



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTÉ : GENIE CIVIL ET ARCHITECTURE

DÉPARTEMENT : GENIE CIVIL

MÉMOIRE DE MASTER

**Présenté par : BEN SACI Mohamed Youcef
et DRIKI Naceur**

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : TRAVAUX PUBLICS

OPTION : VOIES ET OUVRAGES D'ART

Thème

Etude d'une Intersection « Route –Voie Ferrée » Proposition d'un passage supérieur

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
NOUIOUA Tahar	MAA	Président
MERGHOUB Messaouda	MAA	Examinatrice
BEDERINA Madani	Pr	Rapporteur
ZIREGUE Ahmed	MCB	Co-rapporteur

Promotion : juin - 2019



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : GENIE CIVIL ET ARCHITECTURE

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL

RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Travaux Publics

Option : Voies et Ouvrages d'Art

Thème : Etude d'une Intersection « Route –Voie Ferrée » proposition d'un passage supérieur

**Présenté par : BEN SACI Mohamed Youcef
et DRIKI Naceur**

Encadré par: BEDERINA Madani

Résumé : Il s'agit, en effet, de l'étude d'un passage supérieur d'une route pour franchir une voie ferrée. A travers ce projet, il était indispensable d'étudier un tronçon de la route nationale n°23 d'une part, et un tronçon du chemin de fer "Djelfa – Laghouat" d'autre part, se trouvant au niveau du croisement, tout en déterminant les caractéristiques géométriques de chaque voie. Il était également nécessaire de choisir le type de pont qui permet l'aménagement du passage supérieur routier et le passage inférieur des trains en toute sécurité et confort.

Mots clés : Passage supérieur, autoroute, voie ferrée, route nationale, tracé en plan, profil en long, profil en travers, dimensionnement de la route, dimensionnement de la voie ferrée, pont.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



جامعة عمار ثلجي - الأغواط

كلية: الهندسة المدنية والهندسة المعمارية
قسم: الهندسة المدنية

ملخص مذكرة الماستر

الميدان: علوم وتكنولوجيا

الشعبة: أشغال عمومية

التخصص: طرق و منشآت فنية

عنوان المذكرة: دراسة تقاطع " طريق - سكة حديدية " - اقتراح معبر علوي

تقديم الطالب: بن ساسي محمد يوسف - دريقي ناصر

الأستاذ المؤطر: بدرينة مداني

ملخص المذكرة: الهدف من المشروع هو دراسة مقطعين من طريقين ينتميان إلى منطقة التقاطع: مقطع من الطريق الوطني رقم 23 ومقطع من خط السكة الحديدية، مع تحديد الخصائص الهندسية لكل مقطع وهيكله وتحديد أبعاد كل من الطريق والسكة الحديدية. و كان من الضروري اختيار نوع الجسر الملائم الذي يسمح بتهيئة هذا التقاطع بمرور الطريق الوطني عبر الممر العلوي وكذا عبور القطارات أسفل الجسر وهذا مع تحقيق الشروط المطلوبة من سلامة وراحة.

الكلمات المفتاحية: ممر علوي، طريق سريع، سكة حديدية، طريق وطني ، مخطط السطح، مظهر طولي، مظاهر عرضية، تحجيم تربة الطريق، تحجيم تربة السكة الحديدية.

Remerciements

NOUS remercions en premier lieu Dieu tout puissant de nous avoir accordé la puissance et la volonté pour achever ce travail.

NOUS voudrions aussi remercier nos encadreur de mémoire, **BEDERINA Madani** et **ZIREGUE Ahmed** pour le temps qu'ils ont consacré à nous apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche.

NOUS adressons également nos remerciements aux membres de jury qui ont accepté d'examiner ce mémoire en lui apportant de l'intérêt

NOUS remercions également les professeurs **R. MELLAL**, **A. DJABALLAH**, **M. BAADJ** et **A. ATTAFI** pour leur soutien et leur assistance.

NOS remerciements vont aussi à tous les enseignants du département de génie civil de l'Université de Laghouat et à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

الإهداء

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلا بطاعتك. ولا تطيب اللحظات إلا
بذكرك .. ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك .. ولا تطيب الجنة إلا برويتك

"أحمد الله عز وجل على منه وعونه لإتمام هذا العمل"

إلى ملاكي في الحياة .. إلى معنى الحب و الحنان وإلى معنى التفاني.. إلى بسملة الحياة وسر
الوجود إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي إلى أغلى الحبايب
أمي الغالية....

إلى من رافقوني منذ أن حملنا حقائب صغيرة ومعكم سرت الدرب خطوة بخطوة وما يزالون
يرافقوني حتى الآن

اخوتي :أمال ابتسام نجاة يسين براهيم

أشكركم على مواقفكم النبيلة إلى من تطلعت لنجاحي بنظرات الأمل

إلى من تحلو بالإخاء وتميزوا بالوفاء والعطاء إلى ينابيع الصدق الصافي إلى من معهم
سعدت، وبرفتهم في دروب الحياة الحلوة والحزينة سرت إلى من كانوا معي على طريق
النجاح والخير إلى من عرفت كيف أجدهم وعلموني أن لا أضيعهم

أصدقائي.....

وإلى زملائي تخصص طرقات ومنشآت فنية، وإلى كل طلبة قسم الهندسة المدنية

بالأغواط...

محمد يوسف

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم وسلوة وسلام على أشرف المرسلين

الحمد لله الذي وفقني لهذا وما كنت لأصل إليه لولا فضل الله عليا أما بعد

الى من ساندتني في صلاتها ودعائها الى من سهرت الليالي لتنير دربي

الى من شاركتني افراحي واحراني الى نبع العطف والحنان

الى اروع امرأة في الوجود امي الغالية **شريفة** حفظها الله واطال في عمرها

الى الذي علمني معنى الكفاح والصبر الى الذي علمني ان ارتقي سلم الحياة بحكمة وصبر الى والذي العزيز
عبد الرحمان حفظه الله واطال في عمره

إليكما أُمي وأبي أهدي ثمرة جهدي في هذا العمل المتواضع راجيا من المولى عز وجل رضاكم

والى **الاخوى والاخوات** الذين قاسموني الحياة حلوها ومرها ودون ان انسى امي **حميدة** حفظها الله والى
العائلة الكبيرة عائلة **دريقي**

والى روح الجددين **الحاج الطاهر ومحمد** والى روح جداتي **فاطمة وخيرة** رحمهم الله واسكنهم فسيح جناته

اهدي ايضا مشروع تخرجي الى رفيقي وزميلتي في رسالة التخرج **بن ساسي محمد يوسف**

والى زملائي دفعة 2019 تخصص طرقات و منشآت فنية والى كل الاساتذة والطلبة في قسم الهندسة المدنية
بالأغواط

الى كل الاشخاص الذين احمل لهم المحبة والتقدير وخص بالذكر صديقي ورفيق دربي **عتبة منصور**

ناصر دريقي

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I: Généralités sur les voies terrestres	
I.1 Introduction	3
I.2 Généralités sur les routes	3
I.2.1 Etude géométrique de la route	3
I.2.1.1 Tracé en plan	3
I.2.1.1.1 Critères de choix du tracé en plan	3
I.2.1.1.2 Eléments du tracé en plan	4
I.2.1.1.2.1 Alignement	4
I.2.1.1.2.2 Arc de cercle	4
I.2.1.1.2.3 Clothoïde	5
I.2.1.1.2.4 Rayon en plan	5
I.2.1.2 Profil en long	7
I.2.1.2.1 Critères de choix de profil en long	7
I.2.1.2.2 Les éléments de composition du profil en long	8
I.2.1.2.2.1 Déclivité	8
I.2.1.2.2.2 Rayon des courbures de profil en long	9
I.2.1.3 Profil en travers	11
I.2.1.3.1 Les éléments du profil en travers	11
I.2.1.3.1.1 La chaussée	11
I.2.1.3.1.2 Les accotements	11
I.2.1.3.1.3 La plate-forme	11
I.2.1.3.1.4 L'assiette	11
I.2.1.3.1.5 L'emprise	12
I.2.1.3.1.6 Le talus	12
I.2.1.3.1.7 Le fossé	12

I.2.1.3.1.8 Le terre-plein central T.P.C	12
I.2.1.3.1.9 La largeur roulable	12
I.2.1.3.2 Profil en travers type	13
I.2.1.3.3 Les différentes formes de la chaussée	14
I.2.1.3.3.1 En alignement droit	14
I.2.1.3.3.2 En courbe	15
I.2.1.4 Dimensionnement et structure des chaussées souples	15
I.2.1.4.1 Généralités sur les chaussées souples	16
I.2.1.4.1.1 Définition	16
I.2.1.4.1.2 Comportement	16
I.2.1.4.1.3 Types de chaussées souples	16
I.2.1.4.2 Construction des chaussées souples	17
I.2.1.4.3 Détermination de l'épaisseur et de la structure des chaussées souples	19
I.2.1.4.3.1 Durée de vie d'une chaussée	19
I.2.1.4.3.2. Facteurs influents sur le dimensionnement de la chaussée	20
I.2.1.4.3.3 Présentation des méthodes de dimensionnement de structure de chaussée	20
I.3 Généralités sur les voies ferrées	22
I.3.1 Etude géométriques des voies ferrées	22
I.3.1.1 Tracé en plan	22
I.3.1.1.1 Définition	22
I.3.1.1.2 Critères de choix du tracé en plan	22
I.3.1.1.3 Eléments du tracé en plan	23
I.3.1.2 Profil en long	24
I.3.1.2.1 Définition	24
I.3.1.2.2 Critères de choix du profil en long	24
I.3.1.2.3 Déclivité maximale	25
I.3.1.2.4 Rayon admissible en raccords de profil en long	25

I.3.1.2.5 Détermination de la longueur minimale de déclivité	26
I.3.1.3 Profil en travers	27
I.3.1.3.1 Définition	27
I.3.1.3.2 Ecartement des rails	28
I.3.2 Dimensionnement et structure des voies ferrées	29
I.3.2.1 Infrastructure des voies ferrées	29
I.3.2.1.1 Généralité	29
I.3.2.1.2 Couche de ballast	29
I.3.2.1.3 Sous couche	30
I.3.2.1.4 Plateforme	30
I.3.2.2 Superstructure des voies ferrées	30
I.3.2.2.1 Rail	31
I.3.2.2.2 Traverse	32
I.3.2.3 Fixation et éclissage	34
I.3.2.3.1 Fixation	34
I.3.2.3.2 Eclissage	36
I.3.2.4 Dimensionnement des voies ferrées	37
I.3.2.4.1 Détermination de l'épaisseur minimale de la couche d'assise	37
I.4 Conclusion	38

Chapitre II: Etude et aménagement des croisements « route - chemin de fer »

II.1 Introduction	39
II.2 Généralités sur les passages à niveaux	39
II.2.1 Types de passage à niveau	39
II.2.2 Risques des passages à niveaux	41
II.2.3 Procédures nécessaires pour limiter le risque d'accidents aux PN	41
II.2.4 Suppression des passages à niveaux	42

II.2.4.1 La mise en impasse.....	42
II.2.4.2 La déviation vers un ouvrage existant.....	42
II.2.4.3 La création d'un ouvrage dénivelé.....	42
II.3 Généralités sur l'aménagement des carrefours routiers.....	43
II.3.1 Introduction.....	43
II.3.2 Les règles essentielles pour concevoir un carrefour.....	43
II.3.3 Les principaux types des carrefours.....	43
II.3.3.1 Carrefours plans.....	43
II.3.3.2 Carrefours dénivelés.....	44
II.3.4 Les équipements devant être présents dans un carrefour.....	45
II.4 Généralités sur l'aménagement des croisements « Routes – voie ferrée ».....	46
II.4.1 Introduction.....	46
II.4.2 Types des passages dénivelés.....	46
II.4.2.1 Passage supérieur.....	46
II.4.3 Types de passage supérieur et inférieur.....	46
II.5 Conclusion.....	48

Chapitre III: Présentation générale du projet d'étude

III.1 Introduction.....	49
III.2 Présentation du projet.....	49
III.2.1 Contexte générale.....	49
III.2.2 But de l'étude.....	49
III.2.3 Description du projet.....	50
III.3 Présentation des données d'étude nécessaires.....	52
III.3.1 Données géotechniques.....	52
III.3.1.1 Analyses chimiques.....	52
III.3.1.2 Caractéristiques géotechniques du sol.....	52

III.3.1.3 Données géotechniques relatives à la voie ferrée.....	54
III.3.1.3.1 Organisation de la campagne et des essais.....	54
III.3.1.3.2 Analyse globale.....	54
III.3.2. Données topographiques.....	57
III.3.2.1 Données géométriques de la route.....	57
III.3.2.2 Données géométriques de la voie ferrée.....	57
III.4 Conclusion.....	57

Chapitre IV: Etude des voies de communication

IV.1 Etude de la route.....	58
IV.1.1 Etude du tracé en plan.....	58
IV.1.1.1 Introduction.....	58
IV.1.1.2 Environnement de la route.....	58
IV.1.1.2.1 La dénivelée cumulée moyenne $\sum h_i/L$	58
IV.1.1.2.2 La sinuosité.....	59
IV.1.1.3 Etude de l'alignement droit.....	60
IV.1.1.3.1 Paramètres fondamentaux.....	60
IV.1.1.3.2 Vérification de la longueur de l'alignement droit.....	61
IV.1.1.3.3 Calcul des distances de visibilité.....	61
IV.1.1.3.4 Distance d'arrêt d_a	62
IV.1.2 Etude du profil en long.....	63
IV.1.2.1 Introduction.....	63
IV.1.2.2 Détermination des déclivités.....	63
IV.1.2.3 Raccordement en courbe convexe (angle saillant).....	64
IV.1.2.3.1 Condition de visibilité.....	64
IV.1.2.3.2 Condition de confort.....	65
IV.1.3 Etude des profils en travers.....	68

IV.1.3.1 Introduction.....	68
IV.1.3.2 Types de profil en travers.....	69
IV.1.3.3 Cubatures des terres.....	69
IV.1.3.3.1 Cubatures.....	69
IV.1.3.3.2 Remblais.....	70
IV.1.4 Dimensionnement et structure de la chaussée.....	70
IV.2 Etude de la voie ferrée.....	73
IV.2.1 Etude du tracé en plan.....	73
IV.2.1.1 Introduction.....	73
IV.2.1.2 Site du projet.....	74
IV.2.1.3 Aperçue sur l’alignement droit.....	74
IV.2.2 Etude du profil en long.....	74
IV.2.2.1 Introduction.....	74
IV.2.3 Etude du profil en travers.....	75
IV.2.4 Dimensionnement de la voie ferrée.....	75
IV.2.4.1 Dimensionnement de l’infrastructure ferroviaire.....	75
IV.2.4.1.1 La classe portante de la plateforme.....	76
IV.2.4.1.2 Calcul de l’épaisseur minimale.....	76
IV.2.4.2 Dimensionnement de la superstructure ferroviaire.....	77
IV.2.4.2.1 Détermination de type des traverses.....	77
IV.2.4.2.1.1 Traverses en béton type bi-bloc.....	78
IV.2.4.2.1.2 Traverses en béton type monobloc.....	78
IV.2.4.2.1.3 Comparaison entre les traverses bibloc et monobloc.....	79
IV.2.4.2.1.4 Conclusion.....	79
IV.2.4.2.2 Fixation et attaches.....	79
IV.2.4.2.3 Le travelage.....	80
IV.2.4.2.4 Dimensionnement des rails.....	81

IV.2.4.2.5 Conclusion	85
IV.2.4.2.6 Longueur des rails et joints de dilatation	86
IV.2.4.2.6.1 Joints de dilatation	86
IV.2.4.2.6.2 Eclissage	87

Chapitre V: Aménagement de l'intersection« Route – Voie ferrée »

V.1 Introduction	88
V.2 Pré-dimensionnement du pont	88
V.2.1 Dalles en béton armé	88
V.2.2 Murs de front	89
V.2.3 Fondations	89
V.2.4 Dalles de transition	90
V.2.5 Murs de soutènement	90
V.3 Choix de l'aménagement	91
V.3.1 La portée du pont	91
V.3.2 Hauteur de l'ouvrage	91
V.3.3 Nature du terrain	92
V.3.4 Aspect économique de la construction	92
V.4 Conclusion	93
Conclusion générale	94

Symboles

P : poids propre du véhicule ;

F_c : force centrifuge ;

R' : la composante de la résultante des forces : centrifuge et poids propre ;

R : rayon de courbure ;

m : masse du véhicule ;

g : accélération de la pesanteur ;

v : vitesse du véhicule ;

h : surhaussement de la chaussée ;

i : dévers ;

I_{min} : pente minimale ;

V_r : vitesse de référence ;

A : la base du talus ;

B : hauteur du talus ;

E : module de Young ;

°C : degré Celsius ;

dv : dévers théorique ;

dp : dévers prescrit ;

D_{max} : dévers maximum admissible ;

I : insuffisance de dévers maximale admissible ;

a : écartement de la voie ;

α_{nc} : l'accélération non compensée ;

E : excès de dévers maximal admissible ;

R_v : rayon de courbure verticale ;

V_{max} : vitesse maximale ;

a_v : accélération centrifuge verticale ;

a_{vrec} : accélération recommandée ;

μ : micron ;

ml : mètre linéaire ;

t.m : tonne mètre ;

R_c : résistance à la compression simple ;

P1 : Plateforme médiocre ;

P2 : Plateforme moyenne ;

P3 : Plateforme bonne ;

e : largeur de joint de dilatation ;

d : dilatation max du rail ;

s : une marge de sécurité ;

α : coefficient de dilatation ;

ΔT : la variation de température ;

L : la longueur de la barre ;

e : épaisseur minimal de la couche d'assise ;

E : paramètre dépendant de la qualité de portance de la plate-forme ;

a, b, c, d, f et g : paramètres de dimensionnement de la couche d'assise ;

Wp : limite de plasticité ;

WL : limite de liquidité ;

Ip : indice de plasticité ;

γ_{doptm}: masse volumique sec optimale ;

ω_{optm} : teneur en eau optimale ;

γ_d: masse volumique sec ;

ICBR : indice CBR ;

X : axe des abscisses ;

Y : axe des ordonnées ;

Z : altitude ;

τ : taux d'accroissement annuel ;

n : nombre d'année à partir de l'année d'origine ;

T_{eff}: trafic effectif à l'année horizon ;

Z : pourcentage de poids lourd ;

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds ;

Q : débit de pointe horaire ;

Q_{adm}: débit admissible ;

C_{th}: capacité théorique ;

K₁ : coefficient qui dépend de l'environnement ;

K2 : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route ;

n : nombre de voie ;

S : coefficient de dissymétrie ;

j : jour ;

E1, E2, E3 : classes d'environnement ;

h : dénivelée cumulée ;

L : longueur de l'itinéraire ;

ls : la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200m ;

LR : la longueur du rayon $\leq 200\text{m}$;

LAB : la longueur totale de l'itinéraire ;

σ : la sinuosité ;

dt : dévers transversal ;

tp : temps de perception ;

fL : frottement longitudinal ;

fT : frottement transversal ;

Lmin : longueur minimale ;

Lmax : longueur maximale ;

dm : distance de visibilité de dépassement minimale ;

dN : distance de visibilité de dépassement normale ;

da : distance d'arrêt ;

dp : distance de perception ;

df : distance de freinage ;

K : paramètre du tracé en plan ;

i : déclivité ;

A : point de début du projet ;

D : point de fin du projet ;

S : Sommet ;

Hs: Altitude sommet S ;

HTN : altitude de terrain naturel ;

Einf: épaisseur de l'infrastructure ferroviaire donnée par l'ANESRIF ;

Hl : hauteur libre ;

Ed : épaisseur de la dalle de l'ouvrage (compte tenu de la hauteur des poutres) ;

E : épaisseur de la chaussée ;

LS : distance séparant le début du projet et le point S ;

B : Point de début ;

LB : distance du point B ;

x1 : distance entre B et S ;

P1 : pente de déclivité 1 ;

HB : altitude du point B ;

y1 : différence d'altitude entre B et S ;

C : Point de fin ;

Lc: distance du point C ;

x2 : distance entre C et S ;

P2 : pente de déclivité 2 ;

Hc: altitude du point C ;

y2 : différence d'altitude entre C et S ;

LAB : longueur entre A et B ;

LCD : longueur entre C et D ;

Lrc: longueur de courbe de raccordement ;

N : nombre journalier de camions de plus 1500 kg à vide ;

P : charge par roue ;

Log : logarithme décimal ;

c1, c2, c3 : coefficients d'équivalence ;

e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches de la chaussée ;

v/j : véhicule par jour ;

v/j/s : véhicule par jour et par sens ;

PL/j/s : poids lourd par jour et par sens ;

TPL : trafic du poids lourd ;

S2 : sol à moyenne portance ;

HTN1 : altitude de terrain naturel au point de début A ;

HTN2 : altitude de terrain naturel au point de fin du projet D ;

HDP : altitude du projet au point de début B ;

HFP : altitude du projet au point de fin C ;

Ht: hauteur totale.

Abréviations

RVm : rayon minimal absolue ;

RHN : rayon minimale normal ;

TPC : Terre-plein Central ;

BDG : Bande dérasée de Gauche ;

BDD : Bande Dérasée de Droite ;

BAU : Bande D'arrêt d'Urgence ;

BD : Bande Dérasée ;

BG : Bande de Guidage ;

GNT : Granulats Non Traités ;

PST : Partie Supérieure du Terrassement ;

GB : Grave Bitume ;

MPa : Méga pascal ;

CBR : Californian Bearing Ratio ;

AASHO : American Association of State Highway Officials ;

SNCF : Société Nationale des Chemins de Fer ;

RFF IN : Réseau Ferrée de France Infrastructure ;

UIC : Union Internationale des Chemins de Fer ;

TGV : Train à Grande Vitesse ;

LRS : Longs Rails Soudés ;

NF EN : Norme Française Européen Norme ;

MDE : Micro Deval ;

LA : Los Angeles ;

QS : Qualité de Sol ;

PN : Passage à Niveau ;

SAL : Signalisation Automatique Lumineuse et Sonore ;

R24 : signalisation de deux ou quatre feux routiers rouges clignotants ;

SETRA : Service D'études Techniques des Routes et Autoroutes ;

ICTAAL : document d'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison ;

PI-CF : Passage Inférieur en Cadre Fermé ;

PI-PO : Passage Inférieur en Portique Ouvert ;

POD : Portique Ouvert Double ;

PSI-DA : Passage Supérieur ou Inférieur en Dalle Armée ;

PSI-DP : Passage Supérieur ou Inférieur en Dalle Précontrainte ;

PSI-DN : Passage Supérieur ou Inférieur en Dalle Nervurée ;

PSI-BA : Passage Supérieur ou Inférieur à Poutres en Béton Armé ;

PR-AD : Poutres Précontraintes par Adhérence ;

VI-PP : Viaducs à travées Indépendantes à Poutres Précontraintes ;

PSI-OM : Passage Supérieur ou Inférieur à Ossature Mixte ;

PSI-DE : Passage Supérieur ou Inférieur en Dalle Elégie ;

PS-BQ : Passage Supérieur à Béquilles ;

RN23 : Route Nationale N°23 ;

LNHC : Laboratoire National de l’Habitat et de la Construction ;

COSIDER : Construction des Infrastructures de transport ;

RPA : Règlement Parasismique Algérien ;

NF P : Norme Française bâtiment ;

USCS : Unified Soil Classification System ;

GA-Gb : Gravier Argileux bien gradué ;

LCTP : Laboratoire Central des Travaux Publics ;

SP : Sondage Pressiométrique ;

ANESRIF : Agence Nationale d'Etudes et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires ;

PK : Point Kilométrique ;

SPT : Standard Pénétration Test ;

GTR : Guide Technique Routier ;

XP P : norme expérimentale ;

TJMA_n : Trafic Journalier Moyen à l'Année n ;

TJMA₀ : Trafic Journalier Moyen à l'Année de référence ;

PL : Poids Lourd ;

u_{vp} : unité de véhicule particulier ;

DTP : Direction Des Travaux Publics ;

L120 : route avec une vitesse de référence de 120km/h ;

VRU : Voie Rapide Urbaine ;

GA : Gabarit type A ;

GB : Gabarit type B ;

GB1 : Gabarit type B1 ;

GC : Gabarit type C ;

B40 : normes techniques d'aménagement des routes ;

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées ;

AN : Application Numérique ;

TVO : Tout Venant d'Oued ;

BB : Béton Bitumineux ;

SNTF : Société Nationale des Transports Ferroviaires ;

VF : Voie Ferrée ;

Liste des figures

Chapitre I

Fig. I.1 : Le véhicule en virage sans dévers	5
Fig. I.2 : Le véhicule en virage avec dévers	6
Fig. I.3 : Visibilité en courbe verticale convexe sur chaussée bidirectionnelle	9
Fig. I.4 : Visibilité en courbe verticale concave (conduite de nuit)	10
Fig. I.5: Efforts appliqués au véhicule en courbe verticale concave	10
Fig. I.6: Profil en travers d'une autoroute	12
Fig. I.7: Profil en travers d'une route à 2 ou 3 voies	13
Fig. I.8: Profil en travers type	14
Fig. I.9 : Profil en travers en alignement droit	14
Fig. I.10: Schéma de fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante	16
Fig. I.11: Les différentes couches d'une chaussée souple	19
Fig. I.12 Rampe maximale admissible en fonction de la longueur d'application	25
Fig. I.13: Profil en travers courant d'une voie ferrée	27
Fig. I.14: Forces en courbe et dévers	27
Fig. I.15: Ecartement des rails	28
Fig. I.16 : Effet de la superposition des structures d'une voie ferrée	29
Fig. I.17: Fixation du rail à double champignon	31
Fig. I.18: Profil du rail Vignole	32
Fig. I.19: Profil du rail à gorge	32
Fig. I.20: Traverses en bois	33
Fig. I.21 : Traverses métalliques	33
Fig. I.22: Traverse en béton type bi-bloc	34
Fig. I.23: Traverse en béton type monobloc	34
Fig. I.24: Fixation du rail Vignole sur traverse en bois	35

Fig. I.25: Fixation du rail sur traverse métallique.....	35
Fig. I.26: Fixation du rail Vignole sur traverse en béton.....	36
Fig. I.27: Eclissage et joint de dilatation d'une voie ferrée.....	37

Chapitre II

Fig.II.1: Passages à niveau avec barrières automatiques.....	40
Fig.II.2: Passages à niveau avec barrières manuelles.....	40
Fig.II.3: passages à niveau sans barrière.....	40
Fig. II.4: Différents types de carrefours.....	45
Fig. II.5: Schéma type d'un PI-CF.....	47
Fig. II.6: Schéma type d'un PI-PO.....	47
Fig. II.7: Schéma du Portique Ouvert Doubles.....	47
Fig. II.8: Exemple d'un « pont dalle ».....	48

Chapitre III

Fig. III.1: Vue en plan du site du projet (source: Google Earth).....	51
Fig. III.2: Plan de situation du projet d'étude.....	51

Chapitre IV

Fig. IV.1: Variation longitudinale du relief.....	59
Fig. IV.2: Profil en travers type de la voie ferrée à double voies.....	75
Fig. IV.3: Structure d'une voie ferrée.....	77
Fig. IV.4: Constituants de TBA bi-bloc.....	78
Fig. IV.5: TBP monobloc.....	78
Fig. IV.6: dimensions de la traverse bibloc.....	79
Fig. IV.7: Composants de l'attache de type Nabla.....	80
Fig. IV.8: Travelage de la voie ferrée.....	81
Fig. IV.9: Efforts supportés par les rails.....	81
Fig. IV.10: Effort de la roue sur le rail.....	82
Fig. IV.11: Rail Vignole du type S18.....	85

Fig. IV.12: Rail Vignole de type UIC 60E1	85
Fig. IV.13: Eclisse et rail	87

Chapitre V

Fig. V.1: coupes transversales du tablier	89
Fig. V.2: Murs de front	89
Fig. V.3: Dalles de transition	90
Fig. V.4: Murs de soutènement	90
Fig. V.5: Plate-forme ferroviaire à double voie	91
Fig. V.6: Hauteur du pont	92

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1: Paramètres géométriques du tracé en plan (B40).....	6
Tableau I.2 : valeurs de déclivité maximale.....	9
Tableau I.3: Paramètres géométriques du profil en long	10
Tableau I.4 : Valeurs de rayon minimum en fonction de la vitesse.....	26
Tableau I.5: Valeur de la longueur minimale des déclivités constantes.....	26

Chapitre III

Tableau III.1: Analyse granulométrique+ sédimentométrique.....	53
Tableau III.2: Analyse chimique.....	53
Tableau III.3: Analyse granulométrique.....	55
Tableau III.4: Limites d'Atterber.....	55
Tableau III.5: Essai Proctor.....	56
Tableau III.6: Essai CBR imbibé à 4 jours.....	56
Tableau III.7: Classification et identification du sol.....	56

Chapitre IV

Tableau IV.1: Environnement en fonction du relief et de la sinuosité.....	60
Tableau IV.2: Paramètres fondamentaux.....	60
Tableau IV.3: Valeurs de déclivités maximales (B40).....	64
Tableau IV.4: Coefficients d'équivalence en fonction de matériaux utilisés.....	71

Introduction générale

Depuis la création de l'univers, Dieu 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. La route est alors un facteur très important de développement économique et social, entre les villes, les provinces, les pays et les civilisations.

Le développement du transport terrestre a pour objet l'amélioration et la modernisation des moyens et des lignes du transport, afin de fournir aux voyageurs plus de confort, plus de sécurité, et plus de satisfaction d'une part, et moins de dépenses d'autre part. Dans le même contexte, le transport rapide et sûr des marchandises de types variés présente un enjeu important dans l'économie des pays qui doit satisfaire les désirs des commerçants et de la clientèle.

Le transport en Algérie est diversifié vu la superficie importante de l'Algérie. Même si quelques régions algériennes demeurent encore isolées en raison de l'absence d'infrastructure routière, le réseau routier algérien demeure l'un des plus denses du continent africain; sa longueur est estimée à 108 302 km de routes (dont 76 028 km goudronnées) et plus de 3 756 ouvrages d'art.

Le réseau routier est en plein développement grâce au programme de modernisation des transports routiers: à titre d'exemple la réalisation de l'autoroute Est-Ouest de 1216 km de longueur, l'autoroute des hauts plateaux de 1330 km et la réalisation de 19 000 km de routes.

Par ailleurs, le réseau des chemins de fer algérien a fait son apparition à la fin du 19ème siècle. Depuis, il a toujours servi au transport de personnes et de marchandises. L'ambition actuelle des pouvoirs publics est de connecter toutes les villes d'Algérie entre elles par le réseau ferroviaire. Aujourd'hui, ce réseau compte plus de 4 576km de longueur. Le trafic du réseau ferroviaire est géré par la Société Nationale Des Transports Ferroviaires (SNTF).

En raison de la bifurcation des routes et des chemins de fer en Algérie, il existe plusieurs passages à niveau entre ces deux voies de communication. Ces croisements présentent un danger probable de collision entre les véhicules routier et le matériel roulant ferroviaire. C'est pour cela, et pour assurer le passage des trains et des véhicules routiers en toute sécurité, les autorités des travaux publics ont décidé de supprimer tout passage à niveau et de réaliser, s'il s'agit de nouveaux projets, des passages dénivelés. L'importance de cette décision nous a poussé à choisir un sujet

intéressant pour notre projet de fin d'étude de Master 2 qui a pour objectif principal, la suppression d'un croisement à niveau entre la route nationale n°23 et la nouvelle ligne ferroviaire « Djelfa-Laghouat » et de l'étude d'un passage supérieur de la route qui va franchir la voie ferrée, tout en aménageant l'intersection pour une meilleure exploitation des ouvrages.

Pour mener à bien ce travail, notre mémoire a été structuré en cinq principaux chapitres:

Après une introduction générale,

- ❖ Un premier chapitre a été consacré à des généralités sur les routes et sur les chemins de fer.
- ❖ Un deuxième chapitre présente une généralité sur les différents types de croisements entre les voies terrestres.
- ❖ Un troisième chapitre a été destiné spécialement à la présentation du projet et de ces différentes données de base.
- ❖ Un quatrième chapitre a été consacré essentiellement à l'étude technique et géométrique des deux tracés (route et voie ferrée) au niveau de l'intersection.
- ❖ Et enfin, un cinquième chapitre s'est concentré sur l'aménagement de l'intersection Route – chemin de fer.

Le mémoire est clôturé, à sa fin, par une conclusion générale, suivie de certaines recommandations.

Chapitre I: Généralités sur les voies terrestres

I.1 Introduction

Les voies de communications se divisent, en général, en trois grandes catégories : Les voies de communication terrestres, les voies de communication maritimes et les voies de communication aériennes. Le présent travail se concentre essentiellement sur les voies terrestres, qui elles-mêmes se divisent en deux catégories différentes ; les routes et les chemins de fer.

I.2 Généralités sur les routes

I.2.1 Etude géométrique de la route

Toute conception routière dépend étroitement de la géométrie du terrain. L'étude géométrique de la route a pour but de définir les caractéristiques de la piste à construire, tel que le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers type [1].

I.2.1.1 Tracé en plan

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontale.

C'est une succession d'alignements droits et d'arcs circulaires reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Les caractéristiques géométriques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort, de stabilité et de visibilité qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement [2].

I.2.1.1.1 Critères de choix du tracé en plan

- Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à R_{Hnd} (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts.

- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques [2].

1.2.1.1.2 Eléments du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

- Des droites (alignements).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement(CR) de courbures progressives [2].

1.2.1.1.2.1 Alignement

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

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en « C », « Ove », « S », ou à « sommet ».

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

$$\left. \begin{array}{l} L_{min} = 5 V \\ L_{max} = 60 V \end{array} \right\} \text{ Avec } V \text{ en (m/s).}$$

Pour des raisons de sécurité de circulation et d'esthétique, les cas particuliers suivants sont à éviter :

- Réunion de 2 longues courbes par un alignement court Solution: alignement à supprimer.
- Réunion de 2 longues alignements par une courbe courte s'est à dire de faible rayon Solution: augmenter le rayon de sa courbe [2].

1.2.1.1.2.2 Arc de cercle

Au niveau de l'arc circulaire, trois problèmes se posent:

1. stabilité des véhicules en courbe ;
2. visibilité en courbe ;
3. inscription des véhicules longs dans les courbes de faible rayon.

Dans un virage de rayon R , une véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système. Afin de réduire l'effet de cette force centrifuge, on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur du virage (pour éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite « devers » et exprimée par sa tangente [2].

Remarque

- Le devers « d » ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas).
- Le devers « d » ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux.

1.2.1.1.2.3 Clothoïde

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou il infini jusqu'au point asymptotique où il s'annule, La courbure de la clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers [3].

1.2.1.1.2.4 Rayon en plan

Un véhicule qui se déplace dans un virage est soumis à différentes forces, parmi lesquelles figurent son poids propre (P) et la force centrifuge (F_c) (Figure I.1). Si la composante de la résultante des deux forces R' passe en dehors du polygone des roues, le véhicule perd sa stabilité et se renverse [4].

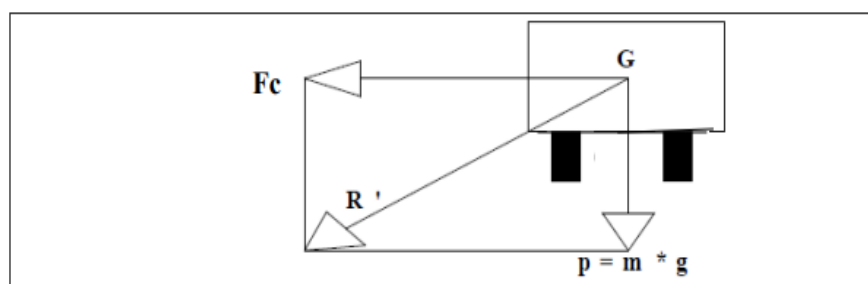


Fig. I.1 : Le véhicule en virage sans dévers.

$$F_c = m \cdot v^2 / R \quad (I.1)$$

Avec :

F_c : force centrifuge ;

R : rayon de courbure ;

R' : la résultante des forces ;

P : poids du véhicule.

Pour éviter de déstabiliser le véhicule, il faut donc rapprocher la résultante R' à une position perpendiculaire à la surface de la route. Pour cela, il faut donner un surhaussement « h » du bord extérieur de la voie, (prévoir un dévers) (figure I.2) [4].

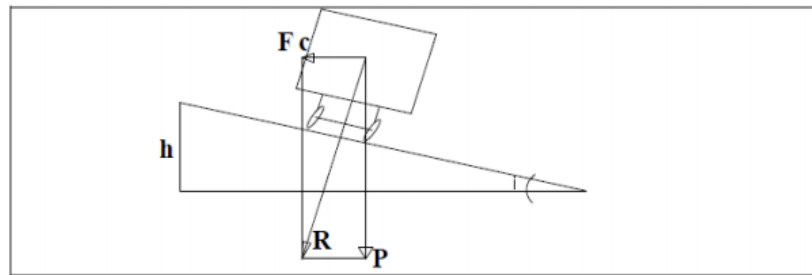


Fig. I.2 : Le véhicule en virage avec dévers.

Ce taux de relèvement (inclinaison i) est appelé « dévers ». La route ainsi inclinée transversalement est dite déversée ou en devers.

Le tableau I.1 résume les paramètres géométriques du tracé en plan, donnés par le B40.

Tableau I.1: Paramètres géométriques du tracé en plan (B40)

Désignation du paramètre			Symbole et unité	Catégorie de route				
				4 ^e	3 ^e	2 ^e	1 ^e	Except.
Vitesse de référence			V_r (km/h)	40	60	80	100	120
Tracé en plan	Devers maximal		$\delta M(\%)$	7	7	7	7	7
	Rayon en plan $RH(m)$	Minimal absolu (dévers δM)	RH_m	40	120	240	425	665
		Minimal normal (dévers)	RH_n ($\delta\%$)	120 (5%)	240 (5%)	425 (5%)	665 (4%)	1000 (4%)
		Au dévers minimal	$RH' (2,5\%)$	250	450	650	900	1500
		Non déversé	RH_{nd}	400	600	900	1300	1800

1.2.1.2 Profil en long

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive (verticale) ; il exprime, donc, la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles [5].

1.2.1.2.1 Critères de choix de profil en long

L'élaboration du tracé de profil en long s'appuiera sur les règles suivantes :

- respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur ;
- éviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement ;
- un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage ;
- pour assurer un bon écoulement des eaux, on placera les zones des dévers nuls dans une légère pente du profil en long ;
- recherche d'un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais ;
- éviter une hauteur excessive en remblai ;
- assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment :
 - ❖ éviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines ; les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon ;
 - ❖ remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique;
 - ❖ adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage [6].

1.2.1.2.2 Les éléments de composition du profil en long

Le profil en long est constitué d'une succession de segment 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 de la ligne du projet ;
- la déclivité de la ligne du projet.

1.2.1.2.2.1 Déclivité

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

•Déclivité minimum

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont, si cela est possible, à éviter pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

•Déclivité maximum

La déclivité maximum dépend de :

- ❖ la condition de l'adhérence entre pneu et chaussée ;
- ❖ la vitesse minimum de poids lourd « PL » ;
- ❖ la condition économique.

Les pentes auront un maximum de 10%. Cependant dans des cas spéciaux, des pentes jusqu'à 12% pourront être autorisées par la municipalité, seulement aux conditions suivantes : seulement sur un tronçon droit ou avec une courbe de très grand rayon et qu'au bas un plateau minimum de 30 mètres est présent. Les pentes ne pourront toutefois dépasser 5% à l'intérieur d'un rayon de 30 mètres d'une intersection.

Tableau I.2 : valeurs de déclivité maximale

V_r km/h	40	60	80	100	120	140
I max %	8	7	6	5	4	4

Pour notre cas la vitesse est $V_r = 100$ km/h, donc la pente maximale $I_{\max} = 5\%$ [5].

1.2.1.2.2 Rayon des courbures de profil en long

✚ Rayon des courbes convexes (angle saillant)

Pour les angles saillant il faut respecter la condition de visibilité ; on distingue deux types de rayons verticaux : un rayon minimal et un autre normal.

R_{vm} : rayon minimal absolue ;

R_{HN} : rayon minimale normal.

✓ Chaussée bidirectionnelle

La visibilité est assurée lorsque l'œil d'un conducteur (dans un véhicule léger), positionné à une hauteur de 1 m du sol aperçoit un véhicule qui vient à sa rencontre avant une distance suffisante (2 fois la distance d'arrêt) (figure I.3) [7].

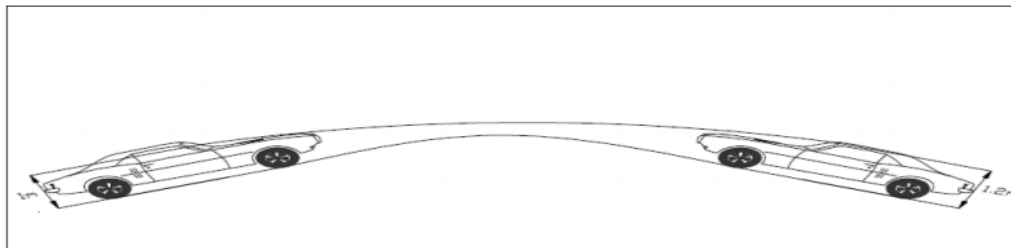


Fig. I.3 : Visibilité en courbe verticale convexe sur chaussée bidirectionnelle.

✓ Chaussée unidirectionnelle

Pour une chaussée unidirectionnelle, la distance de visibilité d'un obstacle éventuel de 0,15 m de hauteur doit être au moins égale à la distance d'arrêt pour la vitesse de référence V_r et si possible pour la vitesse $V_r + 20$. L'œil du conducteur est supposé être à 1 m de hauteur par rapport à la chaussée [8].

✚ **Rayon des courbes concaves (en angle rentrant)**

Ce rayon doit respecter les deux conditions suivantes :

- la condition de visibilité : la distance éclairée par les phares (conduite de nuit) doit être suffisante, c.à.d. égale à au moins la distance d'arrêt (Figure I.4) ;
- et la condition de confort : introduction progressive et confortable de la force centrifuge (Figure I.5).

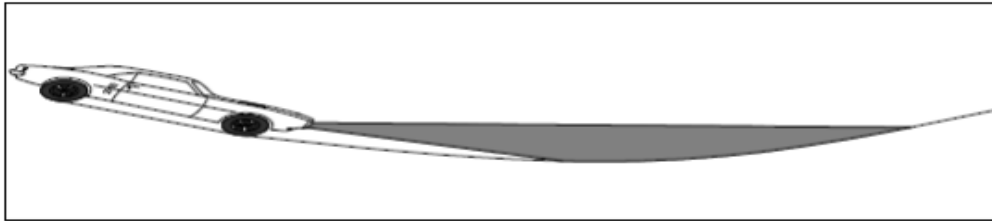


Fig.I.4 : Visibilité en courbe verticale concave (conduite de nuit).

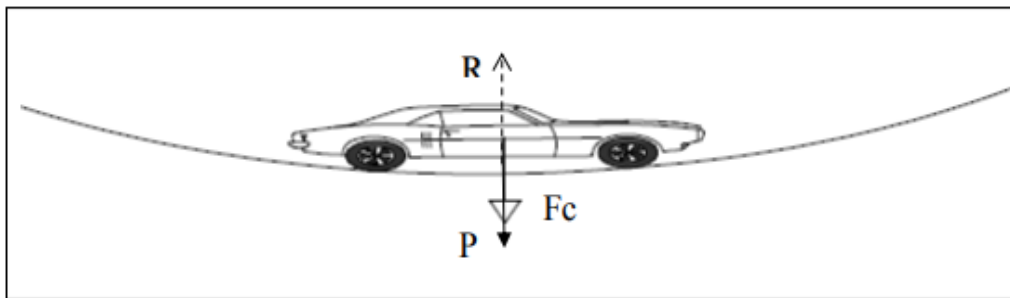


Fig. I.5: Efforts appliqués au véhicule en courbe verticale concave.

Le B40 adopte des paramètres géométriques du profil en long qui sont résumés dans le tableau I.3.

Tableau I.3: Paramètres géométriques du profil en long

Désignation du paramètre			Symbole et unité	Catégorie de route				
				4 ^e	3 ^e	2 ^e	1 ^e	Except.
Vitesse de référence			V_r (km/h)	40	60	80	100	120
Profil en long	Déclivité maximal en rampe		$\pi M(\%)$	8	7	6	5	4
	Rayon en angle saillant $RV(m)$	Minimal absolu	RV_m	500	1500	3000	6000	12000
		Minimal normal	RHN	1500	3000	6000	12000	12000
	Rayon en angle rentrant $RV'(m)$	Minimal absolu	RV'_m	700	1500	2200	3000	4200
		Minimal normal	RVN'	1500	2200	3000	4200	6000

1.2.1.3 Profil en travers

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan vertical et transversal. Il est dessiné grâce à un profil en travers type.

- Un profil en travers type est profil en travers théorique qui contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations possibles (remblais et déblais) (voir ci-après).

Il existe deux types de profil en travers dont le premier est le profil en travers type, le deuxième est le profil en travers courant qui est une pièce de base dessinée avec des distances variables [9].

1.2.1.3.1 Les éléments du profil en travers (Figures 1.6 et 7)

Le profil en travers se constitue des éléments suivants:

1.2.1.3.1.1 La chaussée

C'est la partie renforcée et affectée à la circulation des véhicules. Elle s'oppose directement aux actions des véhicules et aux différents facteurs naturels. Sa largeur est répartie en un certain nombre de voies qui dépend essentiellement du débit de circulation.

1.2.1.3.1.2. Les accotements

En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent généralement dans notre projet:

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

1.2.1.3.1.3 La plate-forme

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

1.2.1.3.1.4 L'assiette

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

1.2.1.3.1.5 L'emprise

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

1.2.1.3.1.6 Le talus

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

A: la base du talus ;

B: hauteur du talus.

1.2.1.3.1.7 Le fossé

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

1.2.1.3.1.8 Le terre-plein central T.P.C

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

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

1.2.1.3.1.9 La largeur roulable

Elle comprend les sur-largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt [9].

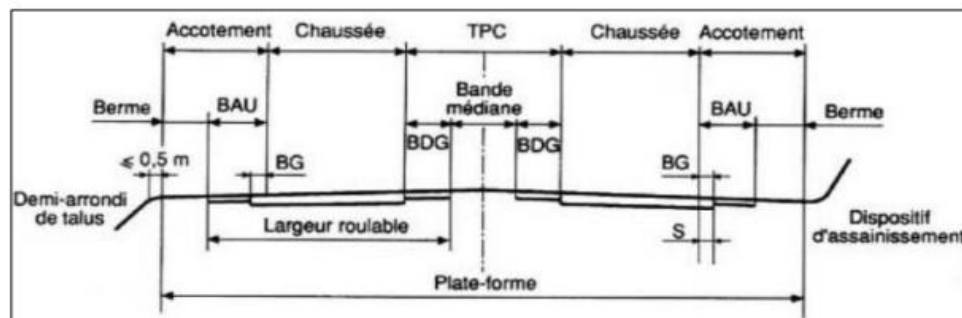


Fig. I.6: Profil en travers d'une autoroute.

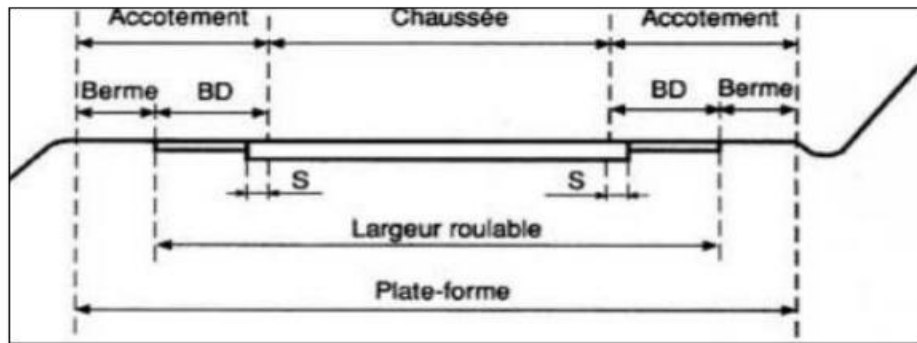


Fig. I.7: Profil en travers d'une route à 2 ou 3 voies.

Avec:

BAU: bande d'arrêt d'urgence ;

BD: bande dérasée ;

BDG: bande dérasée de gauche ;

BG: bande de guidage ;

S: sur largeur (structurale) de chaussée ;

TPC: terre-plein central.

1.2.1.3.2 Profil en travers type

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

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant métré des terrassements [9].
profil en travers type contenant tous les détails (Figure I.8).

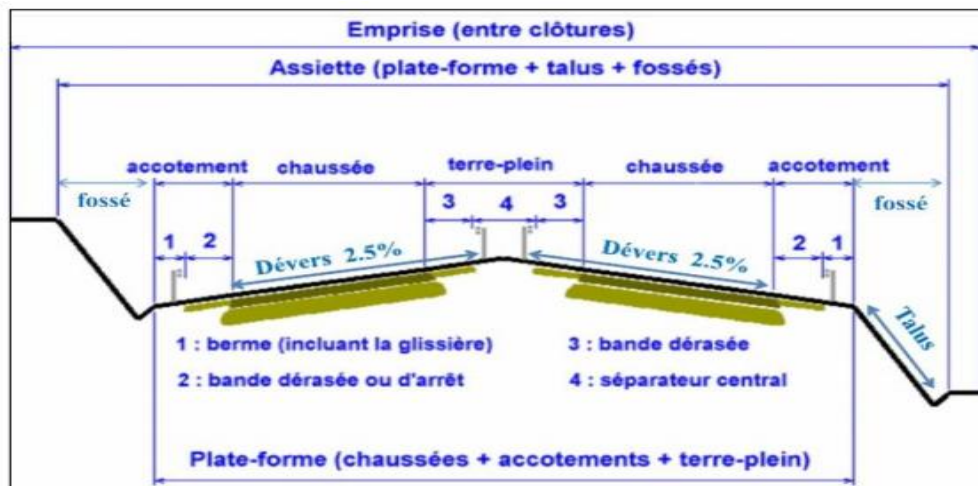


Fig. I.8: Profil en travers type.

I.2.1.3.3 Les différentes formes de la chaussée

I.2.1.3.3.1 En alignement droit

En alignement droit le profil en travers de la chaussée a une forme généralement en toit (Figure I.9) afin d'assurer l'évacuation des eaux pluviales. Il est donc constitué de deux versants plans symétriques, inclinés suivant la nature de revêtement et la catégorie. Le profil en Travers tient toujours en compte le devers, dans le cas échéant, on pourra avoir les problèmes suivants :

- effet de miroir ;
- phénomène de l'aquaplanage ;
- formation de verglas en hivers [10].

Il doit permettre l'évacuation rapide de l'eau vers les côtés. En général, on adopte les pentes transversales suivantes :

- ✓ Chaussée en béton de ciment : 2%.
- ✓ Chaussée en enduit superficiel ou enrobé: 2,5 à 3%.
- ✓ Chaussée non revêtue : 4% [8]

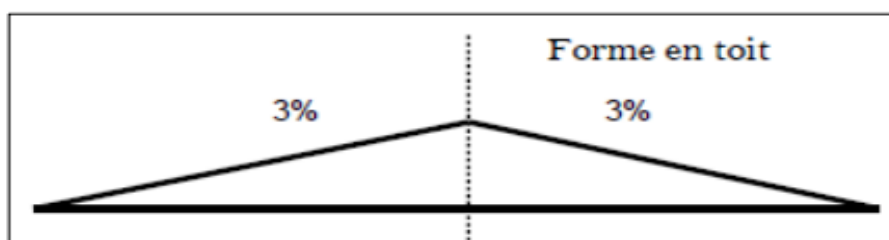


Fig. I.9 : Profil en travers en alignement droit.

En pratique et selon le cas, deux solutions peuvent être prévues pour l'écoulement des eaux sur la chaussée:

- soit en toit (double pentes) ;
- soit avec une pente unique rectiligne sur toute la largeur de la chaussée.

1.2.1.3.3.2 En courbe

Le passage d'une situation (alignement droit) à une autre (courbe) nécessite une zone de transition, cette zone doit être très soigneusement étudiée pour éviter les accumulations des eaux, génératrice (d'aquaplanage). De plus, la pente ne doit pas être très grande, car cela pourrait être dangereux pour les véhicules lents.

En courbe, le profil ne comporte plus qu'un seul versant (relevée de l'extérieur vers l'intérieur), où la pente est le devers évoqué dans le Tableau I.1 (tracé en plan). Elle contribue également à l'équilibre dynamique des véhicules. Toutefois, cette contribution reste limitée et sa valeur est donc plafonnée (généralement à 7%).

1.2.1.4 Dimensionnement et structure des chaussées souples

Le dimensionnement d'une structure de chaussée routière consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie.

La structure d'une chaussée routière doit résister à diverses sollicitations, notamment celles dues au trafic et elle doit assurer la diffusion des efforts induits par ce même trafic dans le sol de fondation. L'application d'une charge roulante (Figure I.10) induit ainsi une déformation en flexion des couches de la structure. Cette flexion entraîne des sollicitations en compression au droit de la charge et des sollicitations en traction à la base des couches d'enrobés [11].

Le trafic pris en compte est celui du poids lourd, c'est-à-dire des véhicules dont le poids total est supérieur à 3,5 tonnes.

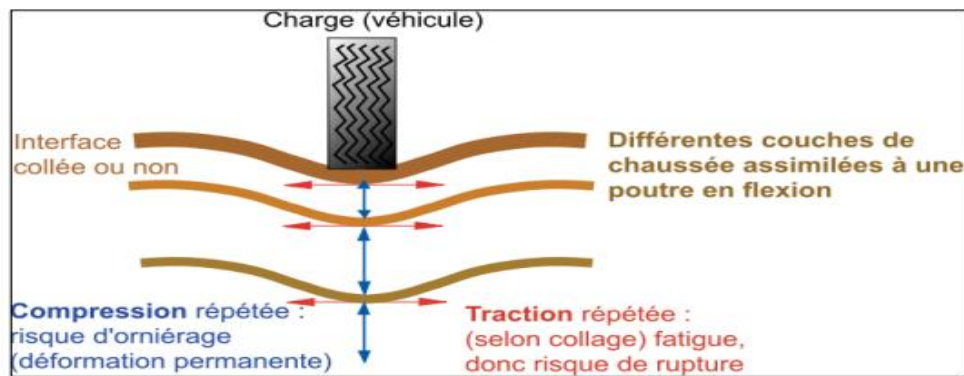


Fig. I.10: Schéma de fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante.

1.2.1.4.1 Généralités sur les chaussées souples

1.2.1.4.1.1 Définition

Les structures de chaussée souples, destinées à des trafics faibles à moyens (moins de 200 poids lourds par jour), sont constituées d'une couverture bitumineuse relativement mince (inférieure à 15 cm), parfois réduite à un enduit pour les chaussées à faible trafic, reposant sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités. L'épaisseur globale de ce type de chaussées est généralement comprise entre 30 et 60 cm [12].

1.2.1.4.1.2 Comportement

Les déformations des sols fins sont la cause majeure de nombreux dommages des structures et ouvrages du génie civil. Elles sont en relation avec les conditions climatiques qui favorisent la variation de l'état hydrique dans le sol accentuée par une augmentation ou diminution du volume de sol causée par la fluctuation de la teneur en eau. Dans le cas des remblais routier ces dégâts sont considérables soit en matière de construction « durée de vie très limitée », soit sur le coût d'entretien. Ceci se manifestent par plusieurs déformations (fissures longitudinales ou transversales, nid de poule, etc.), dans la chaussée surtout en phase de construction en période sèche où dans une région soumise à de grandes périodes de sécheresse [13].

1.2.1.4.1.3 Types de chaussées souples

- ***Chaussée souple en grave non traitée***

Utilisée pour les routes à faible trafic GNT (granulats non traités).

Avantage:

- ✓ Structures économiques.

Inconvénients:

- ✓ faible élasticité « E » : de 100 à 500 MPa ;
- ✓ faible rigidité ;
- ✓ épaisseur élevée.

- ***Chaussée souple en grave traité aux liants hydrocarbonés***

Utilisable pour les routes à faible trafic, mais plus cher, GB: grave bitume.

Avantages:

- ✓ élasticité élevée « E » : de 1000 à 15000 MPa ;
- ✓ faible dosage en liant (3 à 6%).

Inconvénient:

- ✓ le module d'élasticité dépend de la température : à 40°C il devient 1/10 de celui à 10°C.

1.2.1.4.2 Construction des chaussées souples

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

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

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

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 03 couches suivantes:

A. Couche de surface (roulement) :

La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et, par conséquent, avec les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'absorber les

efforts de cisaillement provoqués par la circulation. Elle est en générale composée d'une :

- *Couche de roulement qui a pour rôle:*
 1. d'imperméabiliser la surface de chaussée ;
 2. d'assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort des usages (diminution de bruit, bon uni).
- *Couche de liaison*, qui a pour rôle essentiel d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

B. Couche de base :

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet du trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25cm.

C. Couche de fondation :

En complément des matériaux non traités, elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic, assure une bonne portance du sol support et reprend une partie des charges supérieures.

D. Couche de forme :

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

Elle n'y est utilisée que pour opérer des corrections géométriques et améliorer la portance du sol support à long terme. L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 20 et 70 cm (voie fig. I-11).

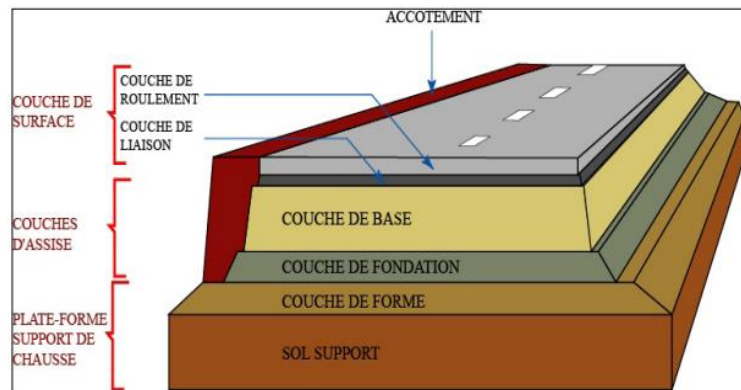


Fig. I.11: Les différentes couches d'une chaussée souple.

1.2.1.4.3 Détermination de l'épaisseur et de la structure des chaussées souples

Une étude routière ne se limite pas en un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet, une fois réalisée, elle devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation : action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques : pluie, neige, verglas, etc. Pour cela il faudra, non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques, mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettent de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie [14].

1.2.1.4.3.1 Durée de vie d'une chaussée

La durée de vie d'une chaussée varie selon qu'il s'agisse d'une autoroute ou voie expresse et d'une route nationale ou d'un chemin de wilaya.

- Les autoroutes et voies express sont généralement dimensionnées pour une durée de vie initiale de 30ans.
- Les routes nationales ou chemins de wilaya sont dimensionnés pour une durée de vie de 15 à 20ans.

Cette distinction a été adoptée pour limiter les interventions d'entretien structurel sur les routes à fort trafic, réduire la gêne de l'utilisateur et limiter les contraintes liées à l'exploitation de la route [15].

1.2.1.4.3.2 Facteurs influents sur le dimensionnement de la chaussée

- **Le trafic**

Le trafic constitue un élément essentiel dans la sollicitation de la chaussée. A travers les pneumatiques, les véhicules transmettent une pression à la structure dépendant du poids des véhicules. Ces efforts verticaux se diffusent dans le sol. On distingue différents types de dégradation (usure, fluage) ou rupture par fatigue [15].

- **Le sol support**

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

- la nature et l’état du sol ;
- la nature et l’épaisseur de la couche de forme [16].

- **Les matériaux**

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répétitif des véhicules lourds) [16].

1.2.1.4.3.3 Présentation des méthodes de dimensionnement de structure de chaussée

Sous l’effet des sollicitations externes (environnementales, conditions de chargements, etc.), les structures de chaussées sont soumises à des phénomènes complexes (mécaniques, thermiques, physiques et chimiques) qui apparaissent souvent de manière couplée. Le but de dimensionnement des chaussées est de concevoir une structure capable de supporter un trafic pour une durée de vie fixée. Plusieurs approches ont été développées à cet effet, à savoir: l’approche empirique et l’approche théorique.

- **L'approche empirique**

L'approche empirique est basée sur l'observation sous le trafic des chaussées réelles ou expérimentales et le suivi de leur évolution dans le temps. Le principe est d'établir des relations, à partir d'études statistiques sur les différentes observations, entre:

- ✓ la géométrie ;
- ✓ la nature des matériaux ;
- ✓ le trafic ;
- ✓ l'état global de la chaussée.

Les principales approches empiriques sont:

- ❖ CBR (Californian Bearing Ratio) ;
- ❖ Méthode Russe ;
- ❖ Essais AASHO (American Association of State Highway Officials);
- ❖ Méthode de Shook et Finn;
- ❖ Méthode de l'Asphalt Institute.

- **L'approche théorique**

L'approche théorique s'intéresse en premier lieu à établir un modèle de chaussée qui reproduit au mieux le fonctionnement mécanique et l'état de contrainte de la structure sous l'effet d'un chargement donné (trafic). Il s'agit d'une branche particulière de la mécanique des Milieux Continus, dite «mécanique des chaussées».

La première étape dans cette approche est d'établir expérimentalement, les lois de comportement des matériaux et d'en déduire leurs caractéristiques mécaniques qui seront utilisés dans la formulation mathématique du problème posé.

Une seconde étape du modèle mécanique a pour but de déterminer les contraintes et les déformations dans les matériaux de chaussées et le sol support, ces dernières sont alors comparées aux contraintes et déformations admissibles.

I.3 Généralités sur les voies ferrées

On désigne d'une façon générale sous le nom de chemins de fer des voies munies de rails, sur lesquelles circulent des trains remorqués par des locomotives.

On peut aussi définir le chemin de fer comme un service public créé pour la satisfaction des besoins du public et des structures industrielles. C'est un système de transport collectif guidé de personnes et de marchandises. Il constitue une alternative à la voiture, aux camions et à la congestion des portes des grandes agglomérations. Il permet des déplacements efficaces et reste en pratique le mode de transport terrestre dominant dans plusieurs pays.

Le chemin de fer englobe le métro, le tramway et la voie ferrée [17].

I.3.1 Etude géométriques des voies ferrées

I.3.1.1 Tracé en plan

I.3.1.1.1 Définition

Le tracé en plan d'une voie ferrée est sa projection sur le plan horizontal. Géométriquement, le tracé en plan est constitué d'une série d'alignements droits raccordés avec des courbes horizontales (circulaire, clothoïde). Le principal élément du tracé en plan est bien l'axe de la voie. Ce dernier est pris au milieu (entre les rails) en cas d'une seule voie. En cas de doubles voies, l'axe est pris au milieu de la plateforme.

I.3.1.1.2 Critères de choix du tracé en plan

Le tracé en plan d'une voie ferrée est généralement déterminé sur la base de différents critères, tels que:

- l'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants ;
- éviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières;
- éviter au maximum les propriétés privées ;
- éviter le franchissement des oueds afin de limiter au minimum le nombre des ouvrages d'arts (pour des raisons économiques) ;
- éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques ;

- essayer d'utiliser le maximum d'alignement ;
- éviter les terrains très plastiques [18].

1.3.1.1.3 Eléments du tracé en plan

✓ Alignement droit

La longueur minimale d'un alignement droit est comprise entre 30 et 40 mètres, exceptionnellement 20 mètres. Cette distance minimale représente la longueur maximale d'une seule voiture de train.

✓ Rayon minimum des courbes horizontales

La valeur du rayon minimum admissible est limitée en fonction des vitesses de circulation pour :

- assurer le confort des voyageurs ;
- éviter l'apparition d'efforts transversaux trop importants sur la voie ;
- et faciliter le redémarrage du train après un arrêt en courbe (effet des boudins) [18]

En effet, la SNCF adopte les valeurs suivantes :

- ❖ $R \geq 1000\text{m}$ pour les grandes lignes ;
- ❖ $R \geq 250\text{m}$ en zones montagneuses ;
- ❖ $R \geq 150$ à 200m en zones courantes ;
- ❖ $R \geq 100$ à 150m dans les gares.

✓ Dévers

Le dévers sera obtenu en surélevant le rail extérieur par rapport au rail intérieur. La variation du dévers à l'entrée et à la sortie d'une courbe sera continue tout au long de la courbe de transition [18].

Dévers théorique (dv) :

Formule pratique : $dv = 11.8 \times V^2 / R$ (I.2)

Avec :

dv (mm) : dévers théorique ;

V (km/h) : vitesse sur le tracé ;

R (m) : rayon de courbe horizontale.

Dévers prescrit (dp) :

Le choix du dévers à mettre en voie est un compromis, car il doit permettre la circulation, dans des conditions normales de sécurité et de confort, aussi bien des trains rapides de voyageurs que des trains lents de fret. Ce dévers donné à la voie est appelé dévers prescrit, et il est en général compris entre 0.4 dv et 0.6 dv. Il est donné par la formule suivante :

$$dp = (11.8 \times V^2 / R) \quad I(I.3)$$

Où : dp (mm) dévers prescrit ;

I : insuffisance de dévers admissible.

Dévers maximum admissible Dmax

Le dévers maximum doit être en effet limité afin de ne pas perturber le confort des voyageurs et d'éviter le déplacement de marchandises lors de l'arrêt impromptu du train fret dans une courbe [18].

- Valeur maximale normale du dévers dmax = 160mm ;
- Valeur maximale exceptionnelle du dévers dmax = 180mm.

I.3.1.2 Profil en long***I.3.1.2.1 Définition***

Le profil en long de la voie est constitué de pentes uniformes reliées entre elles par des courbes circulaires.

Le profil longitudinal sera défini par la projection horizontale de la cote de la file basse des rails des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé.

I.3.1.2.2 Critères de choix du profil en long

Le profil en long du terrain naturel est obtenu à partir du tracé en plan et le levé topographique et celui du projet est choisi sur la base de:

- respect des points imposés (points de début et de fin) ;
- vérification des conditions techniques ;
- économie des terrassements.

I.3.1.2.3 Déclivité maximale

La déclivité admise varie en fonction de sa longueur. En principe, les valeurs admissibles à ne pas dépasser sont indiquées ci-après ; cependant dans le cadre d'une étude de variante, ces valeurs pourront être dépassées tout en respectant les dispositions reprises dans la dernière version de l'instruction SNCF/RFF IN 0272.

- ✓ En longueurs inférieures à 3000m, la déclivité ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰ ;
- ✓ En longueurs comprises entre 3000m et 15000m, la déclivité diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰ ;
- ✓ En longueurs supérieures à 15000m, la déclivité ne doit pas dépasser 13‰ et exceptionnellement 15‰ [18].

La figure I.12 précise la valeur de la déclivité en fonction de sa longueur d'application.

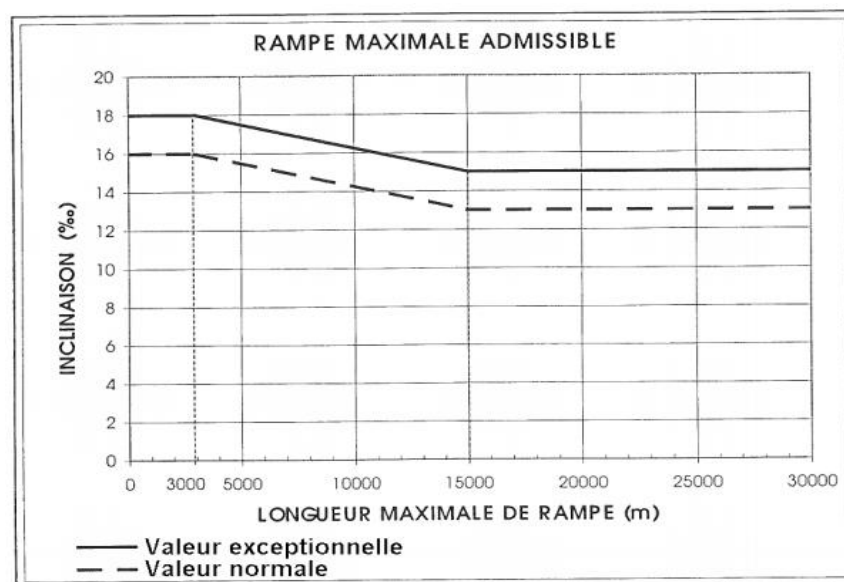


Fig. I.12 Rampe maximale admissible en fonction de la longueur d'application.

I.3.1.2.4 Rayon admissible en raccordements de profil en long [18]

Les valeurs des rayons minima admissibles en profil en long sont limitées pour tenir compte des considérations suivantes:

- a) lorsqu'un véhicule franchit à une vitesse « V » un raccordement de profil en long de rayon R_v , il est soumis à une accélération centrifuge (a_v) :

$$a_v = \frac{V_{Max}^2}{R_v} \quad (I.4)$$

Cette accélération doit être limitée afin de ne pas perturber le confort des passagers. En conséquence, le rayon minimum adopté pour le profil en long sera également limité pour ne pas dépasser cette accélération à la vitesse maximale de circulation.

- b) Les raccordements de profil en long sont définis par des raccordements circulaires, sans courbes de transition entre les pentes et le raccordement. Cela entraîne une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement, qui provoque une oscillation de la suspension du véhicule et perturbe le confort des voyageurs.

Pour restreindre la variation brutale d'accélération verticale pour les circulations à vitesse maximale, on doit limiter le rayon minimum de ces courbes.

Il en résulte ci-dessous les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil, exprimés en mètres, à respecter (la vitesse V est exprimée en km/h):

Tableau I.4 : Valeurs de rayon minimum en fonction de la vitesse

Valeur normale	$0,35 V^2$
Valeur exceptionnelle	$0,25 V^2$
Points particuliers à des vitesses inférieures ou égales à 140 km/h	$0,15 V^2$

1.3.1.2.5 Détermination de la longueur minimale de déclivité [18]

Entre deux accélérations verticales brutales, un temps assez long doit s'écouler afin de permettre à la suspension d'amortir le choc et d'éviter les effets conjugués de plusieurs accélérations rapprochées, sources d'oscillations importantes du véhicule.

Tableau I.5: Valeur de la longueur minimale des déclivités constantes

Valeur minimale normale	$V/2$
Valeur minimale exceptionnelle	$V/2,5$

La longueur minimale des raccordements de déclivité est de 30m pour tenir compte des bases de nivellement des bourreuses.

I.3.1.3 Profil en travers

I.3.1.3.1 Définition

En conception ferroviaire, le profil en travers d'une voie ferrée est représenté par une coupe perpendiculaire à l'axe de la voie de la surface définie par l'ensemble des points représentatifs de cette surface. Le profil en travers peut se rapporter soit au terrain naturel, soit au projet. En général on représente sur le même document à la

fois, le terrain naturel et le projet, ce qui permet de bien percevoir l'intégration du projet dans le milieu naturel.

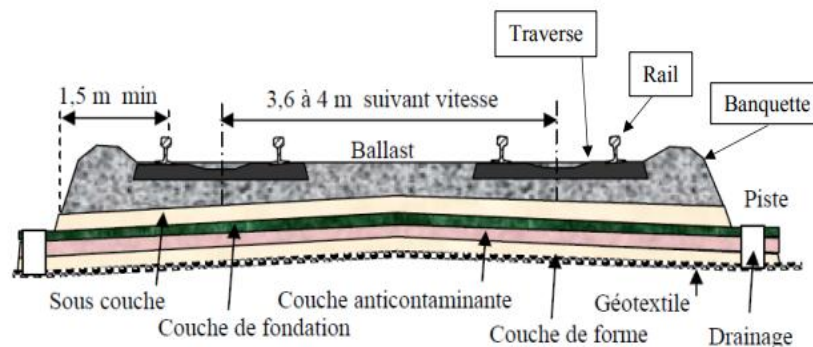


Fig. I.13: Profil en travers courant d'une voie ferrée.

En courbe, la pose de la voie prévoit un dévers pour que la composante des forces soit perpendiculaire au plan de la voie lors d'une circulation à vitesse prévue pour la ligne (Figure I.14). Le dévers est limité par le risque de basculement vers l'intérieur lors d'un démarrage de train arrêté en courbe. En cas d'insuffisance de dévers, le moment de force exercé sur la caisse risque de faire basculer le véhicule à l'extérieur. La pendulation des caisses permet d'atteindre une composante perpendiculaire au plancher pour les passagers, en acceptant une insuffisance de dévers pour le véhicule sur le rail. Elle permet d'augmenter la vitesse de circulation en courbe en préservant le confort des voyageurs, sans toutefois approcher les limites de déraillement [19].

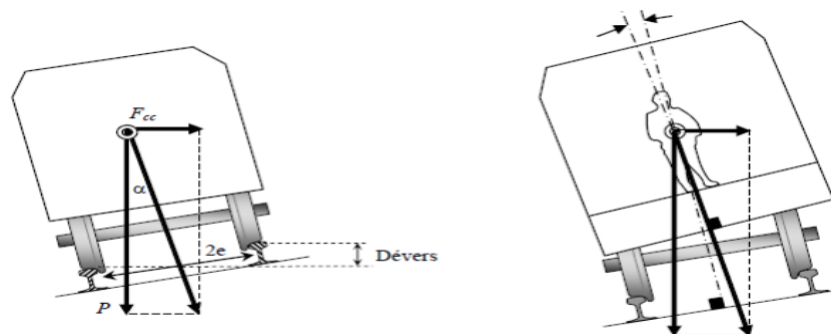


Fig. I.14: Forces en courbe et dévers.

1.3.1.3.2 Ecartement des rails

L'écartement des rails est la distance séparant le flanc interne des deux files de rails d'une voie ferrée (Figure I.15). L'écartement standard de 1435 mm (soit 4 pieds 8 pouces et demi), définissant la voie « normale », est le plus utilisé à travers le monde. On parle de voie large lorsque l'écartement est supérieur et de voie étroite lorsqu'il est inférieur (voie métrique pour l'écartement de 1 m) [20].

Conformément au règlement UIC (union internationale des chemins de fer) l'écartement normal des rails sera comme suit:

- ✓ en alignement 1435 mm, avec une erreur de +0 à +2 mm ;
- ✓ en courbe $80 < R < 150$ m 1434,5 mm, avec une erreur de +0 à +2 mm ;
- ✓ en courbe $R < 80$ m 1430 mm, avec une erreur de +0 à +2 mm.

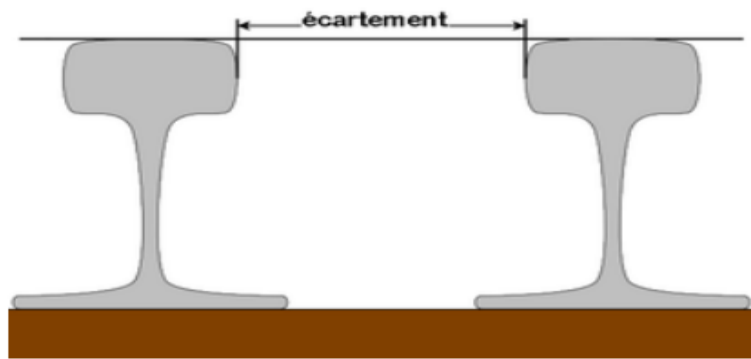


Fig. I.15: Ecartement des rails.

Le choix de l'écartement des fils de rails est déterminé par :

Voie large: Dans le domaine du chemin de fer, la voie large se caractérise par un écartement des rails supérieur à celui de la voie normale, l'écartement de cette dernière mesurant 1 435 mm.

Voie normale: est une voie ferrée dont l'écartement des rails est de 1 435mm.

Cet écartement, considéré comme une référence par l'Union internationale des chemins de fer, est l'un des plus utilisés dans le monde, avec environ 60 % des lignes existantes.

Voie métrique : moins coûteuse, ses capacités restent importantes ; elle s'insère très bien dans les paysages.

1.3.2 Dimensionnement et structure des voies ferrées

1.3.2.1 Infrastructure des voies ferrées

1.3.2.1.1 Généralités

Par définition, la couche d'assise comprend la couche de ballast et la sous-couche (sous ballast). Leurs rôles principaux sont:

- ✓ l'amortissement des vibrations importantes provenant de contact Rails – Roues;
- ✓ la répartition des charges provenant des traverses d'une manière presque uniforme sur la plateforme ;
- ✓ la contribution à la stabilité longitudinale et transversale de la voie ferrée ;
- ✓ l'évacuation des eaux de ruissellement par le drainage [21].

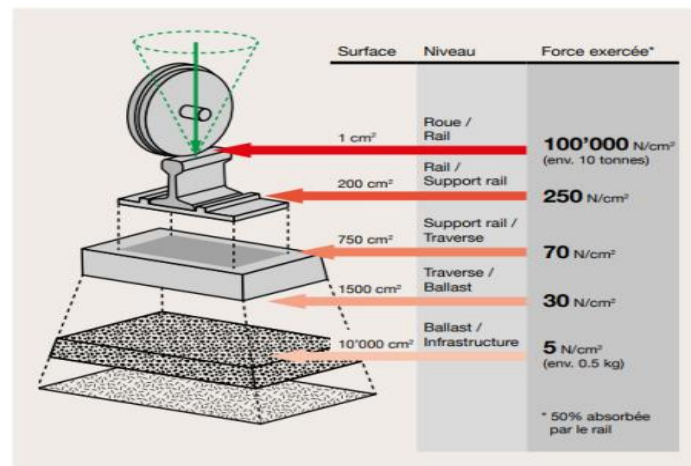


Fig. I.16 : Effet de la superposition des structures d'une voie ferrée.

1.3.2.1.2 Couche de ballast

Le ballast est un granulat utilisé dans la construction des voies ferrées et dont 100 % de la surface des grains est entièrement concassée [21].

- **Rôle du ballast**

- ✓ transmettre les efforts engendrés par le passage des trains au sol, sans que celui-ci ne se déforme par tassement ;
- ✓ enchâsser les traverses afin d'assurer une résistance aux déformations longitudinales, particulièrement importante pour la technique des longs rails soudés (LRS) ;
- ✓ assure en raison de sa granularité particulière le drainage et l'évacuation des eaux superficielles ;

- ✓ joue le rôle d'un amortisseur de vibration très efficace grâce à sa propriété rhéologique (dissipation de l'énergie de vibration par attrition (contact des éléments)) [21].

1.3.2.1.3 Sous couche

La sous-couche est une couche d'adaptation interposée entre la couche de ballast et la Plate-forme ; elle peut être mono ou multicouche.

Elle comprend, du haut vers le bas, une couche "sous ballast" en grave propre bien gradué (0/31.5), puis une couche de fondation dans le cas de mauvais sol et enfin, s'il y a lieu une couche anti-contaminatrice complétée par des feuilles de géotextile ou géo-membrane.

- **Rôle de la sous couche**

Elle a des rôles multiples:

- ✓ amélioration de la portance et contribution à la meilleure répartition des charges transmises ;
- ✓ contribution à l'amélioration des propriétés vibratoires ;
- ✓ anticontamination entre la plateforme et la couche de ballast ;
- ✓ protection contre l'érosion et le gel ;
- ✓ évacuation des eaux de pluies [21].

1.3.2.1.4 Plateforme

C'est la Partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche. La plateforme est constituée de terres rapportées dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai. Pour évaluer la qualité de la plateforme, il convient:

- ✓ d'apprécier la qualité de chaque sol composant la plateforme ;
- ✓ et d'apprécier la qualité de la plateforme complète : couche de forme + sol sousjacent [21].

1.3.2.2 Superstructure des voies ferrées

La superstructure est la partie supérieure d'une voie ferrée, elle comprend : les rails, les traverses et les systèmes de fixations et attaches. Parfois, le ballast est considéré comme un élément de la superstructure.

I.3.2.2.1 Rail

- **Définition**

Le rail est une poutre métallique qui supporte les charges des roues dans le sens vertical, transversal et longitudinal et qui sert pour le guidage et le maintien de la stabilité de l'essieu ; le contact roue-rail (acier / acier) ayant les avantages de limiter la résistance à l'avancement par une surface réduite de contact et de faire le transfert des charges à la traverse via le système d'attaches. Les rails sont caractérisés par:

- ✓ leur profil ;
- ✓ la nuance d'acier qui les compose [22].

- **Types du rail**

Rail à double champignon:

Le rail à double champignon est caractérisé par une forme symétrique avec champignon supérieur et champignon inférieur. Ce type pouvait être réutilisé par retournement après usure du champignon supérieur ; il est fixé sur les travers à l'aide des coussinets en fonte (difficile et coûteux) comme montre la figure I.17 [22].

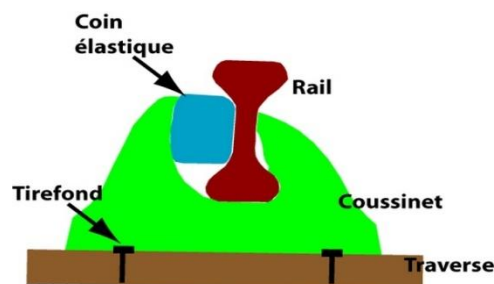


Fig. I.17: Fixation du rail à double champignon.

Rail Vignole (à patin):

Ce rail couramment désigné sous le nom de Vignole, se caractérise par une base élargie qui permet une fixation facile sur la traverse. Il évite les nombreux inconvénients du rail à double champignon: fixation dans des coussinets en fonte, encochage du champignon inférieur, difficulté de conservation du dressage. Il est fixé sur les traverses, soit directement, soit par l'intermédiaire de selles métalliques. Ce type est généralement utilisé pour le cas des trains de transport de marchandise et de transport de voyageur à longue distance (Figure I.18) [22].

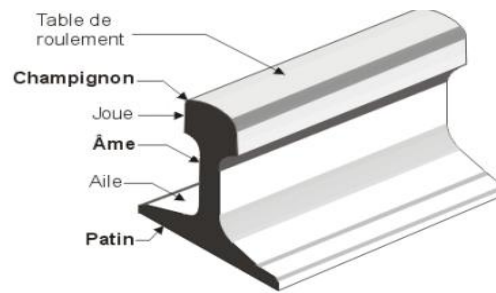


Fig. I.18: Profil du rail Vignole.

Rail à gorge:

Ce type est généralement utilisé pour le cas des tramways et les métros légers, leur poids propre est de l'environs de 58,96 kg/ml, leur géométrie est schématisée sur la figure I.19 [22].



Fig. I.19: Profil du rail à gorge.

- ***Longueur des rails***

La longueur d'un rail à l'usine peut être de 6 à 12m ou même plus pour faciliter le transport et réduire le poids. Sur chantier et avant la pose des rails, on consiste un coupon des rails soudés pouvant aller de 30 à 120 m. Entre les coupons, on prévoit des joints de dilatation constitués par assemblage métallique (éclissage).

I.3.2.2.2 Traverse

- ***Définition***

Une traverse est un élément fondamental de la voie ferrée. C'est une pièce posée en travers de la voie, sous les rails, pour en maintenir l'écartement et l'inclinaison, et transmettre au ballast les charges des véhicules circulant sur les rails.

- ***Rôles principaux***

- ✓ Servir de support aux rails fixant et assurant sa position selon les côtes;
- ✓ recevoir les charges verticales et horizontales transmises par le rail pour ensuite les répartir vers le ballast;
- ✓ obtenir et maintenir une stabilité pour la voie tant sur le plan horizontal, que sur le plan vertical.

- **Types de traverse**

Traverses en bois:

- ✓ Avantages:
 - a)* son élasticité ;
 - b)* sa légèreté ;
 - c)* et surtout son isolation électrique.



Fig. I.20: Traverses en bois.

Traverses métalliques:

- ✓ Avantages:
 - a)* la légèreté ;
 - b)* peu d'entretien.
- ✓ Inconvénients:
 - a)* difficulté de maintenir la voie ;
 - b)* problème de corrosion ;
 - c)* le bruit.



Fig. I.21 : Traverses métalliques.

Traverses en béton:

- ✓ Avantages :
 - a) sa résistance plus élevée ;
 - b) sa durabilité.
- ✓ Inconvénients:
 - a) Son poids lourds ;
 - b) corrosion de l'acier ;
 - c) sa fragilité et sa faible résistance aux chocs.



Fig. I.22: Traverse en béton type bi-bloc. Fig. I.23: Traverse en béton type monobloc.

I.3.2.3 Fixation et éclissage***I.3.2.3.1 Fixation***

Les rails doivent être fixés aux traverses pour :

- ✓ empêcher le mouvement des rails dans tous les sens (longitudinal, transversal et vertical) ;
- ✓ conserver l'écartement fixe.

Il existe plusieurs systèmes permettant la fixation du rail sur les traverses. Le système de fixation dépend du type de rail et du type de traverse.

Types de fixation**Cas d'une traverse en bois:**

Si le rail est de type Vignole, on utilise soit:

- ✓ des tirefonds (vis à bois) (Figure I.24) ;
- ✓ des crampons (clous spéciaux).

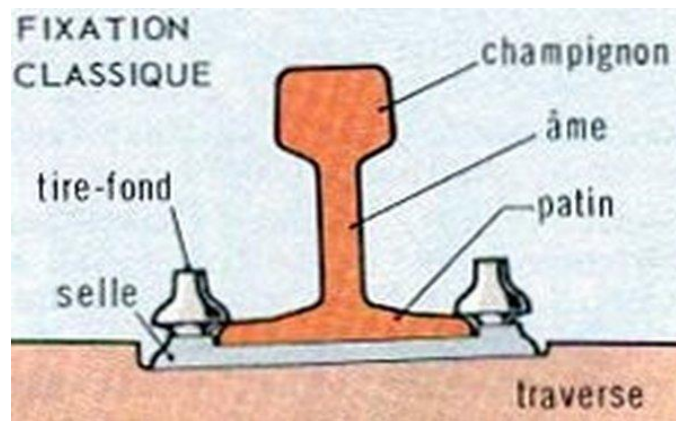


Fig.I.24: Fixation du rail Vignole sur traverse en bois.

Si le rail est à double champignon (figure I.17) la fixation se fait à l'aide des coussinets, un « coin » en bois ou en métal est rentré à force entre l'âme du rail et le coussinet et assure son maintien ainsi que l'absorption des vibrations.

Cas d'une traverse métallique:

On utilise des crapauds fixés par des boulons + écrous (Figure I.25).

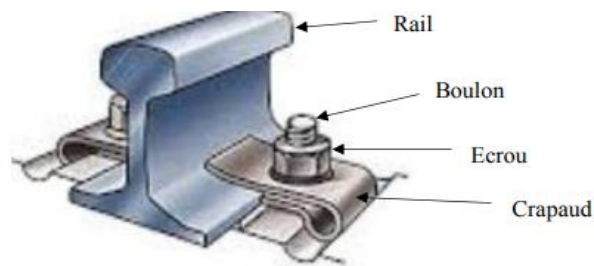


Fig. I.25: Fixation du rail sur traverse métallique.

Cas d'une traverse en béton:

Les crapauds fixent le rail à l'aide des tirefonds ancrés dans le béton et les écrous de fixation (Figure I.26).

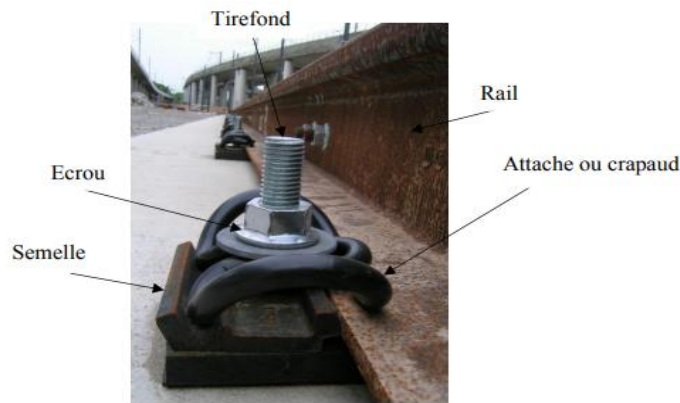


Fig. I.26: Fixation du rail Vignole sur traverse en béton.

I.3.2.3.2 Eclissage

- **Définition**

Une éclisse de chemin de fer est une pièce métallique servant à raccorder deux coupons de rails consécutifs d'une voie ferrée, cette opération s'appelle l'éclissage (Figure I.27). L'éclissage doit satisfaire le suivant:

- ✓ supporter les charges verticales (poids), transversales (force centrifuge) et longitudinales (freinage ou accélération) ;
- ✓ assurer la régularité et la continuité de la voie ;
- ✓ assurer le libre mouvement longitudinal dû à la dilatation ou le rétrécissement.

- **Joint de dilatation**

Le joint de dilatation est un vide séparant deux rails consécutifs (éclissés), destiné à absorber les variations de longueur des rails sous l'effet des variations de température sans compromettre l'équilibre de la superstructure assuré par le bon choix de l'éclissage. On doit veiller surtout à fixer une longueur limite des rails, car le joint ne peut guère dépasser 20mm, parce qu'au-delà de 20mm, les roues s'enfoncent trop profondément, le roulement devient dur, les chocs sur l'extrémité du rail deviennent trop importants, ce qui peut provoquer, à long terme, la déformation du rail et des fissures autour des trous d'éclissage. La largeur des joints « e » égale :

$$e = d + s \quad (I.5)$$

Où:

d : dilatation max du rail ;

s : une marge de sécurité qu'on peut prendre entre 1mm et 2mm.

Par ailleurs:

$$d = \alpha \cdot \Delta T \cdot L \quad (I.6)$$

Où :

α : le coefficient de dilatation [mm/°C.m] ;

ΔT : la variation de température °C ;

Et L : la longueur de la barre [m].

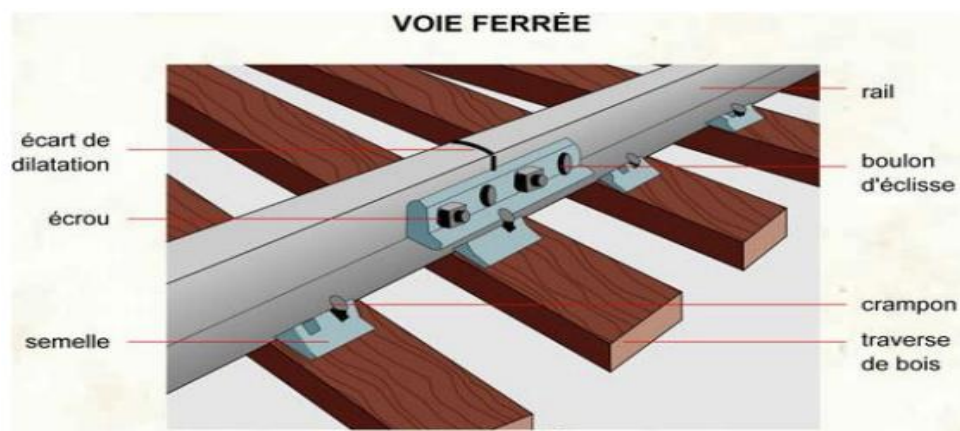


Fig. I.27: Eclissage et joint de dilatation d'une voie ferrée.

1.3.2.4 Dimensionnement des voies ferrées

1.3.2.4.1 Détermination de l'épaisseur minimale de la couche d'assise

La formule de calcul de l'épaisseur minimal de la couche d'assise est donnée comme suit [23]:

$$e = E + a + b + c + d + f + g \quad (I.7)$$

Avec :

E: paramètre dépendant de la qualité de portance de la plate-forme; a, b, c, d, f et g: sont des paramètres qui dépendent de la classe de voie, de l'armement (type de rails), de l'intensité du trafic de la voie et de vitesse du train.

I.4 Conclusion

Les voies de communications terrestres, les routes et les chemins de fer, jouent un rôle principal dans le transport des personnes et de la marchandise. Le réseau routier présentant plusieurs classes de routes (communales, départementales, nationales et autoroutes) assure la circulation des véhicules routiers de différentes catégories. Une étude d'un projet routier doit essentiellement aboutir à un tracé en plan, un profil en long et des profils en travers, ainsi qu'au dimensionnement de la chaussée.

Les chemins de fer qui présentent également plusieurs catégories (voies ferrées principales, voies de desserte, voies de service, voies d'évitement et voies de garage) emmènent vers le bon déroulement et l'organisation du transport ferroviaire (train, métro et tramway). Un tracé en plan, un profil en long et des profils en travers, ainsi que leur dimensionnement sont également établis.

En effet, pour accomplir la mission du transport terrestre, soit par route ou par voie ferrée, il faut veiller à établir une meilleure étude de l'environnement où les voies seront implantées suivie par un bon dimensionnement de la superstructure et l'infrastructure. Enfin, et afin d'aller vers une meilleure exploitation de ces ouvrages, des équipements, tels que les signalisations de la circulation, respecter les délais d'entretien et de contrôle, restent toujours une étape complémentaire à la réalisation des projets de routes et de chemins de fer.

Chapitre II: Etude et aménagement des croisements

« Route – chemin de fer »

II.1 Introduction

Une intersection routière, ferroviaire ou intersection d'une route avec un chemin de fer est définie comme un lieu de jonction ou de croisement à niveau de deux ou plusieurs voies de circulation terrestre, appelé passage à niveau. Le terme « passage à niveau » désigne tout croisement à niveau d'une route et d'une voie de chemin de fer ou de tramway à plate-forme indépendante. Le fonctionnement d'un passage à niveau (PN) dépend d'un ensemble d'équipements qui permettent la détection de l'approche d'un train, l'avertissement des automobilistes par sonnerie, signalisations et les feux clignotants et la commande de la barrière, afin d'assurer le passage du matériel roulant ferroviaire et les automobiles en toute sécurité et confort.

II.2 Généralités sur les passages à niveaux

Le Passage à Niveau est considéré comme le point le plus critique dans la sûreté ferroviaire, car contrairement aux autres parties du réseau, les manoeuvres d'exploitation sécuritaire dépendent dans une large mesure du comportement correct des usagers de la route.

II.2.1 Types de passage à niveau

Lorsque des voies ferrées coupent les routes, des passages à niveau sont installés. Les trains étant toujours prioritaires sur les voitures, il convient donc de bien qu'on s'arrête pour éviter toute collision. Il existe plusieurs sortes de passages à niveau avec chacun un panneau spécifique [24].

❖ **Passages à niveau avec barrières automatiques :**

A l'approche d'un train, une **sonnerie** retentit, un feu rouge clignote et les barrières descendent. On doit donc absolument s'arrêter avant le feu. On peut traverser la voie une fois que les barrières seront totalement remontées et que le feu rouge sera éteint.

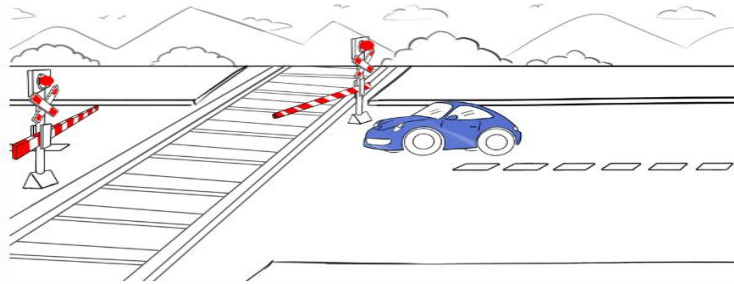


Fig. II.1: Passages à niveau avec barrières automatiques.

❖ **Passages à niveau avec barrières manuelles:**

IL arrive parfois que les barrières soient levées manuellement. On verra alors le même panneau, sans le panneau "Signal automatique".

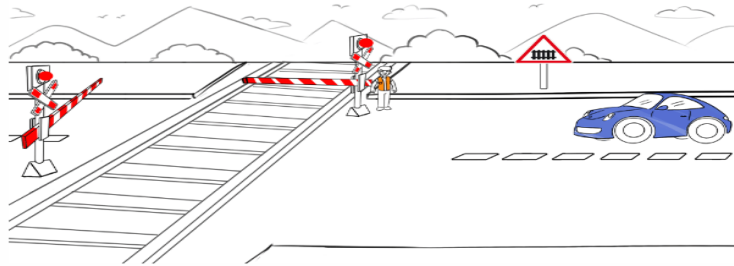


Fig. II.2: Passages à niveau avec barrières manuelles.

❖ **Passages à niveau sans barrières :**

IL existe aussi des passages à niveau sans barrières. On doit alors absolument s'arrêter et être très prudent. On doit bien Vérifier qu'aucun train n'arrive.

La plupart du temps, le panneau de signal d'annonce est associé à un Stop. On trouvera alors un Stop devant le passage à niveau. (Sur les voies routières ayant un trafic extrêmement faible).

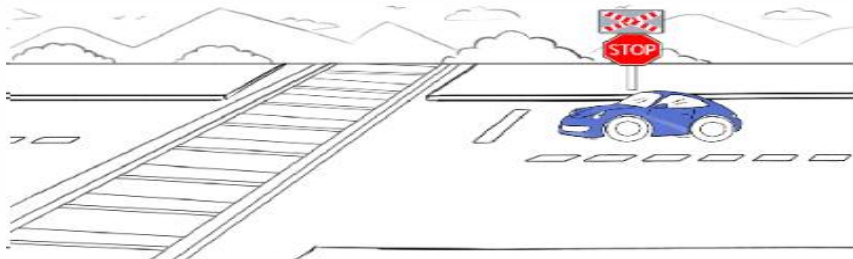


Fig. II.3: passages à niveau sans barrière.

II.2.2 Risques des passages à niveaux

Le risque que présente un passage à niveau est fonction du comportement de l'automobiliste, de la configuration des lieux, de l'intensité de la circulation sur la voie ferroviaire et sur la voie routière. L'équipement du passage à niveau est réalisé en prenant en compte le « moment de circulation » (produit du nombre de trains par le nombre de véhicules routiers empruntant en moyenne par jour le passage à niveau). Malgré les feux et les barrières, le risque d'une collision ne peut être totalement évité, une voiture pouvant, par exemple, se trouver bloquée sur les voies ou forcer le passage. En général, compte tenu du rapport de masses entre un convoi ferroviaire et un véhicule routier, le risque est essentiellement du côté routier.

La quasi-totalité des accidents de passage à niveau est imputable au non-respect de la signalisation routière. La conception des installations automatiques des passages à niveau leur confère une fiabilité très rarement mise en cause dans les accidents. Par exemple, si le moteur subit une avarie, les barrières se ferment par l'effet de la gravité [25].

Il existe plusieurs causes des accidents, parmi lesquels, on cite:

-  problèmes de visibilité ;
-  perturbation de l'attention ;
-  surpris par le déclenchement de la fermeture des passages à niveaux ;
-  surprise aggravée par l'alcoolisation ;
-  surprise de l'arrivée d'un train et le non-respect d'un arrêt ;
-  la traversée de l'automobile après passage d'un train, sans attendre la réouverture des barrières ;
-  immobilisation sur le PN ;
-  chute de deux-roues à l'occasion du franchissement de la voie ferrée ;
-  pertes de contrôle ;
-  dysfonctionnement des installations.

Avec:

PN: Passage à Niveau ;

II.2.3 Procédures nécessaires pour limiter le risque d'accidents aux PN [26]

IL existe différentes dispositions qu'on peut prendre afin de limiter les accidents causés par les PN; on peut citer:

1. supprimer les PN accidentogènes dans la mesure du possible et des financements accordés (reporter la circulation sur d'autres voies routières, créer des passages supérieures ou inférieures) ;

2. rendre la signalisation des PN plus visible (feux avancés ou plus lumineux) ;
3. profiter d'une rénovation des installations ou de la construction d'une installation pour supprimer un PN ou éviter d'en créer un ;
4. mettre en place des dispositifs de détection d'obstacles qui permettent l'arrêt du train avant le PN ;
5. Rappeler aux automobilistes les règles imposées par le code de la route (campagnes de prévention). Son application rigoureuse permettrait d'éviter plus de 90 % des accidents.

II.2.4 Suppression des passages à niveaux

Pour réduire les risques de collision, on cherche de plus en plus à éliminer les passages à niveau, cette opération peut prendre plusieurs années car une suppression est aboutie grâce à une concertation locale avec le gestionnaire routier, les collectivités, les usagers et les riverains.

Il existe trois façons de supprimer un passage à niveau:

- en mettant la route en impasse ;
- en déviant la route vers un ouvrage de franchissement déjà existant ;
- en créant un franchissement dénivelé sous ou par-dessus les voies.

II.2.4.1 La mise en impasse

Cette solution est uniquement envisageable pour les passages à niveau piétons ou routiers très faiblement empruntés.

II.2.4.2 La déviation vers un ouvrage existant

De nombreux ouvrages franchissent les voies du réseau ferré national. Une solution simple peut consister à dévier la route du passage à niveau vers un de ces ouvrages. Très souvent, on construit alors une route qui longe de part et d'autre la voie de chemin de fer pour rejoindre l'ouvrage à quelques centaines de mètres.

II.2.4.3 La création d'un ouvrage dénivelé

IL existe deux moyens de franchir en dénivelé les voies ferrées: soit par un ouvrage supérieur (pont-route), soit par un ouvrage inférieur (pont-rail). La solution du pont-route présente quelques contraintes importantes qui sont liées à la hauteur à laquelle doit s'élever l'ouvrage, à savoir au-delà de 6 mètres, par-dessus la caténaire (conducteur qui alimente en électricité les engins ferroviaires). La solution du pont-rail souvent retenue en site urbain peut se décliner sous différents gabarits routiers selon qu'il soit nécessaire de rétablir tout ou partie des circulations (destiné uniquement aux automobiles ou tous véhicules).

II.3 Généralités sur l'aménagement des carrefours routiers

II.3.1 Introduction

Le carrefour est un lieu de rencontres entre usagers de l'espace public; c'est un espace complexe du fait de la diversité des usages qui s'y expriment, souvent contradictoires, antagonistes et conflictuels. C'est un aménagement qui évolue dans le temps et dans l'espace. Mais c'est aussi un repère dans la ville et, quelquefois, un support à une expression architecturale ou emblématique du lieu [27].

II.3.2 Les règles essentielles pour concevoir un carrefour

1. IL doit être lisible en approche et donner la vraie image de ce qu'il est aux usagers.
2. IL doit être le plus compact possible afin de limiter la dispersion des points de conflits.
3. IL doit assurer une visibilité réciproque satisfaisante entre tous les usagers pouvant entrer en conflit.
4. IL doit être simple et réduire les tâches de conduite.
5. IL doit être lisible en interne et ne pas introduire d'hésitation dans le choix de la manœuvre.
6. IL doit permettre une modération de la vitesse de tous les usagers.
7. IL doit prendre en compte l'ensemble des usagers (passages piétons, avancées de trottoirs, îlots refuges, sas vélos, ...).
8. Il doit, avant tout, valoriser le critère essentiel de la sécurité, avant même celui de la fluidité [28].

II.3.3 Les principaux types des carrefours

On distingue plusieurs types de carrefour comme montré sur la figure II.4

II.3.3.1 Carrefours plans [29]

- **Carrefour à trois branches « en T »**

Il s'agit d'un carrefour à trois branches dont l'une de ces branches est à peu près dans le prolongement d'une autre branche et dont la troisième coupe ce prolongement sous un angle compris entre 75 et 105°.

- **Carrefour à trois branches « en Y »**

Il s'agit d'un carrefour à trois branches dont l'une de ces branches est dans le prolongement d'une autre et dont la troisième branche coupe, ce prolongement sous un angle inférieur à 75° ou supérieur à 105°.

- **Carrefour à quatre branches « en x »**

Il s'agit d'un carrefour à quatre branches dont deux branches sont à peu près dans le prolongement des deux autres, et pour lesquelles l'angle d'intersection de ces deux prolongements est inférieur à 75° ou supérieur à 105°.

- **Carrefour à branches multiples**

Un carrefour à branches multiples est un carrefour à cinq branches ou plus.

- **Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire**

Un carrefour giratoire est un carrefour à trois branches ou plus dans lequel les courants convergent puis divergent sur une chaussée à sens unique entourant un îlot central; la circulation sur cette chaussée se fait dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

II.3.3.2 Carrefours dénivelés

Un carrefour dénivelé est un ensemble de deux ou plusieurs routes qui se croisent sur des niveaux séparés par le biais d'un ou de plusieurs ouvrages d'art. Cela permet à la circulation de chacune de ces routes de couper la circulation de toutes les autres routes sans conflits.

- **Echangeur autoroutier**

Un échangeur est un carrefour dénivelé entre deux ou plusieurs autoroutes. On parle de nœud autoroutier pour un échangeur entre plusieurs autoroutes.

Dans les cas les plus complexes, les chaussées peuvent s'écarter sur quatre niveaux différents. Un échangeur peut être complet (bidirectionnel) ou partiel (donnant accès à une seule direction de l'autoroute) [29].

- **Diffuseur**

Un diffuseur est un carrefour dénivelé entre une autoroute et le réseau routier. Il peut être complet (s'il permet d'entrer et de sortir de l'autoroute dans les deux sens) ou incomplet. Un demi-diffuseur comporte une entrée et une sortie en sens inverse.

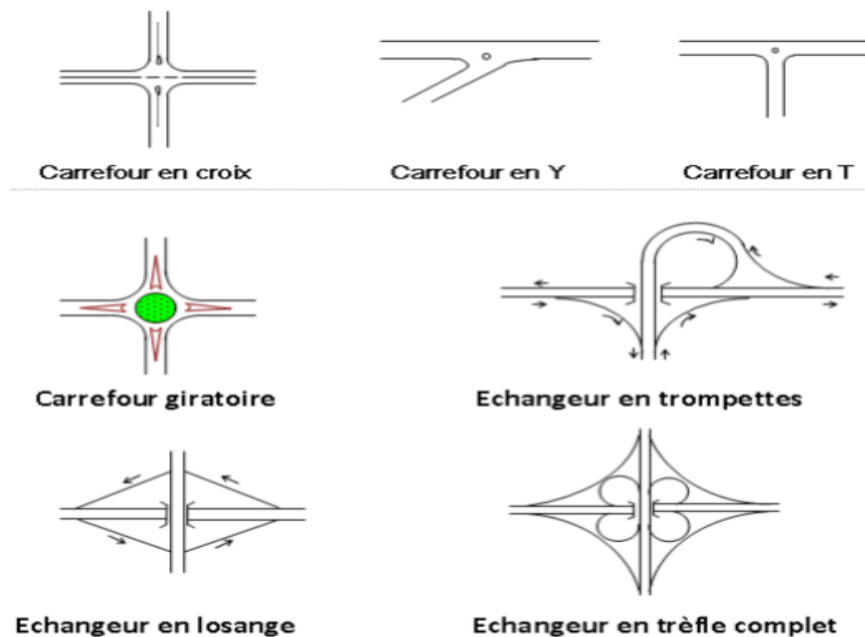


Fig. II.4: Différents types de carrefours.

II.3.4 Equipements devant être présents dans un carrefour

Pour plus de sécurité, de confort et de débit, un carrefour doit être équipé par:

- a. une signalisation routière régissant les interdictions et les niveaux de priorité ; elle doit être systématiquement accompagnée du marquage horizontal correspondant ;
- b. une signalisation directionnelle dont l'usager a besoin pour aborder et quitter le point d'échange ;
- c. un éclairage bien adapté au milieu et ne pas s'inscrire en obstacle ;
- d. l'aménagement et le mobilier urbain ne doivent pas constituer des obstacles trop proches des circulations: poteaux, pylônes, supports divers (non fusibles en cas de choc), maçonnerie et mobilier urbain, conteneurs, etc. On étend également le mot obstacle à toute contrainte aux cheminements des piétons et des cyclistes ;
- e. il faut assurer la sécurité et la continuité des traversées piétonnes. Les traversées auront de préférence une longueur maximale de 8 m (12 m en carrefour à feux) ou seront traitées, par exemple, en traversées en deux temps ou plus, avec des îlots intermédiaires suffisamment dimensionnés (1,5 m minimum recommandé); notons que les traversées piétonnes doivent présenter un abaissement du trottoir au contact de la chaussée et être équipées de bandes podotactiles (les bateaux et leur traitement font l'objet d'une norme). Plus généralement, les règles d'aménagement permettant des

conditions de cheminement optimales pour les personnes handicapées et les Personnes à Mobilité Réduite devront être respectées ;

- f. les carrefours plans peuvent, dans certains cas, être combinés à des plateaux [28].

II.4 Généralités sur l'aménagement des croisements

« Routes – voie ferrée »

II.4.1 Introduction

Les croisements à niveau entre les routes et les chemins de fer sont à éviter. En général, les passages à niveau sont remplacés par des passages à niveaux différents appelés passages dénivelés.

II.4.2 Types des passages dénivelés

II.4.2.1 Passage supérieur

On appelle un passage supérieur un ouvrage de franchissement à un niveau supérieur d'une route ou d'une voie ferrée (ou d'un canal) en prenant ces éléments comme référence. Les passages supérieurs (ou inférieurs) ont pour but de supprimer les passages à niveau. Le passage supérieur est réalisé par la construction d'un pont qui franchit la voie ferrée nommé pont-route ou pont routier qui désigne un ouvrage portant une route. Les ponts autoroutiers désignant un ouvrage portant une autoroute, sont rangés dans la famille du pont-route.

II.4.2.2 Passage inférieur

Le passage inférieur signifie que, en cas de croisement entre une route et un chemin de fer, la route passe au-dessous de la ligne ferroviaire. Le passage de la route au-dessous de la voie ferrée se fait généralement par la construction d'un ouvrage qui supporte la ligne ferroviaire appelé pont-rail ou pont ferroviaire.

II.4.3 Types de passage supérieur et inférieur

Les passages supérieurs et inférieurs sont des ponts de structures simples [30].

- ***Les ponts cadres – PICF***

PICF: Passage Inférieur Cadre Fermé

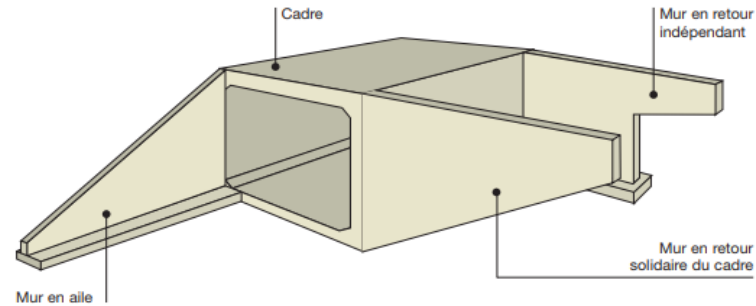


Fig. II.5: Schéma type d'un PI-CF.

- **Les portiques – PIPO**

PIPO: Passage Inférieur Portique Ouvert

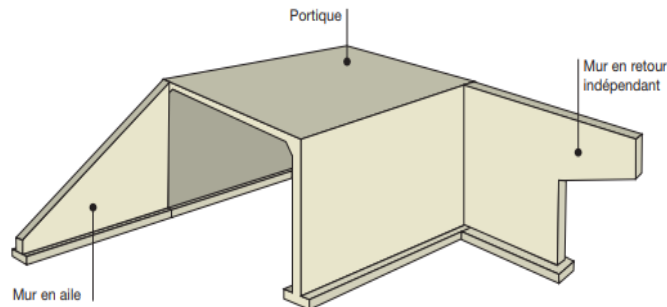


Fig. II.6: Schéma type d'un PI-PO.

- **Les portiques – POD**

POD: Passage Inférieur Portique Double

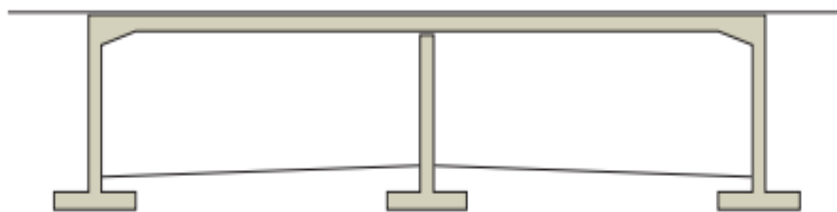


Fig. II.7: Schéma du Portique Ouvert Doubles.

- **Les ponts-dalles**

PSI DA: Passage Supérieur/Inférieur en Dalle Armée

PSI DP: Passage Supérieur/Inférieur en Dalle Précontrainte



Fig. II.8: Exemple d'un « pont dalle ».

II.5 Conclusion

Les croisements à niveau dits « passages à niveau » présentent un risque permanent à cause de probabilité de collision entre les véhicules routiers s'il s'agit d'une intersection routière. Le danger est plus important quand il s'agit de croisement à niveau entre une route et une voie ferrée à cause du gabarit et de la vitesse des trains. Les collisions entre les trains et les véhicules routiers restent le cas le plus grave. Pour cette raison-là, il est recommandé de supprimer ces passages à niveau et de créer des passages dénivelés (pont routier, pont-rail, etc.), afin de sécuriser la circulation sur les deux voies de communication d'une part, et d'améliorer le confort d'autre part. Vu l'importance de revoir les passages à niveau, notamment pour les intersections « routes – voies ferrées », il est indispensable de les convertir en passages dénivelés.

Chapitre III: Présentation générale du projet d'étude

III.1 Introduction

La route nationale N°23 (RN 23 ou N 23) en Algérie est un axe nord-ouest de 460 km de longueur qui s'étend entre Mostghanem et Laghouat.

Par ailleurs, le réseau des chemins de fer algérien, est aujourd'hui le réseau le plus moderne en Afrique. Il a fait son apparition à la fin du XIX^e siècle. L'ambition actuelle du pouvoir public est de connecter toutes les villes d'Algérie entre elles par le réseau ferroviaire. Selon des statistiques effectuées en 2014, ce réseau s'étend sur une longueur de 4 576 km [31].

Par conséquent et comme pour la majorité des types de routes, la RN23 peut se croiser avec une ligne ferroviaire dans certains points précis du tracé. C'est l'un de ces croisements, donc, qui fait l'objet de la présente étude.

III.2 Présentation du projet

III.2.1 Contexte générale

Dans le cadre du développement et de l'amélioration de l'état du transport terrestre en Algérie, certaines routes et lignes ferroviaires ont déjà été construites et d'autres sont en cours de réalisation. Il est à noter que, parfois, les intersections « route-chemin de fer » sont inévitables et que les passages à niveaux constituent un vrai problème, aussi bien pour la circulation des véhicules que pour la circulation des trains.

Comme partout dans le monde, en Algérie, les passages à niveau « route-chemin de fer » sont en cours de suppression progressives pour les anciens projets. Lorsqu'il s'agit d'un ouvrage neuf, on a toujours tendance à prévoir plus de passages dénivelés que de passages à niveau. C'est dans ce contexte qu'entre le présent projet qui a pour principal objectif: l'étude et de l'aménagement d'un croisement « route-chemin de fer » qui est prévu au niveau de la RN 23 dans la wilaya de Laghouat.

III.2.2 But de l'étude

Le but principal de l'étude du présent projet est de trouver une solution technique ayant pour but d'éviter le croisement à niveau de la route nationale 23 (RN23) avec la nouvelle ligne ferroviaire « Djelfa-Laghouat ». Pour ceci, une étude technique d'un tronçon de chacune des deux voies au niveau de leur intersection, s'avère nécessaire.

Par cette étude, on déterminera les principaux éléments géométriques (tracé en plan, profil en long et profil en travers) tout en effectuant le dimensionnement des deux voies, la route et le chemin de fer. Puis, on passe au choix de l'ouvrage à réaliser pour permettre le passage supérieur de la route. Le passage supérieur de la RN23 au-dessus de la voie ferrée permettra de:

- éliminer les risques provoqués par le croisement à niveau ;
- faciliter la circulation et éviter l'encombrement routier ;
- éviter le retard des trains ;
- donner un aspect esthétique à l'endroit.

III.2.3 Description du projet

Le projet porte sur un rétablissement routier de la RN23 sur un pont-route pour franchir la nouvelle ligne ferroviaire « Djelfa-Laghouat ». L'ouvrage se situe à 18km, environ, de l'entrée nord-ouest de la ville de Laghouat ; en effet, la voie ferrée se croise avec la RN23 au niveau du point kilométrique 391m.

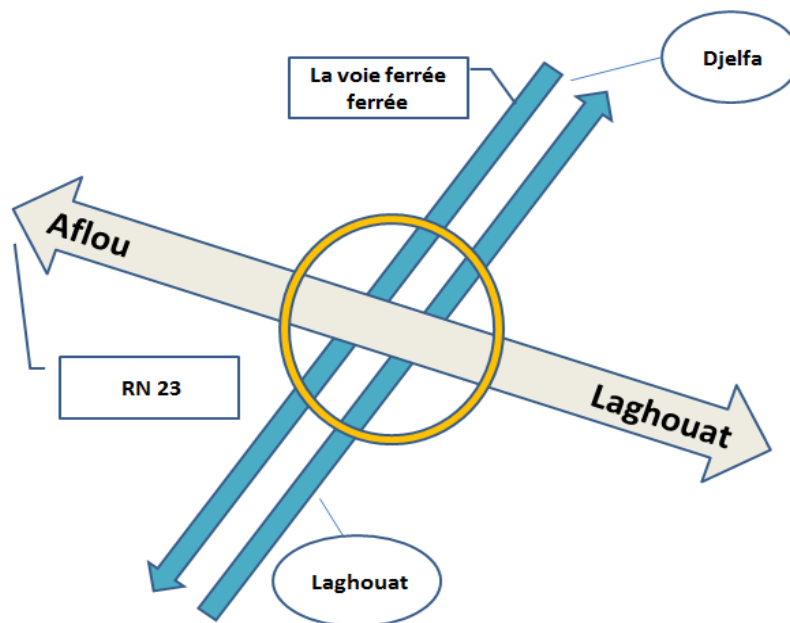


Fig. III.1 (a)



Fig. III.1 (b)

Fig. III.1: Vue en plan du site du projet (source: Google Earth).



Fig. III.2: Plan de situation du projet d'étude.

III.3 Présentation des données d'étude nécessaires

III.3.1 Données géotechniques

La géotechnique est l'ensemble des activités liées aux applications de la mécanique des sols, de la mécanique des roches et de la géologie de l'ingénieur. Elle englobe l'étude des propriétés mécaniques et physico-chimiques des sols et de l'interaction entre les terrains et les ouvrages environnants, d'une part, l'ouvrage objet de la prestation du fait de sa réalisation et/ou de son exploitation, d'autre part. La géotechnique s'appuie principalement sur deux sciences:

- ✓ la géologie qui retrace l'histoire de la terre et précise la nature et la structure des matériaux et leur évolution dans le temps ;
- ✓ la mécanique des sols (MDS) et des roches (MDR) qui modélise leur comportement en tant que déformabilité et résistance des matériaux [32].

III.3.1.1 Analyses chimiques

Le climat de la région de Laghouat est typiquement Saharien, se caractérisant par deux saisons: une saison chaude et sèche (d'avril à septembre) et une autre froide (de novembre à mars), où on note une grande différence entre les températures de l'été et celles de l'hiver. On enregistre une moyenne annuelle de 25°C, avec une évaporation de l'ordre de 2000 mm par an et une faible hauteur de pluies avec une moyenne de précipitations de 60 mm/an.

III.3.1.2 CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES DU SOL

- **ESSAIS AU LABORATOIRE :**

Pour déterminer les caractéristiques géotechniques du sol, des échantillons prélevés des différents horizons ont été soumis aux essais de laboratoire suivants:

- Analyses granulométriques ;
- Analyses sédimentométriques ;
- Limites d'Atterberg ;
- Analyses chimiques ;
- Essai de cisaillement rectiligne UU.

❖ **Analyse granulométrique+ sédimentométrique:**

Les analyses granulométriques et sédimentométrique effectuées sur des échantillons prélevés des grés friables, ont montré les distributions granulaires suivantes:

Tableau III.1: Analyse granulométrique+ sédimentométrique

Echantillon	% Graviers	%Gros sable	%Sable fin	%Limon	%Argile
S01 3.00 - 5.00 m	04	52	21	14	09
S01 5.00 – 10.00 m	02	44	35	12	07

Du point de vue, distribution granulaire, les fractions constituant ce faciès sont des sables grossiers à fin limoneux peu argileux.

❖ **limite d'Atterberg :**

Les mesures des limites d'Atterberg effectuées sur la fraction fine, ont révélé les résultats suivants:

- Limite de liquidité entre 32 et 40% ;
- Limite de plasticité Non Mesurable;
- L'indice de plasticité Non Mesurable.

Ces résultats montrent que la fraction fine n'est pas plastique.

❖ **Analyse chimique :**

L'analyse chimique sommaire a donné les pourcentages suivants:

Tableau III.2: Analyse chimique

Echantillon	% Insolubles	% carbonates	% Sulfates
S01 3.00-05m	88	15	0.24
S01 5.00-10m	91	07	0.35

Ces résultats confirment la description visuels ; en effet, le fort pourcentage des insolubles caractérisent les grés contenant des sulfates d'où leurs agressivité vis-à-vis des ciments ordinaires.

❖ Essais de cisaillement rectiligne UU :

Les caractéristiques intrinsèques exprimées par l'angle de frottement et la cohésion sont:

- L'angle de frottement interne (Φ_{uu}) = entre 32° et 33° ;
- Cohésion (C_{uu}) = 0.16 et 0.18 bar ;

Ces résultats caractérisent un sol travaillant plus aux frottements qu'en cohésion.

III.3.1.3 Données géotechniques relatives à la voie ferrée

L'étude géotechnique pour la réalisation de la ligne ferroviaire « Djelfa-Laghouat » a été effectuée au Laboratoire Central des Travaux Publics LCTP HUSSEIN DEY à ALGER. Des informations concernant cette étude nous ont été communiquées par l'Agence Nationale d'Etudes et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires ANESRIF (antenne Djelfa).

III.3.1.3.1 Organisation de la campagne et des essais

Plusieurs essais effectués au laboratoire peuvent être résumés comme suit:

- ✓ essais d'identification : analyses granulométriques, limites d'Atterberg, analyses chimiques et indice de consistance ;
- ✓ essais physiques : mesure de la teneur en eau et la masse volumique ;
- ✓ essais de portance et de compactage : essai Proctor et essai CBR imbibé à 4 jours ;
- ✓ essais mécaniques: essais de cisaillement et essai de compressibilité.

III.3.1.3.2 Analyse globale

L'analyse des forages et de puits de reconnaissance a permis l'établissement des coupes géologiques montrant la lithologie des terrains traversés; le tracé de la ligne ferroviaire passe, donc, par des terrains sédimentaires de différentes formations qui sont:

-  recouvrement superficiel constitué de dépôts sablo-graveleux ou sable éolien ;
-  des sables fins limoneux rougeâtres consolidés à très consolidés par endroit ;
-  des formations des calcaires ocres à blanchâtres très durs affleurant en surface comme encroutement de calcaires ;
-  des grès, des argiles et des argilites indurées.

a. Essai pressiométrique (NF P 94-110-1), pénétration dynamique (NF P 94-116)

D'après l'analyse des résultats des essais pressiométriques réalisés au laboratoire, on remarque la présence de deux horizons:

- ✓ horizon sableux fin limoneux rougeâtre très peu argileux carbonaté avec des valeurs de la pression limite de l'ordre de 20 à 30 bars ;
- ✓ un deuxième horizon de grès calcaire avec des valeurs de la pression limite variant de 30 à 35 bars.

Les essais de pénétration ont montré que le sol est de très bonne résistance dont le refus est enregistré à 2.96m, attestant qu'à partir de 1m de profondeur la résistance de pénétration dépasse les 150 bars et 200 bars. On conclut, à l'aide de sondages carottés, que le calcaire est l'origine du refus.

b. Essais au laboratoire

Les résultats des essais au laboratoire des différents puits de reconnaissance sont résumés sur les tableaux III.3, 4, 5, et 6.

Tableau III.3: Analyse granulométrique

Puits N°	Puit N°01	Puit N°08	Puit N°012
Profondeur	2-2.5m	1.10-1.80m	1.5-2m
Dmax (mm)	1.60	100	0.40
% des passants à 2mm	100	69.00	100
% des passants à 80μ	72	16	99

Tableau III.4: Limites d'Atterberg

Puits N°	Puit N°01	Puit N°08	Puit N°12
Profondeur	2-2.5m	1.10-1.80m	1.5-2m
Limite de liquidité WL	41.20	Non mesurable	53.80
Limite de plasticité Wp	20.64	Non mesurable	27.46
Indice de plasticité Ip	20.56	Non mesurable	26.34

Tableau III.5: Essai Proctor

Puits N°	Puits N°01	Puits N°08	Puits N°12
Profondeur	2-2.5m	1.10-1.80m	1.5-2m
γ_{doptm} (t/m ³)	1.90	1.94	1.92
ω_{optm} (%)	12.30	7.20	14.10

Tableau III.6: Essai CBR imbibé à 4 jours

Puits N°	Puits N°01	Puits N°08	Puits N°12
Profondeur	2-2.5m	1.10-1.80m	1.5-2m
55 coups	γ_{dt}/m^3	1.82	1.93
	ICBR	3.60	45.04
25 coups	γ_d t/m ³	1.74	1.86
	ICBR	0.92	25.05
10 coups	γ_d t/m ³	1.60	1.79
	ICBR	0.87	16.57

c. Classification et interprétation des résultats

La classe et la nature du sol ont été déterminées (Tableau III.7) selon la classification GTR et l'interprétation des résultats sur la base de la norme XP P 94-011.

Tableau III.7: Classification et identification du sol

Puits N°	Puits N°01	Puits N°08	Puits N°12
Profondeur	2-2.5m	1.10-1.80m	1.5-2m
Classe GTR	A ₂	C ₁ B ₆	A ₂
Nature du sol	Sol fin, plastique et peu portant	Sol grenu, non plastique et dur	Sol fin, plastique et peu portant

III.3.2 Données topographiques

Dans tout projet de construction de bâtiments, des ouvrages d'art ou de voie de communications terrestres, les routes et les chemins de fer, les données topographiques sont indispensables et nécessaires; elles ont pour finalité de faire ressortir un fond topographique.

III.3.2.1 Données géométriques de la route

- ✚ largeur totale de la route: 24m;
- ✚ nombre de voies par chaussée x largeur de la voie: 2x3.75m;
- ✚ largeur de chaque chaussée: 7.5m;
- ✚ largeur du terre-plein central séparant les deux chaussées: 3m;
- ✚ largeur des deux accotements: 2.5m;

- + Largeur des deux bermes: 0.5m;
- + dévers transversal de la chaussée: 2.5%;
- + dévers transversal des accotements: 4%.

III.3.2.2 Données géométriques de la voie ferrée

- + nombre de voies (sens opposés): 2;
- + type des rails: Vignole;
- + écartement des rails pour chaque voie :1435mm;
- + inclinaison des rails: 1/20^e;
- + écartement entre les deux voies (distance prise entre axes des plateformes): 4.20m;
- + Type des traverses :En béton de type bi-bloc;
- + Travelage (nombre de traverses par km): 1667;
- + Entraxe des traverses (avec une tolérance de ± 2 cm): 0.60m.

III.4 Conclusion

L'intersection de la RN23 avec la nouvelle ligne ferroviaire « Djelfa-Laghouat », faisant l'objet de cette étude, est apparue après le changement du tracé de la voie ferrée lors de l'étude pour des raisons de sécurité (passage de la voie ferrée à côté de la base de la Garde Républicaine), ce qui a obligé les services des travaux publics de rechercher un compromis entre la circulation des véhicules routiers et la circulation des trains sur le chemin de fer en croisement, tout en assurant la sécurité, le confort et l'économie, en construction et en utilisation. Le présent chapitre présente, par

conséquent, les données relatives au site qui va recevoir les deux voies croisées et qui sont nécessaires pour l'étude de la suppression du passage à niveau et la conception d'un passage supérieur bien aménagé.

Chapitre IV: Etudes des voies de communication

IV.1 Etude de la route

IV.1.1 Etude du tracé en plan

IV.1.1.1 Introduction

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain. Dans notre projet, on va suivre le tracé, déjà établi, de la RN23 pour l'étude du tronçon de la nouvelle route.

Notre tronçon d'étude est un alignement droit de 2000m de longueur.

IV.1.1.2 Environnement de la route

Trois classes d'environnement (E1, E2, E3) sont mentionnées dans B40. Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont:

- la dénivelée cumulée moyenne : $\sum h_i/L$, avec $\sum h_i$ = somme des dénivelées et L = somme des distances partielles;
- la sinuosité moyenne: L_s/L , avec $L_s = \sum R_i \cdot \alpha_i$, R_i : rayons $\leq 200m$ et α_i angle central relatif au rayon.

IV.1.1.2.1 La dénivelée cumulée moyenne $\sum h_i/L$

La somme des dénivelées cumulées, le long de l'itinéraire existant, rapportée à la longueur de cet itinéraire, permet de mesurer la variation longitudinale du relief [6].

- $\frac{\sum h_i}{L} \leq 1.5\%$: Terrain plat ;
- $1.5\% < \frac{\sum h_i}{L} \leq 4\%$: Terrain vallonné ;
- $4\% < \frac{\sum h_i}{L}$: Terrain montagneux.

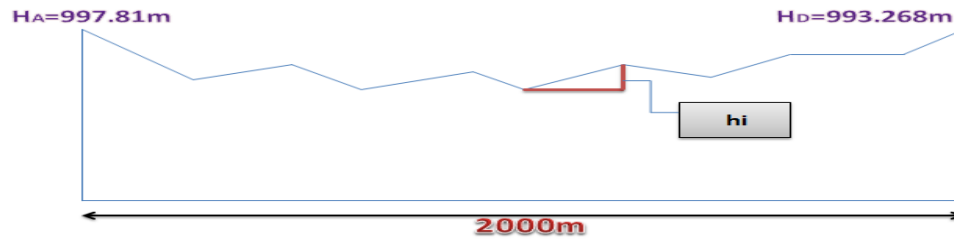
Application au projet:

Fig. IV.1: Variation longitudinale du relief.

IV.1.1.2.2 La sinuosité

La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L_s sur la longueur totale de l'itinéraire. La longueur sinueuse L_s est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200m.

$$\sigma = \frac{L_s}{L_{AB}} \quad (\text{IV.1})$$

$$L_s = \sum L_R; \quad (R \leq 200\text{m}) \quad (\text{IV.2})$$

Avec:

L_s : La longueur sinueuse;

L_R : La longueur des courbes ayant un rayon $\leq 200\text{m}$;

L_{AB} : La longueur totale de l'itinéraire.

✓ Rappelons que le B40 adopte les valeurs suivantes :

- $\sigma \leq 0.1$: Sinuosité faible ;
- $0.1 < \sigma \leq 0.3$: Sinuosité moyenne ;
- $0.3 < \sigma$: Sinuosité forte.

Application au projet:

Vu que le tronçon à étudier est un alignement droit (inexistence de courbes horizontales), la longueur L_s est nulle

$$\text{D'où : } \sigma = \frac{0}{2000} = 0 < 0.1 \%$$

D'après le B40, le tracé est considéré de **faible sinuosité**.

La détermination de l'environnement de la route a pour objet de déterminer la catégorie de la route à réaliser et de fixer sa vitesse de référence. L'association des deux paramètres précédents (sinuosité et dénivelée cumulée moyenne), nous donne l'un des trois types d'environnement montrés dans le tableau IV.1

Tableau IV.1: Environnement en fonction du relief et de la sinuosité

Sinuosité Relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux		E3	E3

Il est clair donc que notre route appartient à un environnement E1 qui est relatif à un terrain plat et de faible sinuosité, ce qui justifie la simplicité du tracé avec une vitesse de référence moyennement élevée.

IV.1.1.3 Etude de l'alignement droit

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes modernes, avec des longueurs exagérées, est restreint. Des paramètres sont pratiquement vérifiés.

IV.1.1.3.1 Paramètres fondamentaux

D'après le règlement des normes algériennes B40 et pour un environnement E1 et une catégorie L120, avec une vitesse de référence de 120km/h, des paramètres fondamentaux en alignement droit sont résumés dans le tableau IV.2.

Tableau IV.2: Paramètres fondamentaux

Paramètres	Valeurs
 Vitesse (km/h) : V	120
 Dévers transversal minimal (%): d_t	2.5
 Temps de perception-réaction (s) : t_p	1.8
 Coefficient de frottement longitudinal : f_l	0.33
 Coefficient de frottement transversal : f_t	0.1

IV.1.1.3.2 Vérification de la longueur de l'alignement droit

L'alignement droit est, généralement, limité par des longueurs min et max.

La longueur minimale L_{min} :

C'est celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps d'adaptation de 7s.

$$L_{min} = 7 \times \frac{V_r}{3.6} \quad (IV.3)$$

Avec V_r : vitesse de référence.

La longueur maximale L_{max} :

C'est celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps d'adaptation de 62s:

$$L_{max} = 62 \times \frac{V_r}{3.6} \quad (IV.4)$$

Application au projet:

Calcul de la longueur minimale L_{min} :

$$L_{min} = 7 \times \frac{120}{3.6} = 233.33m$$

Calcul de longueur maximale L_{max} :

$$L_{max} = 62 \times \frac{120}{3.6} = 2066.66m$$

La longueur de l'alignement droit avec une vitesse de référence de 120 km/h est comprise entre:

$$L_{min} = 233.33m < L = 2000 < L_{max} = 2066.66m, \text{ donc la longueur est } \mathbf{vérifiée}.$$

IV.1.1.3.3 Calcul des distances de visibilité

❖ **Distance de visibilité de dépassement minimale d_m**

C'est la longueur parcourue pendant environ 15 secondes à la vitesse V et qui correspond à une manœuvre de dépassement qui dure 7 à 8 secondes. Le B40 donne

la formule de calcul pour des vitesses comprises entre 90 à 140km/h, ce qui nous donne approximativement:

$$d_m(m) = 5 \times V(km/h) \quad (IV.5)$$

V: vitesse

❖ **Distance de visibilité de dépassement normale d_N**

C'est une distance qui correspond à un manœuvre de dépassement de 11 à 12 secondes. Pour des vitesses comprises entre 90 à 140km/h, le B40 adopte, ce qui nous donne approximativement:

$$d_N(m) = 7 \times V(Km/h) \quad (IV.6)$$

Application au projet:

Pour une vitesse de référence de 120km/h:

✓ **Calcul de distance de visibilité de dépassement minimale d_m**

$$d_m = 5 \times 120 = 600m$$

✓ **Calcul de distance de visibilité de dépassement normale d_N**

$$d_N = 7 \times 120 = 840m$$

IV.1.1.3.4 Distance d'arrêt d_a

La distance d'arrêt d'un véhicule est la distance conventionnelle théorique nécessaire à un véhicule pour s'arrêter compte tenu de sa vitesse. Cette distance est le cumul de la distance de freinage « d_f » (distance conventionnelle nécessaire à un véhicule pour passer de sa vitesse initiale à la vitesse nulle) et de la distance de perception-réaction « d_p » (distance parcourue par un véhicule à vitesse constante pendant le temps de perception-réaction du conducteur) [33].

$$d_a = d_p + d_f \quad (IV.7)$$

Avec:

d_a : distance d'arrêt;

d_p : distance de perception;

d_f : distance de freinage.

$$d_a = \frac{V_r}{3.6} \times t_p + \frac{k \times V_r^2}{253 \times (f_l \pm i)} \quad (\text{IV.8})$$

Avec:

V_r : vitesse de référence (km/h);

t_p : temps de perception (s);

K: paramètre distinguant l'alignement droit de la courbe horizontale;

f_l : coefficient de frottement longitudinal;

i: déclivité en (%) ; - pour pente et + pour rampe.

Application au projet:

❖ Données de calcul :

$$V_r = 120 \text{ km/h}$$

$$t_p = 1.8 \text{ s}$$

$$K = 1 \text{ pour l'alignement droit ;}$$

$$f_l = 0.33 ;$$

$$i = -0.04 \text{ (déclivité en pente, le cas le plus défavorable).}$$

$$d_a = \frac{120}{3.6} \times 1.8 + \frac{1 \times 120^2}{254 \times (0.33 - 0.04)} = 255.49 \text{ m}$$

IV.1.2 Etude du profil en long

IV.1.2.1 Introduction

La deuxième étape d'une étude technique d'une route est bien l'étude du profil en long, en traçant la ligne rouge du projet tout en déterminant les points de début, de la fin et du sommet des courbes verticales, leurs rayons maximums et minimums, et éventuellement les déclivités maximales et minimales.

IV.1.2.2 Détermination des déclivités

A titre de rappel, on appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom « pente » pour les descentes et « rampe » pour les montées. Le rétablissement routier dans notre projet impose 2 déclivités formants un toit qui sera raccordé par une courbe verticale convexe (angle

saillant). En effet, les déclivités maximales des routes sont en fonction de leurs vitesses. Pour notre cas, et pour une vitesse de référence de 120km/h, on peut adopter une déclivité minimale de 1%, comme on peut aller jusqu'à la déclivité maximale de 4% comme montre le tableau IV.3 qui présente les déclivités maximales que donne le B40.

Tableau IV.3: Valeurs de déclivités maximales (B40)

$V_r(\text{km/h})$	40	60	80	100	120	140
$i(\%)$	8	7	6	5	4	4

IV.1.2.3 Raccordement en courbe convexe (angle saillant)

Concernant notre projet, la longueur du tronçon à étudier est de 2000m en alignement droit. L'étude a pour objet de raccorder les deux déclivités et de rechercher un rayon vertical bien déterminé qui assure les conditions de visibilité et de confort d'une part, et qui permet de fournir une hauteur suffisante pour l'implantation de l'ouvrage et le passage des trains au dessous, d'autre part.

IV.1.2.3.1 Condition de visibilité

En courbe convexe, la probabilité de présence, sur la chaussée, d'un obstacle inerte de faible épaisseur susceptible de poser un problème de sécurité est très réduite. Un événement un peu plus probable est la présence d'un véhicule arrêté (accident, retenue de trafic, etc.) ou, encore davantage, la présence d'un piéton. Il est donc nécessaire d'assurer la visibilité à une distance permettant au conducteur de s'arrêter avant un "obstacle" de cette nature, en chaque point du tracé; dans ce cas, la distance de visibilité doit être supérieure à la distance d'arrêt [34]. C'est pour cela, la condition de visibilité en courbe verticale convexe doit être strictement vérifiée. Pour notre cas, chaque chaussée de la route est de sens unique. La formule pour calculer le rayon de raccordement qui satisfait cette condition est par la suite:

$$R_v \geq 0.26 \times da^2 \quad (IV.9)$$

Avec:

R_v : rayon de raccordement vertical (m);

da : distance d'arrêt (m).

IV.1.2.3.2 Condition de confort

Les véhicules, pendant leur passage sur une courbe verticale (concave/convexe), sont soumis à une accélération verticale qui tend à lever le véhicule de la chaussée; cette accélération est limitée à : $0.25m/s^2$ soit $g/40$ (avec g la pesanteur). Le rayon de raccordement à retenir, i.e. vérifiant la condition du confort est donné par la formule suivante:

$$R_v \geq 0.25 \times V_r^2 \quad (IV.10)$$

Avec :

R_v : rayon de raccordement vertical (m);

V_r : vitesse de référence (km/h).

Application au projet:

- **Vérification de condition de visibilité**

En appliquant la formule (IV.10), on calcule le rayon théorique qui assure la condition de visibilité.

$R_v \geq 0.26 \times da^2$, on prend $da = 255.49m$ (distance d'arrêt calculée avec une vitesse de 120km/h).

$$R_v \geq 0.26 \times (255.49)^2$$

$$R_v \geq 16971.53m$$

On prend $R_v = 17000m$

- **Vérification de condition de confort**

Le rayon à prendre et qui assure le confort des usagers en courbe verticale convexe est:

$$R_v \geq 0.25 \times V_r^2$$

$$R_v \geq 0.25 \times 120^2$$

$R_v \geq 3600m$

- **Détermination des éléments géométriques de la courbe de raccordement**

Altitude H_s du sommet S:

L'altitude de S (sommet de la courbe verticale convexe) est calculée à partir de l'épaisseur de l'infrastructure ferroviaire (incluant l'épaisseur du ballast et la hauteur des rails), la hauteur libre, l'épaisseur de la dalle de l'ouvrage ainsi que l'épaisseur de la chaussée:

$$H_s = H_{TN} + (E_{inf} + H_l + E_d + E) \quad (IV.11)$$

Avec :

H_{TN} : +996,313 altitude de terrain naturel;

E_{inf} : 3.5m, épaisseur de l'infrastructure ferroviaire donnée par l'ANESRIF ;

H_l : 7m, hauteur libre ;

E_d : 1.75m, épaisseur de la dalle de l'ouvrage (compte tenu de la hauteur des poutres);

E : 0.45m, épaisseur de la chaussée (avec couche d'étanchéité).

$$H_s = +996.3 + (3.5 + 7 + 1.75 + 0.45) = 1009m$$

La distance LS séparant le début du projet et le point S:

Connaissant le point de l'intersection entre le tronçon de la route, qui fait 2000m, et la ligne ferroviaire, la longueur L_s est fixée de 775.36m à partir du point +0.00m : point de début de notre projet.

Point de début B:

A partir des coordonnées du point S, on peut déterminer le point B.

Distance LB du point B:

$$L_B = L_s + X_1 \quad (IV.12)$$

$$X_1 = R_v \times P_1 \quad (IV.13)$$

Avec:

L_B : distance du point de début B;

L_s : 775.36m, distance du sommet S;

X_1 : distance entre B et S;

$R_v = 17000m$, rayon vertical ;

$P_1 = 2\%$, pente de la 1^{ère} déclivité.

AN:

$$X_1 = 17000 \times 0.02 = 340m$$

$$L_B = 775.36 - 340 = 435.36m$$

Altitude HB du point B :

$$H_B = H_S - y_1 \quad (IV.14)$$

$$y_1 = \frac{X_1^2}{2R_V} \quad (IV.15)$$

Avec:

H_B : altitude du point B;

$H_S=1009m$, altitude du point S;

y_1 : différence d'altitude entre B et S;

$X_1=340m$, distance entre B et S;

R_V : 17 000m rayon vertical.

AN:

$$y_1 = \frac{340^2}{2 \times 17000} = 3.4m$$

$$H_B = 1009 - 3.4 = 1005.6m$$

Point de fin C:

A partir des coordonnées du point S, on peut déterminer le point C.

Distance L_C du point C:

$$L_C = L_S + X_2 \quad (IV.16)$$

$$X_2 = R_V \times P_2 \quad (IV.17)$$

Avec:

L_C : distance du point de la fin C;

$L_S = 775.36m$, distance du sommet S;

X_2 : distance entre C et S;

$R_V = 17000$, rayon vertical;

$P_2 = 1.7\%$ pente de la 2ème déclivité.

AN :

$$X_2 = 17000 \times 0.017 = 289$$

$$L_c = 775.36 + 289 = 1064.36m$$

Altitude H_c du point C:

$$H_c = H_s + y_2 \quad (IV.18)$$

$$y_2 = \frac{X_2^2}{2R_V} \quad (IV.19)$$

Avec :

H_c : altitude du point C;

$H_s = 1009m$, altitude du point S;

y_2 : différence d'altitude entre C et S;

$X_2 = 289m$, distance entre C et S;

$R_V = 17000$, rayon vertical.

AN:

$$y_2 = \frac{289^2}{2 \times 17000} = 2.45m$$

$$H_c = 1009 - 2.45 = 1006.55m$$

IV.1.3 Etude des profils en travers

IV.1.3.1 Introduction

La dernière étape de l'étude géométrique de la route porte sur l'étude des profils en travers, qui sont, par définition, des coupes suivant des plans transversaux verticaux perpendiculaires à l'axe de la route.

IV.1.3.2 Types de profil en travers

La détermination du profil en travers consiste à définir la largeur de la chaussée et ses annexes: largeur des voies, largeur des bandes dérasées de gauches BDG, largeur des accotements (largeur des bermes et des bandes d'arrêt d'urgence sont incluses) et la largeur de terre-plein central TPC. On distingue trois types de profils en travers :

-  profil en travers en déblai ;
-  profil en travers en remblai ;
-  profil en travers mixte (remblai et déblai).

Pour notre cas où le soulèvement de la route sera effectué, dans la majorité du tronçon étudié de la route, avec la réalisation des remblais afin de franchir la voie ferrée et préserver sa déclivité.

Application au projet:

L'étude du trafic a mentionné qu'il est nécessaire d'avoir un profil en travers type de 2 voies par sens de 3.75m de largeur (2x3.75m/sens) pour l'aménagement de la RN23. Les différents constituants du profil en travers-type varient selon l'emplacement de ce dernier, on distingue:

❖ Profil en travers au niveau de l'ouvrage d'art

Le profil en travers est comme suit:

-  largeur de chaque voie : 3.75m ;
-  largeur de chaque chaussée sans accotement : 7.5 ;
-  dévers en pente unique pour chaque chaussée : 2.5% ;
-  largeur du TPC : 3m (dont 1.25m pour la bande médiane et 1m de chaque côté pour la bande dérasée de gauche) ;
-  largeur des accotements : 2 m, avec un dévers de 4%
-  largeur des bermes : 0.5m,
-  largeur totale de la route: 24m.

IV.1.3.3 Cubatures des terres

IV.1.3.3.1 Cubatures

La cubature des terrassements est une opération qui consiste à déterminer les volumes des terres (déblais et remblais) dans un projet. Autrement dit, c'est une opération qui consiste à déterminer la quantité des terres à évacuer en cas de déblais ou à apporter en cas de remblais dans un projet routier.

IV.1.3.3.2 Remblais

Le rétablissement de la route sera effectuée par la mise en œuvre de plusieurs couches de terres jusqu'à atteindre la hauteur désirée (hauteur du pont) qui pourrait atteindre les 12m; la pente des talus de remblai est prise généralement de ½ (1m de hauteur / 2m de largeur, pente de 50% ou angle de 27°) ce qui implique qu'à cette hauteur, la largeur du remblai à la base sera de 24m. L'étalement du remblai permet de déterminer les longueurs des murs de soutènement des terres.

IV.1.4 Dimensionnement et structure de la chaussée

Le dimensionnement du corps de la chaussée consiste à déterminer l'épaisseur de chaque couche constituant la chaussée de bas vers le haut: couche de forme, couche de fondation, couche de base et couche de surface. Plusieurs paramètres influent sur cette opération tels que: la portance mécanique du sol support, le trafic prévisionnel et la durée de vie projetée. Pour cela, il existe plusieurs méthodes de dimensionnement ; on opte pour la méthode CBR (California – Bearing – Ratio) pour effectuer cette étape, car c'est la méthode la plus utilisée en Algérie pour la construction des chaussées neuves, pour des raisons économiques.

❖ Méthode CBR (California – Bearing – Ratio)

C'est une méthode semi-empirique qui se base sur les résultats de l'essai de compactage Proctor qui consiste à faire compacter au maximum un échantillon de sol avec une teneur en eau optimale, et par la suite effectuer l'essai de poinçonnement sur l'échantillon pour obtenir la portance du sol. La valeur CBR calculée est donnée en (%). En fin, et sur la base des résultats, on peut déterminer la portance du sol et sa résistance au poinçonnement.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule suivante:

$$E = \frac{100 + \sqrt{P} \times (75 + 50 \times \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \text{ (cm)} \quad \text{(IV.20)}$$

Avec:

- ✚ E: épaisseur ;
- ✚ I_{CBR} : indice CBR (sol support) ;
- ✚ N : désigne le nombre journalier de camions de plus 1500 kg à vide ;
- ✚ P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t) ;
- ✚ Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$E = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3 \quad (\text{IV.21})$$

Avec :

$c_1 \times e_1$: épaisseur équivalente de la couche de surface ;

$c_2 \times e_2$: épaisseur équivalente de la couche de base ;

$c_3 \times e_3$: épaisseur équivalente de la couche de fondation.

Où:

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence ;

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Le tableau IV.5 présente les coefficients d'équivalence en fonction des matériaux utilisés, donnés par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC).

Tableau IV.4: Coefficients d'équivalence en fonction de matériaux utilisés

Matériaux utilisés	Coefficients d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobé dense	2.00
Grave bitume	1.20 – 1.70
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse – T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 – 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60

Application au projet :

❖ **Données d'étude :**

- ✓ le trafic à l'année 2017 : $TJMA_{2017} = 11699 V/j$;
- ✓ le taux d'accroissement annuel du trafic noté : $\tau = 4\%$;

- ✓ le pourcentage de poids lourds : $Z = 40\%$;
- ✓ l'année de mise en service sera en : 2020 ;
- ✓ la durée de vie estimée de: 20 ans.

A. Répartition de trafic :

Le trafic routier à l'année de mise en service 2020 exprimé en véhicule par jour est: $TJMA_{2020} = 13160 \text{ V/j}$

Le trafic routier en 2020 exprimé en véhicule par jour et par sens est:

$$TJMA_{2020} = \frac{13160}{2} = 6580 \text{ V/j/s}$$

Le trafic de poids lourds à l'année de mise en service exprimé en PL par jour et par sens se calcule comme suit (pour notre projet):

$$T_{PL\ 2020} = 0.4 \times 6580 = 2632 \text{ PL/j/s}$$

Le trafic de poids lourds après 20ans (en 2039) exprimé en PL par jour et par sens:

$$T_{PL\ 2039} = (1 + 0.04)^{19} \times 2632 = 5545 \text{ PL/j/S}$$

B. Calcul de l'épaisseur E de la chaussée :

On applique la formule: $E' = \frac{100 + \sqrt{P} \times (75 + 50 \times \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$

Avec :

$P = 6.5\text{t}$: charge par roue (13t par essieu) ;

$I_{CBR} = 15\%$: pour un sol de portance moyenne S2, et selon la classification GTR
l'indice CBR est de 10 à 25% ;

$N = 5545 \text{ PL/j/s}$: le nombre journalier de camions de plus 1500 kg à vide.

$$E' = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times (75 + 50 \times \log \frac{5545}{10})}{15 + 5} = 32.05 \text{ cm}$$

Donc: on prend l'épaisseur totale de la chaussée $E = 35 \text{ cm}$.

C. Calcul de l'épaisseur réelle E :

Pour calculer l'épaisseur de chaque couche de la chaussée, il faut résoudre l'équation suivante

$$E' = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3 = 35 \text{ cm}$$

On fixe deux épaisseurs et on calcule la 3ème:

L'épaisseur de la couche de roulement en béton bitumineux BB est comprise entre 5 et 10cm;

en prenant une épaisseur réelle égale à 6cm, donc: $c_1 \times e_1 = 2 \times 6 = 12cm$

L'épaisseur de la couche de base en grave concassé GC est comprise entre 10 et 25cm;

en prenant une épaisseur réelle égale à 12cm, donc

$$c_2 \times e_2 = 1 \times 12 = 12cm$$

On déduit l'épaisseur de la couche de fondation, supposée faite en tuf:

$$12 + 12 + c_3 \times e_3 = 35cm, \text{ ou } c_3 = 0.6 \text{ pour le tuf}$$

$$e_3 = \frac{35 - (12 + 12)}{0.6} = 18.33cm; \text{ soit } e_3 = 19cm$$

On aura:

L'épaisseur théorique équivalente:

$$E = 2 \times 6 + 1 \times 12 + 0.6 \times 19 = 35.4cm$$

$$\text{L'épaisseur réelle: } E = 6 + 12 + 19 = 37cm$$

IV.2 Etude de la voie ferrée

IV.2.1 Etude du tracé en plan

IV.2.1.1 Introduction

Comme pour les routes, la construction d'une voie ferrée passe par plusieurs étapes de conception et de calcul. La 1ère étape sera donc l'étude de tracé en plan; il s'agit de rechercher un meilleur emplacement du tracé de la voie qui permet l'adaptation facile avec le terrain naturel, vu les spécifications techniques des chemins de fer (déclivités maximales 1.6%, longueurs des alignements droits, valeurs des rayons minimaux des courbes verticales et horizontales, etc.). Pour notre étude, on s'intéresse à l'étude d'un tronçon de la ligne ferroviaire, en alignement droit, de 1091m de longueur.

IV.2.1.2 Site du projet

selon l'étude géologique et topographique, la nouvelle ligne ferroviaire « Djelfa-Laghouat » de 110km sera implantée sur un terrain relativement plat dont la dénivelée entre les deux villes étant peu importante où la pente moyenne du terrain naturel est de 0.4%.

IV.2.1.3 Aperçue sur l'alignement droit

Il est préférable de prévoir des alignements droits de grandes longueurs, si le terrain naturel le permet, puisque dans le transport ferroviaire, les problèmes de monotonie du conducteur et l'éblouissement causé par les phares ne se posent pas pour les trains, vu que les véhicules ferroviaires sont guidés par les rails. Par ailleurs, les trains parcourent plus de distances en alignement droit qu'en virage en raison leur vitesse élevée.

IV.2.2 Etude du profil en long

IV.2.2.1 Introduction

Dans le cas meilleur, le tracé de chemin de fer repose sur un terrain de déclivité longitudinale nulle ($i=0\%$), c'est-à-dire un palier, mais, dans le cas le plus défavorable où le terrain est accidenté, la déclivité ne doit pas dépasser 1.6% et 1.8% exceptionnellement si la longueur de déclivité est inférieure à 3000m. En fait, et pour l'étude de notre tronçon, on va fixer la déclivité à 0.1% (ou 1 pour 1000).

Calcul de la longueur de déclivité:

La longueur minimale de la déclivité peut être calculée avec la formule suivante:

$$L_{min} = \frac{V}{2} \quad (IV.22)$$

Avec :

L_{min} : longueur minimale normale (m) ;

V : vitesse sur le tracé en (km/h).

Avec une vitesse maximale des trains de voyageurs de 220 km/h:

$$L_{min} = \frac{220}{2} = 110m$$

IV.2.3 Etude du profil en travers

Les profils en travers type des voies ferrées les plus répandus des lignes ferroviaires sont à une seule voie ou à deux voies de sens opposées. Dans la coupe transversale, on détermine selon les normes universelles les différentes largeurs et écartements des composants de la voie, et en se référant aux documents techniques « géométrie de la voie » de la SNTF. Le profil en travers type de la nouvelle ligne ferroviaire « Djelfa-Laghouat » à double voies est comme suit:

- ✓ écartement des rails : 1.435m ;
- ✓ entraxe des voies : 4.20m ;
- ✓ largeur de la plateforme en double voie : 13.60m ;
- ✓ entraxe les poteaux de caténaires et la voie : 3.25m ;
- ✓ dévers transversal en toit pour la couche de forme: 4%.

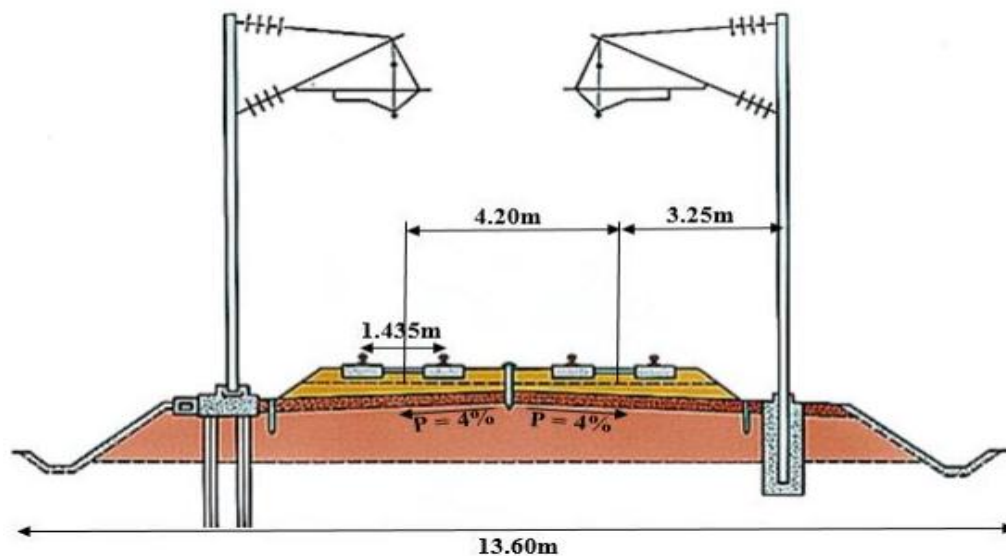


Fig. IV.2: Profil en travers type de la voie ferrée à double voies.

IV.2.4 Dimensionnement de la voie ferrée

Cette étape consiste, en 1er lieu, à déterminer l'épaisseur convenable des couches d'assise (couche de ballast, couche sous ballast, couche de protection si nécessaire et la couche de forme) de la voie ferrée; il s'agit donc de l'infrastructure. Et en 2ème lieu, le dimensionnement des rails, des traverses, nombre de traverses, nombre de joints de dilatation; il s'agit là de l'étude de la superstructure.

IV.2.4.1 Dimensionnement de l'infrastructure ferroviaire

C'est la partie inférieure sur laquelle repose une voie ferrée; elle assure plusieurs rôles (paragraphe: I.3.2.1.1. Généralités). L'épaisseur des couches d'assise dépend de:

- ✚ caractéristiques globales de la plateforme ;
- ✚ conditions climatiques du site ;
- ✚ condition du trafic ;
- ✚ caractéristiques de l'armement (type de rail, type et espacement des travers).

IV.2.4.1.1 La classe portante de la plateforme

Selon les caractéristiques géotechniques ainsi que les conditions hydrauliques et hydrogéologiques, et sur la base de classe GTR du sol excavé, la classe du terrain le long du tronçon d'étude correspond au **QS2** « sol de qualité moyenne ». Pour cela, on peut déterminer la classe portante de la plateforme qui a une relation directe avec la qualité du sol, il s'agit donc d'une plateforme de portance moyenne **P2**.

IV.2.4.1.2 Calcul de l'épaisseur minimale

L'épaisseur minimale de la couche d'assise est donnée par la relation suivante (mentionnée en: I.3.2.4.1. Détermination de l'épaisseur minimale de la couche d'assise) :

$$e = E + a + b + c + d + f + g.$$

Avec une qualité de sol de type **QS2**, une plateforme **P2** et pour une voie rapide de $V \leq 220 \text{ km/h}$, les valeurs des composants de « e » sont:

- ❖ $E = 0.55 \text{ m}$, pour les plateformes de classe P2 ;
- ❖ $a = -0.10 \text{ m}$, pour une voie qui appartient au groupe 3 (UIC 5 et UIC6) ;
- ❖ $b = 0.04 \text{ m}$, pour une traverse en béton de longueur :

$$L = 2.42 \text{ m} \left(\frac{2.5 - 2.42}{2} = 0.04 \text{ m} \right)$$

- ❖ $c = 0 \text{ m}$, pour un dimensionnement normal (nouvelle ligne) ;
- ❖ $d = 0.05 \text{ m}$, pour une charge maximale par essieu de 22.5 tonnes;
- ❖ $f = 0.05 \text{ m}$, pour les plates formes P2 des lignes ferroviaires à grande vitesse ;
- ❖ $g = + \text{géotextile}$, puisque la couche de forme est en sol QS2.

AN:

$$e = 0.55 - 0.1 + 0.04 + 0 + 0.05 + 0.05 = 0.59 \text{ m}$$

Il est clair donc, que l'épaisseur de l'infrastructure doit être supérieure ou égale à 59cm. Mais en suivant les recommandations de l'ANESRIF on adopte les épaisseurs suivantes :

- ❖ couche de ballast: 30cm ;
- ❖ couche sous-ballast: 25cm ;
- ❖ couche de forme: 35cm ;
- ❖ épaisseur totale: 90cm.

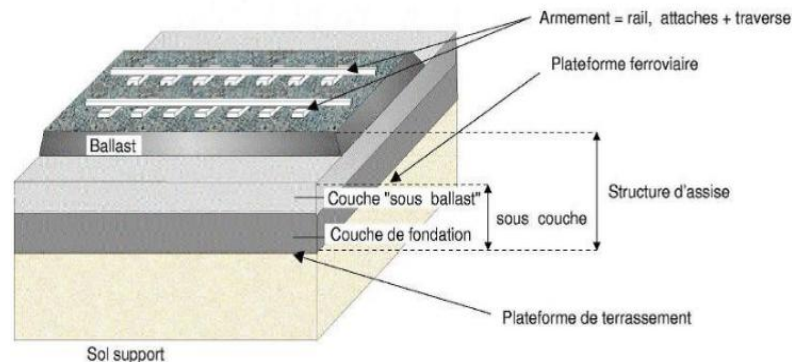


Fig. IV.3: Structure d'une voie ferrée.

IV.2.4.2 Dimensionnement de la superstructure ferroviaire

C'est la partie supérieure de la voie ferrée qui assure la circulation des trains, elle est composée des rails, des traverses, des attaches et des éclisses. Les rails reçoivent les charges directement et les transmettent aux traverses. Les traverses fixent, par l'intermédiaire des attaches, l'écartement des rails et maintiennent la voie, d'une part, et reçoivent les charges venant des rails et les transmettent à l'infrastructure d'autre part. Par ailleurs, et en raison de la variation de longueurs des rails à cause de la variation de la température, l'utilisation des éclisses ont pour but de conserver les ouvertures des joints de dilatation et d'assurer une performance adéquate au niveau de ces points faibles.

IV.2.4.2.1 Détermination de type des traverses

Comme on le sait, il existe 3 types de traverses: traverses en bois, en béton et en métal. En Algérie, il existe des voies ferrées anciennes avec des traverses en bois qui sont toujours en exploitation. Aujourd'hui, et dans la réalisation des nouvelles lignes ferroviaires, les traverses en bois ne sont pas adoptées à cause de la rareté du bois en Algérie d'une part, et du coût élevé de l'importation de la matière, d'autre part. En fait, le béton est le matériau qui a concurrencé le bois, et grâce à son aspect économique (prix moins cher) et la satisfaction des exigences techniques (résistance

mécanique élevée, durabilité ...etc.), les nouvelles voies ferrées sont construites avec des traverses en béton. Et dans le même contexte, l'utilisation des traverses métalliques est rare et spécifique.

IV.2.4.2.1.1 Traverses en béton type bi-bloc

C'est une traverse en béton armé ordinaire (non précontraint) constituée par 2 blochets massifs à assise large, réunis par une entretoise métallique qui traverse les blochets d'outre en outre et qui constitue l'ossature principale des blochets.

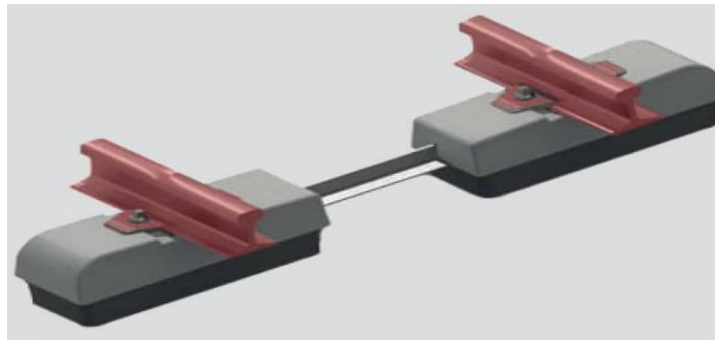


Fig. IV.4: Constituants de TBA bi-bloc.

TBA: traverse en béton armé.

IV.2.4.2.1.2 Traverses en béton type monobloc

C'est une traverse en béton précontraint sous forme d'un seul bloc; elle est caractérisée par une forte épaisseur sous rail et une épaisseur au milieu réduite au minimum de manière à réaliser le maximum de déformabilité et le minimum de poids. La concentration des aciers du précontraint est à la partie inférieure, leur excentricité favorise la résistance aux moments positifs.



Fig. IV.5: TBP monobloc

TBP: traverse en béton précontraint.

IV.2.4.2.1.3 Comparaison entre les traverses bibloc et monobloc

Bien que leur matériau de base soit similaire, les traverses bibloc et monobloc se diffèrent dans plusieurs points. Une comparaison entre les deux types de traverse est présentée dans l'annexe1 B1.

IV.2.4.2.1.4 Conclusion

En raison de sa fabrication en Algérie, son poids pas gênant, sa stabilité, ses performances techniques, et son coût moins cher, on opte pour la réalisation de la voie ferrée d'une vitesse maximale de 220km/h, des traverses en béton de type bibloc. Les dimensions normalisées de la traverse bibloc sont comme suit:

- ✓ longueur du blochet: 84cm ;
- ✓ largeur du blochet: 29cm ;
- ✓ épaisseur du blochet: 22cm ;
- ✓ longueur totale de la traverse : 2.415m ;
- ✓ poids approximatif: 245kg.

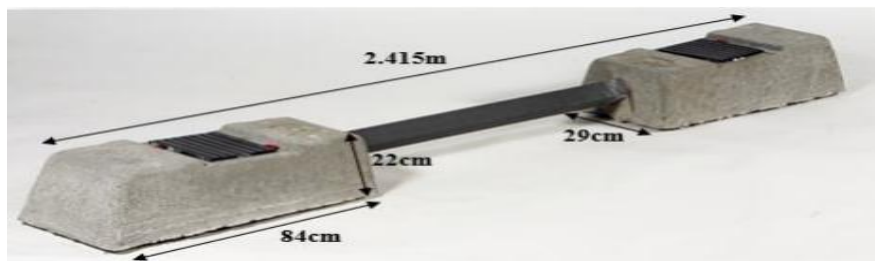


Fig. IV.6: dimensions de la traverse bibloc.

IV.2.4.2.2 Fixation et attaches

Il existe plusieurs systèmes permettant la fixation du rail sur les traverses, ces systèmes varient en fonction du type de traverses, du type de rail et du mode de pose de la voie (LRS ou barres normales). Pour notre cas, le système d'attache le plus répandu pour fixer des rails de type Vignole sur des traverses biblocs est de type Nabla (Figure....), il est composé de:

- ❖ tire-fond : attache vissée pour une meilleure résistance à l'arrachement ;
- ❖ rondelle : elle supporte la pression du tire-fond d'une manière à ne pas laisser les moindres des vides entre le tire-fond et le crapaud ;
- ❖ crapaud : élément de fixation du rail ;
- ❖ butée isolante Nabla : elle donne une certaine souplesse à l'attache, et un isolant utilisé surtout pour les voies électrifiées ;

- ❖ semelle: sous le rail, permet d'évacuer les frottements fer/béton et d'alléger les charges.

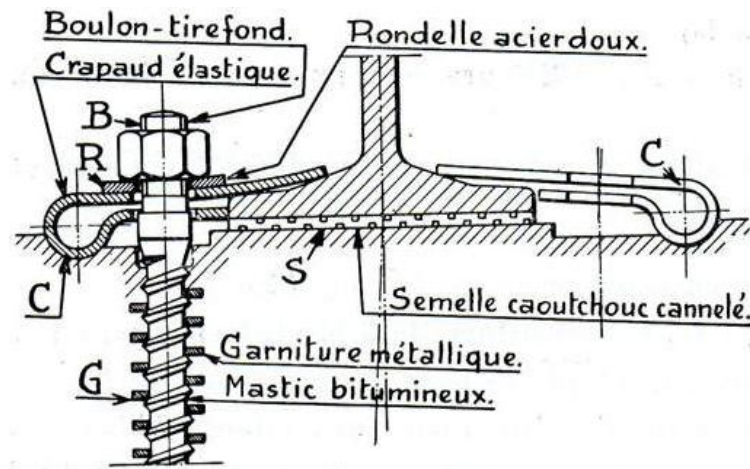


Fig. IV.7: Composants de l'attache de type Nabla.

IV.2.4.2.3 Le travelage

Le travelage est défini comme étant la densité linéaire de traverses dans une voie ferrée, ou c'est le nombre de traverse par kilomètre. Le travelage dépend des charges maximales des trains, la vitesse de tracé et le profil du rail. Le calcul du nombre de traverses se fait par l'application de la formule suivante:

$$N = \frac{1000}{e} \quad (\text{IV.23})$$

Avec:

N: nombre de traverses;

e: espacement en axe des traverses.

AN:

$$e = 0.60m ;$$

$$N = \frac{1000}{0.6} = 1666.6 \text{ traverses.}$$

Pour une ligne ferroviaire de vitesse moyennement élevée, la valeur est standardisée à N = 1667 traverses/km.

Pour une distance en l'alignement droit de 1091m, qui représente la longueur de notre projet:

$$N = \frac{1091 \times 1667}{1000} = 1818.7 \text{ traverses.}$$

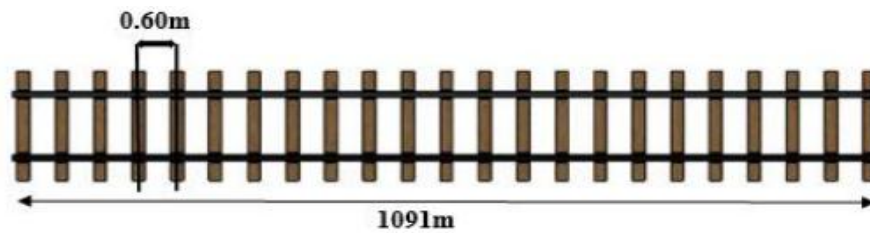


Fig. IV.8: Travelage de la voie ferrée.

IV.2.4.2.4 Dimensionnement des rails

Les rails sont de trois types :

- Rail champignon, qui était utilisé auparavant.
- Rail à gorge, c'est un type non saillant utilisé surtout pour les tramways et les métros.
- Et le rail Vignole qui est le plus utilisé actuellement pour les lignes ferroviaires de différentes catégories.

Le rail supporte et guide la roue du matériel roulant, c'est donc l'élément essentiel de la sécurité de la voie. Il reçoit directement les efforts qui s'exercent sur la voie; ces efforts sont verticaux, transversaux et longitudinaux.

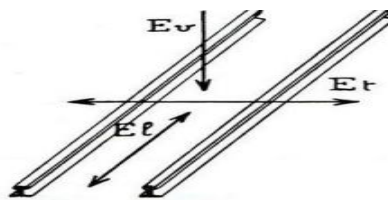


Fig. IV.9: Efforts supportés par les rails.

Le but du dimensionnement est de déterminer le profil du rail à utiliser pour la voie ferrée. Le principe de cette étape consiste à considérer le rail comme étant une poutre continue une fois entre les deux cas suivant :

- simplement appuyée sur les traverses ;
- et encastrée sur les traverses (fixation avec les attaches).

La roue de la locomotive est supposée être au milieu de la distance entre deux traverses, elle est donc comme une charge statique concentrée au milieu, ce qui

signifie que le rail va subir une flexion simple. Dans ce cas, deux moments fléchissant max s'apparaîtront, le moment fléchissant max dû à la flexion de rail simplement appuyé et le moment fléchissant max en cas de l'encastrement. On est alors amené à admettre un moment moyen pour la suite du calcul.

Application au projet:

✚ Calcul des moments fléchissant

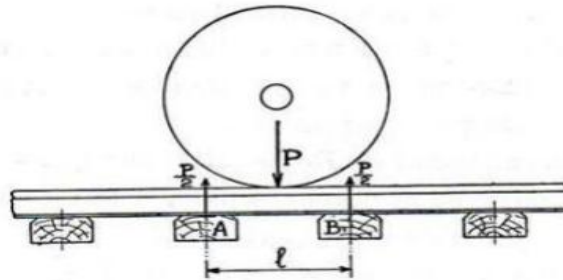


Fig. IV.10: Effort de la roue sur le rail.

Avant de calculer les moments, il faut déterminer la charge dynamique du train en mouvement appliquée sur le rail, puisque la charge statique est prise à l'arrêt du train. Cette charge est adoptée comme une majoration de la charge statique. Selon l'ingénieur hollandais **Driessen**, le coefficient de majoration dépend de la vitesse et il est donné par cette formule:

$$C_V = 1 + \frac{V^2}{30000} \quad (\text{IV.24})$$

Avec:

V : (en km/h) la vitesse maximale de la ligne ferroviaire;

AN:

Pour une vitesse maximale de 220 km/h.

$$C_V = 1 + \frac{220^2}{30000} = 2.61$$

La charge statique est multipliée par 2.61 pour obtenir la charge dynamique.

On calcule:

- Le moment fléchissant max à la flexion simple M_S :

$$M_S = \frac{P \times C_V \times 1}{4} \quad (\text{IV.25})$$

Avec:

$P = 25t$: charge maximale statique par essieu ;

$C_V = 2.61$: coefficient de majoration de la charge;

$l = 0.6m$: distance entre axe des traverses.

AN :

$$M_s = \frac{25 \times 2.61 \times 1}{4} = 9.7875t.m \text{ par essieu}$$

$$\text{Et par roue: } \frac{9.7875}{2} = 4.89t.m$$

- Le moment fléchissant max à l'encastrement M_e :

$$M_e = \frac{p \times C_V \times l}{8} \quad (\text{IV.26})$$

AN :

$$M_e = \frac{25 \times 2.61 \times 0.6}{8} = 4.89t.m \text{ par essieu}$$

$$\text{Et par roue: } \frac{4.89}{2} = 2.44t.m$$

- La valeur moyenne du moment fléchissant :

$$M = \frac{M_s + M_e}{2} \quad (\text{IV.27})$$

Avec:

M_s : moment fléchissant max à la flexion simple;

M_e : moment fléchissant max à l'encastrement.

AN :

$$M = \frac{4.89 + 2.44}{2} = 3.665t.m \text{ par roue}$$

Détermination du profil du rail

Par la condition de résistance, on peut déterminer le profil du rail :

$$\sigma_{max} \leq \bar{\sigma} \quad (\text{IV.28})$$

$$\sigma_{max} = \frac{M}{W_{XX}} \quad (IV.29)$$

$$\frac{M}{W_{XX}} \leq \bar{\sigma} \quad (IV.30)$$

Avec:

σ_{max} : contrainte maximale;

$\bar{\sigma}$: résistance à traction de l'acier;

M : moment fléchissant max;

W_{XX} : module d'inertie par rapport à l'axe x-x.

AN:

On cherche W_{XX} et on détermine le profil de rail en comparant cette valeur avec une autre plus grande dans le catalogue des rails.

$$W_{XX} \geq \frac{M}{\bar{\sigma}}$$

$$M = 3.665t.m = 3.665 \times 10^5 kg.cm$$

$$\bar{\sigma} = 6800 kg/cm^2$$

$$W_{XX} \geq \frac{3.665 \times 10^5}{6800}$$

$$W_{XX} \geq 53.89 cm^3$$

Selon le calcul effectué, le choix théorique le plus économique du type du rail est tombé sur le rail S18 (spécifications techniques de la norme DIN 5901) qui a une valeur de module d'inertie de $W_{XX} = 58.1 cm^3$. Ses caractéristiques sont les suivants:

- ✚ hauteur : $H = 93mm$;
- ✚ largeur de la base : $B = 82mm$;
- ✚ largeur de la tête : $C = 43mm$;
- ✚ épaisseur de l'âme : $E = 10mm$;
- ✚ poids : $P = 18.3 kg/ml$
- ✚ moment d'inertie : $I_{xx} = 278 cm^4$;
- ✚ module d'inertie : $W_{xx} = 58.1 cm^3$;
- ✚ section : $S = 23.14 cm^2$;
- ✚ résistance à la traction : $\bar{\sigma} = 6800 kg/cm^2$.

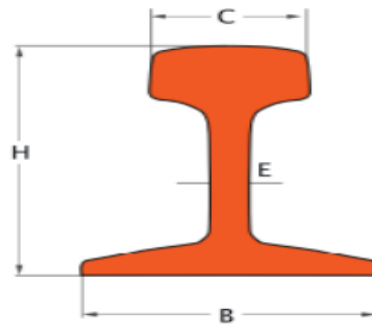


Fig. IV.11: Rail Vignole du type S18.

IV.2.4.2.5 Conclusion

De plus que le choix de type du rail dépend de la charge maximale (train marchandises) et la vitesse (train voyageurs), il dépend aussi de type de traverses utilisées. En fait, et pour la réalisation de la nouvelle ligne ferroviaire « Djelfa-Laghout », l'ANESRIF n'a pas adopté le rail S18 mais elle a opté pour le rail UIC 60E1 qui s'harmonise bien avec le type de traverse bibloc et qui est plus résistant et plus fiable que le rail S18. Selon la norme NF EN 13674-1, les caractéristiques du rail UIC 60E1 sont comme suit:

- ✚ hauteur : $H = 172\text{mm}$;
- ✚ largeur de la base : $B = 150\text{mm}$;
- ✚ largeur de la tête : $C = 72\text{mm}$;
- ✚ épaisseur de l'âme : $E = 16.5\text{mm}$;
- ✚ poids : $P = 60.21\text{ kg/ml}$;
- ✚ moment d'inertie : $I_{xx} = 3038.3\text{cm}^4$;
- ✚ module d'inertie : $w_{xx} = 335.6\text{cm}^3$;
- ✚ section : $S = 76.7\text{cm}^2$;
- ✚ résistance à la traction : $\bar{\sigma} = 8800\text{ kg/cm}^2$.

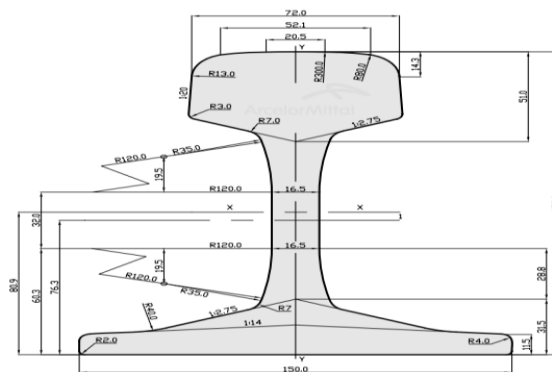


Fig. IV.12: Rail Vignole de type UIC 60E1.

IV.2.4.2.6 Longueur des rails et joints de dilatation

A titre d'exemple, l'industrie des rails en Belgique lamine des barres de 54m que l'on scie aux longueurs désirées. En effet, les rails utilisés dans réalisation des chemins de fer en Algérie sont importés à des longueurs réduites de 18m pour un seul rail, à cause de difficulté du transport du port au chantier d'une part, et de leur poids élevés dont sa manipulation qui demande une grande énergie d'autre part. Au chantier, les rails sont soudés pour obtenir la longueur de rails souhaitée (LRS), c.à.d, séparant deux joints de dilatation successifs.

IV.2.4.2.6.1 Joints de dilatation

Les rails sont susceptibles de se dilater ou de se rétrécir à cause de la variation de température de la région. Pour cela, il faut prévoir des joints de dilatation qui assure le libre mouvement longitudinal des rails. La largeur de joint dépend de la longueur, l'étendue de la température et le coefficient de dilatation des rails. Les formules mentionnées dans le paragraphe I.3.2.3.2. Eclissage permettent de calculer la longueur maximale des rails qui correspond à une largeur maximale de joint de 2.5cm. On rappelle que:

$$e = d + s$$

$$d = \alpha \times \Delta T \times L$$

Où:

e : largeur de joint de dilatation;

d : dilatation max du rail;

s : marge de sécurité de 1 à 2mm;

α :coefficient de dilatation ($mm/^\circ C.ml$) ;

ΔT : l'étendue de température ($^\circ C$) ;

L : longueur de la barre (m).

Application au projet:

❖ Données de calcul :

Les données suivantes sont en vigueur en Algérie :

$$e = 25mm ;$$

$$s = 2mm ;$$

$$\alpha = 0.011mm/^{\circ}C.ml;$$

$\Delta T = 70^{\circ}C$. (La température en Algérie est comprise entre -10 et $60^{\circ}C$, ce qui fait $\Delta T = 60 - (-10) = 70^{\circ}C$, et c'est l'étendue de la température).

Pour déterminer la longueur maximale des rails, on fixe $d=23mm$ et on calcule:

$$L = \frac{d}{\alpha \times \Delta T} = \frac{23}{0.011 \times 70} = 29.87m \approx 30m$$

Donc, pour chaque 30m de rail, il faut un joint de dilation éclissé.

Pour une distance de 1091m:

$$\frac{29.87}{30} = 36joints$$

IV.2.4.2.6.2 Eclissage

L'éclissage est l'opération de faire raccorder deux coupons de rails soudés à l'aide d'un dispositif métallique qui s'appelle « éclisse », dont chaque type de rail est relié, avec un autre rail, par le type d'éclisse qui lui convient. Pour notre cas, l'éclisse avec laquelle les rails de type UIC 60E1 sont raccordés entre eux sont des éclisses à 4 trous. Leurs caractéristiques selon la norme NF EN 13674-1 sont comme suivant:

- ✚ longueur : 600mm ;
- ✚ épaisseur : (45mm partie supérieur, 43mm partie inférieur) ;
- ✚ poids : 17.47kg ;
- ✚ diamètre des trous : 28mm ;
- ✚ boulons TD HL 20 x 130
- ✚ largeur : 120.9mm ;

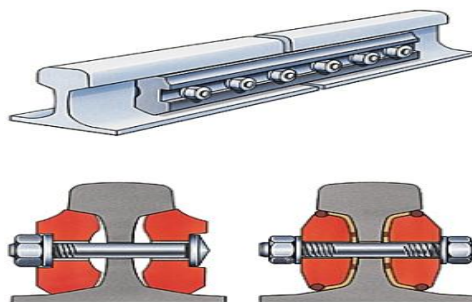


Fig. IV.13: Eclisse et rail.

Chapitre V: Aménagement de l'intersection

« Route – Voie ferrée »

V.1 Introduction

Dans le projet de la nouvelle ligne ferroviaire prévue entre Djelfa et Laghouat, on s'est retrouvé face à plusieurs intersections à niveau avec la route nationale n°23; rappelons que, même la RN23 va être aménagée en un caractère autoroutier de 2 voies par sens. Or, et comme on l'a mentionné dans la partie II.3, les croisements à niveau présentent toujours des dangers considérables. En effet, ces croisements à niveau doivent être éliminés en faisant passer une voie au-dessus de l'autre ; cet ouvrage est appelé « **passage dénivelé** » : il peut être, soit par un passage supérieur de la route sur un ouvrage dit « pont - routier », soit par le passage supérieur de la voie ferrée sur un ouvrage dit « pont - rail » franchissant la route. Dans notre projet, et vu les conditions techniques de la réalisation des chemins de fer qui demandent un tracé relativement plat, les autorités ont décidé de surélever la route sur un pont-route en permettant le passage inférieur de la voie ferrée. Dans ce chapitre, on va choisir le type de pont qui convient mieux, techniquement et économiquement, pour notre cas, et qui résoudra au mieux les problèmes posés par le croisement à niveau, tant pour la circulation routière que pour la circulation ferroviaire.

V.2 Pré-dimensionnement du pont

Le pré-dimensionnement de la superstructure consiste à proposer des dimensions à donner aux éléments d'une structure sur la base de certaines règles pratiques de la construction. Mais, après vérification des contraintes lors des calculs, ces dimensions proposées peuvent être maintenues ou modifiées, en vérifiant bien sûr, si elles répondent, bien ou non, aux diverses sollicitations auxquelles la structure sera soumise [35].

V.2.1 Dalles en béton armé

Elles sont assimilables aux ponts poutres de part leur fonctionnement mécanique, leur section restant aussi constante (Fig. V.1). Elles sont différenciées par la forme de la dalle [36] ; leur épaisseur doit être comprise entre 1 et 1.75 m. Vu que le trafic routier est considéré comme moyen et que la portée du pont est relativement faible, on prendra 1m ; cette valeur représente en fait la hauteur du tablier.

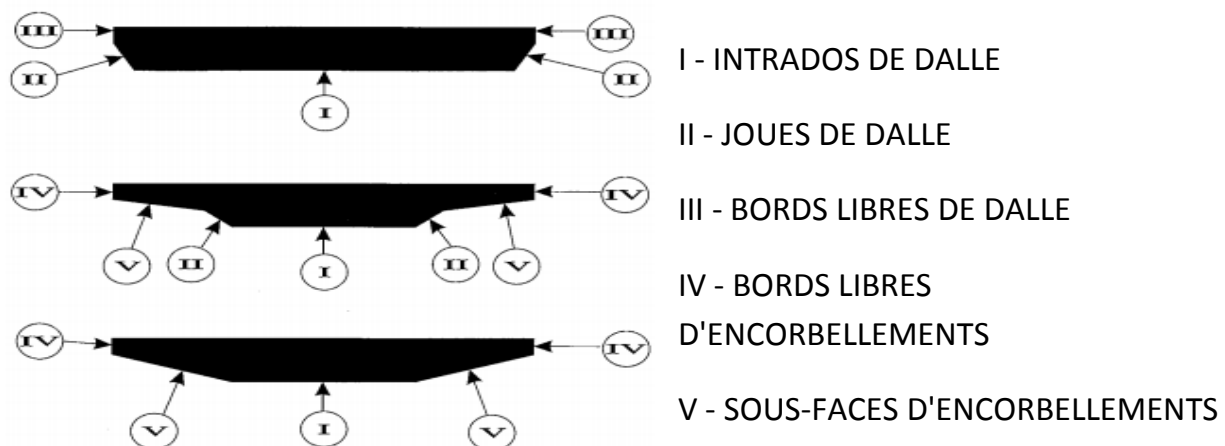


Fig. V.1: Coupes transversales du tablier.

V.2.2 Murs de front

Les portiques en béton armé sont constitués de murs de front, formant les culées, encastrés dans la dalle en partie haute et dans des fondations qui répartissent les pressions sur le sol (Fig. V.2). L'épaisseur des murs de front doit être comprise entre 0.5 et 1m. Pour les même raisons citées, pour les murs de front, on adoptera 1m.

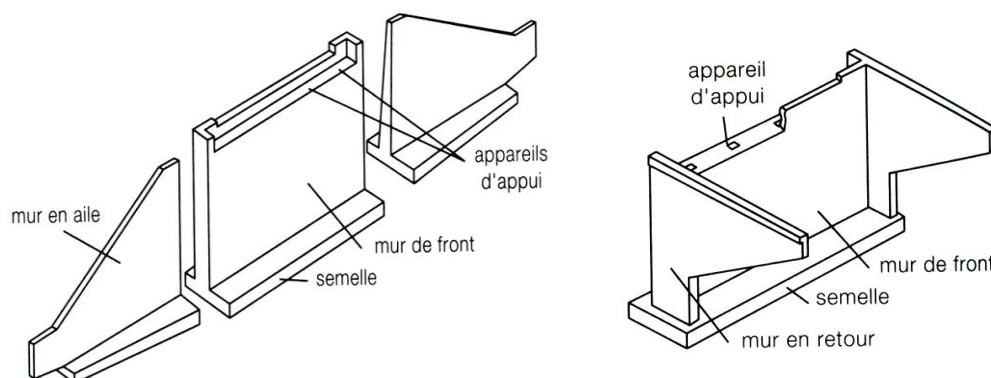


Fig. V.2: Murs de front

V.2.3 Fondations

En raison de la bonne portance du sol support et la charges moyenne venant du pont, l'implantation de l'ouvrage sera réalisée sur des fondations superficielles filantes de 5.30m de largeur et 1.5m d'épaisseur reposant sur un béton de propreté sous les fondations de 10cm d'épaisseur.

V.2.4 Dalles de transition

Cette dalle de transition absorbe les expansions du tablier par compression des bandes polymères, élastomères ou analogues disposées en parallèle et intégrées à la dalle de transition, perpendiculaires au sens longitudinal de la route (Fig. V.3). L'invention concerne une dalle de transition reliée au niveau de ses extrémités à une dalle de compression de tablier et à un ancrage [37]. Une dalle de transition de 5m de largeur et 30cm d'épaisseur et une assise de béton de propreté de 10cm, est proposée comme un choix.

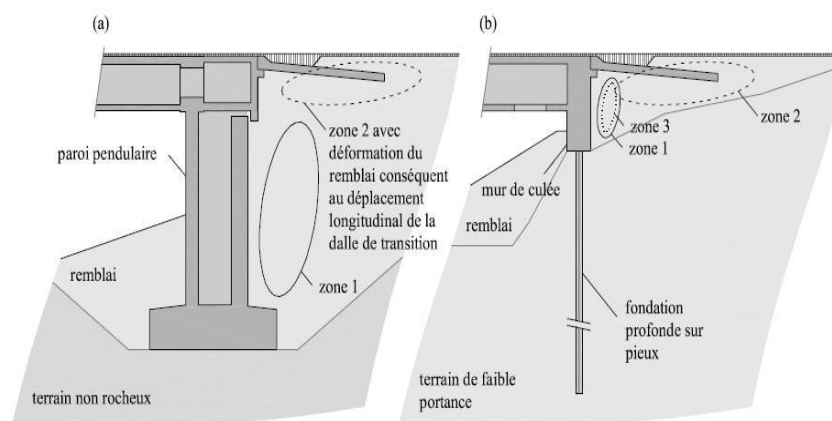


Fig. V.3: Dalles de transition.

V.2.5 Murs de soutènement

Les ponts en portique se font avec des murs de soutènement en aile ou avec murs en retour pour supporter la terre en remblai de rétablissement (Fig. V.4). Pour notre cas, il faut prévoir des murs en retour dont 2 murs dans chaque côté d'ouverture, leur longueur et leur hauteur dépendent progressivement de la pente et de la hauteur du remblai. L'épaisseur des murs est de 30cm reposant sur une fondation de 6m de largeur et 1m d'épaisseur.

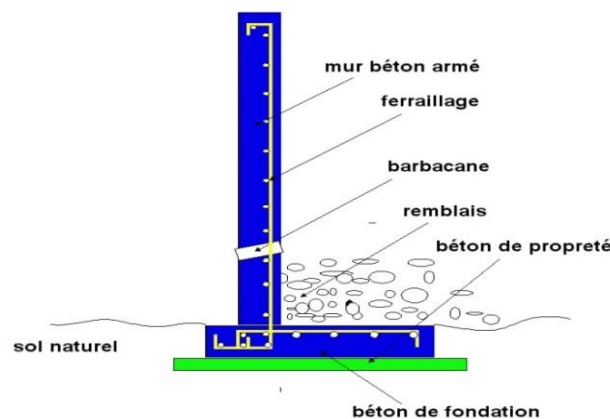


Fig. V.4: Murs de soutènement.

V.3 Choix de l'aménagement

Vu le relief régulier au niveau de notre croisement, c'est la route qui va être relevée, puisque la surélévation de la voie ferrée sur remblais ne supporte pas des déclivités trop fortes ; il s'agit donc d'un passage routier supérieur. Par ailleurs, il est clair que le choix du type de pont qui va permettre le passage supérieur de la route et le passage inférieur de la voie ferrée, passe par plusieurs critères. Pour cela, on va étudier les critères suivants pour choisir à la fin le type de pont convenable.

V.3.1 La portée du pont

L'ouverture à franchir est le critère principal dans le choix du type de pont. La largeur totale de la plateforme ferroviaire détermine la longueur de cette portée; selon la figure V.5, qui présente la largeur de la plateforme ferroviaire, on peut déterminer la portée minimale du pont. On adopte une portée de 14m.

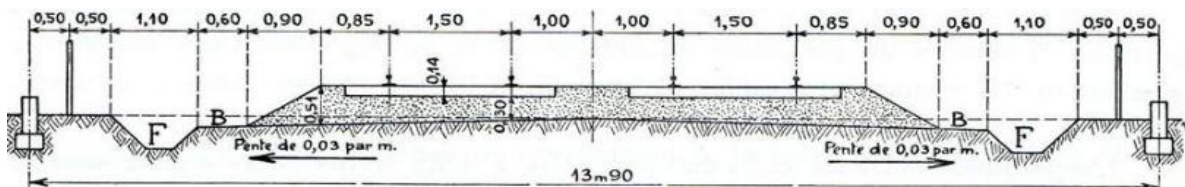


Fig. V.5: Plate-forme ferroviaire à double voie.

V.3.2 Hauteur de l'ouvrage

En général, pour déterminer la hauteur du pont (hauteur des piles et des culées) il faut se fixer la profondeur de la brèche à franchir, si c'est le cas, ou savoir la hauteur des matériels roulants du transport terrestre (véhicules routier, véhicules ferroviaire) passant au-dessous du pont, s'il s'agit d'une voie de communication. Pour notre cas, c'est la voie ferrée, reposant également sur un terrassement en remblai, qui passera au-dessous du pont (Fig. V.6). La hauteur suffisante qu'on doit fournir sous le pont pour assurer le passage de tout gabarit de trains et implanter la voie ferrée est de 10.5m à partir du terrain naturel, y compris la hauteur du remblai (valeur mentionnée dans le paragraphe Altitude H_s du sommet S dans la partie IV.1.2. Profil en long).

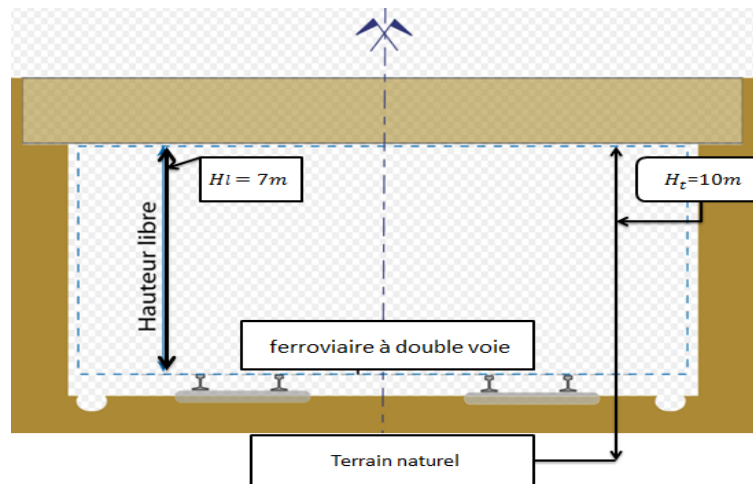


Fig. V.6: Hauteur du pont.

H_l : hauteur libre;

H_t : hauteur totale.

V.3.3 Nature du terrain

La nature du sol sur lequel le pont va être implanté joue un rôle essentiel dans le choix du type des fondations. Si la capacité portante du sol est faible, il faut recourir à des fondations profondes, alors que pour un sol de bonne portance, les fondations superficielles sont suffisantes. En se référant au rapport géotechnique (partie III.3.1.1. Données géotechniques relatives à l'ouvrage d'art), notre ouvrage sera réalisé sur un sol de bonne portance; alors, on propose des fondations superficielles tout en prévoyant un système de drainage autour des fondations afin d'éviter les infiltrations des eaux pluviales.

V.3.4 Aspect économique de la construction

Le coût de construction se diffère selon le type et les dimensions de l'ouvrage, ainsi que les matériaux de construction utilisés. En Algérie, la majorité des ouvrages d'art sont construits en béton armé qui satisfait les conditions techniques et économiques. En effet, notre ouvrage, est construit en béton armé et il est de dimensions moyennement faibles.

V.4 Conclusion

Selon les données relatives à cet ouvrage, le pont portique ouvert en béton armé reste le choix le plus convenable, tant en construction et qu'en économie, pour aménager le croisement entre la RN23 et la voie ferrée. Vu le temps limité qui a été essentiellement consacré à l'étude d'un tronçon de la RN23 et un tronçon de la voie ferrée, nous n'avons fait qu'une étude de prédimensionnement en ce qui concerne le pont proposé. Mais pour une éventuelle réalisation, il faut recourir à des méthodes de calcul exactes et détaillées afin d'obtenir des dimensions plus fiables. Par ailleurs, et pour une meilleure exploitation, il faut veiller à assurer une bonne réalisation (mise en œuvre et control) d'une part, et de munir le pont des équipements nécessaires tels que : l'assainissement, l'étanchéité, glissières et gardes corps, éclairage et joints de chaussée, d'autre part. Enfin, il convient de signaler que la réalisation de ce compromis de circulation (le passage supérieur des véhicules routier et le passage inférieur des trains), pourrait donner également un aspect esthétique à la région, ce qui contribuera sans doute à un confort supplémentaire des usagers.

Conclusion générale

Notre projet de fin d'étude porte sur une étude de l'intersection de la nouvelle ligne ferroviaire « Djelfa-Laghouat » de 110km de long, avec la route nationale n°23 reliant la wilaya de Laghouat avec l'Ouest du pays. L'objectif de l'étude consiste à la recherche d'une solution adaptée pour assurer la sécurité des deux trafics, routier et ferroviaire, au niveau de ce croisement.

Pour mener à bien ce travail, l'étude a suivi les démarches suivantes:

✚ En premier lieu, il était nécessaire de déterminer, premièrement, quelle est la voie qui va passer sur l'autre. Selon les données du projet, et même selon les études faites par les services des travaux publics, il était clair que le passage de la route au-dessus de la voie ferrée par l'intermédiaire d'un ouvrage d'art est considéré comme la solution idéale.

✚ Afin de bien cerner les données aboutissant à la bonne étude de l'intersection, l'étude du tracé de la route ainsi que celui de la voie ferrée au niveau de cette intersection s'avère indispensable.

✚ Alors, on a étudié, géométriquement et structurellement, les tronçons inter-croisés: un tronçon de la RN23, en alignement droit, de 2000 m de longueur et un tronçon de la voie ferrée, également en alignement droit, de 1091m. Dans cette partie d'étude, les tracés en plan, les profils en long et les profils en travers de chaque type de voie ont été établis.

✚ La dernière étape de l'étude a porté sur le choix convenable de l'ouvrage qui permet le franchissement de la route au-dessus de la ligne ferroviaire. L'étude a mené vers la nécessité d'un rétablissement routier effectué sur les remblais jusqu'à atteindre une altitude désirée qui va fournir, après la construction du pont, un espace suffisant pour un passage parfait des trains au-dessous de l'ouvrage. Par ailleurs, la ligne ferroviaire a été étudiée normalement selon les règles et les normes. Le pont choisi pour l'aménagement de l'intersection est un pont cadre ouvert en béton armé qui permet le passage supérieur de la route et le passage inférieur de la voie ferrée.

✚ Par ailleurs, il faut noter que la réalisation de ce projet va donner un aspect esthétique à l'endroit, d'une part, et améliorer la circulation des transports, routier et ferroviaire, tout en leur assurant la sécurité optimale. d'autre part. En outre, et sur le plan économique, ce choix paraît moins cher par rapport au pont à poutres. Notons que même Direction des travaux publics à l'ANESRIF, a opté pour ce choix.

✚ En conclusion, ce travail nous a permis de mettre en œuvre toutes les connaissances théoriques acquises durant notre cycle de formation de Licence/master, et d'acquérir certaines perfections dans l'utilisation des logiciels

informatiques notamment relatifs au domaine des Travaux Publics, tels que: COVADIS et AUTOCAD.

Enfin, il convient de noter que, vu le temps limité accordé généralement à un PFE, la présente étude s'est basé essentiellement sur l'étude de la route et l'étude de la voie ferrée. Concernant l'ouvrage d'art, on s'est contenté par le choix du type de pont avec un pré-dimensionnement. Une étude détaillée avec des méthodes théoriques avancées pourrait faire l'objet d'un futur PFE.

Référence bibliographiques

- [1] ARMAND, B. (2013). Etude technique de réalisation d'un tronçon de voirie allant du pk0 au pk2+920 dans le cadre du projet de construction et de bitumage de la route départementale 152 Ouagadougou Nioko Saaba. Thèse de Master, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Ouagadougou Burkina Faso.
- [2] MA Lefras, PROFIL EN LONG, Univ. djelfa (2016), PP. 18-20.
- [3] LCPC ; SETRA. (décembre 1994). Guide technique : « Conception et dimensionnement des structures de chaussées ». Paris : Bagnaux, 250p
- [4] COQUAND Roger. (1958). Route circulation tracé et construction. Edition Eyrolles, livre1, Paris.
- [5] MA Lefras, PROFIL EN LONG, Univ djelfa (2016), PP. 29-30.
- [6] Direction Des Etudes Générales et De La Réglementation Technique. (Octobre 1977). Etudes générales technique et économique des aménagements routiers (B40 normes techniques d'aménagements des routes). Le Paradou-Hydra : Alger, 280p.
- [7] SAWADOGO, R A. (2013). Etude technique pour l'aménagement d'un carrefour et des voies d'accès à l'intersection de la route nationale 3 (RN3), de la route nationale 4 (RN4) et de l'avenue Kunda Yoore dans le cadre du projet de l'interconnexion RN3-RN4. Thèse de Master, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Ouagadougou Burkina Faso.
- [8] BERTHIER Jean. (1992). Techniques de l'ingénieur : « Projet et construction de routes ». 39p
- [9] S Ziani, PROFIL EN TRAVERS, Univ djelfa,(2016),28-29p
- [10] SETRA. (Circulaire du 12 décembre 2000). ICTAAL : Instruction Sur Les Conditions Techniques d'Aménagement Des Autoroutes De Liaison. Paris : Bagnaux, 60p.
- [11] TP Concept. « Dimensionnement des structures de chaussées » [En ligne] <http://www.am41.org/> (consulté en mars 2018).
- [12] cours-génie civil ,Caracteristiques_des_chaussees_cours-routes_procedes-generaux-de-construction.12-13p

-
- [13] Entreprise Des Travaux Publics. « Les différents types de chaussées » [En ligne] <http://www.wikitp.fr/> (consulté en mars 2018).
- [14] DJELTI, A Z et HATTOU, M. (juillet 2009). Etude de la réhabilitation du chemin de wilaya CW54. Mémoire d'ingénieur, Université Abou bekr Belkaid, Tlemcen.
- [15] LCPC ; SETRA. (juillet 2000). Guide technique fascicule 1 et 2 : « Réalisation des remblais et des couches de forme ». 2 ème édition, Paris : Bagneux, 98p, 102p.
- [16] MOUHAMED, M et OULAD SIDI OMAR, A. (2016). Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN 01 entre la commune de Bouzbayar et le chef-lieu de Laghouat (du PK 516 au PK 522). Thèse de Master, Université Kasdi Merbah, Ouargla.
- [17] A.NEHOUDA, cours chemine de fer,(2014-2015) 1-7p
- [18] NEHAOUA Adel. « Chemins de fer chapitre 2 : géométrie de la voie ». SlideShare, le 10 janvier 2015, [En ligne] <https://fr.slideshare.net/> (consulté en mars 2018).
- [19] ALLENBACH, J M. (2013). Techniques ferroviaire. 2 ème édition, 106p
- [20] Train de Champignelles. « Atelier : mécanique ; réparation ; conception.» [En ligne] <http://train-de-champignelles.net/> (consulté en mars 2018).
- [21] NEHAOUA Adel. « Chemins de fer chapitre 3 : dimensionnement des structures d'assise ». SlideShare, le 10 janvier 2015, [En ligne] <https://fr.slideshare.net/> (consulté en mars 2018).
- [22] NEHAOUA Adel. « Chemins de fer chapitre 1 : généralités ». SlideShare, le 10 janvier 2015, [En ligne] <https://fr.slideshare.net/> (consulté en mars 2018).
- [23] UIC. (01.01.94). Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaires. 2 ème édition, 20p.
- [24] <https://www.auto-ecole.net/code/comportement-de-conduite/les-passages-a-niveau>
- [25] Sécurité Passage à Niveau. « Passages à niveau » [En ligne] <https://www.securitepassageaniveau.fr/> (consulté en mars 2018).
- [26] Bernard Aubin. « Accidents aux passages à niveau (PN) : causes et remèdes ». Le Hérisson du Rail, le 15 décembre 2017 [En ligne] <http://bernardaubin.over-blog.com/> (consulté en mars 2018).
- [27] A. Jardot - CETE NC, Généralités sur les carrefours plans - décembre 200

[28] CERTU ; Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. (Décembre 2008). Fiche n°06 : « Généralités sur les carrefours plans».

[29] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Carrefour>.

[30] D. Lozach - E. Vallecillo – CIMBETON, BÉTONS ET OUVRAGES D'ART, Les ponts courants en béton (2005) 15-17p

[31] Jeune Afrique. « Transport ferroviaire : une co-entreprise algéro-chinoise pour les lignes à grande vitesse ». Jeuneafrique, le 16 février 2016, [En ligne] <http://www.jeuneafrique.com/> (consulté en mars 2018)..

[32] Union Syndicale Géotechnique USG. « Définition de la géotechnique » [En ligne] <http://u-s-g.org/> (consulté en avril 2018)

[33] L'histoire-Géographie au Collège. « Distance d'arrêt et distance de freinage » [En ligne] <https://sites.google.com/> (consulté en avril 2018).

[34] SETRA. (août 1994). Guide technique : « Aménagement des routes principales ». Paris : Bagnaux, 140p.

[35] <http://www.africmemoire.com/part.5-chapitre-iii-pre-dimensionnement-des-elements-de-la-structure-1122.html>.

[36] http://www.cours-genie-civil.com/wpcontent/uploads/Technologie_des_ponts.

[37] <https://fr.glosbe.com/fr/fr/dalle-20de-20transition>.

ANNEXE

Route

1. RECAPITULATIF DES CUBATURES DEBLAI-REMBLAI PAR PROFIL-23 (COVADIS)

Profil n°	Abscise	Longueur d'application	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)	Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)
P1	0.00	15.00	4.40	3.23	7.63	114.48	114.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P2	30.00	30.00	5.31	3.20	8.50	255.05	369.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P3	60.00	30.00	3.39	2.33	5.72	171.47	541.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06
P4	90.00	20.31	3.62	1.71	5.33	108.33	649.33	0.00	0.06	0.06	1.14	1.21
P5	100.61	15.00	3.56	1.53	5.08	76.22	725.55	0.00	0.05	0.05	0.78	1.99
P6	120.00	24.69	3.46	2.02	5.48	135.42	860.97	0.00	0.05	0.05	1.28	3.27
P7	150.00	30.00	3.83	2.73	6.56	196.91	1057.89	0.00	0.00	0.00	0.00	3.27
P8	180.00	30.00	4.55	4.00	8.55	256.59	1314.48	0.00	0.00	0.00	0.00	3.27
P9	210.00	30.00	7.23	6.91	14.14	424.06	1738.54	0.00	0.00	0.00	0.00	3.27
P10	240.00	30.00	9.61	8.85	18.46	553.65	2292.19	0.00	0.00	0.00	0.00	3.27
P11	270.00	30.00	8.81	8.00	16.81	504.38	2796.57	0.00	0.00	0.00	0.00	3.27
P12	300.00	30.00	8.55	3.08	11.63	348.94	3145.51	0.00	0.01	0.01	0.34	3.61
P13	330.00	30.00	9.31	7.49	16.80	504.04	3649.55	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
P14	360.00	30.00	10.96	8.83	19.79	593.60	4243.15	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
P15	390.00	30.00	12.95	8.31	21.26	637.86	4881.01	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
P16	420.00	30.00	15.28	12.10	27.38	821.30	5702.31	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
P17	450.00	30.00	15.30	13.38	28.68	860.35	6562.67	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
P18	480.00	30.00	13.66	13.40	27.06	811.78	7374.45	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
P19	510.00	30.00	9.15	7.84	16.99	509.68	7884.13	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
P20	540.00	30.00	3.92	2.75	6.67	200.24	8084.37	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
P21	570.00	30.00	5.37	3.33	8.70	260.92	8345.29	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
P22	600.00	30.00	8.46	6.39	14.84	445.29	8790.58	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
P23	630.00	30.00	10.03	8.50	18.54	556.06	9346.64	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
P24	660.00	30.00	10.04	7.36	17.40	522.03	9868.66	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
P25	690.00	30.00	8.88	8.05	16.93	507.91	10376.57	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
P26	720.00	30.00	7.45	4.12	11.57	347.05	10723.61	0.00	0.00	0.00	0.03	3.64
P27	750.00	30.00	6.33	4.60	10.93	327.83	11051.44	0.00	0.00	0.00	0.00	3.64
P28	780.00	30.00	5.08	5.25	10.34	310.10	11361.54	0.00	0.00	0.00	0.00	3.64
P29	810.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	2.09	6.30	8.39	251.60	255.24
P30	840.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	8.83	10.07	18.91	567.16	822.40
P31	870.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	15.94	17.32	33.26	997.92	1820.31
P32	900.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	25.60	27.23	52.83	1585.02	3405.34
P33	930.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	38.69	41.28	79.98	2399.25	5804.59
P34	960.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	53.26	52.98	106.23	3186.96	8991.55
P35	990.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	69.75	67.54	137.29	4118.63	13110.18
P36	1020.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	93.19	86.92	180.11	5403.33	18513.51
P37	1050.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	118.53	112.31	230.84	6925.28	25438.79
P38	1080.00	22.55	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	160.17	148.46	308.63	6958.36	32397.15
P39	1095.09	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	97.30	98.16	195.46	2931.94	35329.09
P40	1110.00	7.73	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	98.75	102.74	201.50	1557.64	36886.73
P41	1110.55	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	98.69	102.76	201.45	3021.75	39908.48
P42	1140.00	29.72	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	149.80	152.99	302.79	9000.03	48908.51
P43	1170.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	134.73	136.77	271.50	8145.13	57053.64
P44	1200.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	121.03	122.70	243.73	7311.79	64365.43
P45	1230.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	110.86	114.59	225.45	6763.42	71128.85
P46	1260.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	103.71	106.51	210.22	6306.52	77435.36
P47	1290.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	92.62	94.41	187.03	5610.91	83046.28
P48	1320.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	83.50	83.58	167.08	5012.53	88058.81
P49	1350.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	68.58	71.44	140.02	4200.67	92259.48

P50	1380.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	55.47	53.35	108.82	3264.54	95524.02
P51	1410.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	35.35	35.33	70.69	2120.59	97644.61
P52	1440.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	17.44	18.53	35.97	1079.13	98723.73
P53	1470.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11361.54	5.30	5.46	10.76	322.78	99046.52
P54	1500.00	30.00	4.45	4.10	8.55	256.46	11618.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99046.52
P55	1530.00	30.00	7.69	5.83	13.52	405.71	12023.71	0.00	0.00	0.00	0.00	99046.52
P56	1560.00	30.00	9.28	7.81	17.09	512.72	12536.43	0.00	0.00	0.00	0.00	99046.52
P57	1590.00	30.00	11.84	9.22	21.07	631.98	13168.40	0.00	0.00	0.00	0.00	99046.52
P58	1620.00	30.00	14.96	12.49	27.45	823.57	13991.97	0.00	0.00	0.00	0.00	99046.52
P59	1650.00	30.00	13.45	11.95	25.41	762.20	14754.18	0.00	0.00	0.00	0.00	99046.52
P60	1680.00	30.00	11.08	9.55	20.64	619.09	15373.27	0.00	0.00	0.00	0.00	99046.52
P61	1710.00	30.00	7.47	6.28	13.75	412.41	15785.68	0.00	0.00	0.00	0.00	99046.52
P62	1740.00	30.00	6.08	4.38	10.46	313.77	16099.45	0.00	0.00	0.00	0.00	99046.52
P63	1770.00	30.00	5.97	5.05	11.03	330.79	16430.24	0.04	0.00	0.04	1.25	99047.77
P64	1800.00	30.00	7.67	4.88	12.55	376.64	16806.89	0.00	0.00	0.00	0.00	99047.77
P65	1830.00	30.00	11.45	9.30	20.74	622.31	17429.19	0.00	0.00	0.00	0.00	99047.77
P66	1860.00	30.00	17.82	15.94	33.76	1012.76	18441.95	0.00	0.00	0.00	0.00	99047.77
P67	1890.00	30.00	22.39	20.17	42.56	1276.78	19718.73	0.00	0.00	0.00	0.00	99047.77
P68	1920.00	30.00	26.54	24.36	50.90	1526.95	21245.68	0.00	0.00	0.00	0.00	99047.77
P69	1950.00	30.00	25.12	22.63	47.74	1432.22	22677.91	0.00	0.00	0.00	0.00	99047.77
P70	1980.00	30.00	23.11	19.92	43.02	1290.72	23968.62	0.00	0.00	0.00	0.00	99047.77
P71	2010.00	30.00	18.26	15.65	33.91	1017.30	24985.92	0.00	0.00	0.00	0.00	99047.77
P72	2040.00	30.00	11.50	9.27	20.77	623.22	25609.14	0.00	0.00	0.00	0.00	99047.77
P73	2070.00	30.00	5.92	3.89	9.81	294.36	25903.49	0.00	0.00	0.00	0.00	99047.77
P74	2100.00	19.51	3.76	1.15	4.90	95.68	25999.18	0.05	0.35	0.40	7.75	99055.52
P75	2109.02	15.00	4.10	0.77	4.88	73.16	26072.34	0.05	0.37	0.42	6.28	99061.81
P76	2130.00	25.49	0.61	0.00	0.61	15.65	26087.99	0.05	0.40	0.45	11.36	99073.16
P77	2160.00	30.00	1.75	1.38	3.13	93.75	26181.74	0.00	0.02	0.03	0.77	99073.93
P78	2190.00	26.49	4.21	2.80	7.01	185.61	26367.35	0.00	0.00	0.00	0.00	99073.93
P79	2212.97	11.49	6.33	5.45	11.77	135.25	26502.60	0.00	0.00	0.00	0.00	99073.93

2. RECAPITULATIF DES INFORMATIONS DES PROFILS EN TRAVERS – 23 (COVADIS)

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Point d'axe		
			X	Y	Z
P1	0.00	15.00	797902.51	3995208.92	998.01
P2	30.00	30.00	797905.79	3995238.74	998.54
P3	60.00	30.00	797909.10	3995268.56	999.07
P4	90.00	20.31	797912.46	3995298.37	999.59
P5	100.61	15.00	797913.65	3995308.91	999.78
P6	120.00	24.69	797915.60	3995328.20	1000.12
P7	150.00	30.00	797918.91	3995358.02	1000.65
P8	180.00	30.00	797922.41	3995387.81	1001.18
P9	210.00	30.00	797925.77	3995417.62	1001.71
P10	240.00	30.00	797928.92	3995447.46	1002.24
P11	270.00	30.00	797931.87	3995477.31	1002.77
P12	300.00	30.00	797934.54	3995507.19	1003.23
P13	330.00	30.00	797937.14	3995537.08	1003.10
P14	360.00	30.00	797938.94	3995567.03	1002.86
P15	390.00	30.00	797940.72	3995596.97	1002.62

P16	420.00	30.00	797942.54	3995626.92	1002.38
P17	450.00	30.00	797944.56	3995656.85	1002.14
P18	480.00	30.00	797946.64	3995686.78	1001.90
P19	510.00	30.00	797948.59	3995716.71	1001.73
P20	540.00	30.00	797950.25	3995746.67	1001.63
P21	570.00	30.00	797952.06	3995776.61	1001.61
P22	600.00	30.00	797953.92	3995806.56	1001.68
P23	630.00	30.00	797955.69	3995836.50	1001.80
P24	660.00	30.00	797957.30	3995866.46	1001.92
P25	690.00	30.00	797959.12	3995896.40	1002.05
P26	720.00	30.00	797960.95	3995926.35	1002.17
P27	750.00	30.00	797962.58	3995956.30	1002.30
P28	780.00	30.00	797964.21	3995986.26	1002.42
P29	810.00	30.00	797965.84	3996016.22	1003.13
P30	840.00	30.00	797967.35	3996046.18	1003.84
P31	870.00	30.00	797968.99	3996076.13	1004.55
P32	900.00	30.00	797970.67	3996106.09	1005.26
P33	930.00	30.00	797972.11	3996136.05	1005.97
P34	960.00	30.00	797972.96	3996166.04	1006.68
P35	990.00	30.00	797973.85	3996196.02	1007.40
P36	1020.00	30.00	797974.62	3996226.01	1008.11
P37	1050.00	30.00	797975.28	3996256.01	1008.82
P38	1080.00	22.55	797975.88	3996286.00	1009.53
P39	1095.09	15.00	797976.14	3996301.09	1009.89
P40	1110.00	7.73	797976.41	3996316.00	1009.89
P41	1110.55	15.00	797976.42	3996316.55	1009.89
P42	1140.00	29.72	797976.93	3996345.99	1009.20
P43	1170.00	30.00	797977.44	3996375.99	1008.50
P44	1200.00	30.00	797977.91	3996405.98	1007.80
P45	1230.00	30.00	797978.33	3996435.98	1007.10
P46	1260.00	30.00	797978.94	3996465.97	1006.41

P47	1290.00	30.00	797979.58	3996495.97	1005.71
P48	1320.00	30.00	797980.14	3996525.96	1005.01
P49	1350.00	30.00	797980.44	3996555.96	1004.31
P50	1380.00	30.00	797980.77	3996585.96	1003.61
P51	1410.00	30.00	797981.19	3996615.95	1002.91
P52	1440.00	30.00	797981.67	3996645.95	1002.21
P53	1470.00	30.00	797982.33	3996675.94	1001.52
P54	1500.00	30.00	797982.59	3996705.94	1000.92
P55	1530.00	30.00	797983.12	3996735.94	1001.07
P56	1560.00	30.00	797983.75	3996765.93	1001.33
P57	1590.00	30.00	797984.32	3996795.92	1001.58
P58	1620.00	30.00	797984.90	3996825.92	1001.82
P59	1650.00	30.00	797985.70	3996855.91	1002.06
P60	1680.00	30.00	797986.46	3996885.90	1002.29
P61	1710.00	30.00	797987.10	3996915.89	1002.51
P62	1740.00	30.00	797988.07	3996945.88	1002.73
P63	1770.00	30.00	797989.07	3996975.86	1002.93
P64	1800.00	30.00	797990.21	3997005.84	1003.13
P65	1830.00	30.00	797991.89	3997035.79	1003.32
P66	1860.00	30.00	797993.90	3997065.72	1003.50
P67	1890.00	30.00	797996.24	3997095.63	1003.67
P68	1920.00	30.00	797999.60	3997125.44	1003.83
P69	1950.00	30.00	798004.59	3997155.02	1003.99
P70	1980.00	30.00	798010.66	3997184.38	1004.14
P71	2010.00	30.00	798017.84	3997213.51	1004.28
P72	2040.00	30.00	798025.68	3997242.47	1004.41
P73	2070.00	30.00	798033.75	3997271.36	1004.54
P74	2100.00	19.51	798041.88	3997300.24	1004.67
P75	2109.02	15.00	798044.43	3997308.89	1004.71
P76	2130.00	25.49	798050.32	3997329.02	1004.80
P77	2160.00	30.00	798058.65	3997357.85	1004.93
P78	2190.00	26.49	798066.80	3997386.72	1005.06

P79	2212.97	11.49	798073.00	3997408.84	1005.16
------------	---------	-------	-----------	------------	---------

C ô t é	Fichier profil type	Point extrême du profil			Distance au pt d'axe (m)		Point d'entrée en terre			Distance au pt d'axe (m)	
		X	Y	Z	Larg eur 2D	Large ur 3D	X	Y	Z	Large ur 2D	Large ur 3D
G	chaussé100	797892 .20	3995210.0 5	997.74	10.3 8	10.38	797892. 20	3995210.05	997. 74	10.38	10.38
D	chaussé100	797912 .83	3995207.7 8	997.74	10.3 8	10.38	797912. 83	3995207.78	997. 74	10.38	10.38
G	chaussé100	797895 .48	3995239.8 7	998.27	10.3 8	10.38	797895. 48	3995239.87	998. 27	10.38	10.38
D	chaussé100	797916 .11	3995237.6 1	998.27	10.3 8	10.38	797916. 11	3995237.61	998. 27	10.38	10.38
G	chaussé100	797898 .79	3995269.7 2	998.80	10.3 8	10.38	797898. 79	3995269.72	998. 80	10.38	10.38
D	chaussé100	797919 .47	3995267.3 9	998.73	10.4 4	10.45	797919. 47	3995267.39	998. 73	10.44	10.45
G	chaussé100	797902 .15	3995299.5 3	999.33	10.3 8	10.38	797902. 15	3995299.53	999. 33	10.38	10.38
D	chaussé100	797923 .11	3995297.1 7	998.98	10.7 2	10.74	797923. 11	3995297.17	998. 98	10.72	10.74
G	chaussé100	797903 .34	3995310.0 8	999.51	10.3 8	10.38	797903. 34	3995310.08	999. 51	10.38	10.38
D	chaussé100	797924 .28	3995307.7 1	999.18	10.7 1	10.72	797924. 28	3995307.71	999. 18	10.71	10.72
G	chaussé100	797905 .28	3995329.2 4	999.85	10.3 7	10.38	797905. 28	3995329.24	999. 85	10.37	10.38
D	chaussé100	797926 .26	3995327.1 3	999.51	10.7 2	10.73	797926. 26	3995327.13	999. 51	10.72	10.73
G	chaussé100	797908 .61	3995359.2 3	1000.3	10.3 7	10.38	797908. 61	3995359.23	1000 .38	10.37	10.38
D	chaussé100	797929 .22	3995356.8 1	1000.3	10.3 7	10.38	797929. 22	3995356.81	1000 .38	10.37	10.38
G	chaussé100	797912 .10	3995389.0 2	1000.9	10.3 7	10.38	797912. 10	3995389.02	1000 .91	10.37	10.38
D	chaussé100	797932 .71	3995386.6 1	1000.9	10.3 7	10.38	797932. 71	3995386.61	1000 .91	10.37	10.38
G	chaussé100	797915 .45	3995418.7 3	1001.4	10.3 7	10.38	797915. 45	3995418.73	1001 .44	10.37	10.38
D	chaussé100	797936 .08	3995416.5 2	1001.4	10.3 7	10.38	797936. 08	3995416.52	1001 .44	10.37	10.38
G	chaussé100	797918 .60	3995448.4 8	1001.9	10.3 7	10.38	797918. 60	3995448.48	1001 .97	10.37	10.38
D	chaussé100	797939 .25	3995446.4 4	1001.9	10.3 7	10.38	797939. 25	3995446.44	1001 .97	10.37	10.38
G	chaussé100	797921 .54	3995478.3 3	1002.5	10.3 7	10.38	797921. 54	3995478.33	1002 .50	10.37	10.38
D	chaussé100	797942 .19	3995476.2 9	1002.5	10.3 7	10.38	797942. 19	3995476.29	1002 .50	10.37	10.38
G	chaussé100	797924 .20	3995508.1 0	1002.9	10.3 7	10.38	797924. 20	3995508.10	1002 .97	10.37	10.38
D	chaussé100	797945 .02	3995506.2 8	1002.8	10.5 3	10.54	797945. 02	3995506.28	1002 .81	10.53	10.54
G	chaussé100	797926 .81	3995537.9 8	1002.8	10.3 7	10.38	797926. 81	3995537.98	1002 .83	10.37	10.38
D	chaussé100	797947 .48	3995536.1 8	1002.8	10.3 7	10.38	797947. 48	3995536.18	1002 .83	10.37	10.38
G	chaussé100	797928 .58	3995567.6 5	1002.5	10.3 7	10.38	797928. 58	3995567.65	1002 .59	10.37	10.38
D	chaussé100	797949 .30	3995566.4 1	1002.5	10.3 7	10.38	797949. 30	3995566.41	1002 .59	10.37	10.38

G	chaussé100	797930.36	3995597.59	1002.35	10.38	10.38	797930.36	3995597.59	1002.35	10.38	10.38
D	chaussé100	797951.08	3995596.36	1002.35	10.38	10.38	797951.08	3995596.36	1002.35	10.38	10.38
G	chaussé100	797932.18	3995627.59	1002.11	10.38	10.38	797932.18	3995627.59	1002.11	10.38	10.38
D	chaussé100	797952.89	3995626.25	1002.11	10.38	10.38	797952.89	3995626.25	1002.11	10.38	10.38
G	chaussé100	797934.21	3995657.60	1001.87	10.37	10.38	797934.21	3995657.60	1001.87	10.37	10.38
D	chaussé100	797954.91	3995656.10	1001.87	10.37	10.38	797954.91	3995656.10	1001.87	10.37	10.38
G	chaussé100	797936.29	3995687.47	1001.64	10.38	10.38	797936.29	3995687.47	1001.64	10.38	10.38
D	chaussé100	797957.00	3995686.09	1001.64	10.38	10.38	797957.00	3995686.09	1001.64	10.38	10.38
G	chaussé100	797938.23	3995717.29	1001.46	10.37	10.38	797938.23	3995717.29	1001.46	10.37	10.38
D	chaussé100	797958.94	3995716.14	1001.46	10.37	10.38	797958.94	3995716.14	1001.46	10.37	10.38
G	chaussé100	797939.89	3995747.24	1001.36	10.37	10.38	797939.89	3995747.24	1001.36	10.37	10.38
D	chaussé100	797960.61	3995746.09	1001.36	10.37	10.38	797960.61	3995746.09	1001.36	10.37	10.38
G	chaussé100	797941.70	3995777.25	1001.35	10.38	10.38	797941.70	3995777.25	1001.35	10.38	10.38
D	chaussé100	797962.43	3995775.97	1001.33	10.39	10.39	797962.43	3995775.97	1001.33	10.39	10.39
G	chaussé100	797943.56	3995807.20	1001.41	10.37	10.38	797943.56	3995807.20	1001.41	10.37	10.38
D	chaussé100	797964.27	3995805.91	1001.41	10.37	10.38	797964.27	3995805.91	1001.41	10.37	10.38
G	chaussé100	797945.33	3995837.02	1001.53	10.37	10.38	797945.33	3995837.02	1001.53	10.37	10.38
D	chaussé100	797966.05	3995835.98	1001.53	10.37	10.38	797966.05	3995835.98	1001.53	10.37	10.38
G	chaussé100	797946.95	3995867.09	1001.65	10.38	10.38	797946.95	3995867.09	1001.65	10.38	10.38
D	chaussé100	797967.66	3995865.83	1001.65	10.38	10.38	797967.66	3995865.83	1001.65	10.38	10.38
G	chaussé100	797948.76	3995897.04	1001.78	10.37	10.38	797948.76	3995897.04	1001.78	10.37	10.38
D	chaussé100	797969.47	3995895.77	1001.78	10.37	10.38	797969.47	3995895.77	1001.78	10.37	10.38
G	chaussé100	797950.60	3995926.98	1001.90	10.37	10.38	797950.60	3995926.98	1001.90	10.37	10.38
D	chaussé100	797971.35	3995925.71	1001.86	10.42	10.43	797971.35	3995925.71	1001.86	10.42	10.43
G	chaussé100	797952.22	3995956.86	1002.03	10.38	10.38	797952.22	3995956.86	1002.03	10.38	10.38
D	chaussé100	797972.96	3995955.75	1002.02	10.39	10.39	797972.96	3995955.75	1002.02	10.39	10.39
G	chaussé100	797953.85	3995986.82	1002.15	10.38	10.38	797953.85	3995986.82	1002.15	10.38	10.38
D	chaussé100	797974.57	3995985.70	1002.15	10.38	10.38	797974.57	3995985.70	1002.15	10.38	10.38
G	chaussé100	797954.97	3996016.81	1002.35	10.88	10.91	797954.97	3996016.81	1002.35	10.88	10.91
D	chaussé100	797977.54	3996015.58	1001.52	11.72	11.83	797977.54	3996015.58	1001.52	11.72	11.83
G	chaussé100	797955.96	3996046.74	1002.55	11.40	11.48	797955.96	3996046.74	1002.55	11.40	11.48
D	chaussé100	797978.95	3996045.61	1002.33	11.61	11.71	797978.95	3996045.61	1002.33	11.61	11.71
G	chaussé100	797957.11	3996076.81	1002.76	11.90	12.03	797957.11	3996076.81	1002.76	11.90	12.03
D	chaussé100	797981.13	3996075.44	1002.49	12.17	12.34	797981.13	3996075.44	1002.49	12.17	12.34
G	chaussé100	797958.00	3996106.79	1002.68	12.69	12.95	797958.00	3996106.79	1002.68	12.69	12.95

D	chaussé100	797983 .91	3996105.3 5	1002.1 1	13.2 6	13.63	797983. 91	3996105.35	1002 .11	13.26	13.63
G	chaussé100	797958 .34	3996136.4 3	1002.3 1	13.7 7	14.25	797958. 34	3996136.43	1002 .31	13.77	14.25
D	chaussé100	797986 .23	3996135.6 5	1001.9 6	14.1 2	14.68	797986. 23	3996135.65	1001 .96	14.12	14.68
G	chaussé100	797958 .19	3996166.4 9	1002.0 1	14.7 8	15.50	797958. 19	3996166.49	1002 .01	14.78	15.50
D	chaussé100	797988 .11	3996165.5 8	1001.6 3	15.1 6	15.98	797988. 11	3996165.58	1001 .63	15.16	15.98
G	chaussé100	797957 .94	3996196.4 3	1001.5 8	15.9 2	16.95	797957. 94	3996196.43	1001 .58	15.92	16.95
D	chaussé100	797989 .72	3996195.6 2	1001.6 4	15.8 7	16.88	797989. 72	3996195.62	1001 .64	15.87	16.88
G	chaussé100	797956 .99	3996226.4 0	1000.5 8	17.6 3	19.17	797956. 99	3996226.40	1000 .58	17.63	19.17
D	chaussé100	797991 .44	3996225.6 4	1001.3 9	16.8 3	18.12	797991. 44	3996225.64	1001 .39	16.83	18.12
G	chaussé100	797956 .27	3996256.4 3	999.91 1	19.0 1	21.00	797956. 27	3996256.43	999. 91	19.01	21.00
D	chaussé100	797993 .48	3996255.6 0	1000.7 2	18.2 0	19.92	797993. 48	3996255.60	1000 .72	18.20	19.92
G	chaussé100	797954 .95	3996286.3 7	998.70 3	20.9 3	23.57	797954. 95	3996286.37	998. 70	20.93	23.57
D	chaussé100	797995 .83	3996285.6 5	999.68 6	19.9 6	22.26	797995. 83	3996285.65	999. 68	19.96	22.26
G	profil en travers RN23 chemain de fer	797967 .22	3996301.2 5	1011.4 8	8.93	9.07	797976. 14	3996301.09	1008 .89	0.00	0.00
D	profil en travers RN23 chemain de fer	797985 .07	3996300.9 3	1011.4 8	8.93	9.07	797976. 14	3996301.09	1008 .89	0.00	0.00
G	profil en travers RN23 chemain de fer	797967 .48	3996316.1 5	1011.4 8	8.93	9.07	797976. 41	3996316.00	1008 .89	0.00	0.00
D	profil en travers RN23 chemain de fer	797985 .33	3996315.8 4	1011.4 8	8.93	9.07	797976. 41	3996316.00	1008 .89	0.00	0.00
G	profil en travers RN23 chemain de fer	797967 .49	3996316.7 1	1011.4 8	8.93	9.07	797976. 42	3996316.55	1008 .89	0.00	0.00
D	profil en travers RN23 chemain de fer	797985 .34	3996316.3 9	1011.4 8	8.93	9.07	797976. 42	3996316.55	1008 .89	0.00	0.00
G	chaussé100	797956 .70	3996346.3 2	999.08 2	20.2 3	22.62	797956. 70	3996346.32	999. 08	20.23	22.62
D	chaussé100	797997 .78	3996345.6 5	998.45 6	20.8 6	23.46	797997. 78	3996345.65	998. 45	20.86	23.46
G	chaussé100	797957 .91	3996376.3 4	999.07 4	19.5 4	21.69	797957. 91	3996376.34	999. 07	19.54	21.69
D	chaussé100	797997 .33	3996375.6 2	998.72 9	19.8 9	22.16	797997. 33	3996375.62	998. 72	19.89	22.16
G	chaussé100	797958 .94	3996406.1 8	998.93 8	18.9 8	20.95	797958. 94	3996406.18	998. 93	18.98	20.95
D	chaussé100	797997 .03	3996405.7 8	998.80 1	19.1 1	21.13	797997. 03	3996405.78	998. 80	19.11	21.13

G	chaussé100	797959 .87	3996436.3 3	998.75	18.4 6	20.26	797959. 87	3996436.33	998. 75	18.46	20.26
D	chaussé100	797997 .23	3996435.6 2	998.31	18.9 1	20.85	797997. 23	3996435.62	998. 31	18.91	20.85
G	chaussé100	797960 .96	3996466.3 7	998.52	17.9 9	19.64	797960. 96	3996466.37	998. 52	17.99	19.64
D	chaussé100	797997 .18	3996465.5 7	998.27	18.2 4	19.97	797997. 18	3996465.57	998. 27	18.24	19.97
G	chaussé100	797962 .34	3996496.2 9	998.57	17.2 4	18.66	797962. 34	3996496.29	998. 57	17.24	18.66
D	chaussé100	797997 .17	3996495.6 4	998.21	17.6 0	19.13	797997. 17	3996495.64	998. 21	17.60	19.13
G	chaussé100	797963 .43	3996526.2 7	998.41	16.7 1	17.96	797963. 43	3996526.27	998. 41	16.71	17.96
D	chaussé100	797996 .87	3996525.6 5	998.38	16.7 4	18.00	797996. 87	3996525.65	998. 38	16.74	18.00
G	chaussé100	797964 .65	3996556.1 0	998.62	15.7 9	16.78	797964. 65	3996556.10	998. 62	15.79	16.78
D	chaussé100	797996 .45	3996555.8 1	998.41	16.0 1	17.06	797996. 45	3996555.81	998. 41	16.01	17.06
G	chaussé100	797965 .79	3996586.1 5	998.74	14.9 8	15.76	797965. 79	3996586.15	998. 74	14.98	15.76
D	chaussé100	797995 .51	3996585.7 6	998.98	14.7 4	15.45	797995. 51	3996585.76	998. 98	14.74	15.45
G	chaussé100	797967 .69	3996616.1 6	999.52	13.5 0	13.91	797967. 69	3996616.16	999. 52	13.50	13.91
D	chaussé100	797994 .52	3996615.7 5	999.68	13.3 4	13.73	797994. 52	3996615.75	999. 68	13.34	13.73
G	chaussé100	797969 .83	3996646.2 1	1000.4 9	11.8 3	11.96	797969. 83	3996646.21	1000 .49	11.83	11.96
D	chaussé100	797993 .64	3996645.6 9	1000.3 5	11.9 7	12.12	797993. 64	3996645.69	1000 .35	11.97	12.12
G	chaussé100	797971 .58	3996676.1 8	1000.8 7	10.7 5	10.77	797971. 58	3996676.18	1000 .87	10.75	10.77
D	chaussé100	797993 .19	3996675.7 0	1000.7 6	10.8 7	10.89	797993. 19	3996675.70	1000 .76	10.87	10.89
G	chaussé100	797972 .21	3996706.0 1	1000.6 6	10.3 7	10.38	797972. 21	3996706.01	1000 .66	10.37	10.38
D	chaussé100	797992 .96	3996705.8 7	1000.6 6	10.3 7	10.38	797992. 96	3996705.87	1000 .66	10.37	10.38
G	chaussé100	797972 .75	3996736.1 8	1000.8 0	10.3 7	10.38	797972. 75	3996736.18	1000 .80	10.37	10.38
D	chaussé100	797993 .50	3996735.6 9	1000.8 0	10.3 7	10.38	797993. 50	3996735.69	1000 .80	10.37	10.38
G	chaussé100	797973 .38	3996766.1 3	1001.0 6	10.3 7	10.38	797973. 38	3996766.13	1001 .06	10.37	10.38
D	chaussé100	797994 .12	3996765.7 3	1001.0 6	10.3 7	10.38	797994. 12	3996765.73	1001 .06	10.37	10.38
G	chaussé100	797973 .94	3996796.1 2	1001.3 1	10.3 7	10.38	797973. 94	3996796.12	1001 .31	10.37	10.38
D	chaussé100	797994 .69	3996795.7 3	1001.3 1	10.3 7	10.38	797994. 69	3996795.73	1001 .31	10.37	10.38
G	chaussé100	797974 .53	3996826.1 9	1001.5 6	10.3 7	10.38	797974. 53	3996826.19	1001 .56	10.37	10.38
D	chaussé100	797995 .27	3996825.6 4	1001.5 6	10.3 7	10.38	797995. 27	3996825.64	1001 .56	10.37	10.38
G	chaussé100	797975 .33	3996856.1 7	1001.7 9	10.3 8	10.38	797975. 33	3996856.17	1001 .79	10.38	10.38
D	chaussé100	797996 .07	3996855.6 4	1001.7 9	10.3 8	10.38	797996. 07	3996855.64	1001 .79	10.38	10.38
G	chaussé100	797976 .09	3996886.1 6	1002.0 2	10.3 8	10.38	797976. 09	3996886.16	1002 .02	10.38	10.38
D	chaussé100	797996 .84	3996885.6 3	1002.0 2	10.3 8	10.38	797996. 84	3996885.63	1002 .02	10.38	10.38
G	chaussé100	797976 .73	3996916.1 1	1002.2 4	10.3 8	10.38	797976. 73	3996916.11	1002 .24	10.38	10.38
D	chaussé100	797997 .48	3996915.6 7	1002.2 4	10.3 8	10.38	797997. 48	3996915.67	1002 .24	10.38	10.38
G	chaussé100	797977 .70	3996946.2 2	1002.4 6	10.3 7	10.38	797977. 70	3996946.22	1002 .46	10.37	10.38

D	chaussé100	797998.44	3996945.53	1002.46	10.37	10.38	797998.44	3996945.53	1002.46	10.37	10.38
G	chaussé100	797978.41	3996976.22	1002.37	10.67	10.68	797978.41	3996976.22	1002.37	10.67	10.68
D	chaussé100	797999.44	3996975.51	1002.66	10.37	10.38	797999.44	3996975.51	1002.66	10.37	10.38
G	chaussé100	797979.85	3997006.24	1002.86	10.37	10.38	797979.85	3997006.24	1002.86	10.37	10.38
D	chaussé100	798000.59	3997005.44	1002.85	10.39	10.39	798000.59	3997005.44	1002.85	10.39	10.39
G	chaussé100	797981.53	3997036.44	1003.05	10.37	10.38	797981.53	3997036.44	1003.05	10.37	10.38
D	chaussé100	798002.24	3997035.13	1003.05	10.37	10.38	798002.24	3997035.13	1003.05	10.37	10.38
G	chaussé100	797983.55	3997066.48	1003.23	10.38	10.38	797983.55	3997066.48	1003.23	10.38	10.38
D	chaussé100	798004.24	3997064.96	1003.23	10.38	10.38	798004.24	3997064.96	1003.23	10.38	10.38
G	chaussé100	797985.93	3997096.79	1003.40	10.37	10.38	797985.93	3997096.79	1003.40	10.37	10.38
D	chaussé100	798006.55	3997094.46	1003.40	10.37	10.38	798006.55	3997094.46	1003.40	10.37	10.38
G	chaussé100	797989.29	3997126.60	1003.56	10.37	10.38	797989.29	3997126.60	1003.56	10.37	10.38
D	chaussé100	798009.91	3997124.28	1003.56	10.37	10.38	798009.91	3997124.28	1003.56	10.37	10.38
G	chaussé100	797994.36	3997156.76	1003.72	10.38	10.38	797994.36	3997156.76	1003.72	10.38	10.38
D	chaussé100	798014.82	3997153.28	1003.72	10.38	10.38	798014.82	3997153.28	1003.72	10.38	10.38
G	chaussé100	798000.55	3997186.73	1003.87	10.37	10.38	798000.55	3997186.73	1003.87	10.37	10.38
D	chaussé100	798020.77	3997182.04	1003.87	10.37	10.38	798020.77	3997182.04	1003.87	10.37	10.38
G	chaussé100	798007.81	3997216.15	1004.01	10.37	10.38	798007.81	3997216.15	1004.01	10.37	10.38
D	chaussé100	798027.88	3997210.86	1004.01	10.37	10.38	798027.88	3997210.86	1004.01	10.37	10.38
G	chaussé100	798015.68	3997245.26	1004.14	10.38	10.38	798015.68	3997245.26	1004.14	10.38	10.38
D	chaussé100	798035.67	3997239.67	1004.14	10.38	10.38	798035.67	3997239.67	1004.14	10.38	10.38
G	chaussé100	798023.76	3997274.15	1004.27	10.37	10.38	798023.76	3997274.15	1004.27	10.37	10.38
D	chaussé100	798043.74	3997268.57	1004.27	10.37	10.38	798043.74	3997268.57	1004.27	10.37	10.38
G	chaussé100	798031.93	3997303.17	1004.40	10.38	10.38	798031.93	3997303.17	1004.40	10.38	10.38
D	chaussé100	798051.84	3997297.31	1004.40	10.38	10.38	798051.84	3997297.31	1004.40	10.38	10.38
G	chaussé100	798034.48	3997311.82	1004.44	10.38	10.38	798034.48	3997311.82	1004.44	10.38	10.38
D	chaussé100	798054.44	3997305.95	1004.38	10.43	10.44	798054.44	3997305.95	1004.38	10.43	10.44
G	chaussé100	798040.28	3997331.93	1004.45	10.46	10.46	798040.28	3997331.93	1004.45	10.46	10.46
D	chaussé100	798060.61	3997326.05	1004.20	10.71	10.73	798060.61	3997326.05	1004.20	10.71	10.73
G	chaussé100	798048.57	3997360.69	1004.57	10.47	10.48	798048.57	3997360.69	1004.57	10.47	10.48
D	chaussé100	798068.84	3997354.97	1004.45	10.58	10.60	798068.84	3997354.97	1004.45	10.58	10.60
G	chaussé100	798056.81	3997389.54	1004.79	10.37	10.38	798056.81	3997389.54	1004.79	10.37	10.38
D	chaussé100	798076.78	3997383.90	1004.79	10.37	10.38	798076.78	3997383.90	1004.79	10.37	10.38
G	chaussé100	798063.01	3997411.64	1004.89	10.37	10.38	798063.01	3997411.64	1004.89	10.37	10.38
D	chaussé100	798082.99	3997406.04	1004.89	10.37	10.38	798082.99	3997406.04	1004.89	10.37	10.38

3. RECAPITULATIF DES EMPRISES ET DU DECAPAGE – 23 (COVADIS)

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Emprise (m)			Epaisseur	Décapage du TN		
			Gauche	Droite	Totale		Surface (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)
P1	0.00	15.00	10.38	10.38	20.75	0.00	311.31	0.00	0.00
P2	30.00	30.00	10.38	10.38	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P3	60.00	30.00	10.38	10.44	20.82	0.00	624.48	0.00	0.00
P4	90.00	20.31	10.38	10.72	21.10	0.00	428.36	0.00	0.00
P5	100.61	15.00	10.38	10.71	21.08	0.00	316.23	0.00	0.00
P6	120.00	24.69	10.37	10.72	21.09	0.00	520.80	0.00	0.00
P7	150.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P8	180.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P9	210.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P10	240.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P11	270.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P12	300.00	30.00	10.37	10.53	20.90	0.00	627.10	0.00	0.00
P13	330.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P14	360.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P15	390.00	30.00	10.38	10.38	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P16	420.00	30.00	10.38	10.38	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P17	450.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P18	480.00	30.00	10.38	10.38	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P19	510.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P20	540.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P21	570.00	30.00	10.38	10.39	20.76	0.00	622.87	0.00	0.00
P22	600.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P23	630.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P24	660.00	30.00	10.38	10.38	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P25	690.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P26	720.00	30.00	10.37	10.42	20.80	0.00	623.86	0.00	0.00
P27	750.00	30.00	10.38	10.39	20.76	0.00	622.85	0.00	0.00
P28	780.00	30.00	10.38	10.38	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P29	810.00	30.00	10.88	11.72	22.61	0.00	678.22	0.00	0.00
P30	840.00	30.00	11.40	11.61	23.02	0.00	690.54	0.00	0.00
P31	870.00	30.00	11.90	12.17	24.06	0.00	721.89	0.00	0.00
P32	900.00	30.00	12.69	13.26	25.95	0.00	778.42	0.00	0.00
P33	930.00	30.00	13.77	14.12	27.90	0.00	836.92	0.00	0.00
P34	960.00	30.00	14.78	15.16	29.94	0.00	898.25	0.00	0.00
P35	990.00	30.00	15.92	15.87	31.79	0.00	953.59	0.00	0.00
P36	1020.00	30.00	17.63	16.83	34.46	0.00	1033.89	0.00	0.00
P37	1050.00	30.00	19.01	18.20	37.22	0.00	1116.58	0.00	0.00
P38	1080.00	22.55	20.93	19.96	40.89	0.00	921.89	0.00	0.00
P39	1095.09	15.00	8.93	8.93	17.85	0.00	267.75	0.00	0.00
P40	1110.00	7.73	8.93	8.93	17.85	0.00	137.99	0.00	0.00
P41	1110.55	15.00	8.93	8.93	17.85	0.00	267.75	0.00	0.00
P42	1140.00	29.72	20.23	20.86	41.09	0.00	1221.27	0.00	0.00
P43	1170.00	30.00	19.54	19.89	39.42	0.00	1182.63	0.00	0.00
P44	1200.00	30.00	18.98	19.11	38.09	0.00	1142.67	0.00	0.00
P45	1230.00	30.00	18.46	18.91	37.37	0.00	1121.03	0.00	0.00
P46	1260.00	30.00	17.99	18.24	36.23	0.00	1086.95	0.00	0.00
P47	1290.00	30.00	17.24	17.60	34.85	0.00	1045.35	0.00	0.00
P48	1320.00	30.00	16.71	16.74	33.44	0.00	1003.29	0.00	0.00
P49	1350.00	30.00	15.79	16.01	31.80	0.00	953.98	0.00	0.00
P50	1380.00	30.00	14.98	14.74	29.72	0.00	891.64	0.00	0.00
P51	1410.00	30.00	13.50	13.34	26.83	0.00	805.03	0.00	0.00
P52	1440.00	30.00	11.83	11.97	23.81	0.00	714.22	0.00	0.00
P53	1470.00	30.00	10.75	10.87	21.62	0.00	648.48	0.00	0.00
P54	1500.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P55	1530.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00

P56	1560.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P57	1590.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P58	1620.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P59	1650.00	30.00	10.38	10.38	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P60	1680.00	30.00	10.38	10.38	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P61	1710.00	30.00	10.38	10.38	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P62	1740.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P63	1770.00	30.00	10.67	10.37	21.04	0.00	631.21	0.00	0.00
P64	1800.00	30.00	10.37	10.39	20.76	0.00	622.84	0.00	0.00
P65	1830.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P66	1860.00	30.00	10.38	10.38	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P67	1890.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P68	1920.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P69	1950.00	30.00	10.38	10.38	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P70	1980.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P71	2010.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P72	2040.00	30.00	10.38	10.38	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P73	2070.00	30.00	10.37	10.37	20.75	0.00	622.50	0.00	0.00
P74	2100.00	19.51	10.38	10.38	20.75	0.00	404.85	0.00	0.00
P75	2109.02	15.00	10.38	10.43	20.81	0.00	312.09	0.00	0.00
P76	2130.00	25.49	10.46	10.71	21.17	0.00	539.51	0.00	0.00
P77	2160.00	30.00	10.47	10.58	21.05	0.00	631.61	0.00	0.00
P78	2190.00	26.49	10.37	10.37	20.75	0.00	549.61	0.00	0.00
P79	2212.97	11.49	10.37	10.37	20.75	0.00	238.36	0.00	0.00
							52780.64		

4. RECAPITULATIF DE L'UTILISATION DES MATERIAUX – 23 (COVADIS)

Nom du matériau :		0.315						1044.93
Profil n°	Longueur d'application	Gauche		Droite		Total		Cumul Vol. (m³)
		Surface (m²)	Volume (m³)	Surface (m²)	Volume (m³)	Surface (m²)	Volume (m³)	
P1	15.00	0.24	3.60	0.24	3.60	0.48	7.21	7.21
P2	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	21.62
P3	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	36.03
P4	20.31	0.24	4.88	0.24	4.88	0.48	9.75	45.78
P5	15.00	0.24	3.60	0.24	3.60	0.48	7.21	52.99
P6	24.69	0.24	5.93	0.24	5.93	0.48	11.86	64.85
P7	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	79.26
P8	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	93.67
P9	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	108.08
P10	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	122.50
P11	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	136.91
P12	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	151.32
P13	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	165.73
P14	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	180.14
P15	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	194.55
P16	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	208.96
P17	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	223.37
P18	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	237.79
P19	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	252.20
P20	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	266.61
P21	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	281.02
P22	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	295.43
P23	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	309.84
P24	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	324.25
P25	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	338.66
P26	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	353.08
P27	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	367.49
P28	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	381.90
P29	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	396.31

P30	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	410.72
P31	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	425.13
P32	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	439.54
P33	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	453.95
P34	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	468.37
P35	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	482.78
P36	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	497.19
P37	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	511.60
P38	22.55	0.24	5.42	0.24	5.42	0.48	10.83	522.43
P39	15.00					0.00	0.00	522.43
P40	7.73					0.00	0.00	522.43
P41	15.00					0.00	0.00	522.43
P42	29.72	0.24	7.14	0.24	7.14	0.48	14.28	536.71
P43	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	551.12
P44	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	565.53
P45	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	579.94
P46	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	594.35
P47	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	608.76
P48	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	623.18
P49	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	637.59
P50	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	652.00
P51	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	666.41
P52	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	680.82
P53	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	695.23
P54	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	709.64
P55	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	724.05
P56	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	738.47
P57	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	752.88
P58	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	767.29
P59	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	781.70
P60	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	796.11
P61	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	810.52
P62	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	824.93
P63	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	839.34
P64	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	853.76
P65	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	868.17
P66	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	882.58
P67	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	896.99
P68	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	911.40
P69	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	925.81
P70	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	940.22
P71	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	954.63
P72	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	969.05
P73	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	983.46
P74	19.51	0.24	4.69	0.24	4.69	0.48	9.37	992.83
P75	15.00	0.24	3.60	0.24	3.60	0.48	7.21	1000.04
P76	25.49	0.24	6.12	0.24	6.12	0.48	12.24	1012.28
P77	30.00	0.24	7.21	0.24	7.21	0.48	14.41	1026.69
P78	26.49	0.24	6.36	0.24	6.36	0.48	12.72	1039.41
P79	11.49	0.24	2.76	0.24	2.76	0.48	5.52	1044.93

5. RECAPITULATIF DES MATERIAUX UTILISES PAR PROFIL – 23 (COVADIS)

Profil n°	Longueur d'application	Matériau	Largeur	Surface (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)	Coût	Cumul Coût
P1	15.00	0.315	1.25	0.48	7.21	7.21	14411.25	14411.25
	15.00	BORDURE P3	0.50	0.34	5.02	5.02	45000.00	45000.00
P2	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	21.62	28822.50	43233.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	15.07	90000.00	135000.00
P3	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	36.03	28822.50	72056.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	25.13	90000.00	225000.00
P4	20.31	0.315	1.25	0.48	9.75	45.78	19509.28	91565.53
	20.31	BORDURE P3	0.50	0.34	6.80	31.93	60919.00	285919.00
P5	15.00	0.315	1.25	0.48	7.21	52.99	14411.25	105976.78
	15.00	BORDURE P3	0.50	0.34	5.02	36.95	45000.00	330919.00
P6	24.69	0.315	1.25	0.48	11.86	64.85	23724.47	129701.25
	24.69	BORDURE P3	0.50	0.34	8.27	45.22	74081.00	405000.00
P7	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	79.26	28822.50	158523.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	55.28	90000.00	495000.00
P8	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	93.67	28822.50	187346.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	65.33	90000.00	585000.00
P9	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	108.08	28822.50	216168.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	75.38	90000.00	675000.00
P10	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	122.50	28822.50	244991.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	85.42	90000.00	765000.00
P11	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	136.91	28822.50	273813.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	95.47	90000.00	855000.00
P12	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	151.32	28822.50	302636.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	105.52	90000.00	945000.00
P13	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	165.73	28822.50	331458.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	115.58	90000.00	1035000.00
P14	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	180.14	28822.50	360281.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	125.62	90000.00	1125000.00
P15	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	194.55	28822.50	389103.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	135.67	90000.00	1215000.00
P16	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	208.96	28822.50	417926.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	145.72	90000.00	1305000.00
P17	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	223.37	28822.50	446748.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	155.77	90000.00	1395000.00
P18	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	237.79	28822.50	475571.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	165.82	90000.00	1485000.00
P19	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	252.20	28822.50	504393.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	175.88	90000.00	1575000.00
P20	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	266.61	28822.50	533216.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	185.93	90000.00	1665000.00
P21	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	281.02	28822.50	562038.75

	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	195.98	90000.00	1755000.00
P22	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	295.43	28822.50	590861.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	206.03	90000.00	1845000.00
P23	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	309.84	28822.50	619683.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	216.08	90000.00	1935000.00
P24	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	324.25	28822.50	648506.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	226.13	90000.00	2025000.00
P25	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	338.66	28822.50	677328.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	236.17	90000.00	2115000.00
P26	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	353.08	28822.50	706151.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	246.22	90000.00	2205000.00
P27	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	367.49	28822.50	734973.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	256.27	90000.00	2295000.00
P28	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	381.90	28822.50	763796.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	266.33	90000.00	2385000.00
P29	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	396.31	28822.50	792618.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	276.38	90000.00	2475000.00
P30	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	410.72	28822.50	821441.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	286.42	90000.00	2565000.00
P31	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	425.13	28822.50	850263.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	296.47	90000.00	2655000.00
P32	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	439.54	28822.50	879086.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	306.52	90000.00	2745000.00
P33	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	453.95	28822.50	907908.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	316.57	90000.00	2835000.00
P34	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	468.37	28822.50	936731.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	326.63	90000.00	2925000.00
P35	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	482.78	28822.50	965553.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	336.67	90000.00	3015000.00
P36	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	497.19	28822.50	994376.25
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	346.73	90000.00	3105000.00
P37	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	511.60	28822.50	1023198.75
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	356.78	90000.00	3195000.00
P38	22.55	0.315	1.25	0.48	10.83	522.43	21660.71	1044859.46
	22.55	BORDURE P3	0.50	0.34	7.55	364.33	67637.00	3262637.00
P42	29.72	0.315	1.25	0.48	14.28	536.71	28557.31	1073416.77
	29.72	BORDURE P3	0.50	0.34	9.96	374.29	89172.00	3351809.00
P43	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	551.12	28822.50	1102239.27
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	384.34	90000.00	3441809.00
P44	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	565.53	28822.50	1131061.77
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	394.39	90000.00	3531809.00
P45	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	579.94	28822.50	1159884.27
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	404.44	90000.00	3621809.00
P46	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	594.35	28822.50	1188706.77
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	414.49	90000.00	3711809.00

P47	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	608.76	28822.50	1217529.27
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	424.54	90000.00	3801809.00
P48	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	623.18	28822.50	1246351.77
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	434.59	90000.00	3891809.00
P49	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	637.59	28822.50	1275174.27
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	444.64	90000.00	3981809.00
P50	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	652.00	28822.50	1303996.77
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	454.69	90000.00	4071809.00
P51	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	666.41	28822.50	1332819.27
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	464.74	90000.00	4161809.00
P52	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	680.82	28822.50	1361641.77
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	474.79	90000.00	4251809.00
P53	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	695.23	28822.50	1390464.27
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	484.84	90000.00	4341809.00
P54	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	709.64	28822.50	1419286.77
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	494.89	90000.00	4431809.00
P55	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	724.05	28822.50	1448109.27
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	504.94	90000.00	4521809.00
P56	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	738.47	28822.50	1476931.77
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	514.99	90000.00	4611809.00
P57	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	752.88	28822.50	1505754.27
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	525.04	90000.00	4701809.00
P58	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	767.29	28822.50	1534576.77
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	535.09	90000.00	4791809.00
P59	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	781.70	28822.50	1563399.27
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	545.14	90000.00	4881809.00
P60	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	796.11	28822.50	1592221.77
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	555.19	90000.00	4971809.00
P61	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	810.52	28822.50	1621044.27
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	565.24	90000.00	5061809.00
P62	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	824.93	28822.50	1649866.77
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	575.29	90000.00	5151809.00
P63	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	839.34	28822.50	1678689.27
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	585.34	90000.00	5241809.00
P64	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	853.76	28822.50	1707511.77
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	595.39	90000.00	5331809.00
P65	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	868.17	28822.50	1736334.27
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	605.44	90000.00	5421809.00
P66	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	882.58	28822.50	1765156.77
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	615.49	90000.00	5511809.00
P67	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	896.99	28822.50	1793979.27
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	625.54	90000.00	5601809.00
P68	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	911.40	28822.50	1822801.77
	30.00	BORDURE P3	0.50	0.34	10.05	635.59	90000.00	5691809.00
P69	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	925.81	28822.50	1851624.27
	30.00	BORDURE	0.50	0.34	10.05	645.64	90000.00	5781809.00

		P3						
P70	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	940.22	28822.50	1880446.77
	30.00	BORDURE	0.50	0.34	10.05	655.69	90000.00	5871809.00
		P3						
P71	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	954.63	28822.50	1909269.27
	30.00	BORDURE	0.50	0.34	10.05	665.74	90000.00	5961809.00
		P3						
P72	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	969.05	28822.50	1938091.77
	30.00	BORDURE	0.50	0.34	10.05	675.79	90000.00	6051809.00
		P3						
P73	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	983.46	28822.50	1966914.27
	30.00	BORDURE	0.50	0.34	10.05	685.84	90000.00	6141809.00
		P3						
P74	19.51	0.315	1.25	0.48	9.37	992.83	18745.10	1985659.36
	19.51	BORDURE	0.50	0.34	6.54	692.37	58533.00	6200342.00
		P3						
P75	15.00	0.315	1.25	0.48	7.21	1000.04	14411.25	2000070.61
	15.00	BORDURE	0.50	0.34	5.03	697.40	45000.00	6245342.00
		P3						
P76	25.49	0.315	1.25	0.48	12.24	1012.28	24488.65	2024559.27
	25.49	BORDURE	0.50	0.34	8.54	705.94	76467.00	6321809.00
		P3						
P77	30.00	0.315	1.25	0.48	14.41	1026.69	28822.50	2053381.77
	30.00	BORDURE	0.50	0.34	10.05	715.99	90000.00	6411809.00
		P3						
P78	26.49	0.315	1.25	0.48	12.72	1039.41	25447.39	2078829.16
	26.49	BORDURE	0.50	0.34	8.87	724.86	79461.00	6491270.00
		P3						
P79	11.49	0.315	1.25	0.48	5.52	1044.93	11036.14	2089865.30
	11.49	BORDURE	0.50	0.34	3.85	728.71	34461.00	6525731.00
		P3						

6. RECAPITULATIF GLOBAL DES MATERIAUX – 23 (COVADIS)

Nom du matériau	Quantité	Coût
BORDURE	4350.49	6525731.00
P3		DZD
0.315	1044.93	2089865.30
		DZD

Type de couche	Volume (m³)
BAU	728.71
TPC	1044.93

Couche (Matériau)	Volume (m³)
TPC (0.315)	1044.93

7. RECAPITULATIF DES TABULATIONS – 23 (COVADIS)

Profil n°	Abscisse	Elément		Longueur d'application			Altitude		Point d'axe		
		Origine	Axe	Projet	Avant	Après	Total	TN	Projet	X	Y
P1	0.00	Extremité	AD		0.00	15.00	15.00	997.86	998.01	797902.51	3995208.92
P2	30.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	998.45	998.54	797905.79	3995238.74
P3	60.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	998.88	999.07	797909.10	3995268.56
P4	90.00	Interv	AD		15.00	5.31	20.31	999.41	999.59	797912.46	3995298.37
P5	100.61	Abscisse	AD		5.31	9.69	15.00	999.58	999.78	797913.65	3995308.91
P6	120.00	Interv	AD		9.69	15.00	24.69	999.89	1000.12	797915.60	3995328.20
P7	150.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1000.41	1000.65	797918.91	3995358.02
P8	180.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1001.06	1001.18	797922.41	3995387.81
P9	210.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1001.86	1001.71	797925.77	3995417.62
P10	240.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.56	1002.24	797928.92	3995447.46
P11	270.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1003.00	1002.77	797931.87	3995477.31
P12	300.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1003.37	1003.23	797934.54	3995507.19
P13	330.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1003.48	1003.10	797937.14	3995537.08
P14	360.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1003.40	1002.86	797938.94	3995567.03
P15	390.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1003.26	1002.62	797940.72	3995596.97
P16	420.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1003.24	1002.38	797942.54	3995626.92
P17	450.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1003.02	1002.14	797944.56	3995656.85
P18	480.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.64	1001.90	797946.64	3995686.78
P19	510.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.01	1001.73	797948.59	3995716.71
P20	540.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1001.42	1001.63	797950.25	3995746.67
P21	570.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1001.53	1001.61	797952.06	3995776.61
P22	600.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1001.84	1001.68	797953.92	3995806.56
P23	630.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.17	1001.80	797955.69	3995836.50
P24	660.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.31	1001.92	797957.30	3995866.46
P25	690.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.33	1002.05	797959.12	3995896.40
P26	720.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.28	1002.17	797960.95	3995926.35
P27	750.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.38	1002.30	797962.58	3995956.30
P28	780.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.42	1002.42	797964.21	3995986.26
P29	810.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.47	1003.13	797965.84	3996016.22
P30	840.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.56	1003.84	797967.35	3996046.18
P31	870.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.59	1004.55	797968.99	3996076.13
P32	900.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.57	1005.26	797970.67	3996106.09
P33	930.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.30	1005.97	797972.11	3996136.05
P34	960.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.13	1006.68	797972.96	3996166.04
P35	990.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1001.76	1007.40	797973.85	3996196.02
P36	1020.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1001.10	1008.11	797974.62	3996226.01
P37	1050.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	999.99	1008.82	797975.28	3996256.01
P38	1080.00	Interv	AD		15.00	7.55	22.55	999.09	1009.53	797975.88	3996286.00
P39	1095.09	Abscisse	AD		7.55	7.45	15.00	998.69	1009.89	797976.14	3996301.09
P40	1110.00	Interv	AD		7.45	0.28	7.73	998.42	1009.89	797976.41	3996316.00
P41	1110.55	Abscisse	AD		0.28	14.72	15.00	998.43	1009.89	797976.42	3996316.55
P42	1140.00	Interv	AD		14.72	15.00	29.72	998.97	1009.20	797976.93	3996345.99
P43	1170.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	999.12	1008.50	797977.44	3996375.99
P44	1200.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	999.19	1007.80	797977.91	3996405.98
P45	1230.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	999.03	1007.10	797978.33	3996435.98
P46	1260.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	998.67	1006.41	797978.94	3996465.97
P47	1290.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	998.47	1005.71	797979.58	3996495.97
P48	1320.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	998.34	1005.01	797980.14	3996525.96
P49	1350.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	998.54	1004.31	797980.44	3996555.96
P50	1380.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	998.85	1003.61	797980.77	3996585.96
P51	1410.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	999.43	1002.91	797981.19	3996615.95
P52	1440.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	999.97	1002.21	797981.67	3996645.95
P53	1470.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1000.37	1001.52	797982.33	3996675.94
P54	1500.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1000.82	1000.92	797982.59	3996705.94
P55	1530.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1001.26	1001.07	797983.12	3996735.94
P56	1560.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1001.68	1001.33	797983.75	3996765.93
P57	1590.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.10	1001.58	797984.32	3996795.92
P58	1620.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.62	1001.82	797984.90	3996825.92
P59	1650.00	Interv	AD		15.00	15.00	30.00	1002.82	1002.06	797985.70	3996855.91

P60	1680.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1002.81	1002.29	797986.46	3996885.90
P61	1710.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1002.73	1002.51	797987.10	3996915.89
P62	1740.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1002.80	1002.73	797988.07	3996945.88
P63	1770.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1003.07	1002.93	797989.07	3996975.86
P64	1800.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1003.36	1003.13	797990.21	3997005.84
P65	1830.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1003.89	1003.32	797991.89	3997035.79
P66	1860.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1004.56	1003.50	797993.90	3997065.72
P67	1890.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1005.10	1003.67	797996.24	3997095.63
P68	1920.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1005.49	1003.83	797999.60	3997125.44
P69	1950.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1005.52	1003.99	798004.59	3997155.02
P70	1980.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1005.39	1004.14	798010.66	3997184.38
P71	2010.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1005.14	1004.28	798017.84	3997213.51
P72	2040.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1004.78	1004.41	798025.68	3997242.47
P73	2070.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1004.38	1004.54	798033.75	3997271.36
P74	2100.00	Interv	AD	15.00	4.51	19.51	1004.22	1004.67	798041.88	3997300.24
P75	2109.02	Abscisse	AD	4.51	10.49	15.00	1004.26	1004.71	798044.43	3997308.89
P76	2130.00	Interv	AD	10.49	15.00	25.49	1004.36	1004.80	798050.32	3997329.02
P77	2160.00	Interv	AD	15.00	15.00	30.00	1004.61	1004.93	798058.65	3997357.85
P78	2190.00	Interv	AD	15.00	11.49	26.49	1004.85	1005.06	798066.80	3997386.72
P79	2212.97	Extremité	AD	11.49	0.00	11.49	1005.16	1005.16	798073.00	3997408.84

8. RECAPITULATIF DES INFORMATIONS DES POINTS TYPES – 23 (COVADIS)

Profil n°	Abscisse	Point d'axe			Côté	Fichier profil type
		X	Y	Z		
P1	0.00	797902.51	3995208.92	998.01	G	chaussé100
					D	chaussé100
P2	30.00	797905.79	3995238.74	998.54	G	chaussé100
					D	chaussé100
P3	60.00	797909.10	3995268.56	999.07	G	chaussé100
					D	chaussé100
P4	90.00	797912.46	3995298.37	999.59	G	chaussé100
					D	chaussé100
P5	100.61	797913.65	3995308.91	999.78	G	chaussé100
					D	chaussé100
P6	120.00	797915.60	3995328.20	1000.12	G	chaussé100
					D	chaussé100
P7	150.00	797918.91	3995358.02	1000.65	G	chaussé100
					D	chaussé100
P8	180.00	797922.41	3995387.81	1001.18	G	chaussé100
					D	chaussé100
P9	210.00	797925.77	3995417.62	1001.71	G	chaussé100
					D	chaussé100
P10	240.00	797928.92	3995447.46	1002.24	G	chaussé100
					D	chaussé100
P11	270.00	797931.87	3995477.31	1002.77	G	chaussé100
					D	chaussé100
P12	300.00	797934.54	3995507.19	1003.23	G	chaussé100
					D	chaussé100
P13	330.00	797937.14	3995537.08	1003.10	G	chaussé100
					D	chaussé100
P14	360.00	797938.94	3995567.03	1002.86	G	chaussé100
					D	chaussé100
P15	390.00	797940.72	3995596.97	1002.62	G	chaussé100
					D	chaussé100
P16	420.00	797942.54	3995626.92	1002.38	G	chaussé100
					D	chaussé100
P17	450.00	797944.56	3995656.85	1002.14	G	chaussé100
					D	chaussé100
P18	480.00	797946.64	3995686.78	1001.90	G	chaussé100
					D	chaussé100

P19	510.00	797948.59	3995716.71	1001.73	G	chaussé100
					D	chaussé100
P20	540.00	797950.25	3995746.67	1001.63	G	chaussé100
					D	chaussé100
P21	570.00	797952.06	3995776.61	1001.61	G	chaussé100
					D	chaussé100
P22	600.00	797953.92	3995806.56	1001.68	G	chaussé100
					D	chaussé100
P23	630.00	797955.69	3995836.50	1001.80	G	chaussé100
					D	chaussé100
P24	660.00	797957.30	3995866.46	1001.92	G	chaussé100
					D	chaussé100
P25	690.00	797959.12	3995896.40	1002.05	G	chaussé100
					D	chaussé100
P26	720.00	797960.95	3995926.35	1002.17	G	chaussé100
					D	chaussé100
P27	750.00	797962.58	3995956.30	1002.30	G	chaussé100
					D	chaussé100
P28	780.00	797964.21	3995986.26	1002.42	G	chaussé100
					D	chaussé100
P29	810.00	797965.84	3996016.22	1003.13	G	chaussé100
					D	chaussé100
P30	840.00	797967.35	3996046.18	1003.84	G	chaussé100
					D	chaussé100
P31	870.00	797968.99	3996076.13	1004.55	G	chaussé100
					D	chaussé100
P32	900.00	797970.67	3996106.09	1005.26	G	chaussé100
					D	chaussé100
P33	930.00	797972.11	3996136.05	1005.97	G	chaussé100
					D	chaussé100
P34	960.00	797972.96	3996166.04	1006.68	G	chaussé100
					D	chaussé100
P35	990.00	797973.85	3996196.02	1007.40	G	chaussé100
					D	chaussé100
P36	1020.00	797974.62	3996226.01	1008.11	G	chaussé100
					D	chaussé100
P37	1050.00	797975.28	3996256.01	1008.82	G	chaussé100
					D	chaussé100
P38	1080.00	797975.88	3996286.00	1009.53	G	chaussé100
					D	chaussé100
P39	1095.09	797976.14	3996301.09	1009.89	G	profil en travers RN23 chemain de fer
					D	profil en travers RN23 chemain de fer
P40	1110.00	797976.41	3996316.00	1009.89	G	profil en travers RN23 chemain de fer
					D	profil en travers RN23 chemain de fer

P41	1110.55	797976.42	3996316.55	1009.89	G	profil en travers RN23 chemain de fer
					D	profil en travers RN23 chemain de fer
P42	1140.00	797976.93	3996345.99	1009.20	G	chaussé100
					D	chaussé100
P43	1170.00	797977.44	3996375.99	1008.50	G	chaussé100
					D	chaussé100
P44	1200.00	797977.91	3996405.98	1007.80	G	chaussé100
					D	chaussé100
P45	1230.00	797978.33	3996435.98	1007.10	G	chaussé100
					D	chaussé100
P46	1260.00	797978.94	3996465.97	1006.41	G	chaussé100
					D	chaussé100
P47	1290.00	797979.58	3996495.97	1005.71	G	chaussé100
					D	chaussé100
P48	1320.00	797980.14	3996525.96	1005.01	G	chaussé100
					D	chaussé100
P49	1350.00	797980.44	3996555.96	1004.31	G	chaussé100
					D	chaussé100
P50	1380.00	797980.77	3996585.96	1003.61	G	chaussé100
					D	chaussé100
P51	1410.00	797981.19	3996615.95	1002.91	G	chaussé100
					D	chaussé100
P52	1440.00	797981.67	3996645.95	1002.21	G	chaussé100
					D	chaussé100
P53	1470.00	797982.33	3996675.94	1001.52	G	chaussé100
					D	chaussé100
P54	1500.00	797982.59	3996705.94	1000.92	G	chaussé100
					D	chaussé100
P55	1530.00	797983.12	3996735.94	1001.07	G	chaussé100
					D	chaussé100
P56	1560.00	797983.75	3996765.93	1001.33	G	chaussé100
					D	chaussé100
P57	1590.00	797984.32	3996795.92	1001.58	G	chaussé100
					D	chaussé100
P58	1620.00	797984.90	3996825.92	1001.82	G	chaussé100
					D	chaussé100
P59	1650.00	797985.70	3996855.91	1002.06	G	chaussé100
					D	chaussé100
P60	1680.00	797986.46	3996885.90	1002.29	G	chaussé100
					D	chaussé100
P61	1710.00	797987.10	3996915.89	1002.51	G	chaussé100
					D	chaussé100
P62	1740.00	797988.07	3996945.88	1002.73	G	chaussé100
					D	chaussé100
P63	1770.00	797989.07	3996975.86	1002.93	G	chaussé100
					D	chaussé100
P64	1800.00	797990.21	3997005.84	1003.13	G	chaussé100
					D	chaussé100
P65	1830.00	797991.89	3997035.79	1003.32	G	chaussé100
					D	chaussé100
P66	1860.00	797993.90	3997065.72	1003.50	G	chaussé100
					D	chaussé100
P67	1890.00	797996.24	3997095.63	1003.67	G	chaussé100
					D	chaussé100
P68	1920.00	797999.60	3997125.44	1003.83	G	chaussé100

					D	chaussé100
P69	1950.00	798004.59	3997155.02	1003.99	G	chaussé100
					D	chaussé100
P70	1980.00	798010.66	3997184.38	1004.14	G	chaussé100
					D	chaussé100
P71	2010.00	798017.84	3997213.51	1004.28	G	chaussé100
					D	chaussé100
P72	2040.00	798025.68	3997242.47	1004.41	G	chaussé100
					D	chaussé100
P73	2070.00	798033.75	3997271.36	1004.54	G	chaussé100
					D	chaussé100
P74	2100.00	798041.88	3997300.24	1004.67	G	chaussé100
					D	chaussé100
P75	2109.02	798044.43	3997308.89	1004.71	G	chaussé100
					D	chaussé100
P76	2130.00	798050.32	3997329.02	1004.80	G	chaussé100
					D	chaussé100
P77	2160.00	798058.65	3997357.85	1004.93	G	chaussé100
					D	chaussé100
P78	2190.00	798066.80	3997386.72	1005.06	G	chaussé100
					D	chaussé100
P79	2212.97	798073.00	3997408.84	1005.16	G	chaussé100
					D	chaussé100

9. RECAPITULATIF DES EXTREMITES DES LIGNES DES PROFILS EN TRAVERS – 23 (COVADIS)

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Point d'axe				Côté	Extrémité de la ligne Projet		Extrémité de la ligne FdF		Extrémité de la ligne Talus	
			X	Y	Z Projet	Z TN		Déport (m)	Altitude (m)	Déport (m)	Altitude (m)	Déport (m)	Altitude (m)
P1	0.00	15.00	797902.51	3995208.92	998.01	997.86	G	10.38	997.74	10.38	997.74	10.38	997.74
							D	10.38	997.74	10.38	997.74	10.38	997.74
P2	30.00	30.00	797905.79	3995238.74	998.54	998.45	G	10.38	998.27	10.38	998.27	10.38	998.27
							D	10.38	998.27	10.38	998.27	10.38	998.27
P3	60.00	30.00	797909.10	3995268.56	999.07	998.88	G	10.38	998.80	10.38	998.80	10.38	998.80
							D	10.38	998.80	10.38	998.80	10.44	998.73
P4	90.00	20.31	797912.46	3995298.37	999.59	999.41	G	10.38	999.33	10.38	999.33	10.38	999.33
							D	10.38	999.33	10.38	999.33	10.72	998.98
P5	100.61	15.00	797913.65	3995308.91	999.78	999.58	G	10.38	999.51	10.38	999.51	10.38	999.51
							D	10.38	999.51	10.38	999.51	10.71	999.18
P6	120.00	24.69	797915.60	3995328.20	1000.12	999.89	G	10.37	999.85	10.37	999.85	10.37	999.85
							D	10.37	999.85	10.37	999.85	10.72	999.51
P7	150.00	30.00	797918.91	3995358.02	1000.65	1000.41	G	10.37	1000.38	10.37	1000.38	10.37	1000.38
							D	10.37	1000.38	10.37	1000.38	10.37	1000.38
P8	180.00	30.00	797922.41	3995387.81	1001.18	1001.06	G	10.37	1000.91	10.37	1000.91	10.37	1000.91
							D	10.37	1000.91	10.37	1000.91	10.37	1000.91
P9	210.00	30.00	797925.77	3995417.62	1001.71	1001.86	G	10.37	1001.44	10.37	1001.44	10.37	1001.44
							D	10.37	1001.44	10.37	1001.44	10.37	1001.44
P10	240.00	30.00	797928.92	3995447.46	1002.24	1002.56	G	10.37	1001.97	10.37	1001.97	10.37	1001.97
							D	10.37	1001.97	10.37	1001.97	10.37	1001.97
P11	270.00	30.00	797931.87	3995477.31	1002.77	1003.00	G	10.37	1002.50	10.37	1002.50	10.37	1002.50
							D	10.37	1002.50	10.37	1002.50	10.37	1002.50
P12	300.00	30.00	797934.54	3995507.19	1003.23	1003.37	G	10.37	1002.97	10.37	1002.97	10.37	1002.97
							D	10.37	1002.97	10.37	1002.97	10.53	1002.81
P13	330.00	30.00	797937.14	3995537.08	1003.10	1003.48	G	10.37	1002.83	10.37	1002.83	10.37	1002.83
							D	10.37	1002.83	10.37	1002.83	10.37	1002.83
P14	360.00	30.00	797938.94	3995567.03	1002.86	1003.40	G	10.37	1002.59	10.37	1002.59	10.37	1002.59
							D	10.37	1002.59	10.37	1002.59	10.37	1002.59
P15	390.00	30.00	797940.72	3995596.97	1002.62	1003.26	G	10.38	1002.35	10.38	1002.35	10.38	1002.35
							D	10.38	1002.35	10.38	1002.35	10.38	1002.35
P16	420.00	30.00	797942.54	3995626.92	1002.38	1003.24	G	10.38	1002.11	10.38	1002.11	10.38	1002.11
							D	10.38	1002.11	10.38	1002.11	10.38	1002.11
P17	450.00	30.00	797944.56	3995656.85	1002.14	1003.02	G	10.37	1001.87	10.37	1001.87	10.37	1001.87

P18	480.00	30.00	797946.64	3995686.78	1001.90	1002.64	D	10.37	1001.87	10.37	1001.87	10.37	1001.87
							G	10.38	1001.64	10.38	1001.64	10.38	1001.64
P19	510.00	30.00	797948.59	3995716.71	1001.73	1002.01	D	10.38	1001.64	10.38	1001.64	10.38	1001.64
							G	10.37	1001.46	10.37	1001.46	10.37	1001.46
P20	540.00	30.00	797950.25	3995746.67	1001.63	1001.42	D	10.37	1001.46	10.37	1001.46	10.37	1001.46
							G	10.37	1001.36	10.37	1001.36	10.37	1001.36
P21	570.00	30.00	797952.06	3995776.61	1001.61	1001.53	D	10.37	1001.36	10.37	1001.36	10.37	1001.36
							G	10.38	1001.35	10.38	1001.35	10.38	1001.35
P22	600.00	30.00	797953.92	3995806.56	1001.68	1001.84	D	10.38	1001.35	10.38	1001.35	10.39	1001.33
							G	10.37	1001.41	10.37	1001.41	10.37	1001.41
P23	630.00	30.00	797955.69	3995836.50	1001.80	1002.17	D	10.37	1001.41	10.37	1001.41	10.37	1001.41
							G	10.37	1001.53	10.37	1001.53	10.37	1001.53
P24	660.00	30.00	797957.30	3995866.46	1001.92	1002.31	D	10.37	1001.53	10.37	1001.53	10.37	1001.53
							G	10.38	1001.65	10.38	1001.65	10.38	1001.65
P25	690.00	30.00	797959.12	3995896.40	1002.05	1002.33	D	10.38	1001.65	10.38	1001.65	10.38	1001.65
							G	10.37	1001.78	10.37	1001.78	10.37	1001.78
P26	720.00	30.00	797960.95	3995926.35	1002.17	1002.28	D	10.37	1001.78	10.37	1001.78	10.37	1001.78
							G	10.37	1001.90	10.37	1001.90	10.37	1001.90
P27	750.00	30.00	797962.58	3995956.30	1002.30	1002.38	D	10.37	1001.90	10.37	1001.90	10.42	1001.86
							G	10.38	1002.03	10.38	1002.03	10.38	1002.03
P28	780.00	30.00	797964.21	3995986.26	1002.42	1002.42	D	10.38	1002.03	10.38	1002.03	10.39	1002.02
							G	10.38	1002.15	10.38	1002.15	10.38	1002.15
P29	810.00	30.00	797965.84	3996016.22	1003.13	1002.47	D	10.38	1002.15	10.38	1002.15	10.38	1002.15
							G	10.38	1002.86	10.38	1002.86	10.88	1002.35
P30	840.00	30.00	797967.35	3996046.18	1003.84	1002.56	D	10.38	1002.86	10.38	1002.86	11.72	1001.52
							G	10.38	1003.57	10.38	1003.57	11.40	1002.55
P31	870.00	30.00	797968.99	3996076.13	1004.55	1002.59	D	10.38	1003.57	10.38	1003.57	11.61	1002.33
							G	10.37	1004.28	10.37	1004.28	11.90	1002.76
P32	900.00	30.00	797970.67	3996106.09	1005.26	1002.57	D	10.37	1004.28	10.37	1004.28	12.17	1002.49
							G	10.38	1005.00	10.38	1005.00	12.69	1002.68
P33	930.00	30.00	797972.11	3996136.05	1005.97	1002.30	D	10.38	1005.00	10.38	1005.00	13.26	1002.11
							G	10.38	1005.71	10.38	1005.71	13.77	1002.31
P34	960.00	30.00	797972.96	3996166.04	1006.68	1002.13	D	10.38	1005.71	10.38	1005.71	14.12	1001.96
							G	10.37	1006.42	10.37	1006.42	14.78	1002.01
P35	990.00	30.00	797973.85	3996196.02	1007.40	1001.76	D	10.37	1006.42	10.37	1006.42	15.16	1001.63
							G	10.38	1007.13	10.38	1007.13	15.92	1001.58
P36	1020.00	30.00	797974.62	3996226.01	1008.11	1001.10	D	10.38	1007.13	10.38	1007.13	15.87	1001.64
							G	10.37	1007.84	10.37	1007.84	17.63	1000.58
P37	1050.00	30.00	797975.28	3996256.01	1008.82	999.99	D	10.37	1007.84	10.37	1007.84	16.83	1001.39
							G	10.37	1008.55	10.37	1008.55	19.01	999.91
P38	1080.00	22.55	797975.88	3996286.00	1009.53	999.09	D	10.37	1008.55	10.37	1008.55	18.20	1000.72
							G	10.38	1009.26	10.38	1009.26	20.93	998.70
P39	1095.09	15.00	797976.14	3996301.09	1009.89	998.69	D	10.38	1009.26	10.38	1009.26	19.96	999.68
							G	0.00	1008.89				
P40	1110.00	7.73	797976.41	3996316.00	1009.89	998.42	D	0.00	1008.89				
							G	0.00	1008.89				
P41	1110.55	15.00	797976.42	3996316.55	1009.89	998.43	D	0.00	1008.89				
							G	0.00	1008.89				
P42	1140.00	29.72	797976.93	3996345.99	1009.20	998.97	D	0.00	1008.89				
							G	10.37	1008.93	10.37	1008.93	20.23	999.08
P43	1170.00	30.00	797977.44	3996375.99	1008.50	999.12	D	10.37	1008.93	10.37	1008.93	20.86	998.45
							G	10.38	1008.23	10.38	1008.23	19.54	999.07
P44	1200.00	30.00	797977.91	3996405.98	1007.80	999.19	D	10.38	1008.23	10.38	1008.23	19.89	998.72
							G	10.38	1007.54	10.38	1007.54	18.98	998.93
P45	1230.00	30.00	797978.33	3996435.98	1007.10	999.03	D	10.38	1007.54	10.38	1007.54	19.11	998.80
							G	10.38	1006.84	10.38	1006.84	18.46	998.75
P46	1260.00	30.00	797978.94	3996465.97	1006.41	998.67	D	10.38	1006.84	10.38	1006.84	18.91	998.31
							G	10.37	1006.14	10.37	1006.14	17.99	998.52
P47	1290.00	30.00	797979.58	3996495.97	1005.71	998.47	D	10.37	1006.14	10.37	1006.14	18.24	998.27
							G	10.38	1005.44	10.38	1005.44	17.24	998.57
P48	1320.00	30.00	797980.14	3996525.96	1005.01	998.34	D	10.38	1005.44	10.38	1005.44	17.60	998.21
							G	10.38	1004.74	10.38	1004.74	16.71	998.41
P49	1350.00	30.00	797980.44	3996555.96	1004.31	998.54	D	10.38	1004.74	10.38	1004.74	16.74	998.38
							G	10.37	1004.04	10.37	1004.04	15.79	998.62
							D	10.37	1004.04	10.37	1004.04	16.01	998.41

P50	1380.00	30.00	797980.77	3996585.96	1003.61	998.85	G	10.38	1003.34	10.38	1003.34	14.98	998.74
							D	10.38	1003.34	10.38	1003.34	14.74	998.98
P51	1410.00	30.00	797981.19	3996615.95	1002.91	999.43	G	10.37	1002.64	10.37	1002.64	13.50	999.52
							D	10.37	1002.64	10.37	1002.64	13.34	999.68
P52	1440.00	30.00	797981.67	3996645.95	1002.21	999.97	G	10.37	1001.95	10.37	1001.95	11.83	1000.49
							D	10.37	1001.95	10.37	1001.95	11.97	1000.35
P53	1470.00	30.00	797982.33	3996675.94	1001.52	1000.37	G	10.37	1001.25	10.37	1001.25	10.75	1000.87
							D	10.37	1001.25	10.37	1001.25	10.87	1000.76
P54	1500.00	30.00	797982.59	3996705.94	1000.92	1000.82	G	10.37	1000.66	10.37	1000.66	10.37	1000.66
							D	10.37	1000.66	10.37	1000.66	10.37	1000.66
P55	1530.00	30.00	797983.12	3996735.94	1001.07	1001.26	G	10.37	1000.80	10.37	1000.80	10.37	1000.80
							D	10.37	1000.80	10.37	1000.80	10.37	1000.80
P56	1560.00	30.00	797983.75	3996765.93	1001.33	1001.68	G	10.37	1001.06	10.37	1001.06	10.37	1001.06
							D	10.37	1001.06	10.37	1001.06	10.37	1001.06
P57	1590.00	30.00	797984.32	3996795.92	1001.58	1002.10	G	10.37	1001.31	10.37	1001.31	10.37	1001.31
							D	10.37	1001.31	10.37	1001.31	10.37	1001.31
P58	1620.00	30.00	797984.90	3996825.92	1001.82	1002.62	G	10.37	1001.56	10.37	1001.56	10.37	1001.56
							D	10.37	1001.56	10.37	1001.56	10.37	1001.56
P59	1650.00	30.00	797985.70	3996855.91	1002.06	1002.82	G	10.38	1001.79	10.38	1001.79	10.38	1001.79
							D	10.38	1001.79	10.38	1001.79	10.38	1001.79
P60	1680.00	30.00	797986.46	3996885.90	1002.29	1002.81	G	10.38	1002.02	10.38	1002.02	10.38	1002.02
							D	10.38	1002.02	10.38	1002.02	10.38	1002.02
P61	1710.00	30.00	797987.10	3996915.89	1002.51	1002.73	G	10.38	1002.24	10.38	1002.24	10.38	1002.24
							D	10.38	1002.24	10.38	1002.24	10.38	1002.24
P62	1740.00	30.00	797988.07	3996945.88	1002.73	1002.80	G	10.37	1002.46	10.37	1002.46	10.37	1002.46
							D	10.37	1002.46	10.37	1002.46	10.37	1002.46
P63	1770.00	30.00	797989.07	3996975.86	1002.93	1003.07	G	10.37	1002.66	10.37	1002.66	10.67	1002.37
							D	10.37	1002.66	10.37	1002.66	10.37	1002.66
P64	1800.00	30.00	797990.21	3997005.84	1003.13	1003.36	G	10.37	1002.86	10.37	1002.86	10.37	1002.86
							D	10.37	1002.86	10.37	1002.86	10.39	1002.85
P65	1830.00	30.00	797991.89	3997035.79	1003.32	1003.89	G	10.37	1003.05	10.37	1003.05	10.37	1003.05
							D	10.37	1003.05	10.37	1003.05	10.37	1003.05
P66	1860.00	30.00	797993.90	3997065.72	1003.50	1004.56	G	10.38	1003.23	10.38	1003.23	10.38	1003.23
							D	10.38	1003.23	10.38	1003.23	10.38	1003.23
P67	1890.00	30.00	797996.24	3997095.63	1003.67	1005.10	G	10.37	1003.40	10.37	1003.40	10.37	1003.40
							D	10.37	1003.40	10.37	1003.40	10.37	1003.40
P68	1920.00	30.00	797999.60	3997125.44	1003.83	1005.49	G	10.37	1003.56	10.37	1003.56	10.37	1003.56
							D	10.37	1003.56	10.37	1003.56	10.37	1003.56
P69	1950.00	30.00	798004.59	3997155.02	1003.99	1005.52	G	10.38	1003.72	10.38	1003.72	10.38	1003.72
							D	10.38	1003.72	10.38	1003.72	10.38	1003.72
P70	1980.00	30.00	798010.66	3997184.38	1004.14	1005.39	G	10.37	1003.87	10.37	1003.87	10.37	1003.87
							D	10.37	1003.87	10.37	1003.87	10.37	1003.87
P71	2010.00	30.00	798017.84	3997213.51	1004.28	1005.14	G	10.37	1004.01	10.37	1004.01	10.37	1004.01
							D	10.37	1004.01	10.37	1004.01	10.37	1004.01
P72	2040.00	30.00	798025.68	3997242.47	1004.41	1004.78	G	10.38	1004.14	10.38	1004.14	10.38	1004.14
							D	10.38	1004.14	10.38	1004.14	10.38	1004.14
P73	2070.00	30.00	798033.75	3997271.36	1004.54	1004.38	G	10.37	1004.27	10.37	1004.27	10.37	1004.27
							D	10.37	1004.27	10.37	1004.27	10.37	1004.27
P74	2100.00	19.51	798041.88	3997300.24	1004.67	1004.22	G	10.38	1004.40	10.38	1004.40	10.38	1004.40
							D	10.38	1004.40	10.38	1004.40	10.38	1004.40
P75	2109.02	15.00	798044.43	3997308.89	1004.71	1004.26	G	10.38	1004.44	10.38	1004.44	10.38	1004.44
							D	10.38	1004.44	10.38	1004.44	10.43	1004.38
P76	2130.00	25.49	798050.32	3997329.02	1004.80	1004.36	G	10.38	1004.53	10.38	1004.53	10.46	1004.45
							D	10.38	1004.53	10.38	1004.53	10.71	1004.20
P77	2160.00	30.00	798058.65	3997357.85	1004.93	1004.61	G	10.37	1004.66	10.37	1004.66	10.47	1004.57
							D	10.37	1004.66	10.37	1004.66	10.58	1004.45
P78	2190.00	26.49	798066.80	3997386.72	1005.06	1004.85	G	10.37	1004.79	10.37	1004.79	10.37	1004.79
							D	10.37	1004.79	10.37	1004.79	10.37	1004.79
P79	2212.97	11.49	798073.00	3997408.84	1005.16	1005.16	G	10.37	1004.89	10.37	1004.89	10.37	1004.89
							D	10.37	1004.89	10.37	1004.89	10.37	1004.89

voie ferrée

1. VOLUMES CHAUSSEE (COVADIS)

N° prof	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C VOLUME
1	0.000	71.2	68.9	63.0	5.4	0.0
2	30.000	142.5	137.9	126.0	20.3	0.0
3	60.000	142.5	137.9	126.0	17.5	0.0
4	90.000	147.8	141.4	126.0	12.5	0.0
5	120.000	142.5	137.9	126.0	16.8	0.0
6	150.000	142.5	137.9	126.0	20.6	0.0
7	180.000	142.5	137.9	126.0	19.4	0.0
8	210.000	142.5	137.9	126.0	18.2	0.0
9	240.000	142.5	137.9	126.0	17.3	0.0
10	270.000	142.5	137.9	126.0	15.6	0.0
11	300.000	142.5	137.9	126.0	12.6	0.0
12	330.000	142.5	137.9	126.0	10.3	0.0
13	360.000					
14	390.000	139.3	138.0	126.0	9.0	0.0
15	420.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
16	450.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
17	480.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
18	510.000	146.6	141.4	126.0	9.2	0.0
19	540.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
20	570.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
21	600.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
22	630.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
23	660.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
24	690.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
25	720.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
26	750.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
27	780.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
28	810.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
29	840.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
30	870.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
31	900.000	153.0	145.0	126.0	10.0	0.0
32	930.000	152.4	145.0	126.0	10.0	0.0
33	960.000	147.5	144.8	126.0	10.0	0.0
34	990.000	90.4	90.6	82.9	6.9	0.0
35	999.491	21.0	21.1	19.9	1.7	0.0
		4789	4589	4072	393	0

2. VOLUMES TERRASSEMENT (COVADIS)

N° prof	ABSCISSE CURVILIGN	VOLUME REMBLAI	VOLUME DEBLAI	VOLUME DECAPAGE	VOLUME PURGE
1	0.000	0.0	274.1	0.0	0.0
2	30.000	0.0	855.1	0.0	0.0
3	60.000	0.0	839.8	0.0	0.0
4	90.000	3965.6	483.5	0.0	0.0
5	120.000	0.0	850.8	0.0	0.0
6	150.000	0.0	957.0	0.0	0.0
7	180.000	0.0	963.9	0.0	0.0
8	210.000	0.0	973.0	0.0	0.0
9	240.000	0.0	990.8	0.0	0.0
10	270.000	0.0	835.1	0.0	0.0
11	300.000	0.0	768.8	0.0	0.0
12	330.000	0.0	673.7	0.0	0.0
13	360.000				
14	390.000	133.5	127.2	0.0	0.0
15	420.000	302.8	0.0	0.0	0.0
16	450.000	667.2	0.0	0.0	0.0
17	480.000	51796.2	0.0	0.0	0.0
18	510.000	5264.9	0.0	0.0	0.0
19	540.000	1229.7	0.0	0.0	0.0
20	570.000	1269.8	0.0	0.0	0.0
21	600.000	1243.0	0.0	0.0	0.0
22	630.000	1389.1	0.0	0.0	0.0
23	660.000	1592.5	0.0	0.0	0.0
24	690.000	1689.5	0.0	0.0	0.0
25	720.000	1796.6	0.0	0.0	0.0
26	750.000	1642.8	0.0	0.0	0.0
27	780.000	1418.6	0.0	0.0	0.0
28	810.000	1052.8	0.0	0.0	0.0
29	840.000	650.0	0.0	0.0	0.0
30	870.000	401.8	0.0	0.0	0.0
31	900.000	275.9	0.0	0.0	0.0
32	930.000	60.9	6.0	0.0	0.0
33	960.000	0.7	133.7	0.0	0.0
34	990.000	0.0	235.6	0.0	0.0
35	999.491	0.0	68.2	0.0	0.0
		77844	10036	0	0

3. TABULATION (COVADIS)

N° prof	COTE TN	COTE PROJET	X PROFI	Y PROFI	ANGLE PROFI	DEV GAU	DEV DRO
1	1001.834	1001.702	797953.379	3995805.468	102.032g	0.00	0.00
2	1002.169	1001.719	797954.336	3995835.453	102.032g	0.00	0.00
3	1002.310	1001.736	797955.293	3995865.437	102.032g	0.00	0.00
4	1002.399	1001.753	797956.250	3995895.422	102.032g	0.00	0.00
5	1002.436	1001.769	797957.207	3995925.407	102.032g	0.00	0.00
6	1002.436	1001.786	797958.165	3995955.392	102.032g	0.00	0.00
7	1002.495	1001.803	797959.122	3995985.376	102.032g	0.00	0.00
8	1002.582	1001.820	797960.079	3996015.361	102.032g	0.00	0.00
9	1002.680	1001.837	797961.036	3996045.346	102.032g	0.00	0.00
10	1002.496	1001.853	797961.994	3996075.331	102.032g	0.00	0.00
11	1002.398	1001.870	797962.951	3996105.315	102.032g	0.00	0.00
12	1002.257	1001.887	797963.908	3996135.300	102.032g	0.00	0.00
13	1001.986	1001.904	797964.865	3996165.285	102.032g	0.00	0.00
14	1001.190	1001.921	797965.822	3996195.269	102.032g	0.00	0.00
15	1000.550	1001.937	797966.780	3996225.254	102.032g	0.00	0.00
16	999.916	1001.954	797967.737	3996255.239	102.032g	0.00	0.00
17	999.299	1001.971	797968.694	3996285.224	102.032g	0.00	0.00
18	999.068	1001.988	797969.651	3996315.208	102.032g	0.00	0.00
19	999.090	1002.004	797970.608	3996345.193	102.032g	0.00	0.00
20	999.002	1002.021	797971.566	3996375.178	102.032g	0.00	0.00
21	999.034	1002.038	797972.523	3996405.163	102.032g	0.00	0.00
22	998.987	1002.055	797973.480	3996435.147	102.032g	0.00	0.00
23	998.718	1002.072	797974.437	3996465.132	102.032g	0.00	0.00
24	998.534	1002.088	797975.395	3996495.117	102.032g	0.00	0.00
25	998.392	1002.105	797976.352	3996525.101	102.032g	0.00	0.00
26	998.674	1002.122	797977.309	3996555.086	102.032g	0.00	0.00
27	999.551	1002.139	797978.266	3996585.071	102.032g	0.00	0.00
28	999.969	1002.156	797979.223	3996615.056	102.032g	0.00	0.00
29	1000.079	1002.172	797980.181	3996645.040	102.032g	0.00	0.00

30	1000.288	1002.189			102.032g	0.00	0.00
			797981.138	3996675.025			
31	1000.745	1002.206			102.032g	0.00	0.00
			797982.095	3996705.010			
32	1001.184	1002.223			102.032g	0.00	0.00
			797983.052	3996734.994			
33	1001.621	1002.240			102.032g	0.00	0.00
			797984.009	3996764.979			
34	1002.094	1002.256			102.032g	0.00	0.00
			797984.967	3996794.964			
35	1002.262	1002.262			102.032g	0.00	0.00
			797985.269	3996804.450			

عنوان المذكرة: دراسة تقاطع " طريق - سكة حديدية " - اقتراح معبر علوي.

المؤطر: بدرينة مداني

الاسم: - محمد يوسف

اللقب: - بن ساسي

- ناصر

- دريقي

ملخص: الهدف من المشروع هو دراسة مقطعين من طريقتين ينتميان إلى منطقة التقاطع: مقطع من الطريق الوطني رقم 23 ومقطع من خط السكة الحديدية، مع تحديد الخصائص الهندسية لكل مقطع وهيكله وتحديد أبعاد كل من الطريق والسكة الحديدية. و كان من الضروري اختيار نوع الجسر الملائم الذي يسمح بتهيئة هذا التقاطع بمرور الطريق الوطني عبر الممر العلوي وكذا عبور القطارات أسفل الجسر وهذا مع تحقيق الشروط المطلوبة من سلامة وراحة.

كلمات مفتاحية: ممر علوي، طريق سريع، سكة حديدية، طريق وطني، مخطط السطح، مظهر طولي، مظاهر عرضية، تحجيم تربة الطريق، تحجيم تربة السكة الحديدية.

Memory title : study of an intersection "Road - Railway" proposition of a road overpass

Name: -BEN SACI
-DRIKI

First name: - Mohamed youcef
- Naceur

Directed by: BEDERINA Madani

Abstract: The objective of this project requires the study of two stretches situated at the intersection: a stretch from the national road n°23 and stretch from the railway line "Djelfa – Laghouat", specifying the geometric characteristics of each. it was necessary to choose the appropriate type of bridge that allows the passage of the national road over the bridge and the passage of trains under the bridge, ensuring the conditions of safety, comfort.

Key words: upper passage, highway, railway track, national road, outline drawing, long profile, cross section, sizing of the road, sizing of the railway track.

Titre du mémoire : Etude d'une Intersection « Route –Voie Ferrée » proposition d'un passage supérieur

Nom: - BEN SACI
-DRIKI

Prénom: - Mohamed youcef
- Naceur

Encadreur: BEDERINA Madani

Résumé : Il s'agit, en effet, de l'étude d'un passage supérieur d'une route pour franchir une voie ferrée. A travers ce projet, il était indispensable d'étudier un tronçon de la route nationale n°23 d'une part, et un tronçon du chemin de fer "Djelfa – Laghouat" d'autre part, se trouvant au niveau du croisement, tout en déterminant les caractéristiques géométriques de chaque voie. Il était également nécessaire de choisir le type de pont qui permet l'aménagement du passage supérieur routier et le passage inférieur des trains en toute sécurité et confort.

Mots clés : Passage supérieur, autoroute, voie ferrée, route nationale, tracé en plan, profil en long, profil en travers, dimensionnement de la route, dimensionnement de la voie ferrée, pont.