

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

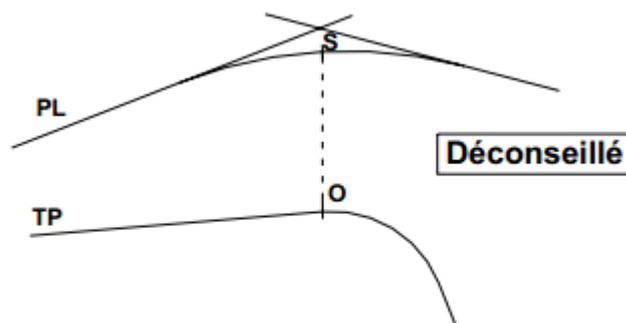


Figure III-5: coordination entre TP et PL déconseillé en angle saillant

Remède :

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

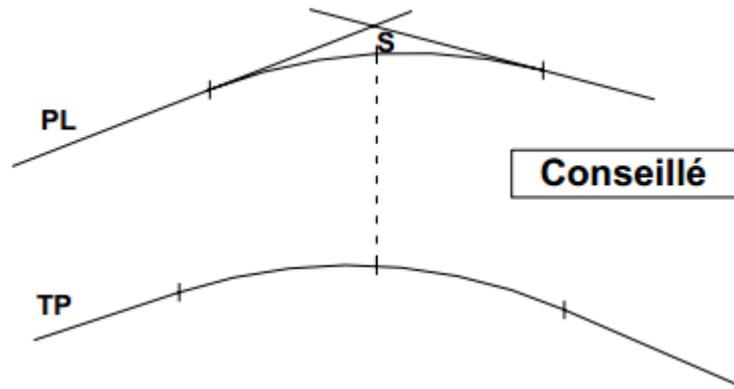


Figure III-6: Coordination entre TP et PL conseillé en angle saillant

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

III.3.2. En angle concave

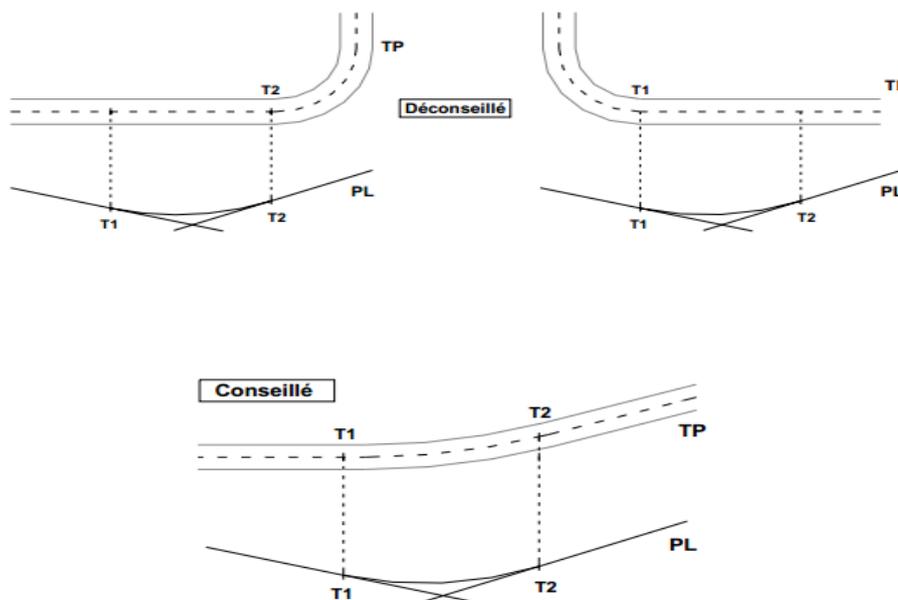


Figure III-7: Coordination entre TP et PL en angle concave

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

III.4. Profil en travers

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan verticale, la largeur de cette chaussée est en fonction de l'importance et de l'hétérogénéité du tracé à écouler, elle comprend aussi plusieurs voies, dont le choix est déterminé.

Il contient toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....).

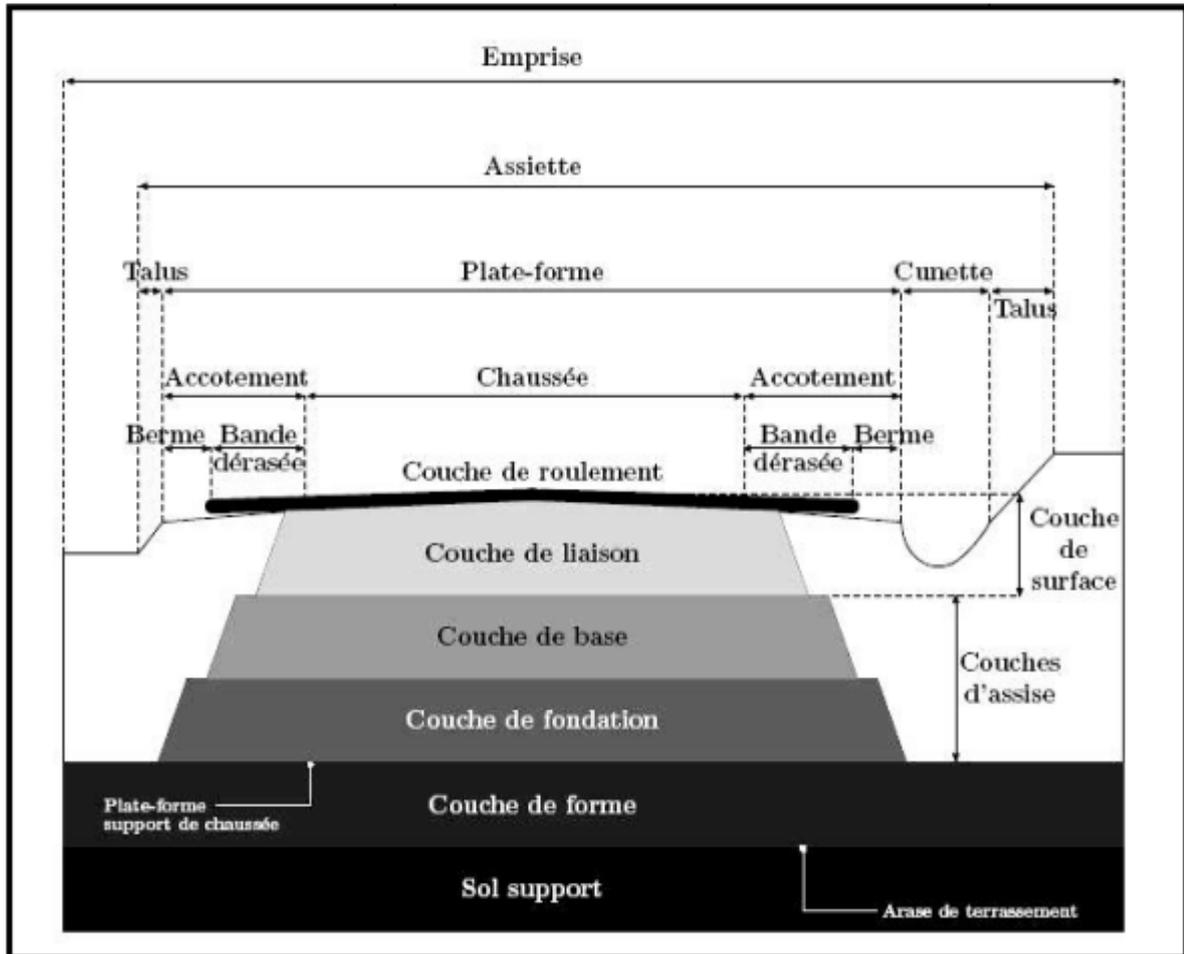


Figure III-8 : Profil en travers général

III.4.1. Eléments constitutifs du profil en travers :

✓ Emprise :

C'est la surface de terrain appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances, elle coïncide généralement avec le domaine public.

✓ Assiette :

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

✓ Plate-forme :

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

✓ Chaussée :

Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. Elle doit être revêtue ou non revêtue ou en béton et elle peut être bidirectionnelle ou unidirectionnelle.

✓ **Accotement :**

Ce sont les zones latérales de la plate-forme que borde extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou sur élevés. Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une sur largeur de chaussée.
- Une bande d'arrêt.
- Une berme extérieure engazonnée

Ils assurent la transition avec les fossés, les talus ou les murs et le terrain naturel.

Ils assurent les fonctions suivantes :

• Augmenter le dégagement latéral pour les arrêts d'urgences, marge de manoeuvre en cas de perte de contrôle du véhicule, etc...

- Augmenter la visibilité en courbe
- Permettre la mise en place de la signalisation routière et les équipements de sécurité.
- Protéger le corps de chaussée des infiltrations d'eaux, etc...

Les accotements sont au même niveau que le bord de chaussée inclinée de 4 à 5 % vers l'extérieur pour permettre l'écoulement instantané des eaux vers les fossés.

Les accotements doivent être réalisés avec des matériaux sélectionnés puisqu'ils sont occasionnellement circulés.

✓ **Fossé :**

Ouvrage hydraulique destinés à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus). Il peut être revêtu (béton, maçonnerie, etc...) ou non. On peut le trouver sous forme triangulaire ou sous forme trapézoïdal.

- La quantité d'eaux à évacuer.
- L'emplacement des exutoires.
- La pente du profil en long.
- La nature du sol.

✓ **La largeur rouable :**

C'est la bande de la plateforme accessible sans dommage aux véhiculesroulants normalement sur la chaussée. Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée, la bande d'arrêt et la bande dérasée.

III.4.2. Classification de profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

- Profil en travers type
- Profil en travers courant

III.4.2.1. Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

III.4.2.2. Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances de 20 m.

III.5. Application au projet :

Tracé en plan : c'est une route 2x1 voie de 2.5m sur un linéaire de 3000 m

Rayons et Dévers : vue que la nature de notre terrain naturel est peu accidenté les rayons en plan et les dévers ont été respectés.

Nous avons adopté un rayon horizontal minimal de 200 m et un devers de 2.5 %

Profil en long : Concernant les raccordements en plan vertical les rayons assurant les conditions de confort et de visibilité sont donnés selon les normes B40 (**Tableau III-4** et **Tableau III-5**) en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour le choix bidirectionnel et pour une vitesse de base $V_r = 60\text{Km/h}$ et aussi pour la catégorie 3 (CAT 3) on a :

Tableau III- 4 : Rayon en angle saillant

Rayon	Symbol	Valeur (m)
Minimal	RVm	1300
Minimal normal	RVn	3500

Tableau III- 5: Rayon en angle rentrant

Rayon	Symbol	Valeur (m)
Minimal	R'Vm	1100
Minimal normal	R'Vn	1600

NB : les résultats obtenus par le logiciel Autopiste pour le calcul du profil en long sera joint en annexe par la suite.

Profil en travers : le projet est constitué d'une chaussée de deux voies de 2.5m avec des accotements de 1m de part et d'autre de la chaussée et un devers de 2.5%.

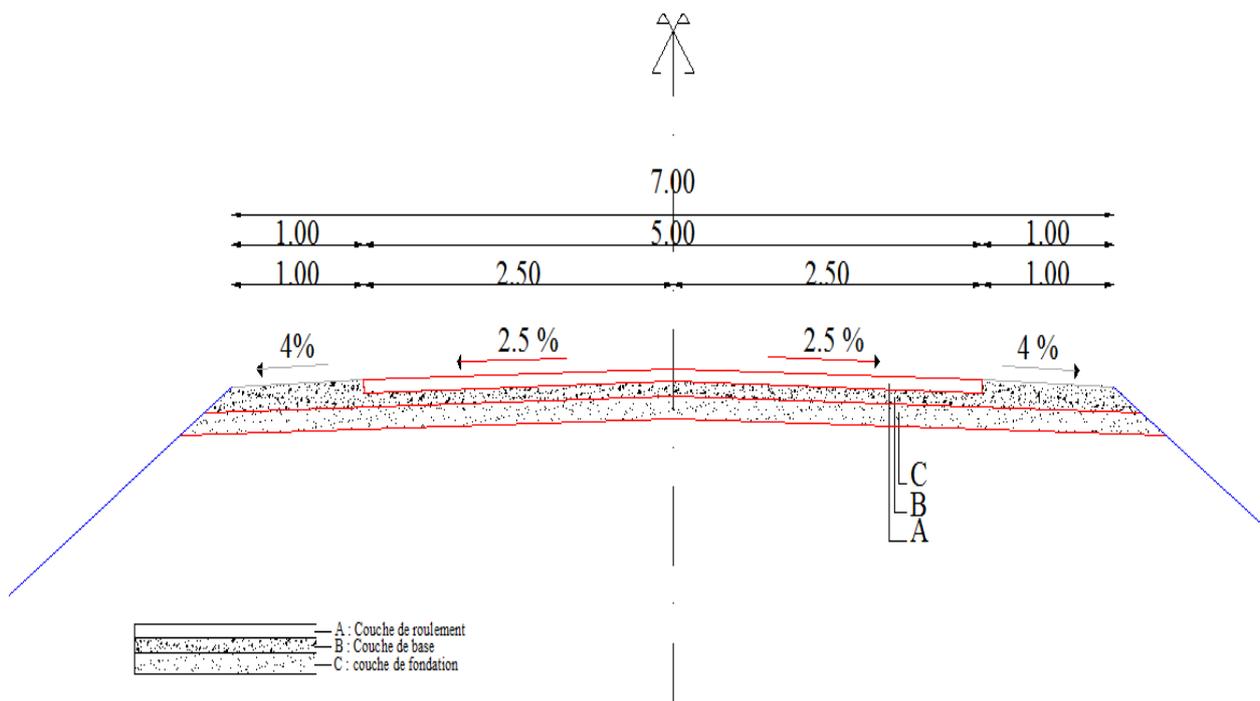


Figure III-9 : profil en travers type

IV.1. Introduction :

Suite à une détermination des composants de la partie géométrique de tronçon, passons au dimensionnement de son corps de chaussée qui a pour q d l g e v k h u de la nature de ve g p v k n o a s s e u r des couches afin que cette dernière puisse résister aux multiples agressions dont elle sera n ø q p e d a n t s a durée de vie. La nature de ces agressions diffère. " f ø w p g " r c t v " n g " v t chaussée notamment celui de pok f u " n q w t f . " g v " f ø c w v t g " r c t v " n g u ' dégel) ainsi que la variation de température. Pour permettre une circulation rapide et confortable aux usagers, elle doit présenter une régularité parfaite et constante de sa surface.

Pour se faire, elle doit être apte à recevoir les charges verticales et horizontales tout en leurs transmettant (servant) c w " u q n " u w r r q t v " f ø w p . g " e q p f g p u c d k n k v 2

IV.2. Les Différentes types de chaussée :

On distingue trois types de chaussées selon la composition de matériaux utilisés:

- 3 Chaussée souple ;
- 3 Chaussée semi-rigide ;
- 3 Chaussée rigide.

Pour notre étude, nous avons adopté la structure de type souple qui est plus utilisée tout en offrant de meilleures qualités mécaniques dont le corps est réalisé avec des matériaux non liés ou traités avec un liant hydrocarboné. Les différentes couches f ø w p g " e j c w o u t u 2 g " u q w

- 3 Couche de surface
- 3 Couche de base
- 3 Couche de fondation
- 3 Couche de forme

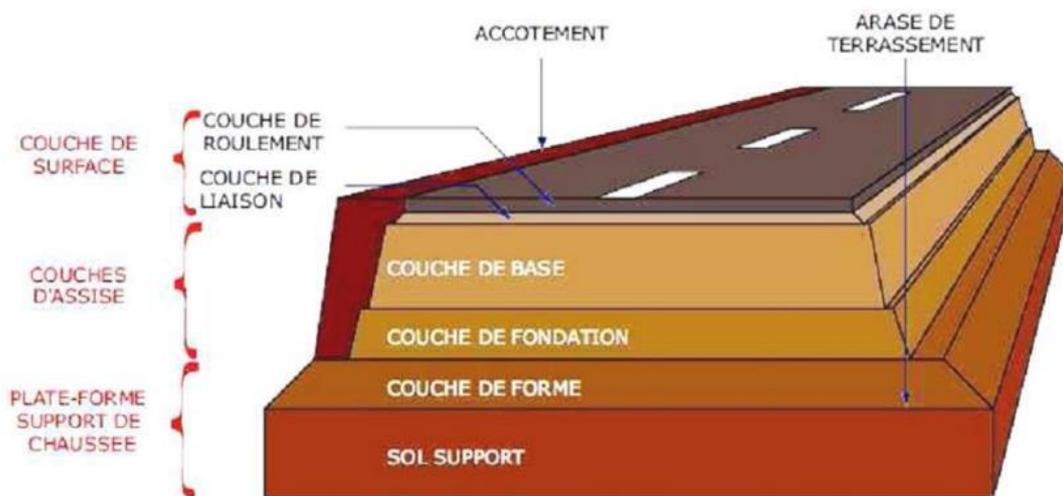


Figure IV- 1 < " E q w r g " v { r g " f ø w p g " e j c w u u 2 g " u

IV.2.1 Le t $\frac{1}{2}n g " f g u " f k h h^2 t g p v g u " e q w e j g u " f \emptyset w p g " e j c w u$ \emptyset Couche de surface :

Elle est la dernière couche de la chaussée en partant du bas vers le haut et qui est en contact direct avec les pneumatiques, elle a pour rôle :

- < F $\emptyset g p e c k u u g t " n g u " g h h q t v u " f g " e k u c k n n g$ des charges verticales à la base.
- < F $\emptyset k o r g t o^2 c d k n k u g t " n c " u w t h c e g " f g " e j c w u u^2 g 0$

\emptyset Couche de base :

Elle joue un rôle essentiel, elle résiste aux $f^2 h q t o c v k q p u " r g t o$ trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartie les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

Pour cela, les granulats sélectionnés et la qualité du liant (bitume) utilisé doivent être suffisants. Elle reprend les efforts verticaux et repartie les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

\emptyset Couche de fondation :

En complément des matériaux non traités, elle substitue en partie le rôle du sol support, en réduisant les contraintes transmises par le trafic, assure une bonne portance du sol support et reprend une partie des charges supérieures. (Les couches de fondation et de base constituent le corps de chaussée ou assise).

IV.3. Les méthodes de dimensionnement du corps de chaussées :

La réalisation des différents types de chaussées passe d'abord par un dimensionnement adéquat. Il faut commencer par l'étude du sol pour déterminer l'épaisseur du corps de chaussée. On distingue deux grandes familles à savoir

- \emptyset Les méthodes empiriques qui établissent des relations entre la durée de vie et les propriétés mécaniques des matériaux.
- \emptyset L'approche théorique ou rationnelle qui établit un modèle représentant le mieux possible le comportement mécanique du corps de chaussée basée sur la rhéologie du matériau.

R $q w t " e g n c " q p " x c " u \emptyset k p v^2 t g u u g t " c w z " o^2 v j q f g u "$

- \emptyset La détermination de l'indice portance de sol.

Appréciation de trafic composite.

- \emptyset Utilisation des abaques ou des formules pour déterminer l'épaisseur de la chaussée.

Les méthodes appartenant à la famille sont :

- J Méthode C.B.R.
- J Méthode de L'ASPHALTE IN-SITUE.
- J Méthode du CATALOGUE DES STRUCTURES.
- J Méthode L.C.P.C.
- J Méthode A.A.S.H.O.

IV.3.1. Méthode A.A.S.H.O :

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs :

- Ø $N_0^2 v c v " f g " n c " e j c w$ comportement dans le temps. $q n w v k q p " f g " u$
- Ø $N_0^2 s w k x c n g p e g " g p v t g " n g u " f k h h^2 t g p v g u " e q w e j$
- Ø $N_0^2 s w k x c n g p e g " g p v t g " n g u " f k h h^2 t g p v u " v \{ r g u "$

IV.3.2. Méthode asphalte in-situ :

Elle se base sur les résultats obtenus des essais A.A.S.H.O, elle prend en considération le trafic déterminé.

IV.3.3. Méthode L.C.P.C (laboratoire de contrôle des ponts et chaussées) :

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic

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

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

(I = trafic à la mise en service de la route.

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

\ " ? " v c w z " f ø c e e t q k u u g o g p v " c p p w g n 0

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de $N_0^2 r c k u u$ équivalente $e * g p " h q p e v k q p " f g " V g s . " K E D T + " « " r c t v k t " f g "$

$N_0 c d c s w g " N O E O R O E " g u v " f^2 e q w r^2 " g p " w p "$ recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base.

IV.3.4. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

(CTTP):

Wp " o c p w g n " r t c v k s w g " f g " f k o g p u k q p p g of agitèr là f ø w
 v ÷ e j g " « " n ø k p i ² p k g w t " t q w v k g t . " k n " paramètres caracté- e v ² t
 ristiques : (la stratégie de dimensionnement, niveau de service, trafic, caractéristiques du sol, climat,
 matériaux).

Matériaux : traités au bitume (GB, BB), non traités.

V t c h k e " < " e n c u u ² " u g n q p " n g " p q o d t g " f g " RN111 u g

Portance du sol support (Si) : selon l ø k p f k e g " E D T " * x q k t " v c d n g c w +

E n k o c v " < " n ø C n i ² t k g " g u v " f-akide, kride) g " g p " v t q k u " | q

Tableau IV-1: Classe du sol support

Portance	CBR
	<5
	5-10
	10-25
	25-40
	>40

IV.3.5. Méthod CBR: (Californian- Bearing- Ratio) :

E ø g u v " w p g " o ² v j q f g " * u g o k " g o r k t k s w g + . "échanv k " u g
 v k n n q p " f g " u q n " u w r r q t v " g p " e q o r c e v c pProcton modifié.² r t q

N ø ² r c k u u g w t " ² s ssée est obtenue par la formule GBR. Cette méthode consi-
 f ³ t g " s w g " n c " e j c w u u ² g " g u v " e q p u v k v w ² g " cétte mép " o ´
 v j q f g " g u v " e g n n g " f ø w p g " e j c w u u ² g " g référéncè de goeffi- p v " t
 e k g p w k f ø ñ g p e g " ² i c n g " « " n ø w p k v ² + .

Nc " f ² v g t o k p c v k q p " f g u " ² r c k u u g w t u " f g u ÷iverk h h ²
 est obtenue en utilisant les coeffie k g p v u " f ø ² s w kvx2) qui permet de convertir n g c v
 n ø ² r c k u u g w t " ² s w k x dsseur réelles constituées de plusieurs matériaux. w p g " ² r c

$$F \delta q \text{ " } <$$

$$= + +$$

Ø j : épaisseur réelle de la couche de roulement.

Ø j : épaisseur réelle de la couche de base.

Ø j : épaisseur réelle de la couche de fondation.

Ø š , š , š < " e q g h h k e k g p v u " f ø ² s w k x c n g p e g " i t , g u r g e v k i .

Pour déterminer la structure définitive on fixe les épaisseurs h_j , et on calcule $n \cdot \delta^2 \cdot r \cdot c_j \cdot k \cdot u \cdot u \cdot g \cdot v$

Tableau IV-2 < " E q g h h k e k g p v " f ø ² s w k x c n g p e g " f g u "

Matériaux utilisés	E q g h h k e k g p v " f ø ² s w k x
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment - grave laitier	1.50
Grave bitume	1.50 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée ógrave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60

IV.4. Caractéristiques du sol support

F ø c r l t s r a p p o r t s g é o t e c h n i q u e s , n o u s a v o n s u n i n d e C B R = 9 (n o t r e s o l e s t m o y e n) l a p o r t a n c e d u s o l s u p p o r t e s t d e S 3 (t a b l e a u I V - 1) . C o m m e n o t r e r o u t e n e s e r a p a s s o u m i s e à u n t r a f i c i m p o r t a n t n o u s p o u v o n s c o n s i d é r e r q u e n o t r e s o l s u p p o r t p r é s e n t e d e b o n n e e c t c e v ² t k u v k s a u r a p a s l i e u d e p r é v o i r u n e c o u c h e d e f o r m e .

IV.5. Application au projet

IV.5.1. Choix de la méthode de dimensionnement

F ø w p g " h c ± q p " n g " v t c h k e " e k t e w n c p v " u w t " i m e " x q p l a n t é e s o n t d e s p a r a m è t r e s p r é o n d é r a n t s p o u r d i m e n s i o n n e r u n e c h a u s s é e r o u t i è r e .

E g r g p f c p v " k n " p ø g a z e t é e u n i v e r s e l l e m e n t p o u r l e c a l c u l d e s d i f f é r e n t e s ² r c k u u g w t u " f g u " e j c w u u ² g u " e ø g u v " r q w t s w q k " n q t c o m p t e q u e l a q u a l i t é r é e l l e d e l a c h a u s s é e d é p e n d d e :

- Ø De la disposition constructive adaptée à la chaussée, de bonne condition de drainage de la plate-forme dans les zones basses.
- Ø De la qualité des matériaux mise en place.
- Ø u q k p " c r r q t v ² " « " n ø ² n w α d e s m a t é r i a u x . q p " g v " « " n c " o k u g

Parmi les différentes méthodes citées ci-dessus les plus répandues en Algérie sont la méthode CBR celle du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP).

V.1. Introduction :

D'une manière générale on appelle travaux de terrassements toutes les opérations qui consistent à transformer la configuration du terrain naturel, soit en y apportant des terres, soit en le fouillant.

Lorsqu'on apporte la terre on réalise des remblais. Lorsqu'on le fouille on réalise des déblais.

Pour une construction de notre route nous aurons à réaliser des déblais et des remblais.

Le volume de déblais et de remblais sont appelés cubatures de terrassements.

Les cubatures de terrassement sont nécessaires pour l'estimation du coût de terrassement, pour choisir entre plusieurs variantes la moins chère

- Si l'on doit surélever le terrain, il faut apporter des terres qu'on appelle : Remblais.
- Si l'on doit abaisser le niveau du terrain, il faut enlever des terres qu'on appelle : Déblais

Pour atteindre l'économie maximale du point de vue du coût des terrassements il faut bien :

- Mettre en œuvre le minimum de matériaux.
- Equilibrer les mouvements des terres (déblais- remblais).
- Minimiser la distance de transport.

La finalisation d'un projet de route passe nécessairement par une optimisation du profil en long permettant d'atteindre ces objectifs.

V.2. Définition :

D'une manière générale on appelle travaux de terrassements toutes les opérations qui consistent à transformer la configuration du terrain naturel, soit en y apportant des terres, soit en le fouillant.

Lorsqu'on apporte la terre on réalise des remblais. Lorsqu'on le fouille on réalise des déblais.

Pour une construction de notre route nous aurons à réaliser des déblais et des remblais.

Le volume de déblais et de remblais sont appelés cubatures de terrassements.

Les cubatures de terrassement sont nécessaires pour l'estimation du coût de terrassement, pour choisir entre plusieurs variantes la moins chère et aussi prévoir les différents engins en vue de les réaliser

Afin de donner à la route une allure uniforme et homogène pour recevoir un corps de chaussée qui permette aux véhicules de circuler en toute sécurité et sérénité.

V.3. Méthodes de calcul de cubatures :

Plusieurs méthodes s'offrent à nous. Le calcul des cubatures de terre dépend de la forme des terrassements à réaliser. Pour notre projet, nous utiliserons la méthode de la moyenne des aires qui est une méthode très simple mais elle présente l'inconvénient de donner des résultats avec une

marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par un coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

V.3.1. Description de la méthode :

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

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

Où L, S_1 , S_2 et S_0 désignent respectivement :

L : distance entre deux profils.

S_1 , S_2 : Les surfaces verticales des profils en travers P_1 et P_2

S_0 : Surface limitée à mi-distances des profils.

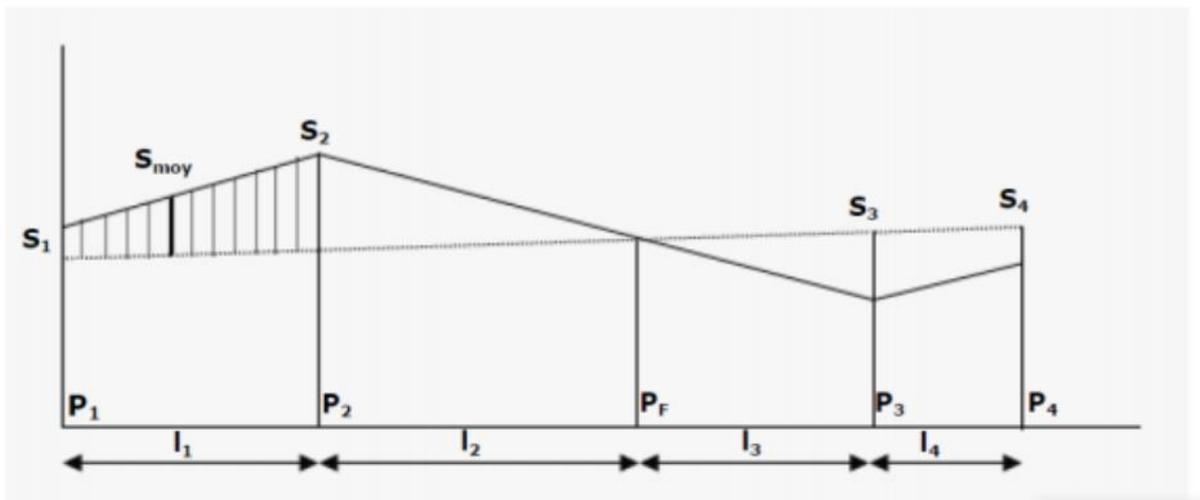


Figure V-1: Profil en long d'un tracé donné

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

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

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

Ceci donne:

$$\text{Entre } P_1 \text{ et } P_2 \quad V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

$$\text{Entre } P_2 \text{ et } P_F \quad V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$$

$$\text{Entre } P_F \text{ et } P_3 \quad V_2 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_2)$$

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

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

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

V.2. Choix de la variante retenue :

Tout d'abord nous avons eu à faire le tracé et l'étude géométrique de Trois variantes qui sont en biais ou droit par rapport à l'oued.

Nous avons regroupé certaines caractéristiques des différentes variantes dans le tableau ci-après.

Nous nous sommes basés sur ces caractéristiques pour faire notre choix. Ce choix s'est porté sur la variante qui a le plus respecté les normes en vigueur en ce qui concerne le respect des rayons en plans dans le profil en long, la coordination entre le tracé en plan et le profil en long, le respect des pentes maximales admissible pour un tracé et une compensation acceptable entre le remblais et le déblais.

Après l'analyse notre choix s'est porté sur la variante 03

Tableau V- 1: Caractéristiques des variantes

Variantes		Var01	VAR2	Var03	Evaluation		
					Var01	VAR2	Var03
Volume de cubatures	Déblai	8327	10905	15724	+	-	-
	Remblai	13611	12766	8680	-	-	+
Volumés de décapage sur 20 cm		2947.891	5840.550	5931.360	+	-	-
Longueur linéaire		1861.59	1838.66	1860.18	-	+	-
Déclivité max \pm		5.17	3.20	2.98	-	-	+
Nombres d'angles rentrants		3	3	4	+	+	-
Nombres d'angles sortants		3	2	2	-	+	+
Nombres d'ouvrages hydrauliques existants		-	-	-	/	/	/
Nombres d'ouvrages hydrauliques	buses	5	5	5	+	+	+
	dalots	1	1	1	+	+	+
Nombres d'ouvrages d'arts	Ponts	-	-	-	/	/	/
Nombres de virages en plan		2	1	1	-	+	+
Coordination entre T.P. et LP		Respectée	Respectée	Respectée			
				Total	5	6	6

V.3. Coordonnées d'implantation de l'axe :

V.3.1. Définition :

L'implantation est une opération topographique dont le but est de déterminer la position exacte de tout point en coordonnées et en altitude, celle-ci s'effectue sur le terrain à l'aide d'un théodolite à partir des coordonnées rectangulaires déjà calculées lors des études pour matérialiser sur le terrain les repères nécessaires à la réalisation de la route.

L'implantation du projet s'appuie sur le canevas de base qui a servi au levé du terrain.

Il est donc utile de matérialiser solidement les piquets de stations qui doivent être ménagés contre la disposition et la distraction. Le piquetage « l'implantation » est donc le report du projet étudié sur le terrain naturel.

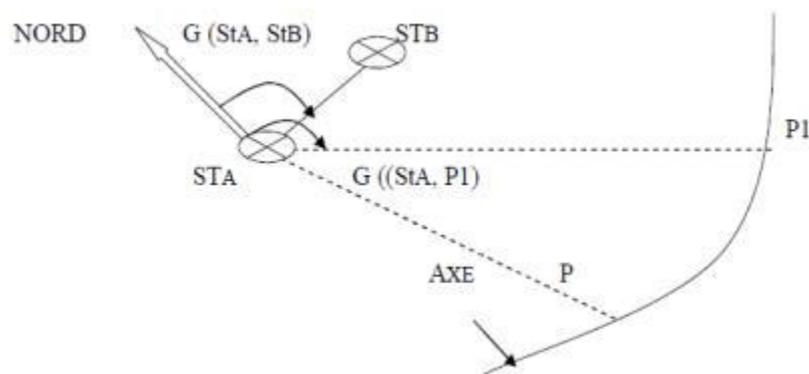


Figure V-2: Implantation de l'axe en plan

V.4. Implantation de l'axe sur le terrain :

En pratique pour implanter (positionner) un point quelconque sur un axe donné suivant les deux plans (horizontal / vertical), on suit les étapes ci-dessous :

- On stationne en A l'appareil utilisé.
- On vise la station B de coordonnées (X.Y.Z) connues et on détermine par la côte zénithale de la station A par rayonnement.

Dans le cas de notre projet, pour plus de précision nous avons utilisés le logiciel AUTOPISTE pour l'implantation de notre axe.

Par la suite nous allons donner le listing d'implantation de notre axe en annexe.

VI.1.Introduction :

Les dalots conviennent sur tout lorsque les portées restent modestes (jusqu'à environ 12m) 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 0,1MPa, ce qui n'exclut pratiquement que les vases, les tourbes ou certains limons, et autorise même souvent la fondation sur remblai compacté).

Le dalot 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. **(figureVI-1)**.

Du point de vue structurel, trois types de dalots peuvent être projetés :

- a) Les dalots ordinaires : constitués de pieds droits verticaux fondés sur semelle ou radier général et sur lesquelles repose une dalle en béton armé ;
- b) Les dalots cadres : dans lesquels la dalle, les pieds droits et le radier constituent une structure rigide en béton armé ;
- c) Les dalots portiques : analogues aux dalots cadres mais sans radier, les pieds droits étant fondés sur semelles.

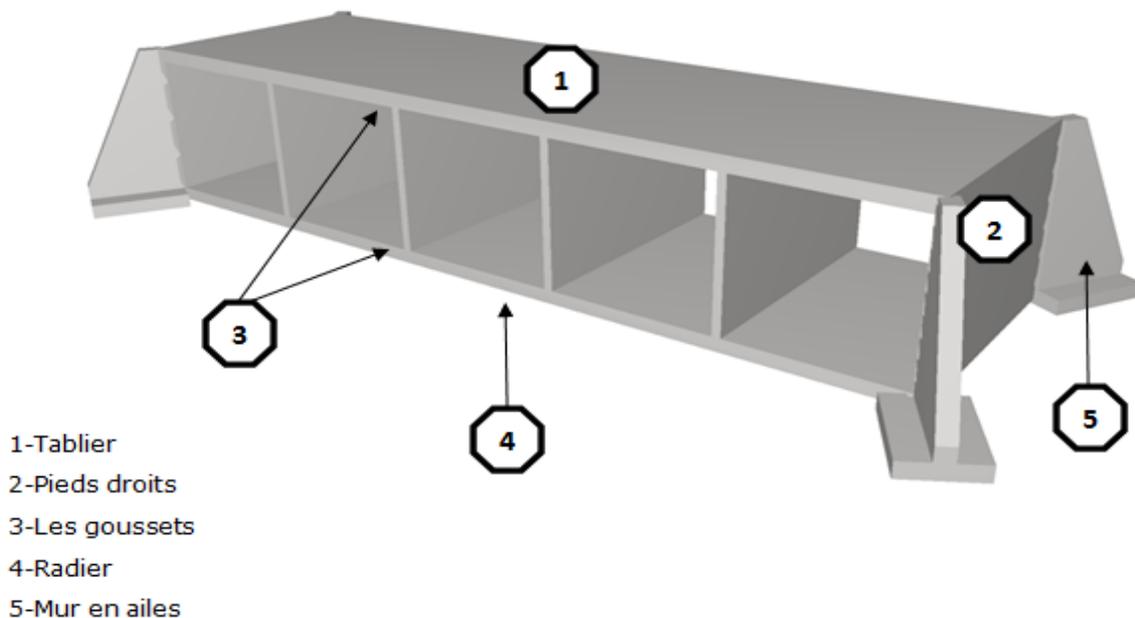


Figure VI-1: Schéma d'un pont-cadre (dalot).

Le dalot est composé de :

- **Tablier** : est une dalle encastrée sur les pieds droits (14x11x0.30) m³
- **Radier** : c'est une fondation superficielle reposant sur béton de propreté (14x11x0.30) m³
- **Pieds droits** : Voiles encastrées sur le radier et la dalle.
- **Mur en ailes** : Il s'agit de murs en T renversé, composés d'un voile vertical de hauteur variable encastré sur une semelle.
- **Les goussets** : Les goussets sont des renforcements triangulaires de l'angle de deux pièces perpendiculaires. Ils sont destinés à améliorer l'encastrement des traverses sur les piédroits, 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, sur tout pour les portées importantes.
- **Le choix des goussets** : choix du gousset dépend de la porte de l'ouverture du dalot (Figures VI-2/3)
- **angle supérieur (coupe droite) :**

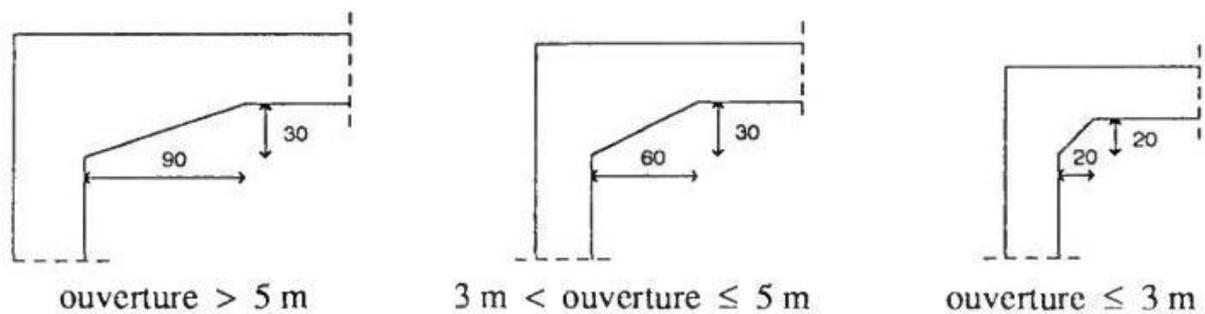


Figure VI-2: Le choix des goussets angle supérieur.

- **angle inférieur (coupe droite) :**

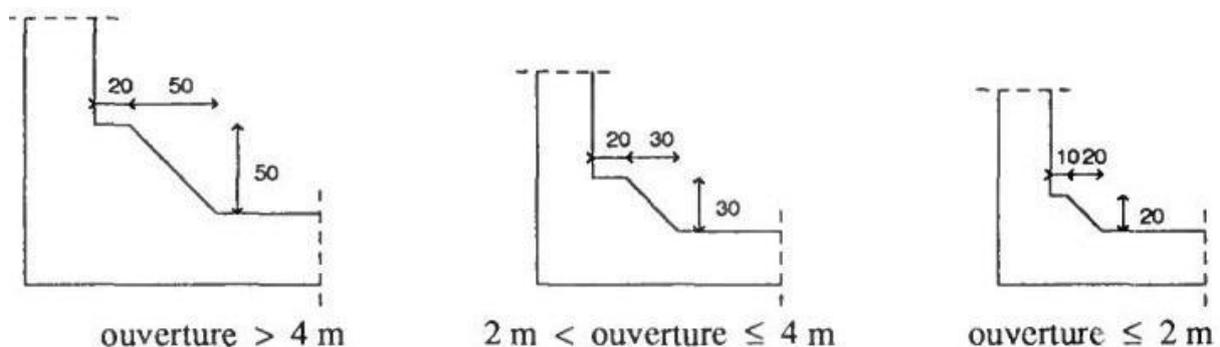


Figure VI-3: Le choix des goussets angle inférieur.

VI.2 Hypothèses relatives aux matériaux :**VI.2.1 Les caractéristiques des matériaux :****VI.2.1.1 Béton :****a. Composition**

Le béton s'obtient après un mélange judicieux de ciment, des granulats et de l'eau.

1. Le ciment :

Le ciment joue le rôle entre produits employés dans la construction, la qualité du ciment et ces particularités dépendent des proportions de calcaire et d'argile ou de bauxite et la température de cuisson du mélange.

2. Les granulats :

Les granulats comprennent les sables et les pierrailles.

➤ Les sables :

Les sables sont constitués par des grains provenant de la désagrégation des roches, la grosseur de ces grains est généralement inférieur à 5mm. Un bon sable contient des grains de tout calibre mais doit avoir d'avantage de gros grains que de petits.

➤ Pierraille :

Elles sont constituées par des grains rocheux dont la grosseur est généralement comprise entre 3 et 25 mm.

Elles doivent être dures, propres et non gélives. Elles peuvent être extraites du lit de rivière (matériaux rousés) ou obtenues par concassage de roches dure (matériaux concassés).

3. Dosage :

On appelle dosage le poids du liant employé pour réaliser un mètre cube de béton. Dans notre ouvrage le béton armé est réalisé avec des mélanges contenant 350 Kg de CPA par mètre cube mis en œuvre. Ce dosage est destiné à offrir les garanties de résistance escomptées et à présenter une protection efficace de l'armature.

VI.2.1.1.1 Préparation d'un mètre cube en béton :

Pour chaque classe de gravier pour le sable et le ciment et l'eau, il faut déterminer les proportions adéquats dans un mètre cube de béton.

A titre indicatif voici le tableau des compositions d'un mètre cube de béton :

Tableau VI-1-: Des compositions d'un mètre cube de béton.

Les composantes	Graviers 3/25	Sable 0/3	Ciment	Eau
Volume(l)	800	400	«	180
Poids(Kg)	1200	600	350	180

1. Remarques importantes :

L'eau entrant dans la composition du béton devra être pure, pour assurer l'intégrité des mélanges, les sels en dissolution dans l'eau, s'ils sont en excès peuvent devenir nuisible aux liants.

En règle générale l'eau potable convient pour la fabrication des bétons. la quantité d'eau de gâchage introduite dans la composition du béton influe d'une part Sur la facilite en œuvre de ce dernier et d'autre part, sur sa résistance.

L'étude du béton est très souhaitable, car elle permet d'éviter des surprises désagréables et beaucoup plus coûteuses lors de la construction de l'ouvrage lui même

L'objectif de l'étude est de déterminer les proportions de ciment, granulats et d'eau qui permettent, au moindre prix, d'atteindre la résistance mécanique exigée, une compacité élevée, en même temps qu'une bonne ouvrabilité.

VI.2.1.1.2 Caractéristiques des matériaux:**VI.2.1.1.3 Caractéristiques Physique Et Mécaniques De Béton :****1. Masse Volumique :**

La masse volumique des bétons est comprise entre 2200 et 2400 kg/m³. cette masse volumique peut augmenter avec la modalité de mise en œuvre , en particulier avec la vibration. On prendra dans notre cas une masse volumique de 2500Kg/m³.

2. Coefficient de dilatation :

Sa valeur moyenne est prise égale à de l'acier soit 10. Cette circonstance a permis de développement du béton armé.

3. Retrait Hygrométrique :

Le retrait sous charges et vient s'ajouter au retrait hygrométrique.

4. Fluage :

Au cours de sa vie les bétons subit une variation de son volume lorsque le béton conserve dans une atmosphère séché, il diminue de volume c'est le retrait.

Cette formule valable pour les valeurs de $f_{ch} \leq 60$ Mpa

5. Résistance caractéristique à la compression :

Dans le cas courant un béton est défini par sa résistance à la compression à 28 jours. Cette valeur est déterminée par des essais.

Ces essais consistent en l'écrasement au moyen d'une presse, des éprouvettes constituées par des cylindres droits de béton ayant une section de 200 cm² ($\varnothing = 16 \text{ cm}$) et une hauteur de 32 cm. A partir de la résistance moyenne obtenue, on calcule la résistance caractéristique dans notre cas on prendra comme donnée : $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$.

La norme: BAEL-91 (R-99) (France) préconise pour $j < 28$ jours

$$f_{cj} = \frac{(j \times f_{c28})}{(4.76 + 0.83 j)} \quad \text{pour } f_{c28} \leq 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cj} = \frac{(j \times f_{c28})}{(1.40 + 0.95 j)} \quad \text{pour } f_{c28} > 40 \text{ MPa}$$

6. Résistance caractéristique à la traction :

Résistance caractéristique à la traction du béton à j jours, f_{tj} , est conventionnellement définie par la relation :

$$f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$$

7. Module de déformation longitudinale :

Pour le module de déformation longitudinale :

Les règles BAEL-91 (R-99) le fixe aux valeurs suivantes :

$$E_{ij} = 11000 * (f_{cj})^{1/3} \quad (\text{pour les charges d'une durée d'application } < 24 \text{ h})$$

$$E_{ij} = 3700 * (f_{cj})^{1/3} \quad (\text{pour les charges de longue durée}).$$

8. Coefficient de poisson :

$$v = 0 \quad \text{pour le calcul des sollicitation}$$

$$v = 0.20 \quad \text{pour le calcul des déformations}$$

VI.2.1.2 Acier :

L'acier est un matériau caractérisé par une bonne résistance aussi bien en traction qu'en compression.

Sa bonne adhérence au béton, constitue un matériau homogène.

Les armatures utilisées sont de types :

VI.2.1.2.1 Aciers ronds lisses ‘RL’ :**1. Les caractéristiques des Aciers naturels FeE 24 :**

- La limite élastique : 235 MPa
- La contrainte de rupture : 410 à 490 MPa
- L'allongement est de l'ordre : 1.175 %

2. Les caractéristiques des Aciers naturels Fe E 22 :

- La limite élastique : 215 MPa
- La contrainte de rupture : 380 à 490 MPa
- L'allongement limite est de l'ordre de : 1.075 %

VI.2.1.2.2 Aciers à haute adhérence ‘HA’ :

Ce sont des aciers de type 1 de nuance. Fe E 400 caractérisées par :

- La limite élastique : 400 MPa
- La contrainte de rupture 480 MPa
- L'allongement est de l'ordre de 1 %

VI.2.1.2.3 Module d'élasticité de l'acier :

$$ES = 2.105 \text{ MPa}$$

VI.2.1.2.4 Contraintes limites :**1. Contraintes limites à l'ELU :**

$$\sigma_s = fe / \gamma_s \text{ aciers naturels}$$

$$\sigma_s = 1.1 fe / \gamma_s \text{ aciers écrouis}$$

Avec :

γ_s : Coefficient de sécurité dépend de type de situation.

$$\gamma_s = 1.15 \quad \text{en situation courante} \quad \sigma_s = 348 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_s = 1 \quad \text{en situation accidentelle} \quad \sigma_s = 400 \text{ Mpa}$$

2. Contrainte limite de service :

Les contraintes limites de l'acier σ_s sont données en fonction de l'état limite d'ouverture des fissures.

- Fissuration préjudiciable : $\sigma_s = \text{Min} (2 fe / 3 ; 150\mu)$.
- Fissuration très préjudiciable : $\sigma_s = (fe/2 ; 110\mu)$.

 μ : Coefficient de sécurité dépend de l'adhérence :

- μ : 1 pour les ronds lisses (RL).
- μ : 1,6 pour les aciers (HA).

Leur rôle est d'absorber les efforts de traction de cisaillement et de torsion on distingue :

- les fers doux (rond, ordinaires...)
- les fers à nuance (tore....) à haute adhérence.

Leur caractéristique de référence est la valeur de la limite d'élasticité.

Dans notre cas on utilisera des aciers naturels FeE 400. A haute adhérence $F_e=400$ Mpa.

VII.3 Programmes de charges statique et dynamique :**VII.3.1 Introduction :**

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

VII.3.2 Les actions permanentes comprennent :

1. Le poids des éléments porteurs : (dalle, les poutres ...).
2. Le poids des éléments non porteurs : dont l'existence est imposée par la fonction de l'ouvrage : (mur en tête le corps de chaussée, glissières ...).

VII.3.3 Les actions variables, de leur cote, comprennent :**1. Les charges d'exploitation :**

Les règlements des charges sur les ponts font partie de l'ancienne génération. Il sont regroupés dans le Fascicule 61 titre I, II, III du cahier de prescriptions commune (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 a 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.3.4 Charges permanentes et compléments des Charges permanentes :

Les charges permanentes comprennent le poids propre de la structure porteuse, et les compléments des Charges permanentes sont des éléments non porteurs et des installations fixes; on les appelle accessoires.

Tableau VII-1: évaluation des charges permanentes totales

Eléments	Largeur (m)	Hauteur (m)	Surface (m ²)	Portée (m)	γ (KN/m ²)	Poids (KN/ml)	Nombre	Poids (KN)
Poutre	0.35	0.70	0.245	30	25	-	2	367.5
Dalle	9	0.38	3.42	30	25	-	-	2565
Poteaux	0.25	1.2	0.0625	-	25	-	12	22.5
BB	5	0.06	0.3	30	23.5	-	-	211.5
Tuf	8	0.2	1.6	30	18	-	-	864
Trottoirs	1	0.2	0.2	30	25	-	2	300
Bordures	0.22	0.2	0.044	30	22.5	-	2	59.4
Garde-corps	-	-	-	30	8.35	-	2	501
							Total	4890.9

VII.3.5 Sous l'action de la poussée des terres et la charge hydraulique :

1. L'action de la poussée des terres :

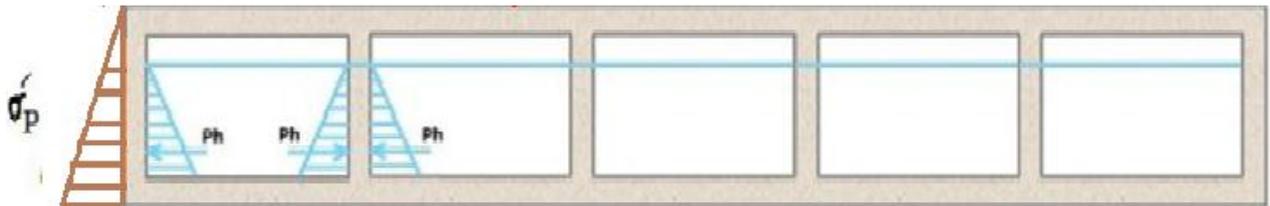


Figure VII-1 : L'action de la poussée des terres sur le dalot.

$P_t = 12H\sigma_p$ avec $\sigma_p = \sigma_v K_p$ et K_p le coefficient de poussée avec

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

Tableau VII-2 : Tableau de σ'_p .

	Sol	Poussée
	pulvérulent $c=0$ $\phi>0$	$\sigma'_p = \sigma'_v K_p$
Cohérents et frotton	A court terme $c>0$ $\phi=0$	$\sigma'_p = \sigma'_v - 2c_u$
	A Long terme $c=c'$ $\phi\neq 0$	$\sigma'_p = \sigma'_v - 2c' \sqrt{k_p}$

Avec : $K_p = tg^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} \right)$ et $\sigma'_v = g H$.

$P_p = \frac{1}{2} H \sigma'_p$ et l'application $H' = \frac{2}{3} H$.

2. la charge hydraulique :

La charge hydraulique (Ph) et de sens contraire par rapport la poussée des terres pour les piédroits sont en contact avec le terrain, pour les piédroits intermédiaires l'application sur les deux sens va annuler la charge hydraulique.

VII.3.6 Calcul des surcharges routières :

On distingue

- La surcharge de type A (L).
- Système B. (B_r, B_c, B_t).

a. La largeur roulable (L_r)

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

b. La largeur chargeable (L_c)

La largeur chargeable se déduit de la largeur roulable, en enlevant une bande de 0,50m de long de chaque dispositif à retenue (glissière de sécurité ou bordure) lorsqu'il en existe.

c. Dans notre projet on a : $L_r = 7$ m. et $L_c = 7$ m

d. Le nombre de voie

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

$$N_v = E \left(\frac{L_c}{3} \right)$$

Avec : L_c : la largeur chargeable
E : la partie entier du résultat

Donc : $N_v = E \times \frac{7}{3} = E 2,33$ d'où $N_v = 2$ voies

e. Classe de ponts routes

On distingue trois classes de ponts, en fonction de leurs largeurs roulable

Tableau VII-3 : Tableau de Classe de pont.

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

On a $L_r = 7$ m donc notre pont est classé dans la 1^{ère} classe.

VII.3.6.1 Système de charges A(L)

Ce système se compose par des charges uniformément réparties d'intensité variable suivant la largeur surchargée et qui correspond à une ou plusieurs fils de véhicules à l'arrêt sur le pont.

La valeur de A(L) est donné par :

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

Avec :

L : la portée du pont

Cette valeur de A(L) est à multiplier par des coefficients de corrections

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

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

a_1 et a_2 , les valeurs du coefficient a_1 sont données dans le tableau suivant :

Tableau VII-4 : Tableau de Coefficient de dégressivité transversale de la charge.

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	-	-	-

$$a_2 = \frac{V_0}{V} \quad \text{avec } V = \frac{Lc}{N_v} = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ m}$$

V_0 : dépend de la classe du pont

$$V_0 = \begin{cases} 3,5\text{m} \rightarrow \text{pont du } 1^{\text{ere}} \text{ classe.} \\ 3\text{m} \rightarrow \text{pont du } 2^{\text{eme}} \text{ classe.} \\ 2,75\text{m} \rightarrow \text{pont du } 3^{\text{eme}} \text{ classe.} \end{cases}$$

Dans notre cas on a $v_0 = 3,5 \text{ m}$ (pont du 1^{ere} classe)

$$a_2 = \frac{3,5}{3,5} = 1$$

➤ **Une voie chargée :**

Pont de 1ere classe nombre de voies chargée = 1 → $a_1 = 1$ et $a_2 = 1$

$$A(L)_1 = \max (a_1 \times A(L) ; 4 - 0,002L)$$

$$A(L)_1 = \max (1 \times 1,289 ; 4 - 0,044)$$

$$A(L)_1 = 3,94 \text{ t/ml}$$

$$A(L)_2 = a_2 \times A(L) \text{ 1}$$

$$A(L)_2 = 3,94 \text{ t/ml}$$

➤ **Deux voies chargées:**

Pont de 1ere classe, nombre de voies chargées = 2 → $a_1 = 1$ et $a_2 = 1$

$$A(L)_1 = \max (a_1 \times A(L) ; 4 - 0,002L)$$

$$A(L)_1 = \max (1 \times 1,289 ; 4 - 0,044)$$

$$A(L)_1 = 3,94 \text{ t/ml}$$

$$A(L)_1 = a_2 \times A(L) \text{ 1}$$

$$A(L)_1 = 3,94 \text{ t/ml}$$

Tableau VII-5 : Tableau de Charge A (L) par voie.

Nombre de voies	a_1	a_2	A(L)	Largeur de voie	$A_2(L)$ (t/ml)
1	1	1	1,289	2,5	3,94
2	1	1	1,289	2,5	3,94

VII.3.6.2 Système de charges B :

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

- Sous système B c : ce compose de camions types (30T).
- Sous système B r : ce compose d'une roue isolée.

- Sous système Bt : ce compose de groupes de deux essieux dénommés essieux tandems (8T).

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

VII.3.6.2.1 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 (cf.Art.2.2) 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 considérées, la valeur des charges du système B c prise en compte est multipliée par le coefficient b_c , donner dans le tableau suivant.

➤ **Tableau VII-6:** Tableau de 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	-	-	-

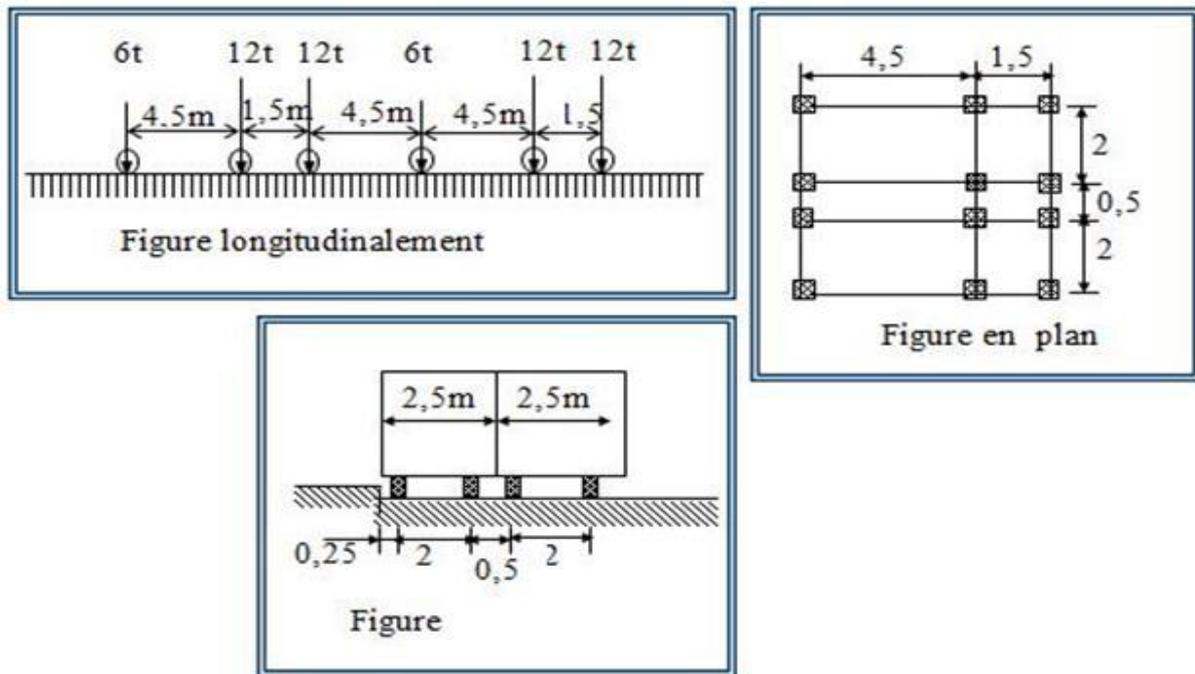


Figure VII-2 : Système Bc.

1^{ère} voie chargée :

$$S_1 = b_c \times N_v \times B_c$$

$$S_1 = 1,2 \times 1 \times 60 = 72 \text{ t}$$

2^{ème} voie chargée :

$$S_1 = 1,2 \times 2 \times 60 = 144 \text{ t}$$

D'où $S = 144 \text{ t}$

➤ Coefficient de majoration dynamique :

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2L} + \frac{0.6}{1 + 4 \frac{G}{144}}$$

Tel que :

L : la longueur de l'élément, $L = 30 \text{ m}$.

S : la surcharge maximale, $S = 144 \text{ t}$

G : la charge permanente, $G = 489,09 \text{ t}$.

$$\delta_{bc} = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times 22} + \frac{0.6}{1 + 4 \times \frac{489,09}{144}} \quad \delta_{bc} = 1,115$$

VII.3.6.2.2 Sous Système Bt :

Un tandem du système Bt est applicable seulement sur la 1^{ère} et 2^{ème} classe, il comporte deux essieux (2x16t), chaque un à deux roues simples qui répond aux caractéristiques suivantes

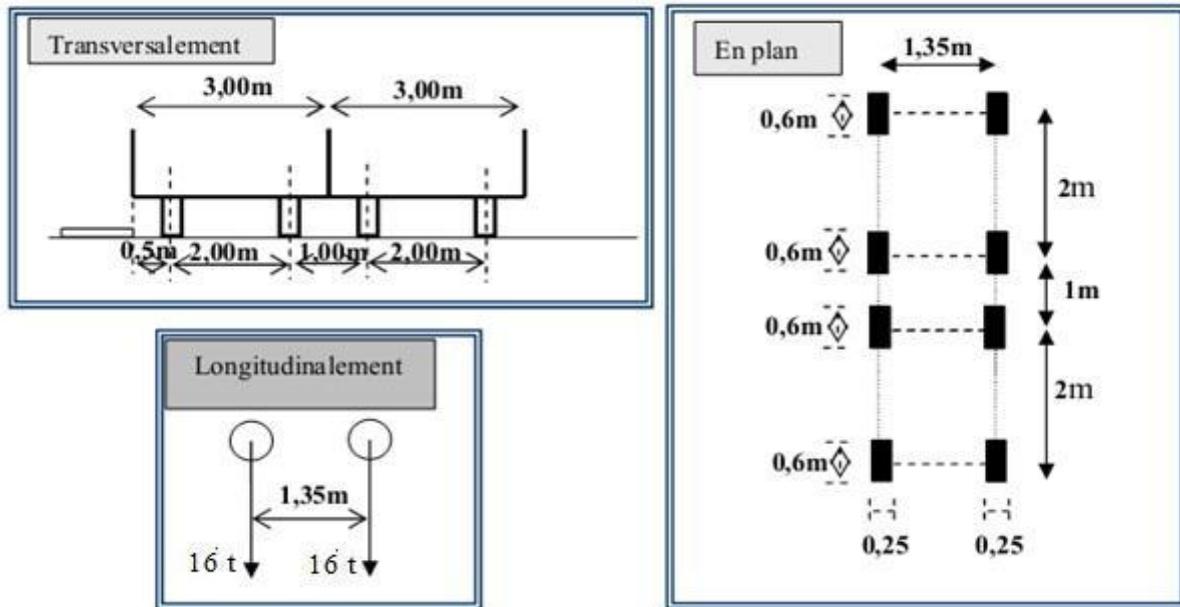


Figure VII-3: Système Bt.

Les valeurs des charges du système Bt prise en compte son multiplié par le coefficient bt.

Les charges du système Bt sont frappées par un coefficient de majoration dynamique δ :

$$L = 30$$

$$G = 489,09 \text{ t}$$

bt = 1 pour les ponts du première classe.

$$S = 64 \times 1 = 64 \text{ t}$$

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times 30} + \frac{0.6}{1 + 4 \frac{489,09}{64}} = 1,076$$

Tableau VII-7 : Tableau de Charge (Bt) par tandem.

Désignation	S	Bt	δ	essieu (16t)
1 Tandem	32	1	1,076	34,43
2 Tandems	64	1	1,076	68,86

VII.3.6.2.3 Système Br :

Le système Br se compose d'une roue isolée transmettant un effort de 10 t à travers une surface d'impact rectangulaire de 0,6 ´ 0,3m, qui peut être placée n'importe où sur la largeur roulable pour avoir le cas le plus défavorable.

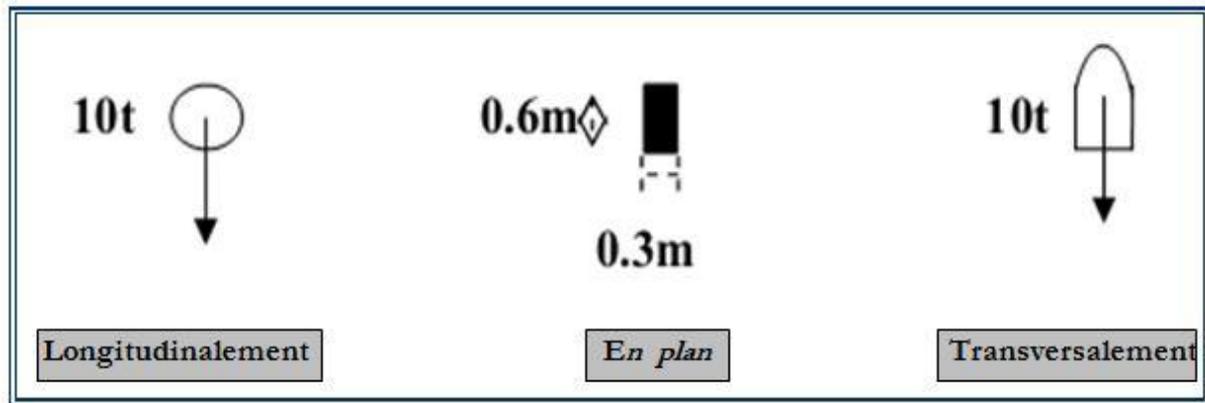


Figure VII-4: Système Br.

La charge de système Br est frappée par un coefficient de majoration dynamique δ :

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times 30} + \frac{0.6}{1 + 4 \frac{489,09}{10}} = 1,06$$

$$L = 30$$

$$G = 489,09 \text{ t}$$

$$S = 10 \text{ t}$$

Tableau VII-8: Tableau de Charge (br).

Désignation	S	δ	Roue (10t)
Br	10	1,06	10,6

VIII.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. Présentation du logiciel Cype :



**Software pour l'Architecture et
l'Ingénierie de la Construction**

Figure VIII-1 : Le logo de logiciel.

VIII.2.1 Définition de la société CYPE :

CYPE est une société espagnole de plus de 25 ans d'expérience dans l'édition de software, composée de plus de 130 personnes.

CYPE crée des logiciels qui allient puissance de calcul, fiabilité et rapidité, afin de coller au mieux aux besoins des professionnels du BTP ayant à réaliser des études techniques.

VIII.2.2. Domaines d'utilisation : le logiciel Cype peut du utilisé pour

- Etudes Structures et Gros Œuvre.
- Etudes Fluides et Second Œuvre.
- Economie et Gestion de Projets.

VIII.2.2.1 Etudes Structures et Gros œuvre : englobent

- CYPECAD: bâtiments béton armé, acier, mixtes.
- Structures 3D: ossatures acier, bois, alu...
- Eléments de soutènement.
- Eléments de fondation.

VIII.2.2.2 Etudes Fluides et Second Oeuvre : englobent

Cypebat, une plateforme unique pour les études :

- Acoustique: conformité NRA .
- Thermique: conformité RT2005.
- Climatique: Installations de chauffage et climatisation... en projet (modules existants en Espagne).
- Incendie: installations, évacuation, compartimentage.
- Autres installations techniques:

Plomberie, Ventilation, Energie solaire thermique, Gaz, Eclairage, Electricité courants forts et faibles,

VIII.2.2.3. Economie et Gestion de Projets : englobent

- CypeDQE: Détails descriptifs, quantitatifs, estimatifs.
- Générateur de prix: BDD technique et économique de matériaux et matériels de la construction.

VIII.3. Présentation du logiciel PICF-CYPE 2014 :

PICF-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 tridimensionnel 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 R 90 (Espagne).
- RSA (Portugal).

VIII.4. Méthode utilisée par logiciel :

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

VIII.4.1. Méthode des éléments finis :

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

➤ **Principes généraux de la méthode des éléments finis :**

Dans le cas de 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 noeuds 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 noeuds 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 U des déplacements aux noeuds de la structure) fait correspondre un champ de sollicitations défini de même façon par les composantes F des forces aux noeuds.

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

[K] : Matrice de rigidité.

{U} : Les composants du déplacement des noeuds.

VIII.4.2. La discrétisation ou le maillage :

Cette méthode est basée sur un principe de discrétisation ou divise 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 noeuds de gauche vers la droite et du bas en haut comme représentée sur (**Figure VII**).

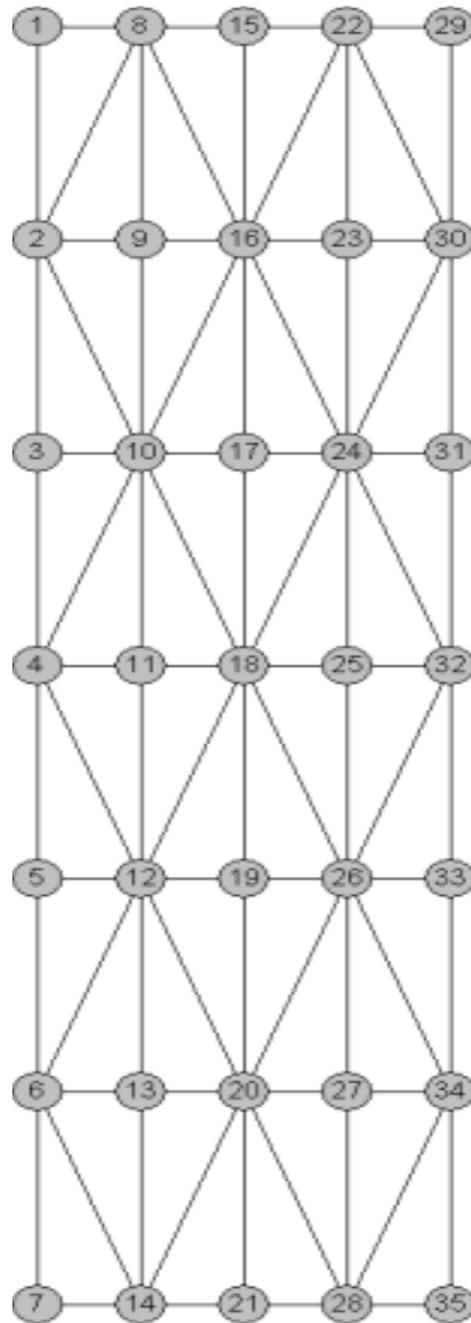


Figure VIII-2 : Modèle de maillage fait par logiciel picf-cype pour le tablier.

VIII.5. Les actions :

Les actions prises en compte par le logiciel sont entre autre le poids propre, la poussée du terrain, les charges appliquées sur le tablier (convois civils, remblai).

VIII.6. La légende pour les efforts internes :

Tableau VIII-1: La légende pour les efforts internes.

Abréviation	Signification	Unités
N_x	Effort normal X	KN/m
N_y	Effort normal Y	KN/m
N_{xy}	Effort normal XY	KN/m
M_x	Moment fléchissant X	KN·m/m
M_y	Moment fléchissant Y	KN·m/m
M_{xy}	Moment fléchissant XY	KN·m/m
Q_x	Effort tranchant X	KN/m
Q_y	Effort tranchant Y	KN/m
D_x	Déplacement X	mm
D_y	Déplacement Y	mm
D_z	Déplacement XY	mm
G_x	Rotation X	mRad
G_y	Rotation Y	mRad
G_z	Rotation Z	mRad

VIII.7. Les résultats

La note de calcul présentée comprend :

- Les normes et les matériaux utilisés par le logiciel
- La géométrie
- Le terrain : c'est la valeur du module de réaction, la contrainte admissible, le poids volumique,
- l'angle de frottement interne et celui de transmission des charges
- Les actions générées : les actions générées sont les surcharges, le poids propre et les charges en bande
- La combinaison : c'est les résultats des différentes sollicitations à l'ELU et à l'ELS entre les actions c'est-à-dire les sollicitations.
- Le ferrailage : c'est le plan de ferrailage et les diamètres des différents fers.
- Le quantitatif : c'est la quantité de fer pour chaque élément du dalot à part cela, nous avons le plan de coffrage qui nous est offert ainsi que le plan de ferrailage de tous les éléments

constitutif. Nous pouvons donc l'exporter sous plus d'un format comme AutoCad, PDF, DOCX,...

VIII.8. Les extensions

Après modélisation et calcul, les résultats fournis par le logiciel peuvent être donnés sous plusieurs formats, parmi lesquels on a :

- Le format Autocad : les plans de ferrailage son extensible en Autocad ; ceci nous permet de modifier certaines présentations et de faire des mises en formes à notre guise. Que ce soit la couleur ou l'épaisseur de certains traits.
- Le format PDF : pour une impression facile.
- Le format DOCX : c'est un format de Word pour facilite la modification des textes et l'assemblage des résultats.
- Le format JPG : étant un format image on peut visualiser nos résultats sous forme d'image.

VIII.9. La présentation en 3D :

Cette présentation permet de voir et d'apprécier la structure en 3D dans toutes ses formes et tous ses côtés et pour vérifier les épaisseurs les données géométriques remplissent.

Après l'ouverture le logiciel Cypecad comme il est dans la figure 11 en va choisies l'application de ponts-cadre picf pour accéder a le dimensionnement et la justification de ponts-cadres en béton armé de section rectangulaire ou trapézoïdale, unis ou multicellulaires, pour les passages inférieurs de routes et les ouvrages de drainage. Tracé polygonal libre en vue en plan et en élévation.

VIII.10. Introduction des donnes :

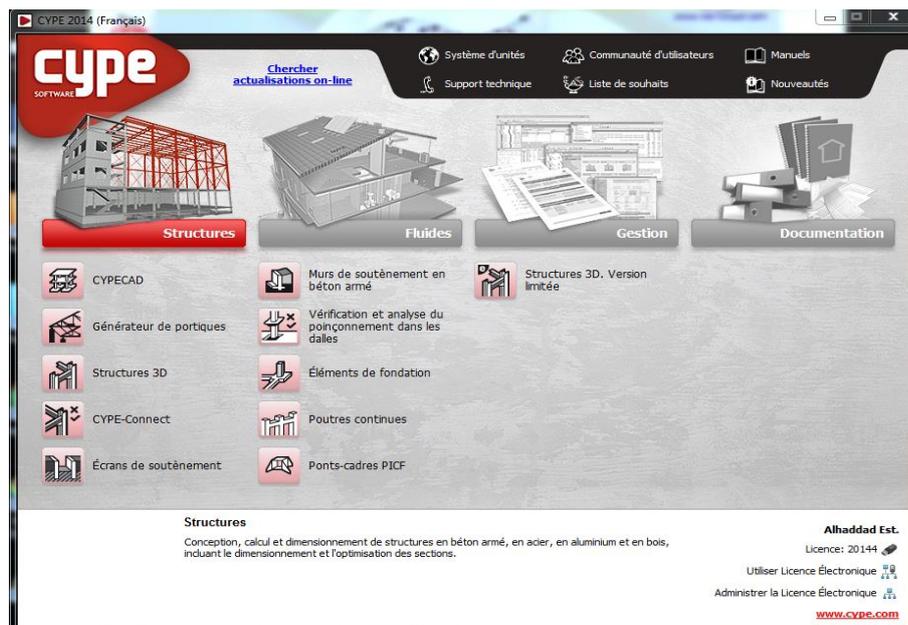


Figure VIII-3 : Fenêtre de démarrage des applications cype.

VIII.11. Les étapes à suivre dans PicfCype :

➤ Nom de fichier :

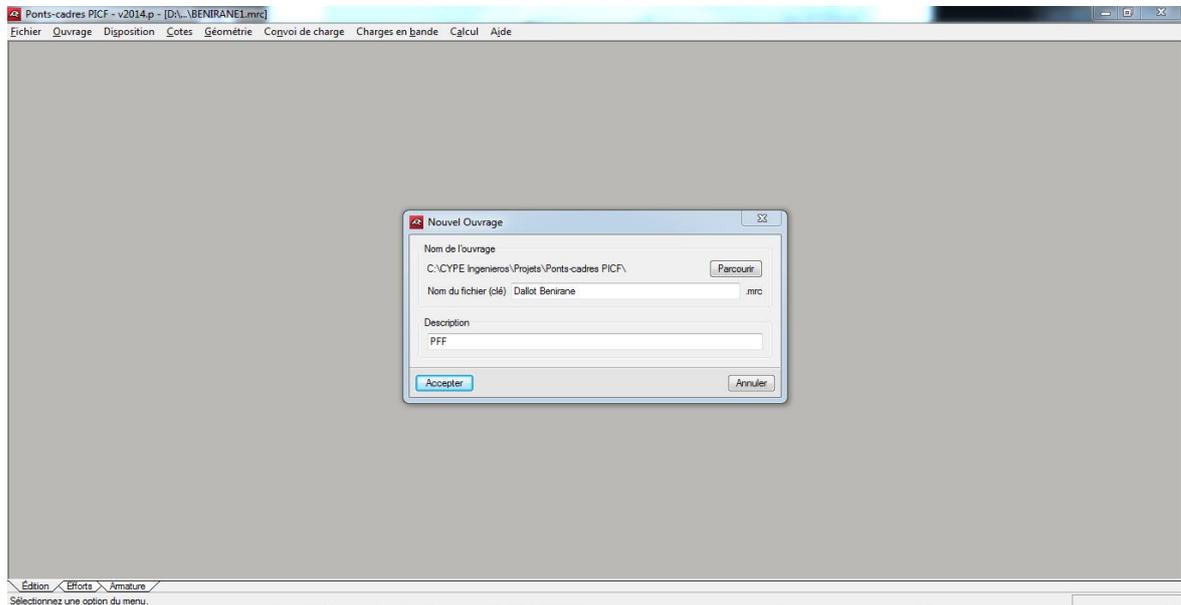


Figure VIII-4 : Nom d'un fichier.

➤ Le choix de l'assistant :

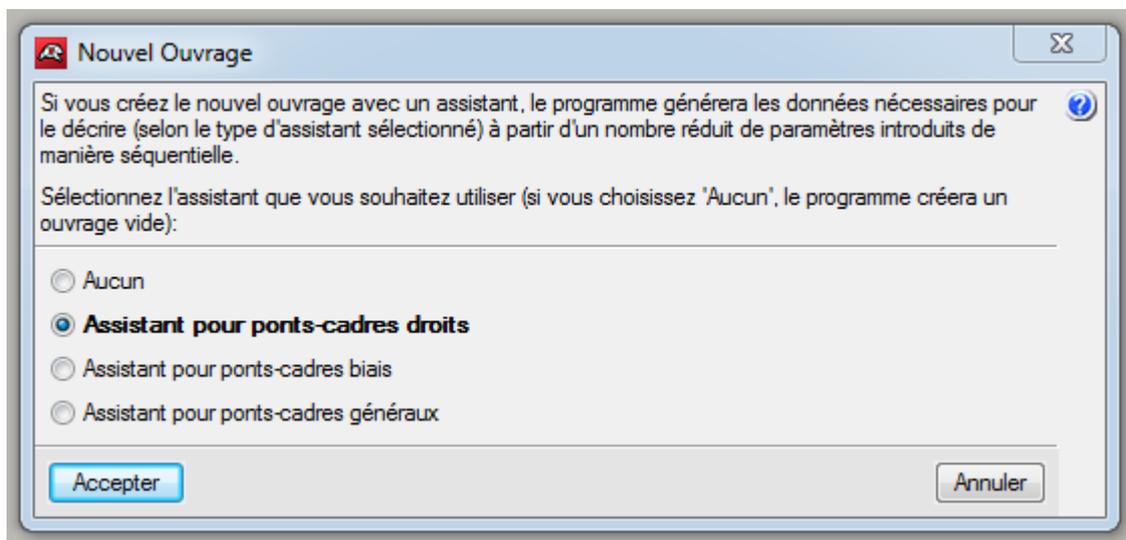


Figure VIII-5 : Choix de type de la géométrie de l'ouvrage.

Sélectionnez l'assistant que vous souhaitez utiliser :

- **Aucun.** Le programme ouvrira un document vide.
- **Assistant pour les ponts-cadres droits.**

Il permet de définir un pont -cadre avec bords libres et piédroits parallèles, c'est-à-dire avec dalle rectangulaire. A titre d'exemple, les données à introduire sont décrites ci-dessous. Pour les autres types de ponts-cadres, les données varient légèrement.

Cet assistant vous demande le gabarit ou la hauteur intérieure libre des modules, la portée et la longueur totale des modules. La cote du plan supérieur de roulement n'est pas à introduire. Ce plan sera donné par l'épaisseur de la dalle supérieure qui est fonction de la portée libre (voir la table présentée précédemment).

- **Assistant pour les ponts-cadres biais :**

Il permet de définir un pont -cadre avec des bords libres d'angle variable et des piédroits parallèles.

- **Assistant pour les ponts-cadres généraux :**

Il permet de définir un pont -cadre avec des bords libres et des piédroits d'angle variable.

Quel que soit l'assistant utilisé,

Remarque :

Dans notre cas en a choisi le 2eme choix « Assistant pour les ponts-cadres droits ».

➤ **Définition de géométrie :**

Le programme utilise le critère suivant de dimensionnement des épaisseurs :

Tableau VIII-2 : Tableau des épaisseurs de tablier et de radier.

Portée	Epaisseur de tablier	Epaisseur de 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
$L \geq 7$	$0.0835 \times L^2 + 0.10$	$0.0816 \times L^2 + 0.10$

Pour tous les assistants, les plans de roulement générés sont horizontaux

Tableau VIII-3 : Le choix de gabarit et épaisseur piédroit.

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

Le remplissage des données géométriques pour notre ouvrage :

$$G = 3,4\text{m}$$

$$Le = 9\text{m}$$

$$Li=30\text{m}$$

L'ouverture dans un cas d'un dalot en prend l'ouverture général et après en va diviser avec une autre fonction. Il faut noter que lorsqu'on a un dalot multicellulaire, il va falloir générer ces ouvertures car à l'introduction des données on introduit la longueur et la largeur totale en considérant le dalot comme étant à une seule ouverture. C'est après avoir généré le modèle qu'on passe à la subdivision des cellules.

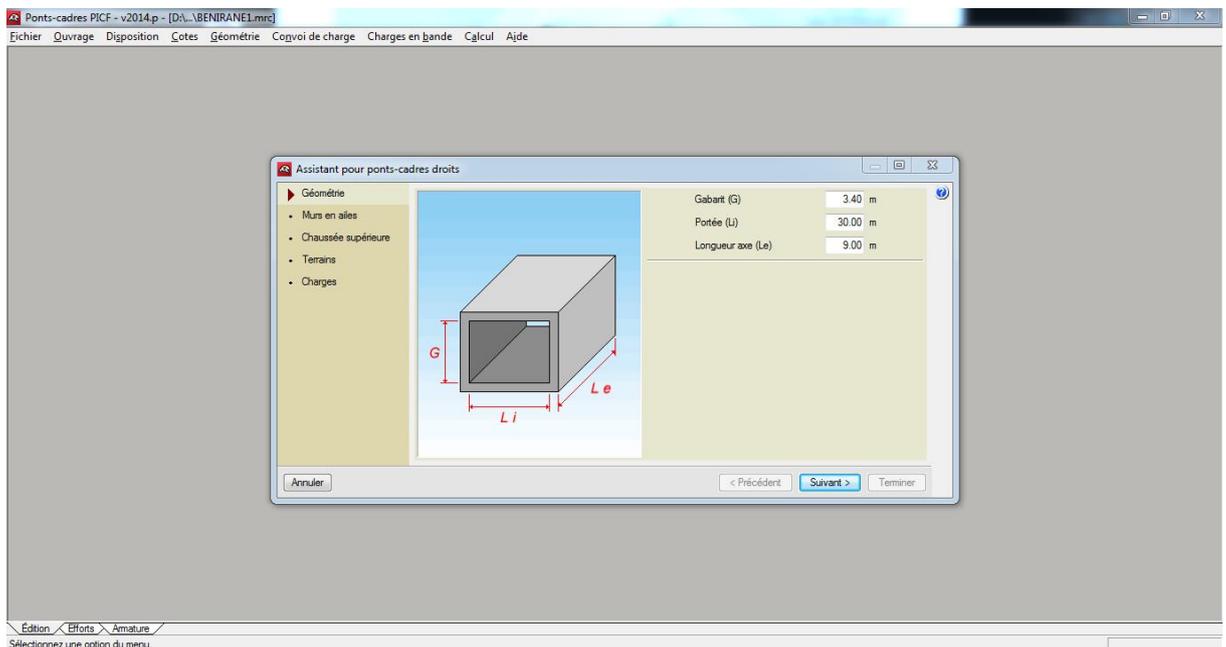


Figure VIII-6 : La définition de géométrie de notre ouvrage d'art.

➤ Murs en ailes :

Vous pouvez activer ou non la présence de murs en aile et leurs orientations. Le programme génère la charge sur le remblai présent sur l'extrados des murs en aile en fonction du sinus de l'angle en prolongation. Par exemple, en supposant que l'on ait une surcharge de 1 t/m², un angle de 0 degrés génère 0 t/m² de surcharge, un angle de 45 degrés génère 0,7 t/m² et un angle de 90 degrés génère 1t/m².

Remarque : Pour notre projet en a choisie $\phi = 30^{\circ}$

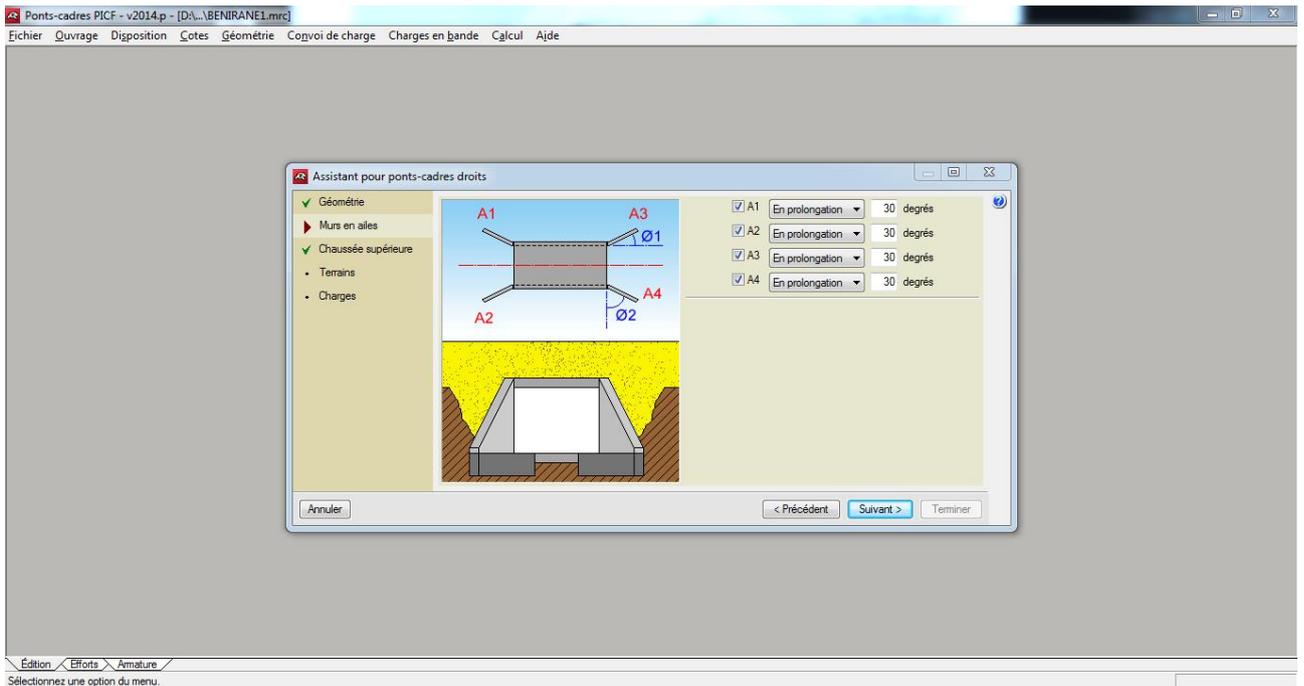


Figure VIII-7: La définition des murs en ailes et leur orientation.

➤ **La chaussée supérieure :**

La définition de la position de la chaussée et sens coordonnée axe et largeur A et l'angle ϕ de l'inclinaison par rapport le vertical avec hauteur par rapport radier (h).

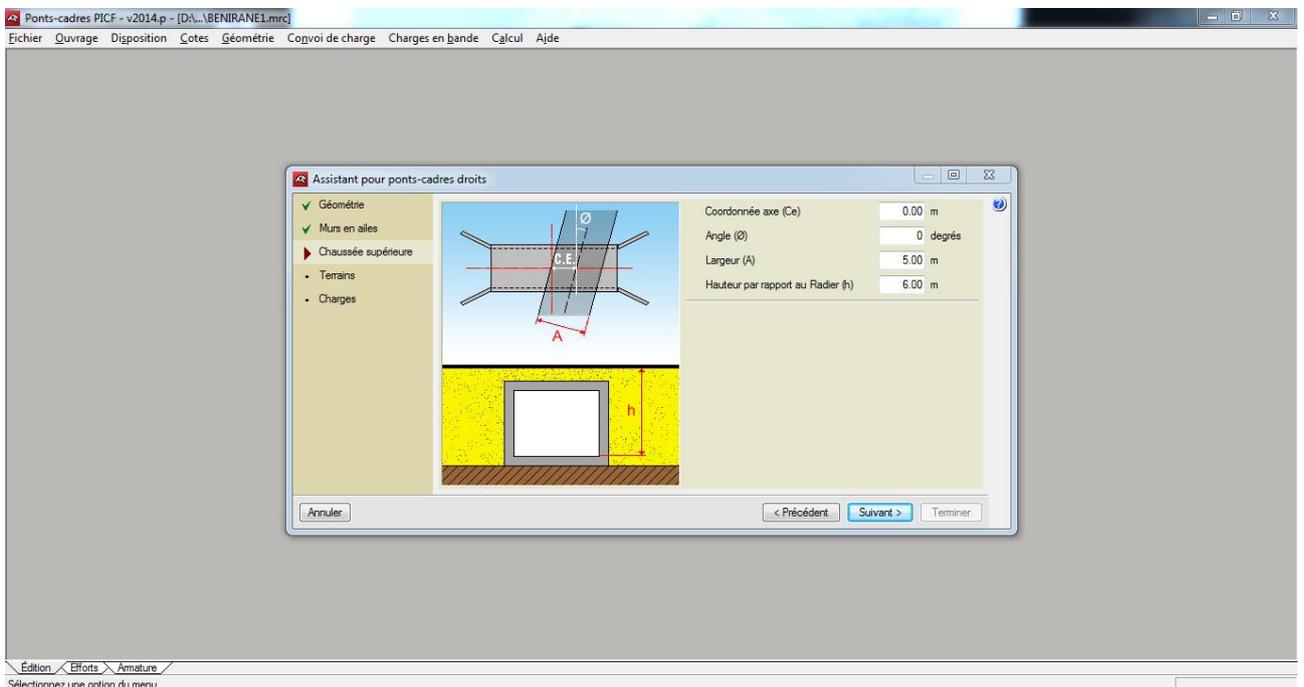


Figure VIII-8 : La définition de la position de la chaussée par rapport l'ouvrage.

➤ **Le chargement :**

Le choix de chargement sur le radier si la charger hydraulique et la charge sur la chaussée seulement en va choisies règlement et pour notre projet le règlement française CPC fascicule 61 titre II classe 1.

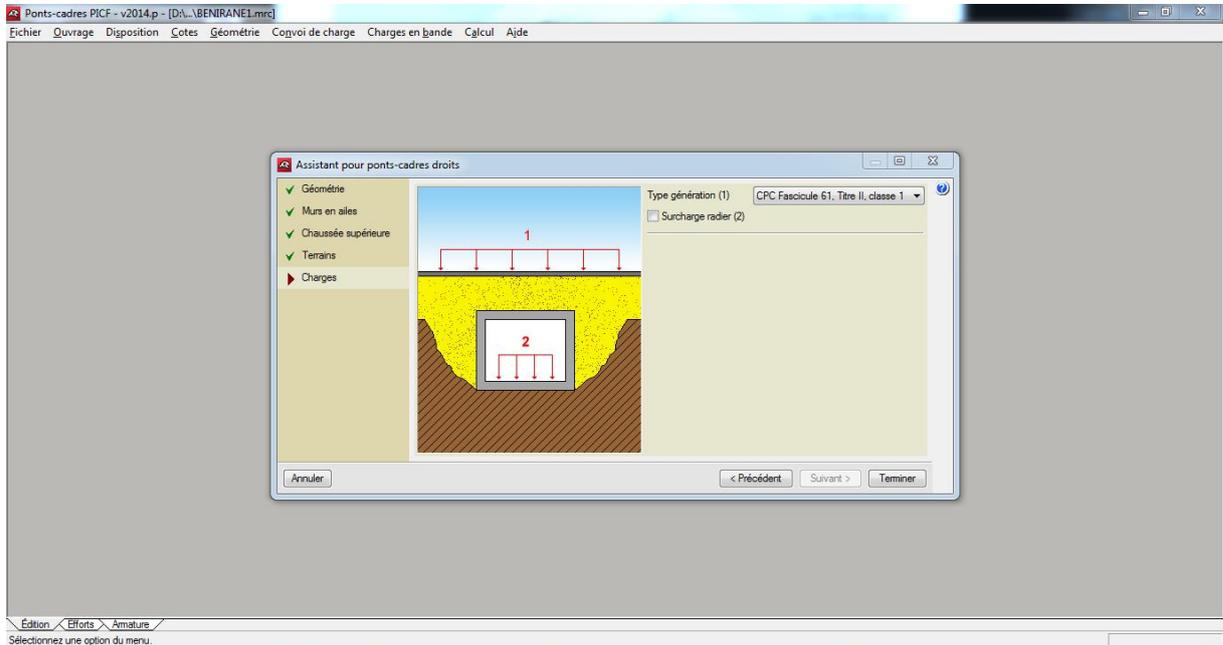


Figure VIII-9 : Les charges sur le radier et la chaussée.

➤ **La fiche des donnes :**

Un résumé des paramètres de génération du pont-cadre s'affiche sur la figure suivante pour la vérification.



Figure VIII-10 : Fiche des donnes.

Une fois la génération terminée, l'utilisateur peut modifier toutes les données qu'il désire.

➤ **L'affichage de projet :**

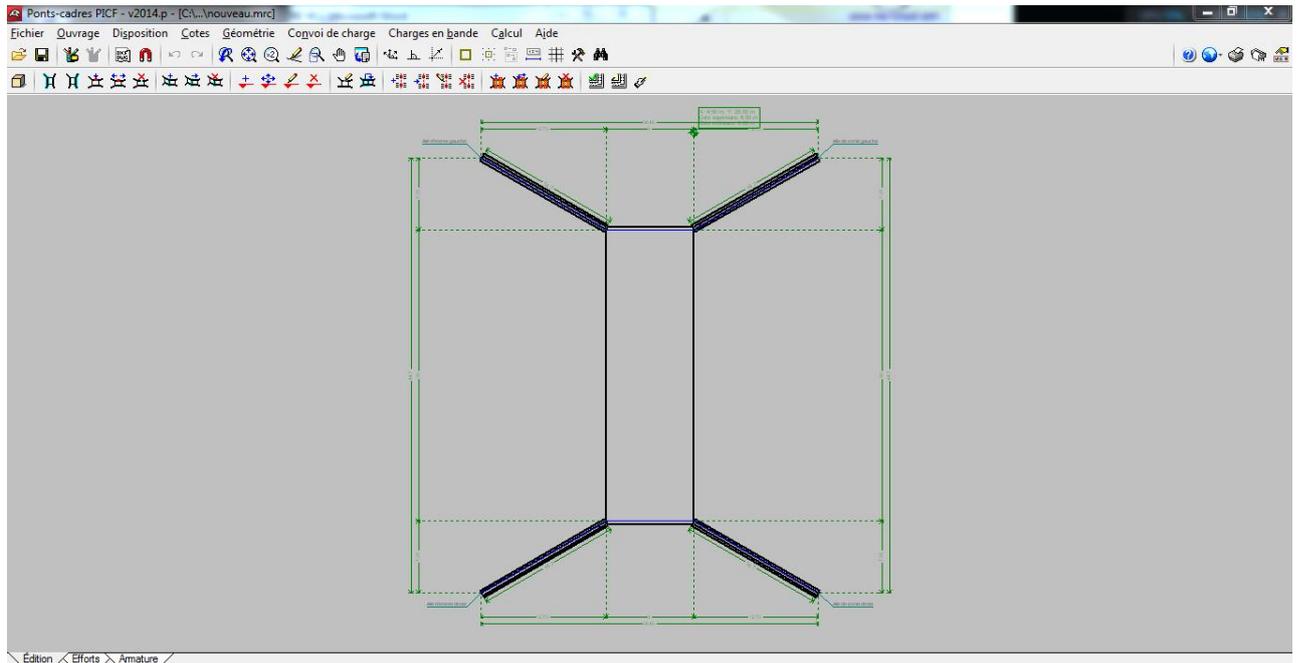


Figure VIII-11: L'affichage de projet.

➤ **Résultat final :**

La figure suivante représente la fin de la partie de la modélisation sur un plan avec les cotations.

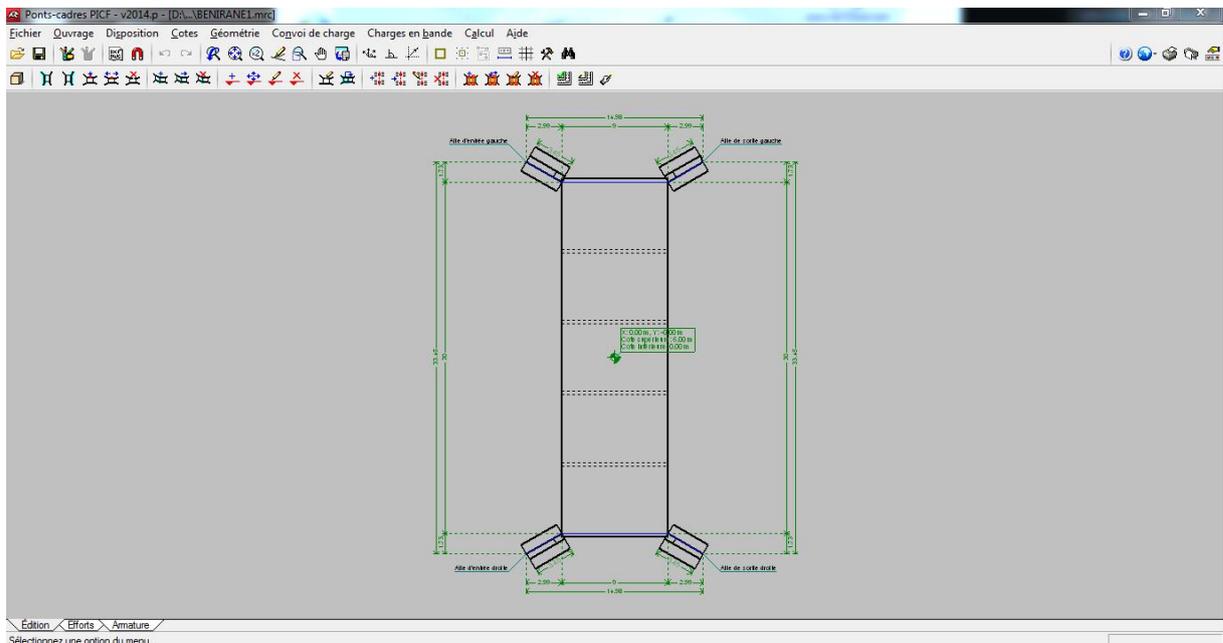


Figure VIII-12 : Le résultat final de la construction.

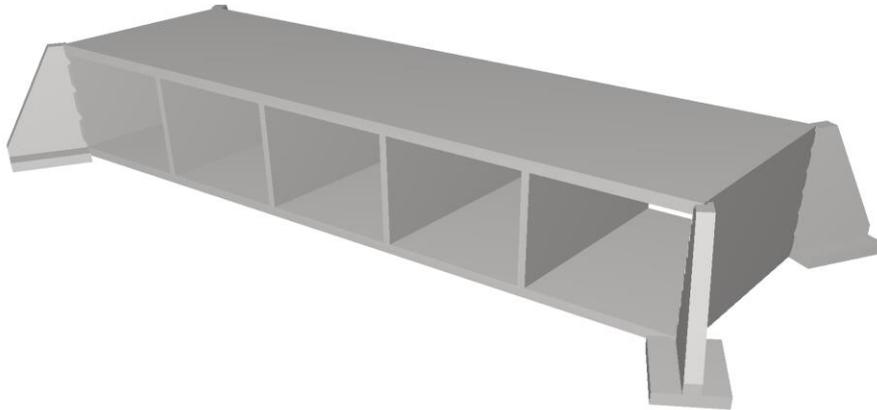
➤ **Vue 3D :**

Figure VIII-13 Vue 3D de la construction.

➤ **L'analyse de l'ouvrage :**• **La définition des matériaux :**

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

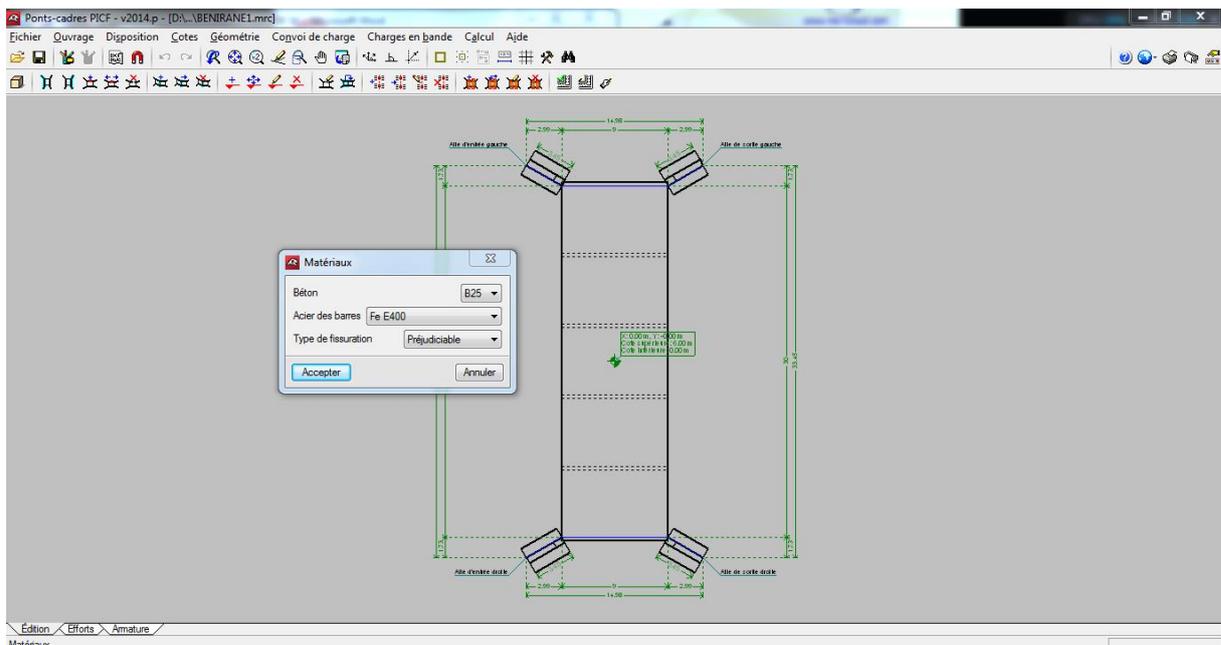


Figure VIII-14 : Définition des matériaux.

➤ **Les données générales sur l'ouvrage :**

La fenêtre représente le remplissage de les donnée généra les suivantes :

Sur les terrains, le remblai, la géométrie, les charges, les paramètres de béton armé (enrobage diamètre du plus gros granulats).

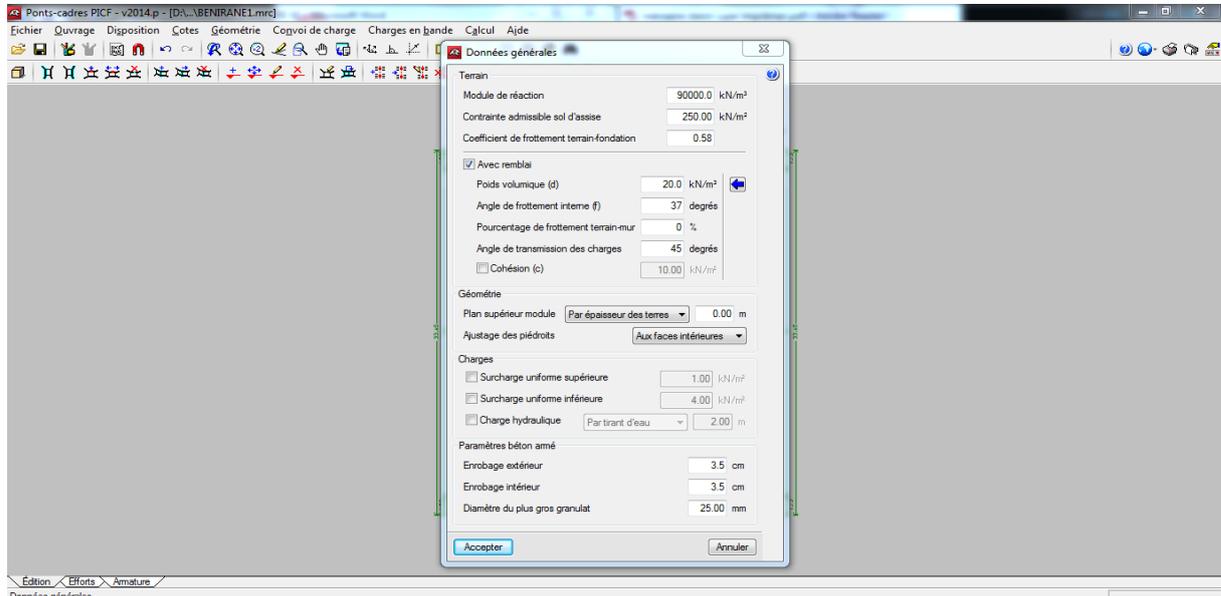


Figure VIII-15 : Les données générales

➤ **Introduction des charges et des surcharges :**

• **Les convois de charge (Bc, Bt, Br):**

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 nouveaux surcharges.

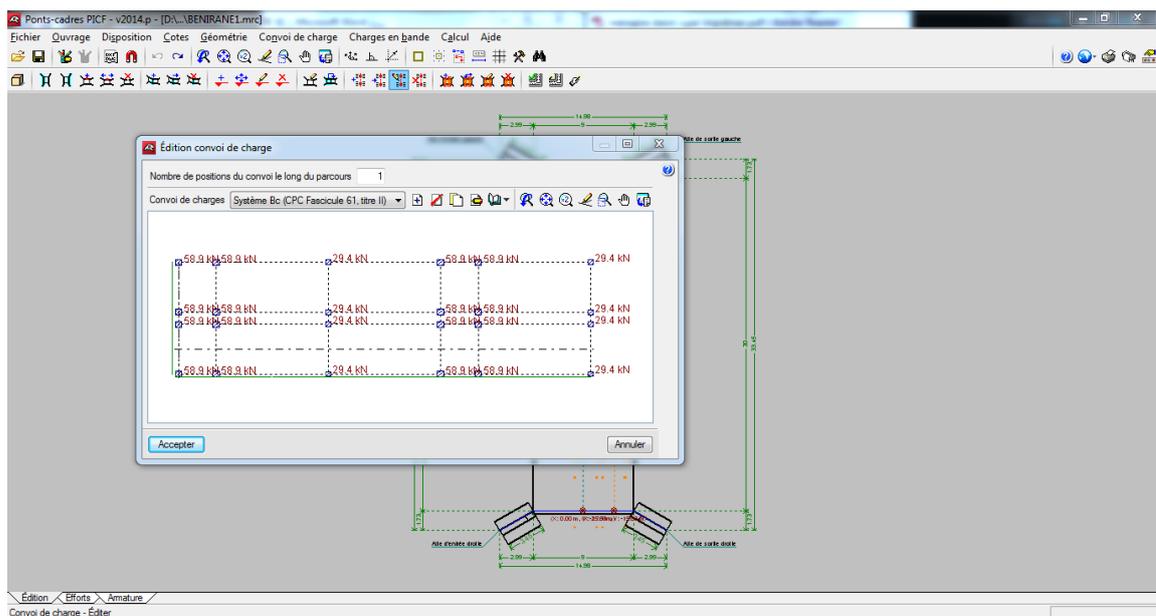


Figure VIII-16 : Les convois de charge (Bc, Bt, Br).

- **Les charges en bande :**

Dans le cas des charges en bande, il tient compte de tous les surcharges qui sont sur le tablier comme le remblai et les murs en têtes... etc.

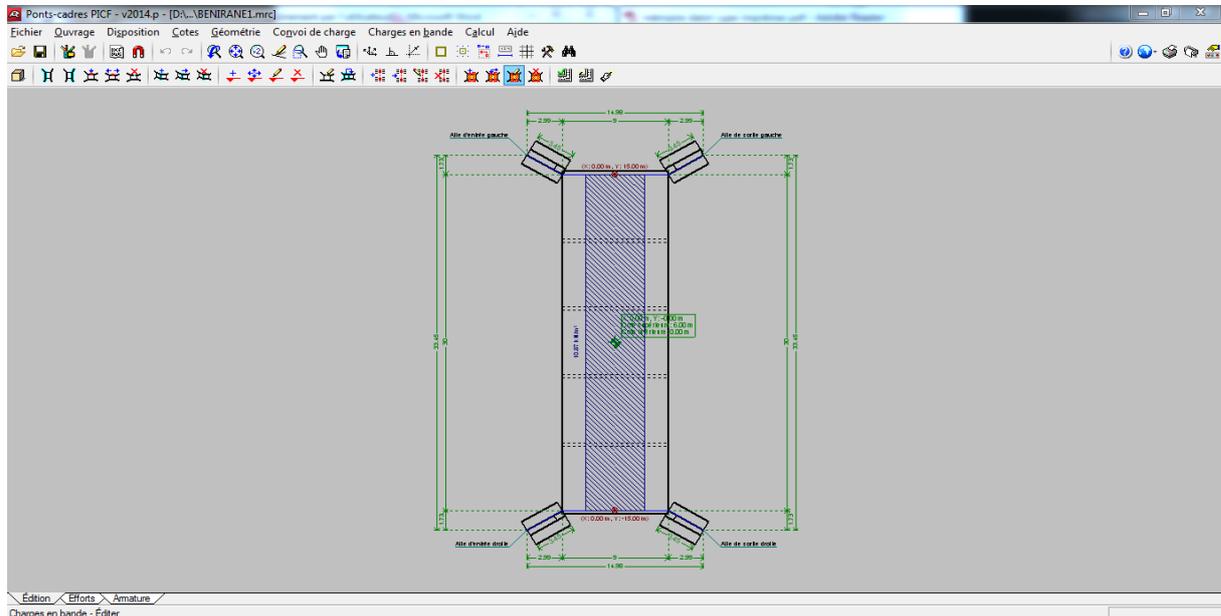


Figure VIII-17: Les charges en bande.

- **La vérification :**

Le logiciel permet de la vérification du pont-cadre. Cette vérification consiste en:

1. Calcul au préalable, s'il n'a pas été fait, des déplacements et efforts de l'ensemble du pont-cadre.
2. Mise en place de l'armature minimale, si elle n'a pas été encore définie. Dans le cas contraire, celle-ci est respectée.
3. Vérification du pont-cadre, avec la possibilité de consulter un récapitulatif des vérifications effectuées. De plus, dans le cas où le pont-cadre présente élément non vérifié, celui-ci sera signalé par une couleur rouge.

Que l'élément en question vérifie ou non les conditions, on peut le sélectionner pour obtenir un récapitulatif des vérifications effectuées.

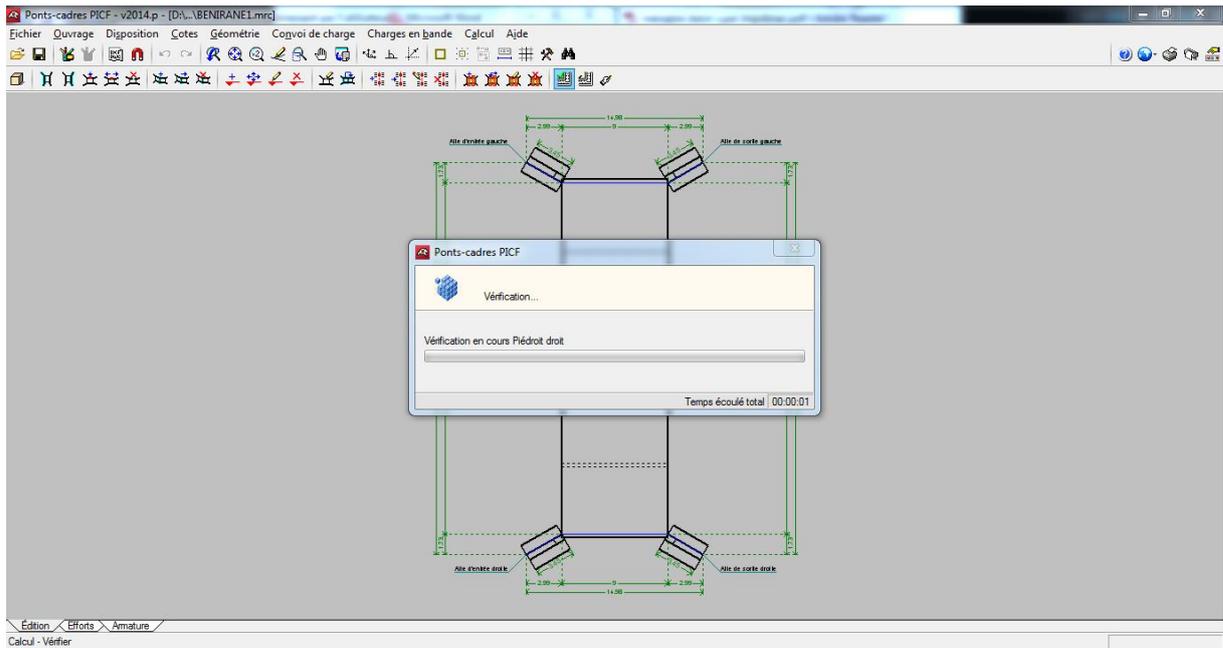


Figure VIII-18: La vérification.

➤ **Les conditions ont été vérifiées :**

Le fichier de la vérification reprend tous les conditions qui sens vérifier et qui sens non pas vérifier par rapporte la norme utilisé.

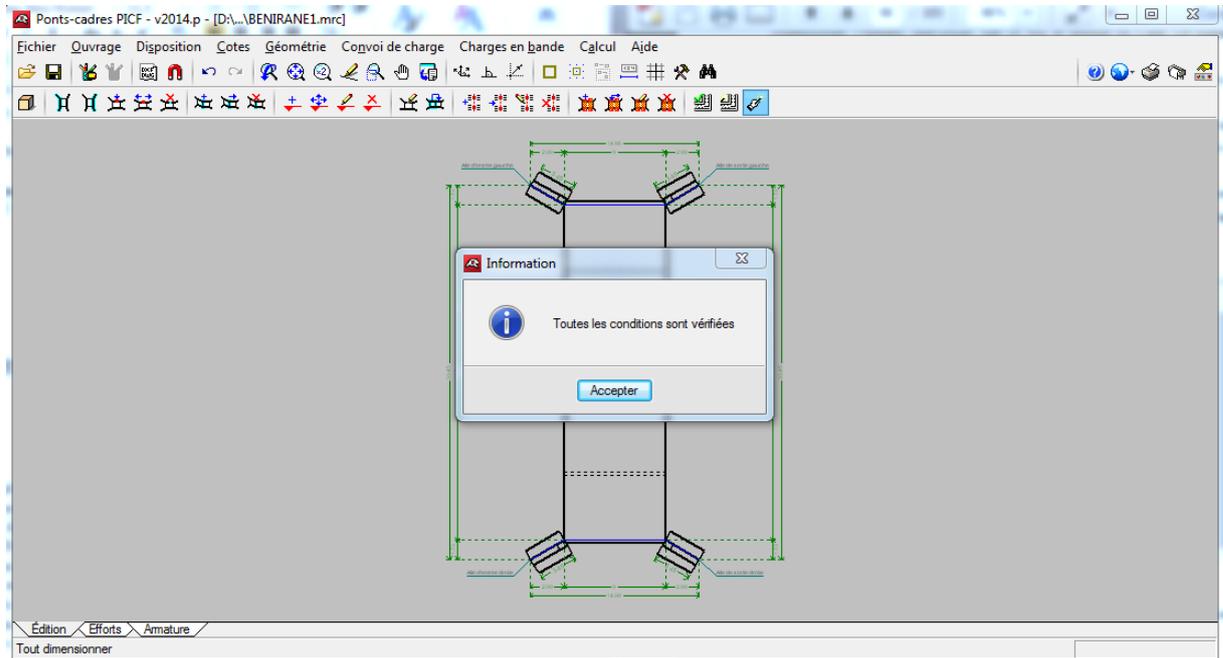


Figure VIII-19 : Les conditions ont été vérifiées

Remarque :

Les résultats obtenus de vérification par logiciel (Cype) pour notre étude sont représentés sur l'annexe joint.

➤ **Le dimensionnement de l'ouvrage:**

Dimensionner l'élément sélectionné, que ce soit le module ou l'aile. Ce dimensionnement consiste en:

1. Calcul préalable, s'il n'a pas été fait, des déplacements et efforts de l'ensemble du l'ouvrage.
2. Dimensionnement de l'armature de l'élément sélectionné.
3. Vérification de l'élément sélectionné, avec la possibilité de consulter un récapitulatif des vérifications effectuées. De plus, dans le cas où l'élément en question ne vérifie aucune des conditions, 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.

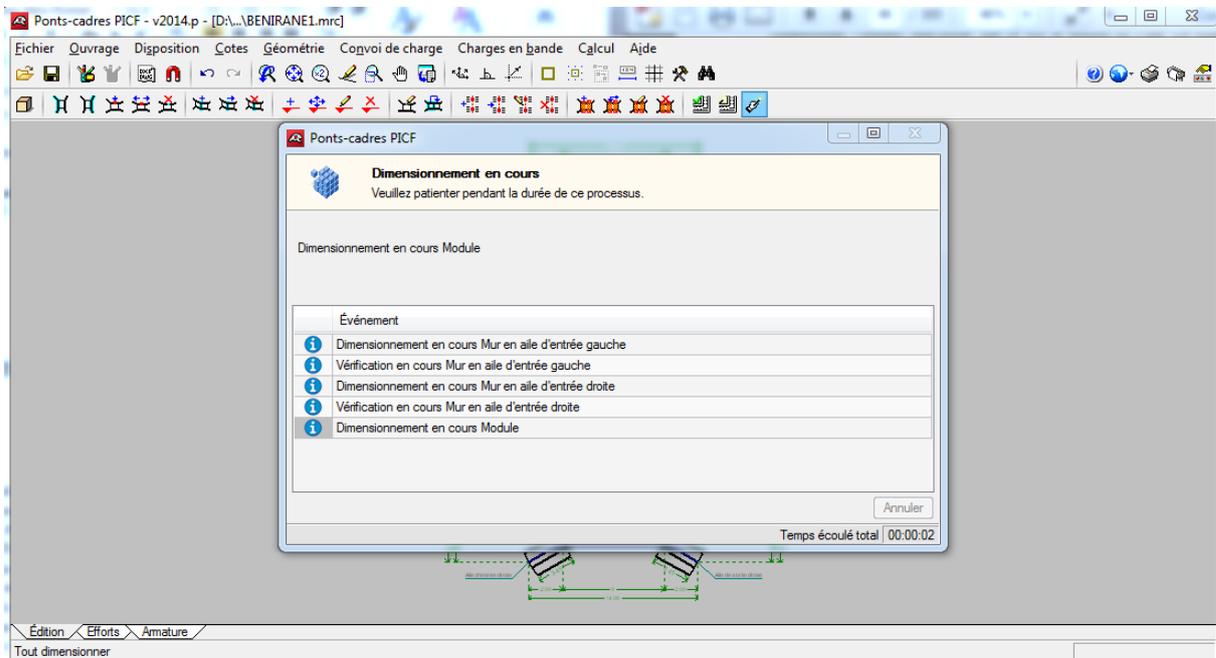


Figure VIII-20 : Le dimensionnement de l'ouvrage

➤ **Vérification et dimensionnement final :**

Option similaire a 'Calcul > Dimensionner', mais qui réalise le dimensionnement et la vérification de tous les éléments du l'ouvrage.

Référence: Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
Vérification de la stabilité: <i>Critère de CYPE</i>		
Semelle superficielle:		
-Coefficient de sécurité au renversement:	Minimum: 1.8 Calculé: 1.84	Vérifiée
-Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.5 Calculé: 1.52	Vérifiée
Épaisseur minimale: <i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale"</i>		
-Semelle superficielle:	Minimum: 15 cm Calculé: 55 cm	Vérifiée
-Mur:	Calculé: 55 cm	Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
Mur:		
-Arrière:	Calculé: 18.4 cm	Vérifiée
-Avant:	Calculé: 18.4 cm	Vérifiée
Séparation maximale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>		
Mur:		
-Arrière:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
-Avant:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique horizontal minimum par face: <i>BAEL-91, Article SETRA 3.4.3</i>		
Mur:		
-Arrière (0.00 m):	Minimum: 0.0015 Calculé: 0.00182	Vérifiée

Figure VIII-21: Dimensionnement final.

IX.1. Le ferrailage proposé par le logiciel :

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.

En ce sens que le prix de l'acier varie en fonction du diamètre, donc plus on a un nombre important de gros diamètres, plus on dépensera plus pour les aciers.

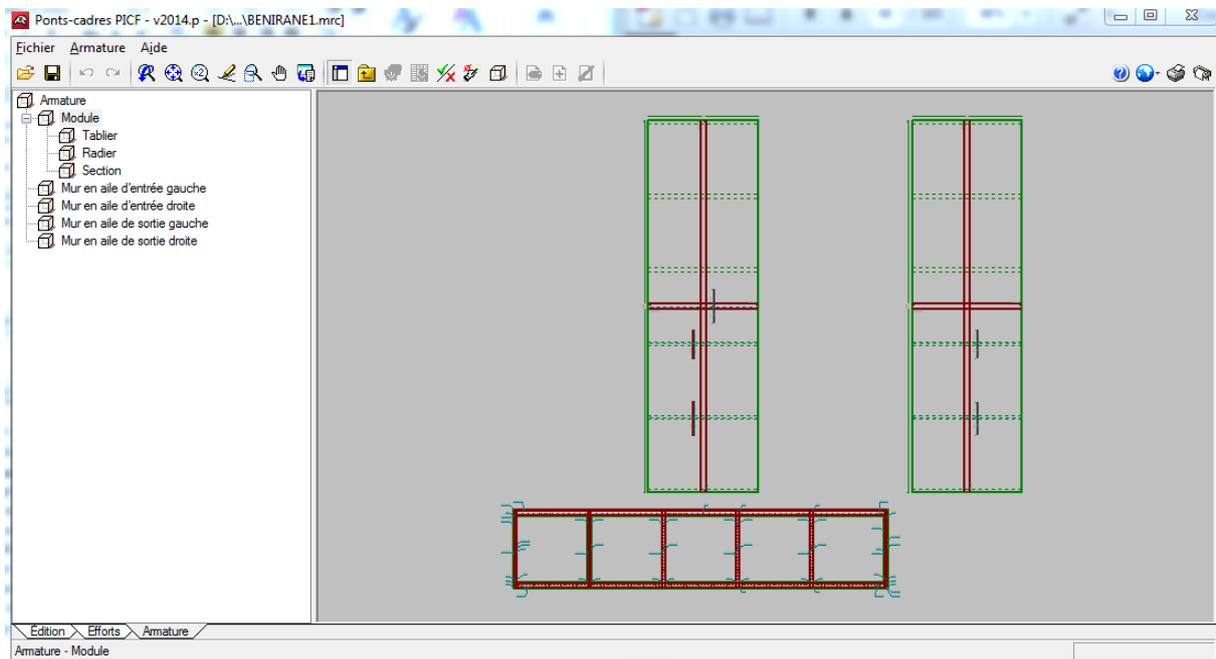


Figure IX-1 : Les plans de ferrailage.

IX.2. Résultats et plan de ferrailage des éléments de l'ouvrage :

Les résultats de ferrailages fournis par le logiciel PICF-CYPE sous forme de tableaux détaillés sont dans l'annexe.

IX.3. Le résumé de ferrailage des modules : les résultats de ferrailage des différents modules sont représentés sur **Tableau IX-1** ci-dessous.

Tableau IX-1 : Les résultats des ferrailages pour le module.

	Position	Direction	Choix	Espacement
Tablier	Extérieur	Transversal	HA12	15
		Longitudinal	HA12	15
	Intérieur	Transversal	HA12	15
		Longitudinal	HA12	15
Radier	Extérieur	Transversal	HA12	15
		Longitudinal	HA14	25
	Intérieur	Transversal	HA12	15
		Longitudinal	HA14	25
Piédroits	Extérieur	Vertical	HA12	25
		Horizontal	HA12	25
	Intérieur	Vertical	HA12	20
		Horizontal	HA12	25
Piédroits intermédiaires	Gauche	Vertical	HA12	25
		Horizontal	HA12	25
	Droite	Vertical	HA12	25
		Horizontal	HA12	25

Remarque :

Transversal (perpendiculaire au piedroit)

IX.4. Le résumé de ferrailage de murs en ailes :

Le ferrailage pour les murs en ailes nous avons le même ferrailage représentés sur

Tableau IX-2

Tableau IX-2: Résumé de ferrailage des murs en ail.

	Position	Direction	Choix	Espacement
Mur en ail	Horizontal	Inf	HA16	20
		Sup	HA16	20
	Vertical	AR	HA12	15
		AV	HA12	20
Semelle	Transversal	Inf	HA12	20
		Sup	HA12	20
	Longitudinal	Inf	HA12	20
		Sup	HA12	25

Les plans de ferrailage des différents constituants de l'ouvrage à savoir : Tablier, Radier, Piédroits, Murs en ailes, sont représenté sur **figures 2, 3, 4, 5**, ci-dessous.

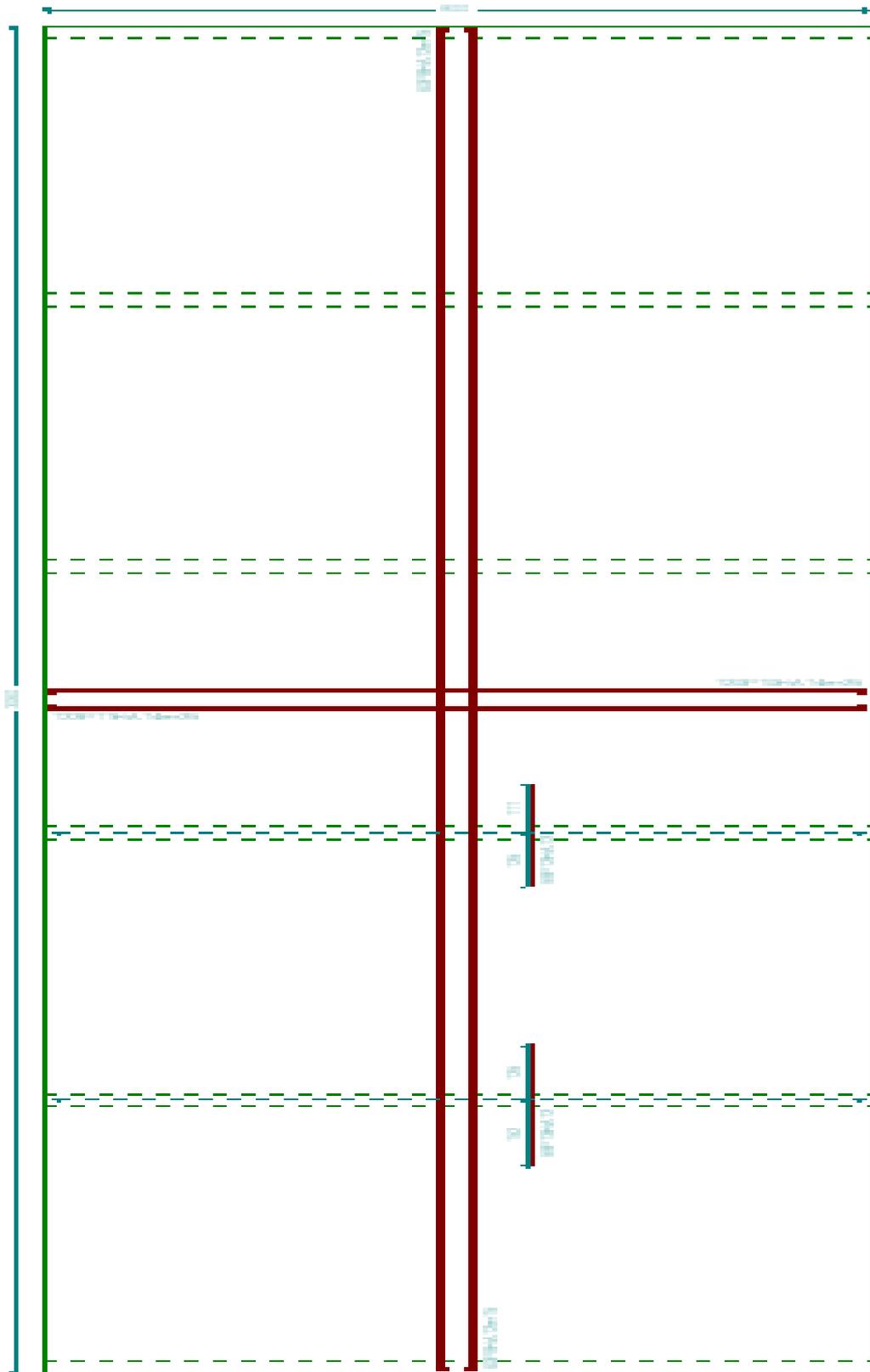


Figure IX-2 : Ferrailage de radier.

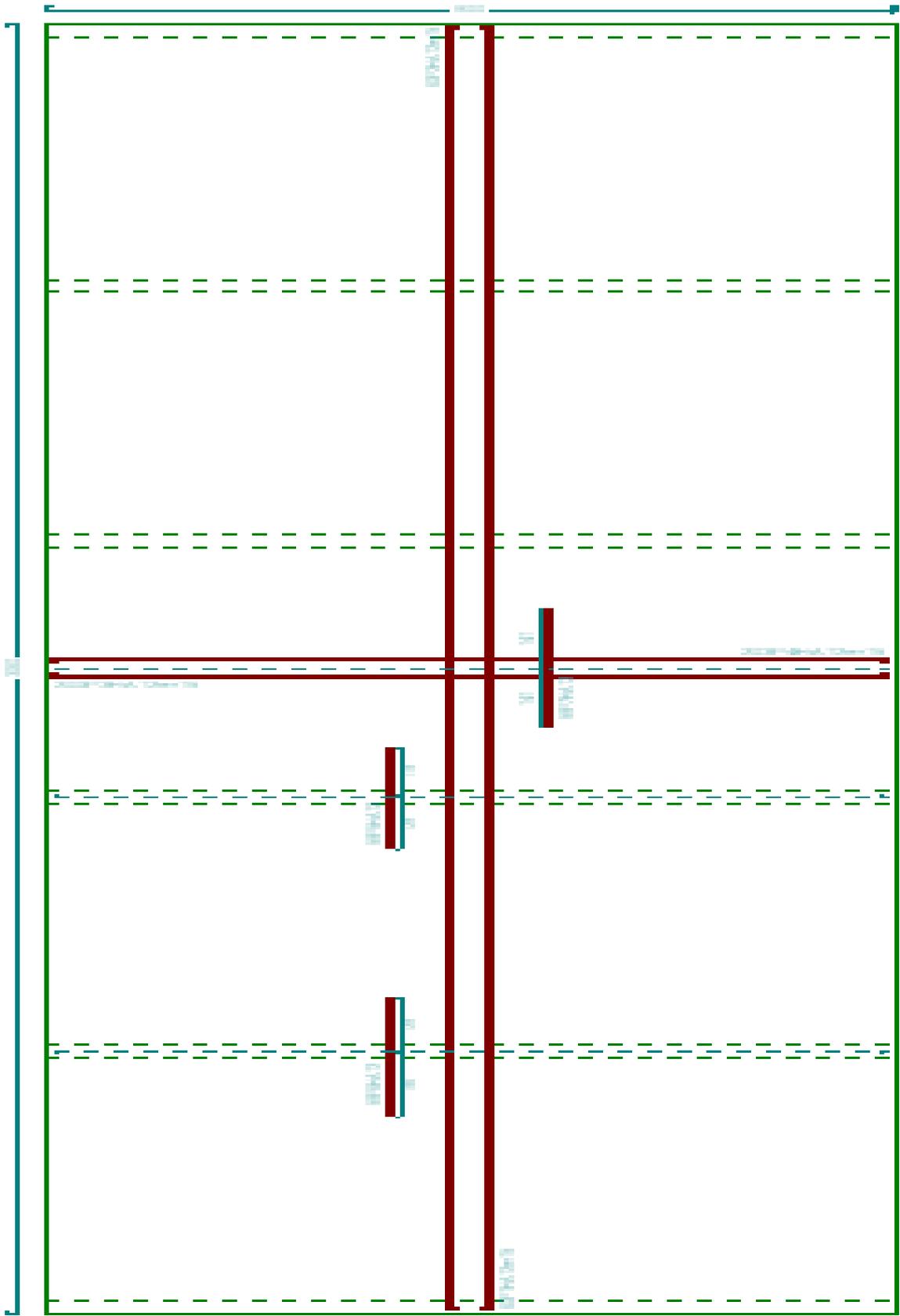


Figure IX-4: Ferraillage de tablier.

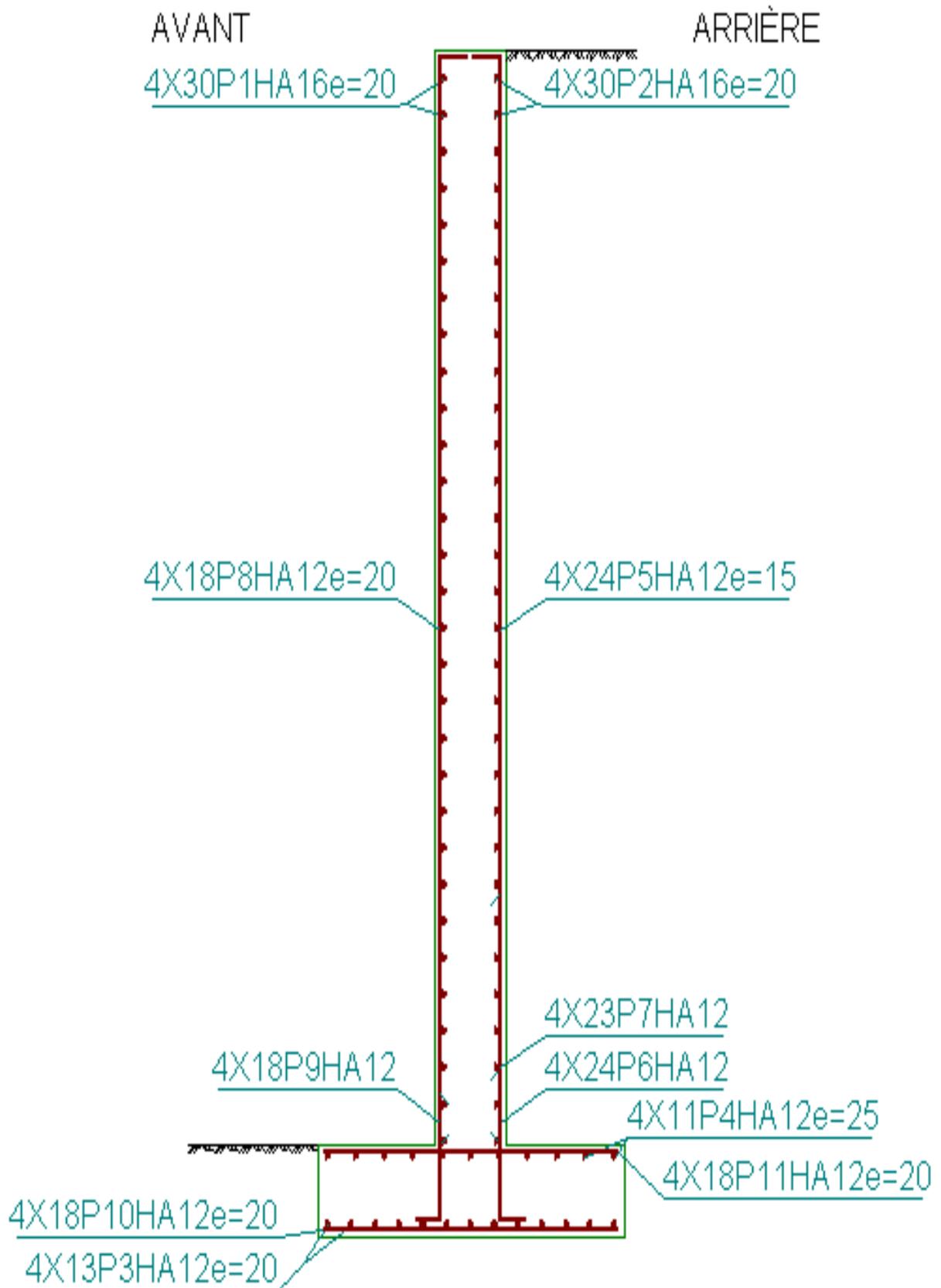


Figure IX-5 : Ferraillage des murs en ailes.

IX.5. Les avantages du logiciel PICF-CYPE :

Vue les résultats obtenus par le dimensionnement avec le logiciel, nous pouvons déduire comme avantages les éléments suivants :

- Point de vue économie : en ce qui concerne ce point, nous avons constaté qu'avec le logiciel on économise en temps et en coût. En ce sens que nous avons besoin de moins d'une dizaine de minute pour établir une note de calcul d'un dalot.
- Point de vue fiabilité : les résultats obtenus par le dimensionnement avec le calcul manuel sont à quelques valeurs près, similaires. Cette similarité nous laisse dire que le logiciel donne des résultats fiables. Car avec le calcul manuel nous avons tendance à sur dimensionner pour se mettre à l'abri ou du moins pour aller dans le sens de la sécurité. De plus avec la méthode de calcul utilisé, le logiciel donne des résultats à partir des calculs minutieux donc fiables.

IX.6. Les inconvénients du logiciel :

Il a été constaté que logiciel ne prends pas en compte certains paramètres comme les charges thermiques, les charges de freinage et l'action des séismes.

Certes, les principes de calcul et de fonctionnement du logiciel ont été donnés mais cela ne suffit pas à l'utiliser. C'est dans le but de connaître d'avantage le logiciel et dans le souci de mieux l'utiliser afin de donner des résultats fiables, un cheminement pour dimensionner un ouvrage quelconque avec PICF-C YPE a été proposé.

Devis quantitatif et estimatif

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QTITE	PU	MONTANT
	I) Route				
1	Décapage sur 20 cm y/c évacuation, mise en dépôt et transport à la décharge publique.	M3	5931.360	200	1 186 272,00
2	Déblai en grande masse	M3	15724	400 ,00	6 289 600,00
3	Remblai en matériaux sélectionné	M3	8680	700	6 076 000,00
4	Exécution de la couche de fondation en matériaux sélectionné en TVC ou stérile de concassée 0.20 m	M3	864	1 000,00	864 000,00
5	Exécution d'une couche de base en grave concassée ép. 0.20 m	M3	864	1 800,00	1 555 200,00
6	Imprégnation en Cut back 0/1	M2	3 600	200	720 000,00
7	Revêtement en béton bitumineux sur Ep=0.06m y/c,Nettoyage balayage, soufflage, transport, mise en Œuvre, et toutes sujétions de bonne exécution.	T	1860.18	6 000,00	11 161 080,00
8	F/P de busé en CAP 600 L>2.5 m y/c, ouverture de fouille en tout terrain , f/p d'un hérisson en pierre sèche de 15 cm en béton dosé à 250 kg/m3 remblaiement de la tranchée en sable puis en grave concassée, et évacuation des terres excédentaires	ML	55	25 000,00	1 375 000,00
9	F/P de busé en CAP800 L>2.5 m y/c, ouverture de fouille en tout terrain , f/p d'un hérisson en pierre sèche de 15 cm , réalisation d'une plateforme ep 15 cm en béton dosé à 250 kg/m3 remblaiement de la tranchée en sable puis en grave concassée, et évacuation des terres excédentaires.	ML	20	30 000,00	600 000,00
10	Réalisations d'ouvrage en béton armé y/c ouverture de fouille, gros béton sur 10 cm, coffrage, ferrailage en double nappe, mise en œuvre de béton dosé à 350 kg/m3 et toutes sujétions de bonne exécution.	M3	5	35 000,0	175 000,00
11	Construction en maçonnerie y/c dressage et jointage et toutes sujétions de bonne exécution.	M3	200	5 000,00	1 000 000,00
12	Réalisation de travaux de gabions	M3	300,00	4 000,00	1 200 000,00
	II) Dalot à 05 ouvertures			Sous total	32 202 152,00
1	Ouverture de fouilles en grande masse y/c déviation du oued et évacuation.	M3	275,00	5 000,00	1 375 000,00
2	Réalisation d'un drainage en pierre sous le radier ep 50 cm	M2	67,00	5 000,00	335 000,00
3	Réalisation d'une plateforme de 15 cm en B.A au T.S	M2	190,00	1300	247 000,00
4	F et M.O de béton de propreté ep : 10 cm	M3	8,00	10 000,00	80 000,00
5	Réalisation de B.A pour radier, semelle, dosé à 350 kg/m3	M3	97,00	20 000,00	1 940 000,00
6	Réalisation de pare à fouilles en B.A	M3	9,50	30 000,00	285 000,00
7	Réalisation de B.A pour murs voiles et gousset dosé à 350 kg/m3	M3	70,00	35 000,00	2 450 000,00
8	Réalisation des dalles de tablier en B.A ep 38 cm y compris F/P de Garde-corps latérales métallique de sécurité en tube rond.	M3	71	30 000,00	2 130 000,00
9	Réalisation de B.A pour murs de soutènement en ailes dosé à 350 kg/m3 y/c toutes sujétions.	M3	20	40 000,00	800 000,00
10	Réalisation de B.A pour Dalle de transition	M3	10	40 000,00	400 000,00
11	F/P de bordure de trottoirs en T3 y/c caniveau	ML	50 ,00	1 300,00	65 000,00
				Sous total	10 107 000,00
ARRETE LE PRESENT DEVIS EN TTC A LA SOMME DE :				TOTAL HT	42 309 152,00
QUARANTE NEUF MILLION CINQ CENT UN MILLE SEPT CENT CEPT DINARS ET QUATRE VINGT QUATRE CENTIMES				TVA 17%	7 192 555,84
				TOTAL T.T.C	49 501 707,84

CONCLUSION

La croissante progression scientifique, l'afflux des recherches et rénovations de la technologie notamment dans le domaine des travaux publics et particulièrement le souci de l'amélioration de la qualité de la réalisation des ouvrages de génie civil par rapport aux exigences du règlement en vigueur sont prépondérants.

L'indispensable adaptation constante dans les différentes situations professionnelles en perpétuelle évolution exigent aujourd'hui de l'ingénieur d'être à la hauteur de cette demande afin d'acquérir et de développer des aptitudes et des compétences qui lui permettront d'être toujours à jours dans son domaine.

Ce modeste travail de cogitation ne peut constituer qu'un simple travail d'approche qui nous a permis non seulement de mettre en pratique les théories acquises durant notre cursus universitaire, mais aussi de faire face aux pénibles situations techniques pouvant subvenir lors d'un projet routier comme celui qui nous a été confié.

Il a été une occasion pour nous de comprendre de un le déroulement d'un projet de travaux publics en général de 2 un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation de logiciels de calcul, de dessin, notamment AUTOCAD2009, AUTOPISTE10.1, COVADIS10.1, et Cype 2014 Ainsi la maîtrise des nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics.

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter tous les normes existantes qu'on ne peut négliger, et prendre en considération le confort et la sécurité des usagers ainsi que l'économie.

Il découle de ce travail que l'étude d'un projet routier n'est pas une chose aisée, c'est par une documentation très ample qu'on doit s'orienter vers une réflexion tout en faisant appel à des connaissances théoriques.

Pour clôturer, l'élaboration de ce travail a été instructive pour nous et elle nous a permis d'entrevoir le monde professionnel, de développer une autonomie basée sur des connaissances théoriques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **MTP** (1977), **B40**-Norme Technique d'Aménagement des Routes Algériennes.
MTP : Ministère des Travaux Publics
- **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
- Roger COQUAND(1985), Route : Circulation, tracé, construction (Tome 1&2).
- [**LCPC et SETRA 1994**] LCPC et SETRA, "Guide technique. Conception et dimensionnement des structures de chaussées". LCPC et SETRA, Paris, 1994.
- **CTTP** (2010) « Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves » Fascicule 1 notice d'utilisation ministère de travaux publics, 2010.
- Cours 3èmeannée: Route 1&2
- Cours master 1: Mécanique des Chaussées
- Ponts-cadres et portiques R Guide de Conception (Sétra 1992 - F9246).
- Fascicule N° 61 Titre II .
- Règles B.A.E.L 91 règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en bétons armés, suivant la méthode des états limites.
- Cours de pont.
- Cours de béton.
- Document SETRA.
- Thèses de fin d'étude ENTP.
- Mémoire de kinda moussa étudiant dans l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et l'Environnement au Burkina Faso Promotion 2011-2012.
- Cahier des prescriptions communes (fascicule 61 titre II)
- ENTP, Les anciens mémoires de fin d'étude.

Sites internet utilisés :

- ❖ <http://www.wikipedia.fr>
- ❖ <http://www.cours-genie-civil.com>
- ❖ www.cype.fr
- ❖ www.SETRA.fr
- ❖ www.catalogue.setra.i2

Cubatures Déblai Remblai (compensé)

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK1	0.000	12.50	6.32	0.00	79.042	0.000	79	0
PK2	25.000	25.00	4.93	0.00	123.227	0.000	202	0
PK3	50.000	25.00	2.17	0.09	54.261	2.363	257	2
PK4	75.000	25.00	2.14	0.15	53.578	3.672	310	6
PK5	100.000	25.00	4.30	0.00	107.452	0.000	418	6
PK6	125.000	25.00	3.20	0.00	80.058	0.000	498	6
PK7	150.000	25.00	4.23	0.00	105.700	0.000	603	6
PK8	175.000	25.00	8.27	0.00	206.696	0.000	810	6
PK9	200.000	25.00	11.01	0.00	275.317	0.000	1085	6
PK10	225.000	25.00	11.44	0.01	286.043	0.142	1371	6
PK11	250.000	25.00	13.57	0.00	339.296	0.000	1711	6
PK12	275.000	25.00	13.47	0.00	343.786	0.000	2054	6
PK13	300.000	25.00	11.76	0.00	293.923	0.000	2348	6
PK14	325.000	25.00	7.93	0.00	198.127	0.000	2547	6
PK15	350.000	25.00	5.61	0.00	140.291	0.000	2687	6
PK16	375.000	25.00	4.87	0.00	121.793	0.000	2809	6
PK17	400.000	25.00	4.33	0.00	108.237	0.000	2917	6
PK18	425.000	25.00	4.30	0.00	107.401	0.000	3024	6
PK19	450.000	25.00	3.81	0.00	95.197	0.000	3119	6
PK20	475.000	25.00	3.97	0.00	99.169	0.000	3219	6
PK21	500.000	25.00	5.70	0.00	142.424	0.000	3361	6
PK22	525.000	25.00	4.74	0.00	118.377	0.000	3479	6
PK23	550.000	25.00	4.07	0.00	101.683	0.000	3581	6
PK24	575.000	25.00	4.19	0.00	104.630	0.000	3686	6
PK25	600.000	25.00	5.77	0.00	144.215	0.000	3830	6
PK26	625.000	25.00	3.89	0.00	97.343	0.000	3927	6
PK27	650.000	25.00	3.60	0.00	89.897	0.000	4017	6
PK28	675.000	25.00	3.71	0.00	92.697	0.000	4110	6
PK29	700.000	25.00	5.37	0.00	134.231	0.000	4244	6
PK30	725.000	25.00	8.47	0.00	211.691	0.000	4456	6
PK31	750.000	25.00	7.25	0.00	181.139	0.000	4637	6
PK32	775.000	25.00	6.56	0.00	164.116	0.000	4801	6
PK33	800.000	25.00	7.26	0.00	181.427	0.000	4982	6
PK34	825.000	25.00	9.99	0.00	249.726	0.000	5232	6
PK35	850.000	25.00	10.00	0.00	250.099	0.000	5482	6
PK36	875.000	25.00	12.60	0.00	314.973	0.000	5797	6
PK37	900.000	25.00	15.39	0.00	384.716	0.000	6182	6
PK38	925.000	25.00	19.66	0.00	491.392	0.000	6673	6
PK39	950.000	25.00	26.30	0.00	661.983	0.000	7335	6
PK40	975.000	25.00	32.69	0.00	817.128	0.000	8152	6
PK41	1000.000	25.00	34.05	0.00	851.160	0.000	9004	6
PK42	1025.000	25.00	37.20	0.00	929.887	0.000	9934	6
PK43	1050.000	25.00	47.48	0.00	1186.916	0.000	11120	6
PK44	1075.000	25.00	61.72	0.00	1543.043	0.000	12663	6
PK45	1100.000	25.00	41.62	0.00	1040.624	0.000	13704	6
PK46	1125.000	25.00	5.67	2.59	141.761	64.677	13846	71
PK47	1150.000	25.00	2.06	5.71	51.793	143.205	13898	214
PK48	1175.000	25.00	0.00	26.30	0.000	658.073	13898	872
PK49	1200.000	25.00	0.00	71.57	0.000	1788.510	13898	2661
PK50	1225.000	25.00	0.00	44.19	0.000	1102.139	13898	3763
PK51	1250.000	25.00	0.00	24.21	0.000	604.403	13898	4367
PK52	1275.000	25.00	0.00	4.95	0.000	123.781	13898	4491
PK53	1300.000	25.00	0.00	3.52	0.000	87.641	13898	4579
PK54	1325.000	25.00	0.02	5.58	0.579	138.577	13898	4717
PK55	1350.000	25.00	0.00	8.56	0.000	213.177	13898	4930
PK56	1375.000	25.00	0.00	3.39	0.000	84.879	13898	5015
PK57	1400.000	25.00	0.00	1.36	0.007	34.059	13898	5049
PK58	1425.000	25.00	0.56	0.00	13.948	0.000	13912	5049
PK59	1450.000	25.00	4.22	0.00	105.604	0.000	14018	5049

Num.	Abcisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK60	1475.000	25.00	3.72	0.00	103.913	0.000	14122	5049
PK61	1500.000	25.00	0.00	4.88	0.000	121.882	14122	5171
PK62	1525.000	25.00	0.00	6.40	0.000	160.088	14122	5331
PK63	1550.000	25.00	0.00	19.53	0.000	488.249	14122	5820
PK64	1575.000	25.00	0.00	14.57	0.000	364.144	14122	6184
PK65	1600.000	25.00	0.00	13.48	0.000	337.057	14122	6521
PK66	1625.000	25.00	0.00	14.40	0.000	360.086	14122	6881
PK67	1650.000	25.00	0.00	13.80	0.000	344.888	14122	7226
PK68	1675.000	25.00	0.00	11.68	0.000	292.008	14122	7518
PK69	1700.000	25.00	0.00	17.80	0.000	445.021	14122	7963
PK70	1725.000	25.00	0.00	21.12	0.000	527.402	14122	8490
PK71	1750.000	25.00	0.00	7.58	0.000	189.585	14122	8680
PK72	1775.000	25.00	2.24	0.00	56.038	0.000	14178	8680
PK73	1800.000	25.00	10.36	0.00	259.077	0.000	14437	8680
PK74	1825.000	25.00	19.10	0.00	477.410	0.000	14914	8680
PK75	1850.000	17.59	33.82	0.00	594.969	0.000	15509	8680
PK76	1860.182	5.09	42.21	0.00	214.892	0.000	15724	8680

Cubatures Décapage (compensé)

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Décapage		Surface En Coupe	Volumes		Surfaces en plan	
			Gauche	Droite		Partiels	Cumulés	Partielles	Cumulées
PK1	0.000	12.50	0.20	0.20	3.04	37.968	37.968	192.35	192.35
PK2	25.000	25.00	0.20	0.20	3.00	74.995	112.964	379.98	572.32
PK3	50.000	25.00	0.20	0.20	2.96	73.895	186.859	369.48	941.80
PK4	75.000	25.00	0.20	0.20	2.97	74.231	261.091	373.77	1315.57
PK5	100.000	25.00	0.20	0.20	2.97	74.141	335.231	373.37	1688.94
PK6	125.000	25.00	0.20	0.20	2.93	73.270	408.501	371.65	2060.59
PK7	150.000	25.00	0.20	0.20	3.01	75.152	483.653	381.44	2442.03
PK8	175.000	25.00	0.20	0.20	2.98	74.566	558.219	375.37	2817.40
PK9	200.000	25.00	0.20	0.20	3.13	78.192	636.411	395.53	3212.93
PK10	225.000	25.00	0.20	0.20	3.08	76.955	713.366	387.12	3600.05
PK11	250.000	25.00	0.20	0.20	3.04	76.122	789.488	384.74	3984.79
PK12	275.000	25.00	0.20	0.20	3.03	76.097	865.584	384.62	4369.41
PK13	300.000	25.00	0.20	0.20	3.16	79.090	944.674	400.44	4769.85
PK14	325.000	25.00	0.20	0.20	3.08	76.902	1021.576	389.52	5159.37
PK15	350.000	25.00	0.20	0.20	3.03	75.722	1097.298	383.65	5543.02
PK16	375.000	25.00	0.20	0.20	3.02	75.390	1172.687	381.96	5924.98
PK17	400.000	25.00	0.20	0.20	2.99	74.818	1247.506	379.13	6304.11
PK18	425.000	25.00	0.20	0.20	2.91	72.681	1320.187	368.44	6672.55
PK19	450.000	25.00	0.20	0.20	2.99	74.656	1394.843	378.33	7050.88
PK20	475.000	25.00	0.20	0.20	2.88	71.975	1466.818	364.85	7415.72
PK21	500.000	25.00	0.20	0.20	3.00	75.105	1541.923	380.47	7796.20
PK22	525.000	25.00	0.20	0.20	2.99	74.690	1616.613	378.46	8174.66
PK23	550.000	25.00	0.20	0.20	2.98	74.489	1691.102	377.46	8552.11
PK24	575.000	25.00	0.20	0.20	2.97	74.278	1765.380	376.37	8928.49
PK25	600.000	25.00	0.20	0.20	3.01	75.183	1840.563	380.86	9309.35
PK26	625.000	25.00	0.20	0.20	2.97	74.214	1914.777	376.07	9685.42
PK27	650.000	25.00	0.20	0.20	2.89	72.231	1987.008	366.16	10051.59
PK28	675.000	25.00	0.20	0.20	2.98	74.455	2061.463	377.28	10428.87
PK29	700.000	25.00	0.20	0.20	3.01	75.272	2136.735	381.31	10810.18
PK30	725.000	25.00	0.20	0.20	3.06	76.393	2213.128	386.89	11197.06
PK31	750.000	25.00	0.20	0.20	3.07	76.704	2289.832	388.51	11585.58
PK32	775.000	25.00	0.20	0.20	3.05	76.150	2365.982	385.74	11971.31
PK33	800.000	25.00	0.20	0.20	3.06	76.622	2442.604	388.10	12359.41
PK34	825.000	25.00	0.20	0.20	3.12	78.024	2520.629	395.10	12754.51
PK35	850.000	25.00	0.20	0.20	3.13	78.372	2599.000	396.86	13151.38
PK36	875.000	25.00	0.20	0.20	3.20	79.895	2678.895	404.48	13555.86
PK37	900.000	25.00	0.20	0.20	3.28	81.928	2760.823	414.64	13970.50
PK38	925.000	25.00	0.20	0.20	3.37	84.308	2845.131	426.53	14397.02
PK39	950.000	25.00	0.20	0.20	3.49	87.174	2932.305	440.85	14837.87
PK40	975.000	25.00	0.20	0.20	3.64	90.903	3023.208	459.51	15297.38
PK41	1000.000	25.00	0.20	0.20	3.69	92.185	3115.393	465.93	15763.30
PK42	1025.000	25.00	0.20	0.20	3.75	93.835	3209.228	474.16	16237.47
PK43	1050.000	25.00	0.20	0.20	3.99	99.680	3308.909	503.45	16740.91
PK44	1075.000	25.00	0.20	0.20	4.22	105.473	3414.381	532.30	17273.22
PK45	1100.000	25.00	0.20	0.20	3.74	93.444	3507.825	471.75	17744.97
PK46	1125.000	25.00	0.20	0.20	3.37	84.309	3592.134	424.15	18169.11
PK47	1150.000	25.00	0.20	0.20	3.11	77.796	3669.929	391.35	18560.46
PK48	1175.000	25.00	0.20	0.20	3.49	87.282	3757.212	436.41	18996.88
PK49	1200.000	25.00	0.20	0.20	4.54	113.489	3870.701	567.45	19564.32
PK50	1225.000	25.00	0.20	0.20	4.00	99.999	3970.700	499.99	20064.32
PK51	1250.000	25.00	0.20	0.20	3.55	88.665	4059.365	443.33	20507.64
PK52	1275.000	25.00	0.20	0.20	3.00	74.973	4134.337	374.86	20882.50
PK53	1300.000	25.00	0.20	0.20	3.01	75.301	4209.638	376.50	21259.01
PK54	1325.000	25.00	0.20	0.20	3.04	75.843	4285.481	379.21	21638.22
PK55	1350.000	25.00	0.20	0.20	3.08	77.041	4362.521	385.20	22023.43
PK56	1375.000	25.00	0.20	0.20	3.00	75.086	4437.608	375.43	22398.86
PK57	1400.000	25.00	0.20	0.20	2.92	72.935	4510.542	364.67	22763.53
PK58	1425.000	25.00	0.20	0.20	2.85	71.312	4581.854	356.56	23120.09
PK59	1450.000	25.00	0.20	0.20	2.98	74.382	4656.236	376.89	23496.97

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK60	1475.000	25.00	3.72	0.00	103.913	0.000	14122	5049
PK61	1500.000	25.00	0.00	4.88	0.000	121.882	14122	5171
PK62	1525.000	25.00	0.00	6.40	0.000	160.088	14122	5331
PK63	1550.000	25.00	0.00	19.53	0.000	488.249	14122	5820
PK64	1575.000	25.00	0.00	14.57	0.000	364.144	14122	6184
PK65	1600.000	25.00	0.00	13.48	0.000	337.057	14122	6521
PK66	1625.000	25.00	0.00	14.40	0.000	360.086	14122	6881
PK67	1650.000	25.00	0.00	13.80	0.000	344.888	14122	7226
PK68	1675.000	25.00	0.00	11.68	0.000	292.008	14122	7518
PK69	1700.000	25.00	0.00	17.80	0.000	445.021	14122	7963
PK70	1725.000	25.00	0.00	21.12	0.000	527.402	14122	8490
PK71	1750.000	25.00	0.00	7.58	0.000	189.585	14122	8680
PK72	1775.000	25.00	2.24	0.00	56.038	0.000	14178	8680
PK73	1800.000	25.00	10.36	0.00	259.077	0.000	14437	8680
PK74	1825.000	25.00	19.10	0.00	477.410	0.000	14914	8680
PK75	1850.000	17.59	33.82	0.00	594.969	0.000	15509	8680
PK76	1860.182	5.09	42.21	0.00	214.892	0.000	15724	8680

Axe En Plan

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	352.9021 g	180.000	0.000	10006.500	3664.918
Droite 2	Gisement	352.9021 g	94.271	180.000	9885.153	3797.865
Droite 3	Gisement	251.8027 g	105.737	274.271	9821.601	3867.493
Droite 4	Gisement	252.7920 g	340.002	380.007	9744.747	3794.873
Droite 5	Gisement	252.0907 g	160.004	720.010	9494.019	3565.227
Droite 6	Gisement	253.6800 g	66.511	880.014	9377.225	3455.863
Droite 7	Gisement	349.9197 g	193.500	946.525	9327.556	3411.628
Droite 8	Gisement	353.7726 g	29.047	1140.025	9190.558	3548.281
Clothoïde 1	Paramètre	-99.953	49.953	1169.073	9171.271	3570.001
Arc 1	Rayon	-200.000 m	1.862	1219.026	9139.708	3608.674
	Centre X	9304.633 m				
	Centre Y	3721.810 m				
Clothoïde 2	Paramètre	99.953	49.953	1220.887	9138.662	3610.214
Droite 9	Gisement	370.2658 g	0.507	1270.841	9114.350	3653.813
Clothoïde 3	Paramètre	132.758	58.749	1271.347	9114.122	3654.265
Arc 2	Rayon	300.000 m	10.103	1330.096	9085.984	3705.808
	Centre X	8832.604 m				
	Centre Y	3545.189 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-132.758	58.749	1340.199	9080.432	3714.249
Droite 10	Gisement	355.6549 g	69.743	1398.948	9044.245	3760.498
Droite 11	Gisement	269.7956 g	254.904	1468.691	8999.499	3813.994
Droite 12	Gisement	370.8516 g	136.588	1723.595	8772.750	3697.542
				1860.182	8712.374	3820.061
Longueur totale de l'axe 1860.182 mètre(s)						

VÉRIFICATION

Référence: Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
Vérification de la stabilité: <i>Critère de CYPE</i> Semelle superficielle: - Coefficient de sécurité au renversement: - Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.8 Calculé: 1.84 Minimum: 1.5 Calculé: 1.52	Vérifiée Vérifiée
Épaisseur minimale: <i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale"</i> - Semelle superficielle: - Mur:	Minimum: 15 cm Calculé: 55 cm Calculé: 55 cm	Vérifiée Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 3.7 cm Calculé: 18.4 cm Calculé: 18.4 cm	Vérifiée Vérifiée
Séparation maximale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Maximum: 25 cm Calculé: 20 cm Calculé: 20 cm	Vérifiée Vérifiée
Pourcentage géométrique horizontal minimum par face: <i>BAEL-91, Article SETRA 3.4.3</i> Mur: - Arrière (0.00 m): - Avant (0.00 m):	Minimum: 0.0015 Calculé: 0.00182 Calculé: 0.00182	Vérifiée Vérifiée
Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i> - Semelle superficielle: - Armature longitudinale inférieure: - Armature longitudinale supérieure: - Armature transversale inférieure: - Armature transversale supérieure: - Mur: - Armature verticale Arrière: - Armature verticale Avant:	Maximum: 25 cm Calculé: 20 cm Calculé: 25 cm Calculé: 20 cm Calculé: 20 cm Calculé: 15 cm Calculé: 20 cm	Vérifiée Vérifiée Vérifiée Vérifiée Vérifiée Vérifiée

Référence: Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
Séparation minimale entre barres: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 10 cm	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique minimum: Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.0005 Calculé: 0.00082	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
Pourcentage mécanique minimal: Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0 Calculé: 0.00082	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00096 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00075 Calculé: 0.00102	Vérifiée
Vérification au cisaillement en amorce du mur: - Mur: <i>Critère de CYPE</i>	Maximum: 778.3 kN/m Calculé: 102.3 kN/m	Vérifiée
Pourcentage mécanique horizontal minimum par face: <i>Article A.8.2,41 de la norme BAEL-91</i>	Calculé: 0.00182	
Mur:		
- Arrière:	Minimum: 0.00068	Vérifiée
- Avant:	Minimum: 0.00025	Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face tendue: <i>BAEL-91, Article B.6.4</i>	Minimum: 0.001	
Mur:		

Référence: Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Arrière (0.00 m):	Calculé: 0.00274	Vérifiée
- Arrière (1.50 m):	Calculé: 0.00137	Vérifiée
Pourcentage mécanique vertical minimum sur la face tendue: <i>BAEL-91, Article A.4.2, 1</i> Mur:	Minimum: 0.0012	
- Arrière (0.00 m):	Calculé: 0.00274	Vérifiée
- Arrière (1.50 m):	Calculé: 0.00137	Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face comprimée: <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i> Mur:	Minimum: 0.001	
- Avant (0.00 m):	Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Avant (1.50 m):	Calculé: 0.00102	Vérifiée
Section minimale des armatures verticales de la face comprimée: <i>BAEL-91, Article A.8.1,21</i> Mur:	Minimum: 4 cm ² /m	
- Avant (0.00 m):	Calculé: 5.65 cm ² /m	Vérifiée
- Avant (1.50 m):	Calculé: 5.65 cm ² /m	Vérifiée
Pourcentage géométrique maximum d'armature verticale total: <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i> Mur:	Maximum: 0.05	
- (6.00 m):	Calculé: 0.00239	Vérifiée
- (1.50 m):	Calculé: 0.00377	Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures verticales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i> Mur:	Minimum: 2.5 cm	
- Arrière:	Calculé: 5.7 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 17.6 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures horizontales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1.6 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures verticales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1.2 cm	Vérifiée
Vérification sous flexion composée: - Mur: <i>Vérification réalisée par unité de longueur de mur</i>		Vérifiée

Référence: Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
Vérification à l'effort tranchant: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 593.8 kN/m Calculé: 84.4 kN/m	Vérifiée
Vérification de la fissuration par contraintes dans les barres: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Maximum: 201.633 MPa Calculé: 196.136 MPa	Vérifiée
Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i> Mur: - Base arrière: - Base avant:	Minimum: 0.42 m Calculé: 0.45 m Minimum: 0.25 m Calculé: 0.3 m	Vérifiée Vérifiée
Vérification de l'ancrage de l'armature de base à la face supérieure: <i>Critère de CYPE</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 42.4 cm Calculé: 42.4 cm Calculé: 42.4 cm	Vérifiée Vérifiée
Contraintes appliquées au sol: <i>Vérification basée sur des critères résistants.</i> Semelle superficielle: - Contrainte moyenne: - Contrainte maximale:	Maximum: 0.25 MPa Calculé: 0.0674 MPa Maximum: 0.3125 MPa Calculé: 0.1518 MPa	Vérifiée Vérifiée
Flexion dans la semelle: <i>Vérification basée sur des critères résistants</i> Semelle superficielle: - Armature sup. arrière: - Armature inf. arrière: - Armature sup. avant: - Armature inf. avant:	Calculé: 5.65 cm ² /m Minimum: 3.44 cm ² /m Minimum: 0 cm ² /m Minimum: 0 cm ² /m Minimum: 4.43 cm ² /m	Vérifiée Vérifiée Vérifiée Vérifiée
Effort tranchant: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i> Semelle superficielle: - Arrière: - Avant:	Maximum: 600.8 kN/m Calculé: 49.7 kN/m Calculé: 65.4 kN/m	Vérifiée Vérifiée
Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i> Semelle superficielle:		

Référence: Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Attentes arrière:	Minimum: 23.6 cm Calculé: 49.1 cm	Vérifiée
- Attentes avant:	Minimum: 23.6 cm Calculé: 49.1 cm	Vérifiée
- Armature inf. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature inf. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature sup. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature sup. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
Diamètre minimum: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: Ø10	
Semelle superficielle:		
- Armature transversale inférieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
Toutes les conditions sont vérifiées		
Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
Vérification de la stabilité: <i>Critère de CYPE</i>		
Semelle superficielle:		
- Coefficient de sécurité au renversement:	Minimum: 1.8 Calculé: 1.84	Vérifiée
- Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.5 Calculé: 1.52	Vérifiée
Épaisseur minimale: <i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale"</i>	Minimum: 15 cm	
- Semelle superficielle:	Calculé: 55 cm	Vérifiée
- Mur:	Calculé: 55 cm	Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>	Minimum: 3.7 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 18.4 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 18.4 cm	Vérifiée
Séparation maximale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
Mur:		

Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
- Arrière:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique horizontal minimum par face: <i>BAEL-91, Article SETRA 3.4.3</i> Mur:	Minimum: 0.0015	
- Arrière (0.00 m):	Calculé: 0.00182	Vérifiée
- Avant (0.00 m):	Calculé: 0.00182	Vérifiée
Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Mur:		
- Armature verticale Arrière:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature verticale Avant:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Séparation minimale entre barres: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 10 cm	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique minimum: Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.0005 Calculé: 0.00082	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
Pourcentage mécanique minimal: Semelle superficielle:		

Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0 Calculé: 0.00082	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00096 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00075 Calculé: 0.00102	Vérifiée
Vérification au cisaillement en amorce du mur: - Mur: <i>Critère de CYPE</i>	Maximum: 778.3 kN/m Calculé: 102.3 kN/m	Vérifiée
Pourcentage mécanique horizontal minimum par face: <i>Article A.8.2,41 de la norme BAEL-91</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Calculé: 0.00182 Minimum: 0.00068 Minimum: 0.00025	Vérifiée Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face tendue: <i>BAEL-91, Article B.6.4</i> Mur: - Arrière (0.00 m): - Arrière (1.50 m):	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00274 Calculé: 0.00137	Vérifiée Vérifiée
Pourcentage mécanique vertical minimum sur la face tendue: <i>BAEL-91, Article A.4.2, 1</i> Mur: - Arrière (0.00 m): - Arrière (1.50 m):	Minimum: 0.0012 Calculé: 0.00274 Calculé: 0.00137	Vérifiée Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face comprimée: <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i> Mur: - Avant (0.00 m): - Avant (1.50 m):	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102 Calculé: 0.00102	Vérifiée Vérifiée
Section minimale des armatures verticales de la face comprimée: <i>BAEL-91, Article A.8.1,21</i> Mur: - Avant (0.00 m): - Avant (1.50 m):	Minimum: 4 cm ² /m Calculé: 5.65 cm ² /m Calculé: 5.65 cm ² /m	Vérifiée Vérifiée
Pourcentage géométrique maximum d'armature verticale total: <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Maximum: 0.05	

Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
Mur: - (6.00 m): - (1.50 m):	Calculé: 0.00239 Calculé: 0.00377	Vérifiée Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures verticales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 2.5 cm Calculé: 5.7 cm Calculé: 17.6 cm	Vérifiée Vérifiée
Diamètre minimal des armatures horizontales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1.6 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures verticales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1.2 cm	Vérifiée
Vérification sous flexion composée: - Mur: <i>Vérification réalisée par unité de longueur de mur</i>		Vérifiée
Vérification à l'effort tranchant: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 593.8 kN/m Calculé: 84.4 kN/m	Vérifiée
Vérification de la fissuration par contraintes dans les barres: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Maximum: 201.633 MPa Calculé: 196.136 MPa	Vérifiée
Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i> Mur: - Base arrière: - Base avant:	Minimum: 0.42 m Calculé: 0.45 m Minimum: 0.25 m Calculé: 0.3 m	Vérifiée Vérifiée
Vérification de l'ancrage de l'armature de base à la face supérieure: <i>Critère de CYPE</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 42.4 cm Calculé: 42.4 cm Calculé: 42.4 cm	Vérifiée Vérifiée
Contraintes appliquées au sol: <i>Vérification basée sur des critères résistants.</i> Semelle superficielle:		

Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
- Contrainte moyenne:	Maximum: 0.25 MPa Calculé: 0.0674 MPa	Vérifiée
- Contrainte maximale:	Maximum: 0.3125 MPa Calculé: 0.1518 MPa	Vérifiée
Flexion dans la semelle: <i>Vérification basée sur des critères résistants</i>	Calculé: 5.65 cm ² /m	
Semelle superficielle:		
- Armature sup. arrière:	Minimum: 3.44 cm ² /m	Vérifiée
- Armature inf. arrière:	Minimum: 0 cm ² /m	Vérifiée
- Armature sup. avant:	Minimum: 0 cm ² /m	Vérifiée
- Armature inf. avant:	Minimum: 4.43 cm ² /m	Vérifiée
Effort tranchant: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 600.8 kN/m	
Semelle superficielle:		
- Arrière:	Calculé: 49.7 kN/m	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 65.4 kN/m	Vérifiée
Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
Semelle superficielle:		
- Attentes arrière:	Minimum: 23.6 cm Calculé: 49.1 cm	Vérifiée
- Attentes avant:	Minimum: 23.6 cm Calculé: 49.1 cm	Vérifiée
- Armature inf. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature inf. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature sup. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature sup. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
Diamètre minimum: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: Ø10	
Semelle superficielle:		
- Armature transversale inférieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
Toutes les conditions sont vérifiées		
Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
Tablier:		
- Armature (Longitudinal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Transversal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 1.3 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 2168	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Longitudinal:	Calculé: 6262	Vérifiée
- Transversal:	Calculé: 4538	Vérifiée
- Élançement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 39	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 21 cm Calculé: 21 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 13 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 6 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 6 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 43 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base transversale extérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
Radier:		
- Armature (Longitudinal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Transversal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 0.81 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 1902	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Longitudinal:	Calculé: 7275	Vérifiée
- Transversal:	Calculé: 7683	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 43	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 21 cm Calculé: 21 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 13 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 49 cm Calculé: 49 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 49 cm Calculé: 49 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 6 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 37 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base transversale extérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
Piédroit gauche:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 1.1 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 1195	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 8153	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 4937	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 75	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 13 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Attente armature de base extérieure:	Minimum: 13 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Minimum: 0 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Renfort extérieur supérieur:	Minimum: 13 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Attente renfort extérieur supérieur:	Minimum: 15 cm Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 25 cm	
- Attente armature de base extérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale extérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base horizontale intérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
Piédroit droit:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 1.1 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 1138	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 8131	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 4924	Vérifiée
- Élançement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 75	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 13 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Attente armature de base extérieure:	Minimum: 13 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Minimum: 0 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Renfort extérieur supérieur:	Minimum: 13 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Attente renfort extérieur supérieur:	Minimum: 17 cm Calculé: 17 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 25 cm	
- Attente armature de base extérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 17 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale extérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
Mur intermédiaire 1:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 0.11 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 8938	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 49372	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 81532	Vérifiée
- Élançement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 75	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Attente armature de base gauche:	Minimum: 0 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Minimum: 0 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 25 cm	
- Attente armature de base gauche:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 2 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature gauche - droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale gauche:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Calculé: 25 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base horizontale droite:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
Mur intermédiaire 2:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 0.21 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 10671	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 42000	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 25433	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 75	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Attente armature de base gauche:	Minimum: 0 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Minimum: 0 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 25 cm	
- Attente armature de base gauche:	Calculé: 25 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Attente armature de base droite:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 2 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature gauche - droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale gauche:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
Mur intermédiaire 3:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 0.11 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 10400	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 48468	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 80039	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Élançement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 75	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Attente armature de base gauche:	Minimum: 0 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Minimum: 0 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 25 cm	
- Attente armature de base gauche:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 2 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature gauche - droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale gauche:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
Mur intermédiaire 4:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 0.23 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 7213	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 38572	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 23358	Vérifiée
- Élançement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 75	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Attente armature de base gauche:	Minimum: 0 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Minimum: 0 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 42 cm Calculé: 42 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 25 cm	
- Attente armature de base gauche:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 2 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 3 cm Calculé: 23 cm	Vérifiée
- Armature gauche - droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale gauche:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
Terrain:		
- Soulèvement:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Contrainte admissible:	Maximum: 250 kN/m ² Calculé: 73.1083 kN/m ²	Vérifiée
Toutes les conditions sont vérifiées		
Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
Vérification de la stabilité: <i>Critère de CYPE</i>		
Semelle superficielle:		
- Coefficient de sécurité au renversement:	Minimum: 1.8 Calculé: 1.84	Vérifiée
- Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.5 Calculé: 1.52	Vérifiée
Épaisseur minimale: <i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale"</i>	Minimum: 15 cm	
- Semelle superficielle:	Calculé: 55 cm	Vérifiée
- Mur:	Calculé: 55 cm	Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>	Minimum: 3.7 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 18.4 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 18.4 cm	Vérifiée
Séparation maximale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique horizontal minimum par face: <i>BAEL-91, Article SETRA 3.4.3</i>	Minimum: 0.0015	
Mur:		
- Arrière (0.00 m):	Calculé: 0.00182	Vérifiée
- Avant (0.00 m):	Calculé: 0.00182	Vérifiée
Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Mur:		
- Armature verticale Arrière:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature verticale Avant:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Séparation minimale entre barres: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 10 cm	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique minimum:		
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.0005 Calculé: 0.00082	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
Pourcentage mécanique minimal:		
Semelle superficielle:		

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0 Calculé: 0.00082	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00096 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00075 Calculé: 0.00102	Vérifiée
Vérification au cisaillement en amorce du mur: - Mur: <i>Critère de CYPE</i>	Maximum: 778.3 kN/m Calculé: 102.3 kN/m	Vérifiée
Pourcentage mécanique horizontal minimum par face: <i>Article A.8.2,41 de la norme BAEL-91</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Calculé: 0.00182 Minimum: 0.00068 Minimum: 0.00025	Vérifiée Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face tendue: <i>BAEL-91, Article B.6.4</i> Mur: - Arrière (0.00 m): - Arrière (1.50 m):	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00274 Calculé: 0.00137	Vérifiée Vérifiée
Pourcentage mécanique vertical minimum sur la face tendue: <i>BAEL-91, Article A.4.2, 1</i> Mur: - Arrière (0.00 m): - Arrière (1.50 m):	Minimum: 0.0012 Calculé: 0.00274 Calculé: 0.00137	Vérifiée Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face comprimée: <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i> Mur: - Avant (0.00 m): - Avant (1.50 m):	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102 Calculé: 0.00102	Vérifiée Vérifiée
Section minimale des armatures verticales de la face comprimée: <i>BAEL-91, Article A.8.1,21</i> Mur: - Avant (0.00 m): - Avant (1.50 m):	Minimum: 4 cm ² /m Calculé: 5.65 cm ² /m Calculé: 5.65 cm ² /m	Vérifiée Vérifiée
Pourcentage géométrique maximum d'armature verticale total: <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Maximum: 0.05	

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
Mur: - (6.00 m): - (1.50 m):	Calculé: 0.00239 Calculé: 0.00377	Vérifiée Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures verticales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 2.5 cm Calculé: 5.7 cm Calculé: 17.6 cm	Vérifiée Vérifiée
Diamètre minimal des armatures horizontales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1.6 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures verticales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1.2 cm	Vérifiée
Vérification sous flexion composée: - Mur: <i>Vérification réalisée par unité de longueur de mur</i>		Vérifiée
Vérification à l'effort tranchant: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 593.8 kN/m Calculé: 84.4 kN/m	Vérifiée
Vérification de la fissuration par contraintes dans les barres: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Maximum: 201.633 MPa Calculé: 196.136 MPa	Vérifiée
Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i> Mur: - Base arrière: - Base avant:	Minimum: 0.42 m Calculé: 0.45 m Minimum: 0.25 m Calculé: 0.3 m	Vérifiée Vérifiée
Vérification de l'ancrage de l'armature de base à la face supérieure: <i>Critère de CYPE</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 42.4 cm Calculé: 42.4 cm Calculé: 42.4 cm	Vérifiée Vérifiée
Contraintes appliquées au sol: <i>Vérification basée sur des critères résistants.</i> Semelle superficielle:		

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Contrainte moyenne:	Maximum: 0.25 MPa Calculé: 0.0674 MPa	Vérifiée
- Contrainte maximale:	Maximum: 0.3125 MPa Calculé: 0.1518 MPa	Vérifiée
Flexion dans la semelle: <i>Vérification basée sur des critères résistants</i>	Calculé: 5.65 cm ² /m	
Semelle superficielle:		
- Armature sup. arrière:	Minimum: 3.44 cm ² /m	Vérifiée
- Armature inf. arrière:	Minimum: 0 cm ² /m	Vérifiée
- Armature sup. avant:	Minimum: 0 cm ² /m	Vérifiée
- Armature inf. avant:	Minimum: 4.43 cm ² /m	Vérifiée
Effort tranchant: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 600.8 kN/m	
Semelle superficielle:		
- Arrière:	Calculé: 49.7 kN/m	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 65.4 kN/m	Vérifiée
Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
Semelle superficielle:		
- Attentes arrière:	Minimum: 23.6 cm Calculé: 49.1 cm	Vérifiée
- Attentes avant:	Minimum: 23.6 cm Calculé: 49.1 cm	Vérifiée
- Armature inf. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature inf. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature sup. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature sup. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
Diamètre minimum: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: Ø10	
Semelle superficielle:		
- Armature transversale inférieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
Toutes les conditions sont vérifiées		
Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
Vérification de la stabilité: <i>Critère de CYPE</i> Semelle superficielle: - Coefficient de sécurité au renversement: - Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.8 Calculé: 1.84 Minimum: 1.5 Calculé: 1.52	Vérifiée Vérifiée
Épaisseur minimale: <i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale"</i> - Semelle superficielle: - Mur:	Minimum: 15 cm Calculé: 55 cm Calculé: 55 cm	Vérifiée Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 3.7 cm Calculé: 18.4 cm Calculé: 18.4 cm	Vérifiée Vérifiée
Séparation maximale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Maximum: 25 cm Calculé: 20 cm Calculé: 20 cm	Vérifiée Vérifiée
Pourcentage géométrique horizontal minimum par face: <i>BAEL-91, Article SETRA 3.4.3</i> Mur: - Arrière (0.00 m): - Avant (0.00 m):	Minimum: 0.0015 Calculé: 0.00182 Calculé: 0.00182	Vérifiée Vérifiée
Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i> - Semelle superficielle: - Armature longitudinale inférieure: - Armature longitudinale supérieure: - Armature transversale inférieure: - Armature transversale supérieure: - Mur: - Armature verticale Arrière: - Armature verticale Avant:	Maximum: 25 cm Calculé: 20 cm Calculé: 25 cm Calculé: 20 cm Calculé: 20 cm Calculé: 15 cm Calculé: 20 cm	Vérifiée Vérifiée Vérifiée Vérifiée
Séparation minimale entre barres: <i>Critère de CYPE</i> Semelle superficielle:	Minimum: 10 cm	

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique minimum: Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.0005 Calculé: 0.00082	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
Pourcentage mécanique minimal: Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0 Calculé: 0.00082	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00096 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00075 Calculé: 0.00102	Vérifiée
Vérification au cisaillement en amorce du mur:		
- Mur: <i>Critère de CYPE</i>	Maximum: 778.3 kN/m Calculé: 102.3 kN/m	Vérifiée
Pourcentage mécanique horizontal minimum par face: <i>Article A.8.2,41 de la norme BAEL-91</i>	Calculé: 0.00182	
Mur:		
- Arrière:	Minimum: 0.00068	Vérifiée
- Avant:	Minimum: 0.00025	Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face tendue: <i>BAEL-91, Article B.6.4</i>	Minimum: 0.001	
Mur:		
- Arrière (0.00 m):	Calculé: 0.00274	Vérifiée
- Arrière (1.50 m):	Calculé: 0.00137	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
Pourcentage mécanique vertical minimum sur la face tendue: <i>BAEL-91, Article A.4.2, 1</i> Mur: - Arrière (0.00 m): - Arrière (1.50 m):	Minimum: 0.0012 Calculé: 0.00274 Calculé: 0.00137	 Vérifiée Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face comprimée: <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i> Mur: - Avant (0.00 m): - Avant (1.50 m):	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102 Calculé: 0.00102	 Vérifiée Vérifiée
Section minimale des armatures verticales de la face comprimée: <i>BAEL-91, Article A.8.1,21</i> Mur: - Avant (0.00 m): - Avant (1.50 m):	Minimum: 4 cm ² /m Calculé: 5.65 cm ² /m Calculé: 5.65 cm ² /m	 Vérifiée Vérifiée
Pourcentage géométrique maximum d'armature verticale total: <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i> Mur: - (6.00 m): - (1.50 m):	Maximum: 0.05 Calculé: 0.00239 Calculé: 0.00377	 Vérifiée Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures verticales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 2.5 cm Calculé: 5.7 cm Calculé: 17.6 cm	 Vérifiée Vérifiée
Diamètre minimal des armatures horizontales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1.6 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures verticales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1.2 cm	Vérifiée
Vérification sous flexion composée: - Mur: <i>Vérification réalisée par unité de longueur de mur</i>		Vérifiée
Vérification à l'effort tranchant: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 593.8 kN/m Calculé: 84.4 kN/m	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
Vérification de la fissuration par contraintes dans les barres: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Maximum: 201.633 MPa Calculé: 196.136 MPa	Vérifiée
Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i> Mur: - Base arrière: - Base avant:	Minimum: 0.42 m Calculé: 0.45 m Minimum: 0.25 m Calculé: 0.3 m	Vérifiée Vérifiée
Vérification de l'ancrage de l'armature de base à la face supérieure: <i>Critère de CYPE</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 42.4 cm Calculé: 42.4 cm Calculé: 42.4 cm	Vérifiée Vérifiée
Contraintes appliquées au sol: <i>Vérification basée sur des critères résistants.</i> Semelle superficielle: - Contrainte moyenne: - Contrainte maximale:	Maximum: 0.25 MPa Calculé: 0.0674 MPa Maximum: 0.3125 MPa Calculé: 0.1518 MPa	Vérifiée Vérifiée
Flexion dans la semelle: <i>Vérification basée sur des critères résistants</i> Semelle superficielle: - Armature sup. arrière: - Armature inf. arrière: - Armature sup. avant: - Armature inf. avant:	Calculé: 5.65 cm ² /m Minimum: 3.44 cm ² /m Minimum: 0 cm ² /m Minimum: 0 cm ² /m Minimum: 4.43 cm ² /m	Vérifiée Vérifiée Vérifiée Vérifiée
Effort tranchant: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i> Semelle superficielle: - Arrière: - Avant:	Maximum: 600.8 kN/m Calculé: 49.7 kN/m Calculé: 65.4 kN/m	Vérifiée Vérifiée
Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i> Semelle superficielle: - Attentes arrière:	Minimum: 23.6 cm Calculé: 49.1 cm	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
- Attentes avant:	Minimum: 23.6 cm Calculé: 49.1 cm	Vérifiée
- Armature inf. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature inf. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature sup. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
- Armature sup. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 0 cm	Vérifiée
Diamètre minimum: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: Ø10	
Semelle superficielle:		
- Armature transversale inférieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: HA12	Vérifiée
Toutes les conditions sont vérifiées		

DESCRIPTION DE L'ARMATURE

MODULE

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA12e=15, crosse=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12e=15, crosse=22cm	Renforts 1: HA12 - Murs 3 à 3 - Longueur ini.= 1.15m - Longueur fin.= 1.29m Renforts 2: HA12 - Murs 4 à 4 - Longueur ini.= 1.29m - Longueur fin.= 1.56m
	Inférieur	Longitudinal	HA12e=15, crosse=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12e=15, crosse=13cm	Renforts 1: HA12 - Cellules 3 à 3 - Longueur ini.= 1.41m - Longueur fin.= 1.41m
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA14e=25, crosse=49cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12e=15, crosse=22cm	Renforts 1: HA12 - Murs 3 à 3 - Longueur ini.= 1.11m - Longueur fin.= 1.25m Renforts 2: HA12 - Murs 4 à 4 - Longueur ini.= 1.25m - Longueur fin.= 1.52m
	Supérieur	Longitudinal	HA14e=25, crosse=49cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12e=15, crosse=13cm	
Piédroit gauche	Arrière	Vertical	HA12e=25, crosse=13cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	Renfort supérieur: HA12 - Longueur=2.12 m, crosse=13 cm Renfort inférieur: HA14 - Attente=0.30 m - Longueur crosse en pied=15 cm
		Horizontal	HA12e=25, crosse=42cm	
	Avant	Vertical	HA12e=20, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	HA12 L(121)
		Horizontal	HA12e=25, crosse=42cm	
Piédroit droit	Arrière	Vertical	HA12e=25, crosse=13cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	Renfort supérieur: HA12 - Longueur=2.12 m, crosse=13 cm Renfort inférieur: HA16 - Attente=0.34 m - Longueur crosse en pied=18 cm
		Horizontal	HA12e=25, crosse=42cm	
	Avant	Vertical	HA12e=20, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	HA12 L(121)
		Horizontal	HA12e=25, crosse=42cm	

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Mur intermédiaire 1	Gauche	Vertical	HA12e=25, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=25, crosse=42cm	
	Droite	Vertical	HA12e=25, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=25, crosse=42cm	
Mur intermédiaire 2	Gauche	Vertical	HA12e=25, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=25, crosse=42cm	
	Droite	Vertical	HA12e=25, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=25, crosse=42cm	
Mur intermédiaire 3	Gauche	Vertical	HA12e=25, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=25, crosse=42cm	
	Droite	Vertical	HA12e=25, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=25, crosse=42cm	
Mur intermédiaire 4	Gauche	Vertical	HA12e=25, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=25, crosse=42cm	
	Droite	Vertical	HA12e=25, crosse= - cm - Attente=0.25 m - Longueur crosse en pied=13 cm	
		Horizontal	HA12e=25, crosse=42cm	

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Armature horizontale: HA16e=20	
Armature longitudinale inférieure: HA12e=20, crosse=13cm	
Armature longitudinale supérieure: HA12e=25, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA12e=15 - Recouvrement =0.45m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.42m - Renfort : HA12 - Longueur=1.50m - Crosse =20cm	Transversal inférieur: HA12e=20 Transversal supérieur: HA12e=20
Armature verticale avant: HA12e=20 - Recouvrement =0.30m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.42m	

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Armature horizontale: HA16e=20 Armature longitudinale inférieure: HA12e=20, crosse=13cm Armature longitudinale supérieure: HA12e=25, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA12e=15 - Recouvrement =0.45m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.42m - Renfort : HA12 - Longueur=1.50m - Crosse =20cm Armature verticale avant: HA12e=20 - Recouvrement =0.30m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.42m	Transversal inférieur: HA12e=20 Transversal supérieur: HA12e=20

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Armature horizontale: HA16e=20 Armature longitudinale inférieure: HA12e=20, crosse=13cm Armature longitudinale supérieure: HA12e=25, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA12e=15 - Recouvrement =0.45m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.42m - Renfort : HA12 - Longueur=1.50m - Crosse =20cm Armature verticale avant: HA12e=20 - Recouvrement =0.30m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.42m	Transversal inférieur: HA12e=20 Transversal supérieur: HA12e=20

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Armature horizontale: HA16e=20 Armature longitudinale inférieure: HA12e=20, crosse=13cm Armature longitudinale supérieure: HA12e=25, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA12e=15 - Recouvrement =0.45m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.42m - Renfort : HA12 - Longueur=1.50m - Crosse =20cm Armature verticale avant: HA12e=20 - Recouvrement =0.30m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.42m	Transversal inférieur: HA12e=20 Transversal supérieur: HA12e=20