

وزارة الجامعات والبحث العلمي
Ministère aux Universités et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT: Genie Civil

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ELABORATION D'UN LOGICIEL POUR
LE DIMENSIONNEMENT
DU RENFORCEMENT DES CHAUSSEES
SOUPLES EN ALGERIE

Proposé par :
M^c A. Haouchine

Etudié par :
B. Bouzidi
H. Mezoued

Dirigé par :
M^c K. Silhadi
M^c A. Haouchine

PROMOTION

1992.1993

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التربية الوطنية
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL.

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ELABORATION D'UN
LOGICIEL POUR LE
DIMENSIONNEMENT DU
RENFORCEMENT DES
CHAUSSEES SOUPLES
EN ALGERIE

Proposé par : ALI
HAOUCHINE

Etudié par : BOUZIDI
BOUZID
et

MEZOUED
HACENE

Dirigé par ALI
HAOUCHINE
et

KAMEL
SILHADI

PROMOTION

Septembre 1993

E.N.P. 10, Avenue Hacen Badi El-Harrach - ALGER

DEDICACES

A tous ceux qui nous aiment.

A ma mère, mon père et ma soeur
ainsi qu'à toute ma famille
et tous les autres.

H20049

A toute ma famille
et à tous mes amis.

Bouzié

A tous ceux qui militent

"POUR QUE DEMAIN SE LEVE SUR L'ALGERIE":

(Dr. S.S)

REMERCIEMENTS.

Ce travail a été proposé par Mr A. HAOUCHINE, chef du département Renforcement et Réhabilitation (D.R.R) au sein du C.T.T.P. Il a été réalisé sous la direction de celui-ci et de Mr K. SILHADI maître assistant au département de génie civil à l'E.N.P. Nous les remercions vivement pour leurs aides, orientations et encouragements. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous tenons à remercier Kh. BOUZIDI, Kh. IDDIR ainsi que L'HADI qui n'ont ménagé aucun effort pour nous apporter leur aide si précieuse dans le domaine de l'informatique.

Que Mr Le Président et les membres du jury trouvent ici, l'expression de nos vifs remerciements pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de faire partie de notre jury.

Nous remercions également Mme HAMOUCHE, A. SADI, M. AOUJ, S. HAMLET ainsi que tous les amis pour leurs aides.

Enfin, notre sympathie va à toutes personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

S O M M A I R E

INTRODUCTION.....	01
PARTIE A: GENERALITES et DEFINITIONS.....	02
I. LA CHAUSSEE	
1.1 Définition de la chaussée.....	03
1.2. Répartition des efforts sur la chaussée durée de vie.....	03
1.3. Pathologie de la chaussée.....	04
1.4. Classement des dégradations	
1.4.1. Les déformations.....	04
1.4.2. Les fissurations.....	05
1.4.3. Les arrachements.....	05
1.4.4. Les remontées.....	05
II. RENFORCEMENT.....	06
2.1. Définition.....	07
2.2. Différents types de renforcement.....	07
2.3. Stratégie de renforcement.....	07
III. DIFFERENTES PHASES D'UN PROJET DE RENFORCEMENT.....	08
3.1. Etude de faisabilité.....	08
3.2. Etude APS (Avant projet sommaire).....	08
3.3. Etude APD (Avant projet détaillé).....	08
IV. INVENTAIRE DES DONNEES.....	08
V. RESEAU ROUTIER.....	09
PARTIE B METHODE DE DIMENSIONNEMENT DU RENFORCEMENT.....	
INTRODUCTION.....	11
I COLLECTE DES DONNEES.....	12
1.1. Trafic journalier moyen annuel.....	12
1.2. Composition du trafic.....	12
1.3. Taux de croissance.....	13
1.4. Répartition du trafic par voie de circulation.....	13
1.5. Détermination du trafic à l'année de mise en service.....	14
1.6. Détermination du trafic cumulé pour la durée de vie escomptée.....	14
1.7. Durée de vie pour le dimensionnement.....	14
1.8. Détermination des classes de trafic.....	14
1.9. Détermination du trafic cumulé écoulé.....	15
II . AUSCULTATION.....	16
2.1. Auscultation par relevé visuel.....	16
2.1.1. Procédé et nature du relevé.....	16
2.1.2. Evaluations des dégradations.....	16
2.2. Auscultation par mesure d'uni.....	18
2.2.1. Appareils de mesure.....	18
2.2.2. Exploitation de l'histogramme d'uni.....	20
2.3. Auscultation par mesure de deflexion.....	20
2.3.1. Appareils de mesure.....	21
2.3.2. Exploitation du deflectogramme.....	22
2.3.3. Deflexion caracteristique et coefficient de correction.....	22
2.3.4. Determination de la deflexion de calcul.....	25
2.3.5. Evaluation de la portance résiduelle.....	25

2.4. Sondages sous chaussée et sous accotement	26
III. DIAGNOSTIC	27
3.1. Corroboracion des donnés	28
3.2. Synthèse	29
3.2.1. Sectionnement en tronçons homogènes	29
Sectionnement par la déflexion (methode statistique)	30
3.2.2. Détermination du type de renforcement	36
IV. DIMENSIONNEMENT	38
4.1. Durée de validité	38
4.2. Structures types de renforcement	38
4.3. Dimensionnement des epaulements	48
4.3.1. Déterminatin de la largeur cumuléé des epaulements	48
4.3.2. Dimensionnement des epaulements	49
4.4. Cas particuliers de dimensionnement	50
4.4.1. Cas de traversée d'agglomeration	50
4.4.2. Cas d'une reconstruction totale	50
4.5. Prise en compte de l'assainissement	50
PARTIE C : LOGITIEL	
Introduction	52
I. Description du logitiel	52
SHEMA SYNOPTIQUE	53
SOUS-PROGRAMME UNI (BUMP + APL 25)	54
SOUS-PROGRAMME ETAT-UNI	55
SOUS-PROGRAMME DECOUPAGE DE L'ENREGISTREMENT	56
SOUS PROGRAMME TEST D'OMOGENEITE	57
SOUS-PROGRAMME G(J)	58
SOUS-PROGRAMME C1	59
SOUS-PROGRAMME Cs	60
SOUS-PROGRAMME Ct	61
SOUS-PROGRAMME CLASSE TRAFIC	62
SOUS-PROGRAMME EVALUATION DE LA PORTANCE RESIDUELLE	63
SOUS-PROGRAMME DIAGNOSTIC	64
SOUS-PROGRAMME DE LA GRILLE DE DECISION	65
SOUS-PROGRAMME LARGEUR DE L'EPAULEMENT	66
II SAISIE DES DONNEES	67
III LES RESULTATS	68
IV RESUME DESCRIPTIF DU LOGICIEL	69
I CONCLUSION	76
LISTING DU SOUS-PROGRAMME : DIMENSIONNEMENT	77
CONCLUSION GENERALE	78
BIBLIOGRAPHIE	80
ANNEXES	82

INTRODUCTION

I N T R O D U C T I O N

Sitôt construite et ouverte au trafic, une chaussée subit les effets de celui-ci, en particulier par intervention des phénomènes d'usure et de fatigue.

Elle voit donc diminuer progressivement son niveau de service. Il faut intervenir, car une chaussée n'est pas un produit de consommation que l'on jette après usage, mais un ouvrage pour lequel on cherche un caractère de durée permanente.

Le gestionnaire de la route veille sur son bon état qui se traduit par deux critères essentiels exigés. D'abord la sécurité, ensuite le confort des usagers. Mais la surveillance et donc l'entretien régulier de la chaussée, quoique nécessaires demeurent insuffisants. Il faut effectuer des opérations plus "lourdes" du type RENFORCEMENT.

Le renforcement indispensable en fin de vie d'une chaussée, est parfois, même souvent, nécessaire pendant sa durée de vie.

Pour pouvoir effectuer un renforcement dans des conditions techniques et économiques convenables, c'est à dire un délai raisonnable pour un prix acceptable, il est nécessaire de connaître la valeur résiduelle de la chaussée existante. Tel est l'objet de L'AUSCULTATION des chaussées.

L'auscultation vise donc à établir une description clinique de l'état de la chaussée et à rechercher les causes probables de cet état. Cela exige une certaine quantité d'investigations toutes nécessaires au diagnostic des divers défauts. Pour ce faire il existe beaucoup de paramètres (mesure de déflexion, mesure d'UNI, relevé visuel, sondage, mesure du rayon de courbure, mesure au vibreur léger,...) dont l'utilisation sélective ou juste une préférence de l'un par rapport aux autres dans une étude de renforcement, détermine telle ou telle méthode de dimensionnement.

Certains paramètres sont éminemment variables d'un pays à un autre, (à cause de la différence des contextes géotechniques, climatiques et autres) il n'est donc pas recommandé de transposer dans un pays une méthode utilisée ailleurs, même si elle est couronnée de succès. C'est pour cela que le C.T.T.P (contrôle technique des travaux publics) a refusé de s'engager dans cette voie et a choisi sa propre méthode.

Cette méthode basée sur 3 mesures essentielles (relevé visuel, mesure d'UNI, mesure de déflexion) et constituée de plusieurs étapes, allant de la collecte de données jusqu'au choix du type et de la technique de renforcement, en passant par l'auscultation de la chaussée et le diagnostic, est une stratégie conduisant, selon les cas, aux conclusions suivantes:

- 1) La poursuite de l'entretien systématique est suffisante.
- 2) Il y a lieu de procéder à un renforcement combiné éventuellement avec un élargissement de la chaussée ou une reconstruction partielle.
- 3) Il y a lieu de procéder à une reconstruction totale.

Cette méthode s'applique à l'ensemble des régions de l'Algérie et pour toutes les catégories de trafic. Néanmoins, les routes à faible trafic et les routes sahariennes nécessitent une approche plus approfondie, car en règle générale, ces routes ne connaissent pas un problème structurel qui exige un apport de couches de renforcement.

Vus l'importance de l'enjeu économique que représente la conservation de l'état de la chaussée et l'inconvénient de cette méthode qui, étant entièrement manuelle, exige beaucoup de temps et de ressources humaines pour le traitement des données. Nous sommes amenés à introduire l'outil informatique, qui est devenu une nécessité impérieuse.

PARTIE A

GENERALITES. ET DEFINITIONS

La route constitue un facteur fondamental dans les activités socio-économiques d'un pays. De plus elle est d'une importance capitale dans la vie quotidienne de chaque citoyen. Elle doit donc offrir les meilleures conditions de circulation, de confort et surtout de sécurité en toute saison. Cela dépend bien sûr de l'état de sa chaussée qu'il faut donc surveiller, entretenir et renforcer si nécessaire.

I) LA CHAUSSEE.

I.1) Définition de la chaussée [02]

La chaussée est la partie de la route sur laquelle se fait la circulation des véhicules. Elle se compose en général:

- D'une couche de fondation posée sur la forme (terrain naturel ou remblai). Eventuellement une couche drainante ou anti-contaminante peut être intercalée entre la forme et la fondation.

- D'une couche de base

- D'une couche de roulement ou couche de surface avec parfois une couche de liaison entre la couche de base et le revêtement.

Suivant la nature des matériaux constitutifs et l'épaisseur des couches, on distingue trois familles de chaussée:

- chaussée souple;
- chaussée semi-rigide;
- chaussée rigide.

I.2) Répartition des efforts sur la chaussée - durée de vie:

Les couches supérieures doivent résister principalement au cisaillement et absorber les efforts horizontaux alors que la couche de base a pour rôle principal de résister aux efforts verticaux, aux chocs et aux vibrations ainsi que de répartir et diffuser les contraintes dans la couche de fondation, qui doit elle même répartir et diffuser les efforts verticaux sur le sol de fond de forme.

La chaussée arrive à la fin de sa vie, soit lorsque les déformations permanentes deviennent excessives (gêne trop forte à la circulation), soit lorsque ce sont produites des ruptures: variation brutale des caractéristiques à la rupture du sol de fondation (remontées d'argile, saturation en eau, dégel pour les régions de hautes montagnes où la profondeur de gel atteint le sol de fondation).

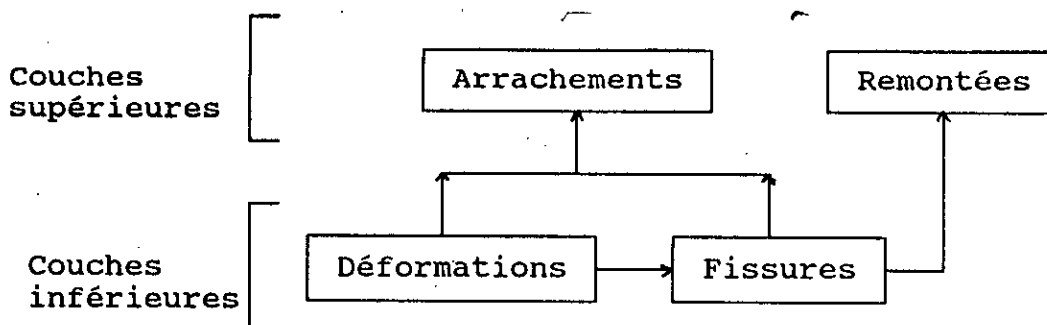
I.3) Pathologie de la chaussée:

Une chaussée périt par fatigue, sitôt mise en service ses capacités commencent à diminuer avec une vitesse qui dépendra de l'efficacité de son dimensionnement ainsi que d'autres paramètres tels que le trafic et les conditions climatiques. Les endommagements de la chaussée sont nombreux à titre indicatif nous citerons:

* Pour le corps de chaussée (couche de base + couche de fondation): les déformations et les fissurations dues à la fatigue des matériaux constitutifs, à la qualité des matériaux et leur mise en oeuvre, ainsi qu'à la présence d'eau en quantité surabondante et les cycles gel-dégel. Elles engendrent une diminution progressive de la portance.

* Pour la couche de surface:

. Les défauts d'UNI dues à l'usure de la couche superficielle.
. Les dégradations de surface: les arrachements et les remontées consécutifs des déformations et des fissurations du corps de chaussée sont favorisés ou parfois causés par le trafic, l'environnement,...



I.4) Classement des dégradations: [03]

I.4.1) Les déformations

Elles prennent généralement naissance dans le corps de la chaussée. On distingue suivant la forme ou la localisation:

- les affaissements (longitudinaux suivant l'axe ou suivant la rive et transversaux);
- les flaches;
- les bourrelets (longitudinaux et transversaux);
- l'orniérage (suivant l'axe ou la rive);
- la tôle ondulée.

I.4.2) Les fissurations.

Elles peuvent n'intéresser que la couche de roulement ou une partie du corps de chaussée (fissuration avec rupture).
On distingue:

- les fissures rectilignes (longitudinales suivant l'axe ou suivant la rive et transversales);
- les fissures parabolique;
- le faïençage à mailles fines ou "peau de crocodile" (10 à 40 centimètres de côté);
- le faïençage à mailles larges (plus de 40 centimètres de côté);
- les épaufrures du bord de chaussée.

I.4.3) Les arrachements.

Ces désordres n'affectent que la couche de roulement. On distingue:

- le décollement;
- le désenrobage;
- le glaçage;
- le plumage;
- la pelade;
- les nids de poule;
- les têtes de chat.

I.4.4) Les remontées.

Elles proviennent des couches inférieures et affectent la couche de surface, sauf le ressuage qui se développe dans la couche de roulement. On distingue:

- les remontées de boue;
- les remontées d'eau;
- les boursouflures salines ou champignons (remontées de sel);
- remontées de liant ou ressuage.

De manière à uniformiser les appellations, car il est vraiment difficile pour un profane en la matière de distinguer ou relever les différences qui existent entre les différents types de dégradations, nous livrons en annexe A une liste, qui ne saurait être exhaustive, des principales dégradations des chaussées souples avec leur dénomination habituelle, une définition concise, ainsi que les causes probables pour chacune d'elles.

Remarque: les dégradations se produisent et évoluent avec le temps rapidement ou même quelques fois brusquement en des points localisés.

Exemples:

Affaissement	-->	Fissures	-->	Faïençage	--->	Nid de poule
Plumage	----->					Nid de poule
Flache	----->	Faïençage	----->			Nid de poule
Orniérage	----->	Fissures	----->			Nid de poule
Ressuage	----->					Plumage

II) RENFORCEMENT.

La remise en état de la chaussée renferme deux activités bien déterminées:

- L'entretien, appelé à traiter les dégâts de surface et maintenir le niveau de service de la route à la valeur fixée.

- Le renforcement dont l'objectif principal est de remédier à un ou plusieurs défauts de la structure et prolonger sa durée de vie .

Ce terme large ("Remise en état de la chaussée") représente un enjeu économique considérable , de par le fait qu'on doit se poser toujours la même question:

<< doit-on simplement entretenir ou renforcer la chaussée? >>

Si l'entretien est systématique et régulier dans la gestion du réseau routier, le renforcement par contre est moins fréquent pour, bien sûr, des raisons économiques.

En revanche il est souhaitable, pour ces même raisons d'ailleurs, de procéder à une étude complète en temps opportun, qui peut aboutir soit à un renforcement soit à un simple entretien.

Autrement dit se contenter d'entretiens à répétitions; c'est camoufler l'insuffisance de la portance résiduelle en feignant d'ignorer l'état sérieux de la structure.

Cela mène inévitablement à l'issue fatale: l'irrécupération de la chaussée.

Dans ce cas sa reconstruction totale est inéluctable. Elle est certainement plus coûteuse que le renforcement.

Ne dit-on pas vaut mieux prévenir que guérir ?

Cependant la nécessité d'un renforcement peut se faire sentir beaucoup plus tôt que normalement si les opérations d'entretien ne sont pas assurés avec l'efficacité et la fréquence nécessaires ou encore si les conditions initiales (trafic, par exemple) sont soudainement modifiées.

2.1) Définition.

Le renforcement est l'augmentation de la portance résiduelle d'une structure routière en service par apport de couche(s) supplémentaire(s) de matériaux ou remplacement de couche(s) abîmée(s) afin qu'elle (chaussée ancienne + renforcement) résiste encore aux actions de la circulation pendant une période déterminée.

2.2 Différents types de renforcement. [07]

Le renforcement qui est appelé à adapter la portance résiduelle aux exigences de la circulation, peut être soit préventif, soit curatif.

* Renforcement préventif.

Le renforcement préventif adapte la portance résiduelle d'une structure de chaussée avant que les dégradations du revêtement ne se manifestent.

* Renforcement curatif.

Le renforcement curatif adapte la portance résiduelle et/ou remédie à un ou plusieurs défauts de la structure dont le revêtement est atteint de dégradations.

2.3 Stratégie de renforcement.

La stratégie la plus simple consiste à relever la déflexion le long de l'itinéraire, à la comparer à un critère approprié et à choisir entre deux options de base: la poursuite de l'entretien ou le renforcement.

Mais actuellement le renforcement s'inscrit dans le cadre d'un système de gestion routière dont les objectifs sont plus ambitieux et dont les options de base plus nombreuses vont d'un entretien courant jusqu'à une reconstruction totale de la structure de chaussée.

Il importe donc d'élargir la gamme des méthodes d'auscultation de manière à relever les dégradations, la planéité (transversale et longitudinale) et la portance résiduelle de la chaussée, ainsi que la réalisation d'essais au laboratoire sur des échantillons issus des sondages.

III) DIFFERENTES PHASES D'UN PROJET DE RENFORCEMENT. [23]

3.1) Etude de faisabilité.

L'analyse des critères économiques doit se situer au niveau du réseau national et non à celui d'un itinéraire. C'est à dire qu'on ne peut déterminer un critère économique de rentabilité que dans le cadre d'une politique globale de gestion d'un réseau. Dans cette phase on distingue parmi tous les itinéraires constituant le réseau ceux qui sont à entretenir de ceux qui sont à renforcer, on chiffre l'enveloppe budgétaire correspondante et on établit les priorités.

3.2) Etude APS (Avant-projet sommaire).

L'étude APS s'applique aux itinéraires retenus dans le programme des travaux déterminé lors de la phase précédente. Elle consiste à réaliser une analyse pathologique complète d'un itinéraire, précisant la localisation, la nature et le coût des travaux. Elle précède de très peu la réalisation de ces travaux car l'état de la chaussée est évolutif et les solutions proposées deviennent rapidement caduque (2 ou 3 ans pour des trafics élevés et pour des chaussées en mauvais état).

3.3) Etude APD (Avant-projet détaillé).

L'APD consiste à établir le projet d'exécution. A ce niveau toute l'auscultation doit être pratiquement achevée. Il peut éventuellement subsister quelques mises au point de l'APS pour rendre cohérentes les différentes solutions adoptées.

IV) INVENTAIRE DE DONNEES.

Les données permettant la surveillance, ou mieux encore, la gestion du réseau routier serviront pour des études d'entretiens et/ou d'éventuelles études en vue de projets de renforcement.

Elles constituent la banque de données routières. Cette dernière nous permet d'avoir une connaissance parfaite du réseau et de donner une appréciation rationnelle de son état.

L'ensemble de ces données est absolument nécessaire pour toute étude de renforcement. Nous donnons les plus importantes en annexe B.

Archivage des données.

Les procédés traditionnels de stockage de données sont insuffisants et constituent un travail fastidieux pour les services concernés.

Le besoin d'informatiser étant devenu plus que nécessaire, le C.T.T.P. était contraint d'y remédier et a élaboré le S.E.D qui est un logiciel permettant surtout le stockage des données et leur mise à jour.

Ce système supprime la complexité due au grand nombre de données à archiver, ainsi que la difficulté de leur mise à jour. Il soulage donc énormément les gestionnaires de la route de l'archivage traditionnel.

Ce logiciel, même s'il permet de calculer quelques indicateurs de l'état de la chaussée, demeure imparfait du moment qu'il ne fait aucun diagnostic des pathologies de la route (primordial pour trouver le remède).

Il n'aide donc pas l'ingénieur à prendre la bonne décision dans le choix de la solution.

Pourquoi mise à jour ?

Parce que tout recueil de données effectué dans le cadre régulier de surveillance du réseau peut servir de contrôle et nous permettre d'éliminer les éventuelles erreurs commises dans le précédent. De plus, même si nous avons des données qui ne changent qu'exceptionnellement (données géométriques, caractéristiques des différents éléments de la route,...). D'autres changent continuellement (relevé des dégradations, mesures d'auscultation, données sur la circulation, ...).

V) RESEAU ROUTIER. [07]

Le réseau routier est constitué d'une série d'itinéraires (routes et autoroutes) qui forment un ensemble de liaisons qu'il faut identifier de manière conventionnelle.

* L'itinéraire est une liaison routière ou autoroutière identifiée par le numéro de la route selon le cas :

- N° de l'autoroute;
- N° de la route nationale, RN;
- N° de chemin de Wilaya, CW.

* Le tronçon est une partie de l'itinéraire limité par deux localités et reconnu par:

- le numéro de la route nationale ou de l'autoroute ou du chemin de wilaya;
- le nom de la wilaya;
- les noms des localités qui limitent le tronçon;
- les points kilométriques origine et extrémité.

* La section est une partie du tronçon limité par les points kilométriques (PK origine, PK extrémité) et possédant la même largeur et la même structure de chaussée.

* La zone est une partie de la section, limitée par les points kilométriques et caractérisée par la même classe de déflexion.

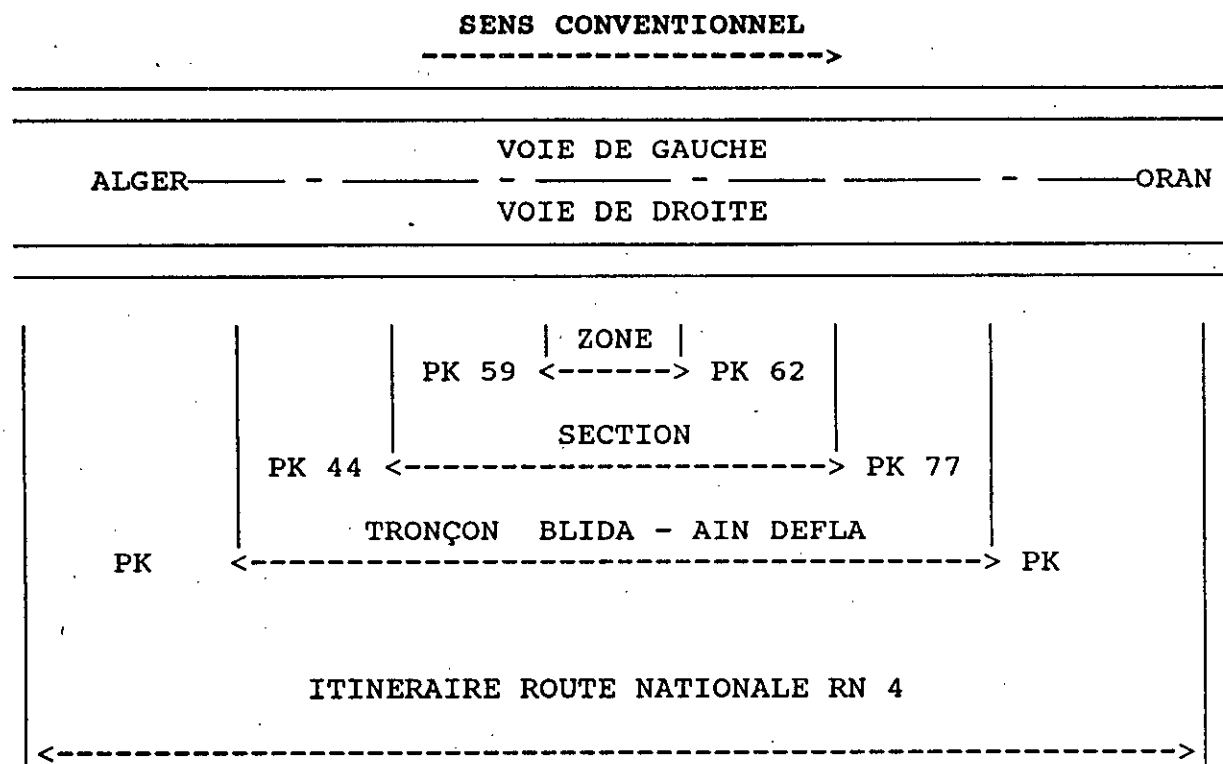
* La voie se définit par les éléments d'identification de la section du côté et du rang de la voie dans le sens croissant des PK.

REMARQUES:

1) lorsque le tronçon présente la même largeur et la même structure de chaussée, les limites de la section coïncident avec celle du tronçon;

2) lorsque la section présente la même classe de déflexion, les limites de la zone coïncident avec celles de la section.

exemple :



PARTIE B

METHODE DE DIMENSIONNEMENT DU RENFORCEMENT

Introduction :

Une méthode de dimensionnement se définit par la nature des mesures effectuées pendant l'auscultation, les appareils utilisés, les matériaux disponibles en abondance ainsi que les conditions climatiques et géotechniques du pays concerné.

Etant donnée la complexité de transposer une méthode d'un pays à un autre, chaque pays conçoit sa propre méthode ou adapte une méthode (d'un pays voisin par exemple) en la modifiant selon ses impératifs économiques et ses conditions géoclimatiques.

A cause de ces contraintes donc, le C.T.T.P qui a commencé à travailler avec la méthode SETI (France) a fini en modifiant cette dernière au fur et à mesure qu'il l'appliquait à mettre au point sa propre méthode.

Domaine d'application.

La présente méthode ne s'applique qu'aux chaussées souples traditionnelles qui constituent l'immense majorité des routes actuelles en Algérie.

Les chaussées souples [15] sont composées en couche de base et en couche de fondation de graves roulées ou concassées ou encore en tout-venant d'oued. C'est à dire elles sont constituées uniquement par des couches d'assises non traitées. La couche de roulement est réalisée soit par des enduits superficiels soit par des enrobés bitumineux.

Cheminement de la méthode.

De l'incompatibilité manifeste entre la structure de chaussée et le trafic à écouler on détermine le type de renforcement (préventif ou curatif).

1) Collecte de données:

- * inventaire de données (annexe B);
- * données sur le trafic.

2) Auscultation de la chaussée:

- * relevé visuel des dégradations;
- * mesure de l'uni de surface;
- * mesure de la déflexion de la structure de base;
- * sondages.

3) Diagnostic.

Selon les investigations réalisées on détermine les causes probables des divers défauts. On combine les différents paramètres d'auscultation entre eux et on détermine les critères de sectionnement en tronçons homogènes

4) Sectionnement en tronçons homogènes.

A partir du diagnostic on sectionne l'itinéraire en tronçons homogènes qui doivent subir le même traitement.

5) Dimensionnement.

On établit pour chaque tronçon homogène le choix:

- * du type de renforcement (léger, lourd,...);
- * de la technique de renforcement (matériaux, épaisseur des couches).

I) COLLECTE DES DONNEES.

Toutes les données qui n'interviennent pas directement dans notre travail sont exposées en annexe B. Par contre les données sur le trafic qui sont étroitement liées à notre travail seront décrites en détail dans ce qui suit.

La chaussée subit continuellement l'agressivité du trafic (véhicules poids lourds). Pour des raisons de sécurité et de confort la chaussée doit résister en toute saison aux effets de celui-ci. L'étude minutieuse du trafic est donc primordiale.

1) Trafic

1.1) Trafic journalier moyen annuel (TJMA).

Le TJMA représente le nombre total de véhicules empruntant toute la largeur circulaire de la chaussée. Il est déterminé lors des campagnes de comptage.

En général, les directions des Travaux Publics des Wilayates sont dotées de postes mobiles de comptage automatique dont les résultats sont redressés par des comptages manuels.

Le TJMA est évalué en appliquant à la moyenne journalière des coefficients correcteurs pour le type de la liaison (saisonnière ou non saisonnière), et de conversion essieux/véhicules.

1.2) Composition du trafic.

Le nombre de poids lourds circulant sur la route à renforcer est le critère d'agressivité que l'on prend en compte dans l'étude de dimensionnement des chaussées.

Lors de la campagne de comptage précitée, le trafic sera évalué par catégories de véhicules.

On distingue 6 catégories de véhicules définies comme suit:

- P1 : véhicules particuliers;
- P2 : véhicules utilitaires (camionnettes);
- P3 : cars;
- P4 : camions à 2 essieux;
- P5 : camions à 3 essieux;
- P6 : ensembles articulés.

Le pourcentage de poids lourds pris en compte dans le dimensionnement est la somme des pourcentages des catégories P4 à P6.

1.3) Taux de croissance.

Dans les études de renforcement le taux de croissance est estimé à 5%. Cependant, la réalisation d'infrastructures socio-économiques et de pôles industriels peut augmenter le trafic lourd. Une estimation plus précise est recommandée.

1.4) Répartition du trafic par voie de circulation. [01]

Le trafic considéré dans le dimensionnement de chaussée, est celui circulant sur la voie la plus chargée.

A défaut d'informations précises à ce sujet, on considère les hypothèses suivantes pour répartir ce trafic par voie de circulation.

1er cas: routes bi-directionnelles:

- * à 2 voies de circulation, le trafic est considéré équilibré sur les deux voies (TJMA / 2).
- * à 3 voies de circulation, le trafic est pris égal à 50% du TJMA.
- * à 2x2 voies, le comptage se fait sur chaque sens, le trafic est pris égal à 100% du TJMA sur chaque voie de même sens.
- * à 2x3 voies, le comptage se fait sur chaque sens. Le trafic est considéré à 80% du TJMA pour chaque voie de même sens.

2eme cas: routes unidirectionnelles:

Le trafic est pris égal à 100% du TJMA par voie de circulation pour les routes à une voie et 50% pour les routes à deux voies.

Dans le cas où il y a trois voies, on répartit le trafic en considérant 80% de TJMA par voie de circulation.

1.5) Détermination du trafic à l'année de mise en service. [01]

$$Tms = (1 + i)^K \times Tpl$$

où i : taux d'accroissement annuel,
 K : nombre d'années s'écoulant entre l'année de comptage et l'année de mise en service,
 Tpl : trafic lourd par voie de circulation considérée.
(P4 à P6)

1.6) Détermination du trafic cumulé pour la durée de vie escomptée.

$$Tc = Tms \times \frac{(1 + i)^N - 1}{i} \times 365$$

avec N : durée de vie escomptée,
 Tms : trafic à l'année de mise en service,
 i : taux d'accroissement annuel.

1.7) Durée de vie pour le dimensionnement.

La durée de vie d'une structure de chaussée est le nombre d'années qui s'écoulent entre l'année de mise en service et l'année pendant laquelle la structure atteindra son état de fatigue limite.

En général, on considère des durées de vie de 10, 15 ou 20 ans.

1.8) Détermination des classes de trafic. [01]

Les classes de trafic considérées pour le dimensionnement des structures de renforcement sont celles définies à partir du trafic cumulé pour la durée de vie escomptée:

TABLEAU 1: CLASSES DE TRAFIC

CLASSES DE TRAFIC	TRAFIC CUMULE A LA FIN DE LA DUREE DE VIE ESCOMPTEE EN NOMBRE CUMULE DE POIDSLOURD DE CU > 5 TONNES
T0	$< 3,5 \cdot 10^5$
T1	$3,5 \cdot 10^5$ à $7,3 \cdot 10^5$
T2	$7,3 \cdot 10^5$ à $2,0 \cdot 10^6$
T3	$2,0 \cdot 10^6$ à $7,3 \cdot 10^6$
T4	$7,3 \cdot 10^6$ à $4,0 \cdot 10^7$
T5	$> 4,0 \cdot 10^7$

1.9) Détermination du trafic cumulé écoulé.

C'est le nombre cumulé de poids lourds de charge utile supérieure ou égale à 5 tonnes, supporté par l'ancienne chaussée.

Il se déterminera sur la voie de circulation la plus chargée:

$$Te = 365 \cdot TJMA \cdot \frac{(1+j)^n - 1}{j(1+j)^n}$$

avec Te : trafic lourd cumulé écoulé,
 TJMA : trafic journalier moyen annuel (à l'année de mesure des déflexions),
 j : taux d'accroissement annuel,
 n : âge en années de la chaussée depuis la construction ou depuis le dernier renforcement qu'elle a subi jusqu'à l'année où on a décidé de la renforcer de nouveau (année de mise en service de renforcement).

II) AUSCULTATION:

L'auscultation de la chaussée a pour objet de radiographier l'état de l'assise au travers de la couche de roulement et de relever les dégradations et les défauts de planéité.

On pourrait penser que le problème de l'auscultation des chaussées en vue de leur renforcement est assez voisin de celui de la reconnaissance géotechnique des sols en vue de la construction d'une chaussée neuve. En fait il n'en est rien, et le problème est beaucoup plus complexe, le substratum s'avérant à l'expérience plus difficile à appréhender convenablement. [04]

2.1) AUSCULTATION PAR RELEVÉ VISUEL.

L'examen visuel est l'élément fondamental de l'auscultation, il permet de localiser la section considérée, de relever l'état du revêtement, des accotements, et de formuler la première hypothèse au sujet des causes des dégradations éventuelles.

2.1.1) Procédé et nature du relevé.

Le relevé comprendra:

- Un relevé des dégradations et des réparations.
- Un relevé des conditions de drainages et d'assainissement.
- Un relevé de l'état des accotement et des talus.
- Un relevé des zones instables et particularités qui feront l'objet d'une étude spécifique.

Il peut s'effectuer de deux manières :



- * Par identification directe en parcourant la route à pieds et reportant les informations sur des fiches descriptives;
- * Par identification photographique automatique à l'aide d'appareils à grand rendement (exemple le GERPHO).

2.1.2) Evaluation des dégradations. [01] et [04]

On s'intéresse aux dégradations de la voie de circulation la plus endommagée, selon l'ampleur des dégradations.

Une approche d'évaluation est donnée dans le tableau suivant:

**DEGRADATION DES CHAUSSEES BITUMES
MESURE ET REPRESENTATION DU DEGRE DE GRAVITE**

DEGRADATION			INTENSITE OU DEGRE DE GRAVITE (*)				
TYPE	PARAMETRE DE MESURE	UNITE DE MESURE	0 	1	2 /////	3 XXXXX	4 
ORNIERES A GRAND RAYON	PROFONDEUR SOUS LA REGLE DE 3M	mm	<10	10-15	15-20	20-25	> 25
AFFAISSEMENTS FLACHES	PROFONDEUR SOUS LA REGLE DE 3M	mm	<10	10-15	15-20	20-25	> 25
ORNIERES A PETIT RAYON, BOURRELETS POINÇONNEMENT	AMPLITUDES	mm	<10	-	10-25	-	> 25
FAIENÇAGE	SURFACE AFFECTEE	%	0	< 1	1 - 5	5 - 20	> 20
AUTRES FISSURES	LONGUEUR TOTALE PAR UNITE DE SURFACE	m/m ²	0	< 1	1 - 2	2 - 5	> 5
PLUMAGE PEIGNAGE DESENROBAGE	SURFACE AFFECTEE	%	0	< 5	5 - 20	20-50	> 50
ARRACHEMENTS NIDS DE POULE	SURFACE AFFECTEE	%	ISOLES (N)	< 1	< 5	5 - 20	> 20
SURFACES REPAREES	SURFACE AFFECTEE	%	0		5 - 20	20-50	> 50

(*)

0	Difficile à discerner.
1	Début, sans conséquences immédiates.
2	Appréciable, conséquences possibles.
3	Importante, conséquences néfastes.
4	Extrême, conséquences très graves.

Grâce à son expérience d'investigation sur le terrain, l'ingénieur pourra juger la prédominance de certains types de dégradation par rapport à d'autres et aboutir à une appréciation globale pour les sections considérées.

Il déclare l'état de la surface bon ou mauvais en s'inspirant du tableau suivant:

TABLEAU 3: APPRECIATION DE L'ETAT VISUEL

E T A T V I S U E L	
A C C E P T A B L E	N O N A C C E P T A B L E
<p>-Absence de fissurations et de réparations.</p> <p>-Déformations faibles isolées éventuelles.</p> <p style="text-align: center;">(ETAT BON)</p> <p style="text-align: center;">ou</p> <p>- Fissurations et réparations isolées.</p> <p>- Déformations faibles isolées éventuelles.</p> <p style="text-align: center;">(ETAT BON)</p>	<p>Fissurations (fissures, faïençage et/ou réparations fréquentes.</p> <p>- Déformations localisées.</p> <p style="text-align: center;">(ETAT MOYEN)</p> <p>- Déformations généralisées et/ou importantes.</p> <p style="text-align: center;">(ETAT MAUVAIS)</p> <p style="text-align: center;">ou</p> <p>- Fissurations et/ou réparations généralisées.</p> <p>- Déformations de moyenne importance localisées.</p> <p style="text-align: center;">(ETAT MOYEN)</p> <p>- Déformations de grande importance, même localisées</p> <p style="text-align: center;">(ETAT MAUVAIS)</p>

2.2) AUSCULTATION PAR MESURE D'UNI

L'une des principales qualités de la surface de la chaussée est de posséder un bon UNI.

On convient d'appeler défauts d'UNI certaines dénivellations et irrégularités du profil en long (état de planéité de la surface).

L'UNI intervient également sur la sécurité et le confort des usagers par les battements et le délestage des roues, en général liés à des courtes ou moyennes longueurs.

L'évolution de l'UNI est caractérisée principalement par 3 éléments:

- Déformation structurelle (liée au trafic et à l'indice structurel).
- Etat de la surface (lié aux fissurations, nids de poule et profondeurs d'ornières).
- Un terme d'UNI (lié à l'âge de la chaussée et à l'environnement).

2.2.1) Appareils de mesure.

L'UNI peut être mesuré par plusieurs types d'appareils existant à travers le monde donnant un indice international ou "INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX" (I.R.I).

Au C.T.T.P deux appareils de mesure sont utilisés en l'occurrence le BUMP INTEGRATOR (B.I) et l'analyseur de profil en long (A.P.L 25).

a) BUMP INTEGRATOR: [23]

Cet appareil nous donne un coefficient BI appelé indice BUMP en Pouce/mile qui exprime les déplacements verticaux relatifs de la roue par rapport au châssis sur une distance donnée (en fixant le nombre de tours)

L'indice BUMP est défini comme suit:

$$BI = \frac{\Sigma(Bi)}{\text{unité de longueur}} ; \text{ en [pouce/mile]}$$

La conversion nous donne en (mm/km):

$$UNI = \frac{(BI*25,4)*1000}{\text{Nbre de tours} * \text{circonférence}}$$

Si on fixe la distance à 500 m (comme au C.T.T.P par exemple) la circonférence standard de la roue étant égale à 2,25 m, le nombre de tours sera égal à 222 tr et on aura:

$$UNI = 5,08 BI$$

TABLEAU 4: SEUIL ADMISSIBLE DE L'UNI POUR LE BUMP

Etat de planéité de surface	Seuils admissibles en mm/Km	
	Enrobés bitumineux	Enduits superficiels
Etat Bon	UNI < 2000	UNI < 2500
Etat Moyen	2000 < UNI < 3500	2500 < UNI < 4000
Etat Mauvais	UNI > 3500	UNI > 4000

b) Analyseur de profil en long (APL 25): [08]

L'appareil est composé:

- D'un véhicule de traction comprenant le matériel électronique nécessaire à la réalisation de la mesure et à l'enregistrement des résultats sous forme d'histogramme.

- d'une remorque qui est composée de :
 - . une roue palpeuse
 - . un châssis lesté
 - . un pendule inertiel
 - . un bras porte roue
 - . un compteur

Les résultats de mesure se présentent sous forme :

- d'un enregistrement graphique du signal APL qui constitue le document de référence du contrôle;
 - d'une série de valeurs d'un coefficient d'UNI appelé coefficient APL noté(CAPL 25) calculé tous les 25m
- L'indication des valeurs CAPL permet de procéder à une évaluation statistique (moyenne, écart-type) du paramètre mesuré.

TABLEAU 5 SEUIL ADMISSIBLE DE L'UNI POUR L'APL 25

Etat de planéité de surface	Seuils admissibles en mm/Km	
	Enrobés bitumineux	Enduits superficiels
Etat Bon	0 < CAPL < 8	—
Etat Moyen	8 < CAPL < 16	—
Etat Mauvais	CAPL > 16	—

REMARQUE: Sur les enduits superficiels l'APL25 nous donne des valeurs éronées à cause de sa grande sensibilité. Dans ce cas on ne peut utiliser que le Bump Integrator.

2.2.2) Exploitation de l'histogramme d'UNI :

A base des mesures prises, un histogramme des valeurs d'UNI est établi, il permettra de:

- localiser les tronçons de route défectueux (présentant des irrégularités de profil);
- d'évaluer l'état de planéité du revêtement;
- de définir les zones à reprofiler.

2.3) AUSCULTATION PAR MESURE DE DEFLEXION.

La déflection est la déformation élastique mesurée à la surface d'une chaussée au passage d'une charge roulante constituée par deux roues jumelées. d'un essieu de treize tonnes. Elle nous renseigne sur le comportement de la structure de chaussée (portance).

Durant sa durée de vie, la chaussée traverse trois périodes qui sont:[05]

- compactage par trafic;
- comportement élastique;
- période de fatigue.

La déflexion évolue selon ces trois périodes:

- régression de la déflexion: elle correspond à la phase de stabilisation de la chaussée (Phase I);

- Déflexions constantes: elles sont observées pendant la période du comportement élastique (Phase II);

- réapparition et progression de la déflexion: elle intervient lorsque la fatigue de la chaussée commence (Phase III).

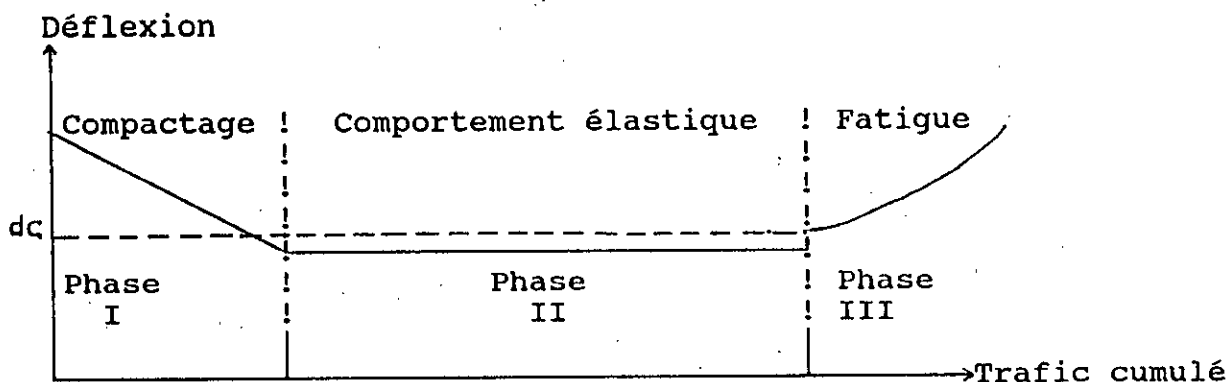


FIG 1:EVOLUTION DE LA DEFLEXION

2.3.1) Appareils de mesure.

L'appareil de mesure de déflexion utilisé au C.T.T.P est le déflectographe automatique LACROIX (à essieu de 13T en charge).

Les autres appareils de mesure connus sont le curviametre, le déflectographe optique, la poutre BENKELMAN et le déflectographe à boulet.

Le déflectographe est constitué de:

- un camion porteur qui, avançant à une vitesse uniforme V, permet l'application de la charge d'un essieu de 13 tonnes.

- un traîneau ou poutre de mesure qui est désolidarisé du camion porteur en cours de mesure.

Il est équipé aussi d'un dispositif d'enregistrement des mesures en analogique sur enregistreur graphique (signal analogique délivré par les capteurs). Malgré l'avantage de la visualisation directe du déflectogramme (indispensable pour la détection des points singuliers), une exploitation statistique par un ordinateur des valeurs maximales de la déflexion s'est imposée en raison de la grande quantité des mesures.

2.3.2) Exploitation du déflectogramme.

Le déflectogramme est la représentation graphique des déflexions mesurées. Il permet de:

- Découper la route en un certain nombre de zones homogènes (dont la portance est proche) que l'on caractérise par la valeur moyenne et l'écart-type du paramètre mesuré.

- De localiser les points singuliers nécessitant des investigations complémentaires (examen visuel approfondi, sondages, essai in-situ, soit de pénétration soit de plaques pour la détection des couches déficientes ...).

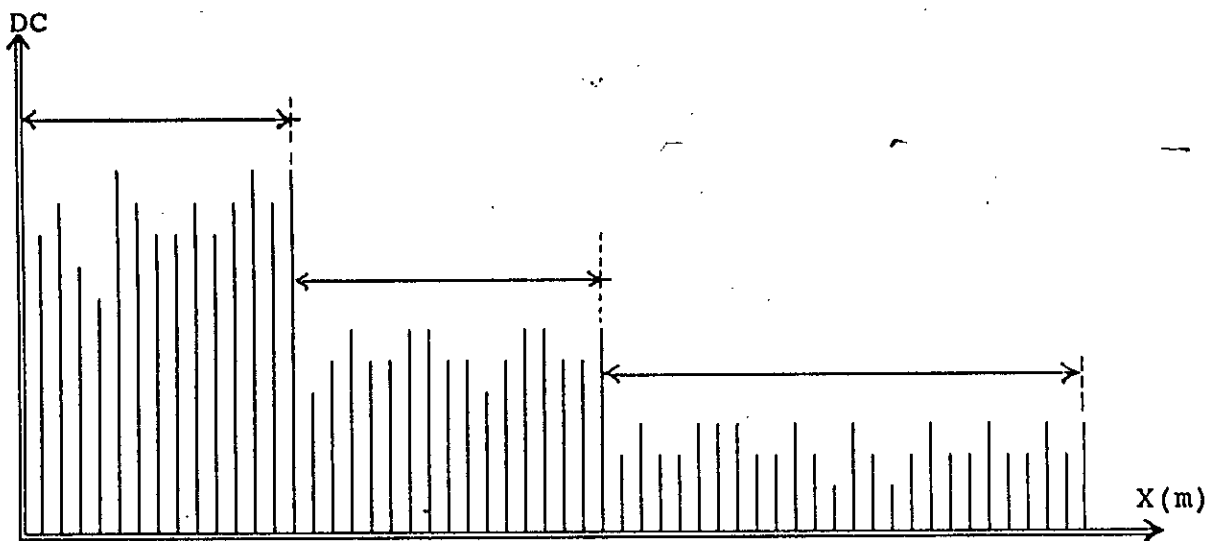


FIG 2: SECTIONNEMENT EN ZONES HOMOGENES

2.3.3) Déflexion caractéristique et coefficients de correction.

a) La déflexion caractéristique: DC

On détermine la déflexion caractéristique pour chaque zone homogène. On traitera séparément les déflexions correspondant à chacune des rives auscultées ainsi que pour l'axe de la chaussée.

La déflexion caractéristique est définie par l'expression suivante:

$$DC = m + 2\sigma$$

$$\text{Avec } m = (1/n) * \sum_{i=1}^n d_i$$

n : taille de la population (Nb de pts)

d_i : déflexion au point i ,

σ : écart-type, avec $\sigma * \sigma = (1/(n-1)) * \sum_{i=1}^n (m-d_i)^2$.

b) Influence saisonnière.

La mesure de la déflexion varie en fonction de la saison. L'Algérie est un pays à saisons contrastées de durées variables; un coefficient correcteur (CS) de la déflexion caractéristique est donc nécessaire en fonction de la nature du sol et de sa sensibilité à l'eau.

TABLEAU 6: CORRECTION DE LA DEFLEXION PAR CS

Nature du sol	Coefficient correcteur en fonction de la saison		
	Saison sèche	Saison intermédiaire	Saison humide
Sableux, graveleux et perméable	1.20 - 1.30	1.10 - 1.20	1.00
Argileux	1.30 - 1.50	1.20 - 1.30	1.00

Remarque: On considère en Algérie comme:

- Saison humide: de début novembre à fin avril;
- Saison intermédiaire: de début mai à mi-juin;
- Saison sèche: de mi-juin à fin octobre.

c) Influence de la région climatique.

Etant donnée la grande étendue environnementale de l'Algérie, un découpage régional en 03 grandes zones a été effectué pour tenir compte de la correction de la déflexion.

- * Nord: (humide)
climat pluvieux (zone climatique I)
pluviométrie: $H > 350\text{mm}$
- * Hauts plateaux: (semi-aride)
climat moyennement pluvieux (zone climatique II)
pluviométrie: $350\text{mm} > H > 100\text{mm}$
- * Sahara: (aride)
climat peu ou non pluvieux (zone climatique III)
pluviométrie: $H < 100\text{mm}$

Compte tenue de l'agressivité très faible des essieux en région sèche, il a été introduit un coefficient de correction (CR) de la déflexion caractéristique en fonction de la région.

TABLEAU 7: CORRECTION DE LA DEFLEXION PAR CR

Région	Coefficient correcteur en fonction de la région climatique (CR)
Nord	1.00
Hauts plateaux	0.70 - 0.90
Sahara	0.40 - 0.60

d) Influence de la température du revêtement.

Pour les structures non bitumineuses ou dont l'épaisseur des enrobés bitumineux est inférieure à 10cm, la correction de la déflexion due à la température est insignifiante. Quant aux enrobés bitumineux dont l'épaisseur est supérieure à 10cm, un coefficient correcteur (Ct) de la déflexion caractéristique est nécessaire comme indiqué dans le graphe suivant:

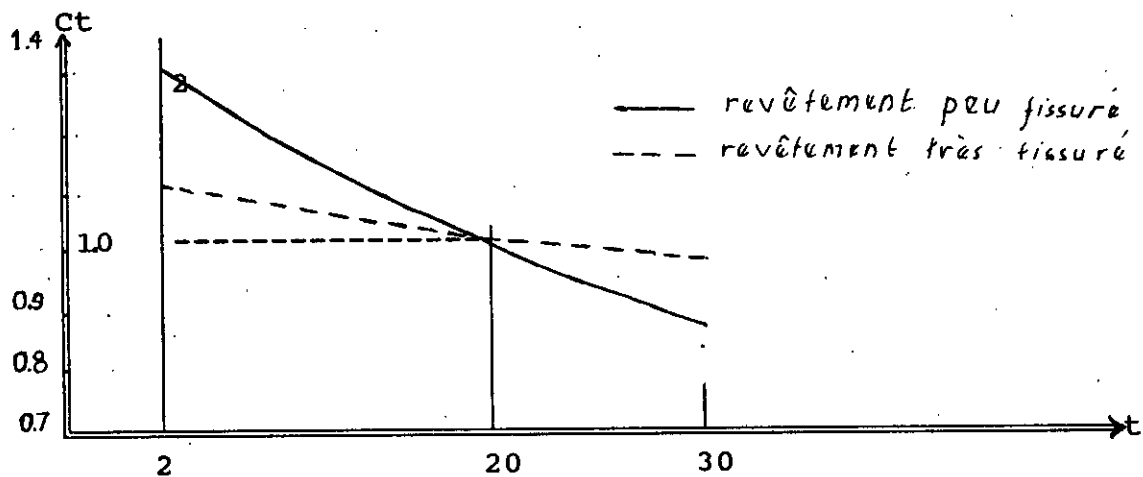


FIG 3: CORRECTION DE DEFLEXION PAR CT

Le graphe ci-dessus est élaboré par des expériences. On doit procéder à une interpolation polynomiale pour déterminer l'équation gouvernante du coefficient Ct en fonction de la température.

Les mesures de déflexion ne doivent s'opérer que si les conditions de température du revêtement sont respectées.

Type de revêtement	Epaisseur	Condition de température
revêtement bitumineux	$e \geq 10\text{cm}$	$2^\circ < T < 30^\circ$
revêtement bitumineux	$e < 10\text{cm}$	$2^\circ < T < 40^\circ$

2.3.4) Détermination de la déflexion de calcul.

La déflexion de calcul pour chaque zone homogène est déterminée comme suit:

$$d = DC * Cs * Cr * Ct$$

Avec DC: Déflexion Caractéristique,
Cs: Coefficient correcteur Saisonnier,
Cr: Coefficient correcteur régional,
Ct: Coefficient correcteur dû à la température du revêtement.

2.3.5) Evaluation de la portance résiduelle.

Le graphe ci-après permet d'évaluer la portance résiduelle de la chaussée.

En abscisse est porté le trafic lourd cumulé de charge utile supérieure ou égale à 05 tonnes (sur la voie la plus chargée). Ce dernier concerne aussi bien le trafic écoulé que le trafic prévisionnel pour la durée de vie escomptée. En ordonnée est portée la déflexion corrigée.

Le point représentatif obtenu par le couple (trafic, déflexion) indiquera donc la portance résiduelle de la chaussée.

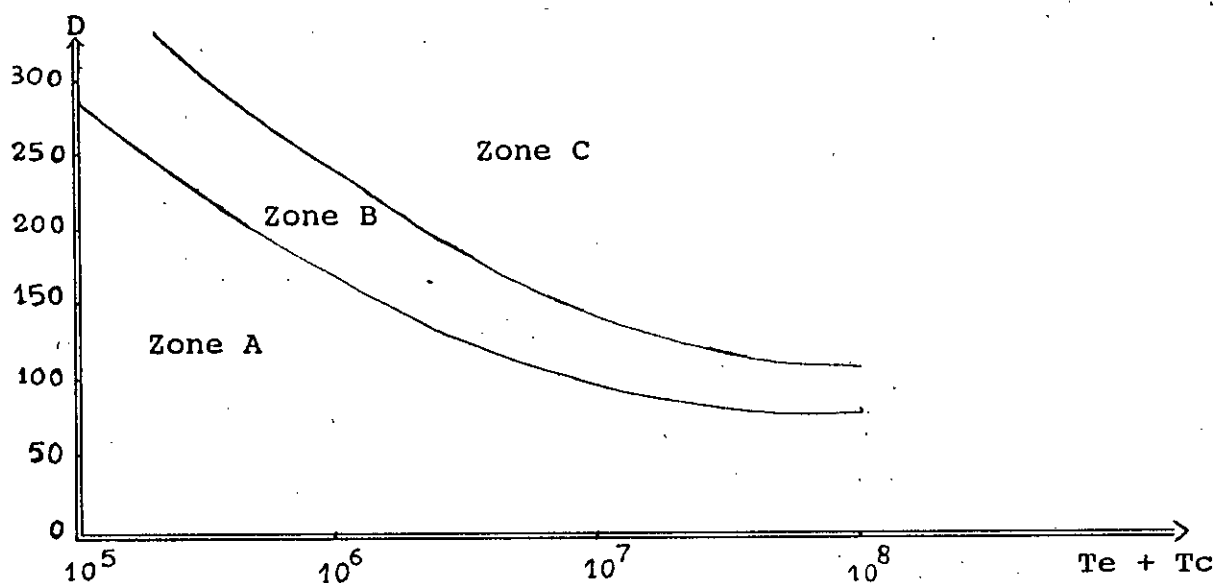


FIG 4: EVALUATION DE LA PORTANCE RESIDUELLE

Légende:

- Zone A: Portance résiduelle suffisante (Déflexion faible);
- Zone B: Portance résiduelle moyenne (Déflexion moyenne);
- Zone C: Portance résiduelle insuffisante (Déflexion forte);

2.4) Sondages sous chaussée et sous accotements.

Les sondages sous chaussée sont exécutés afin de connaître:

- les épaisseurs des différentes couches du corps de chaussée existant;
- la nature et l'état des matériaux constituant ces couches;
- la nature et les caractéristiques géotechniques du sol support.

Ces sondages étant ponctuels, il sera nécessaire de les prévoir en nombre suffisant pour permettre la connaissance aussi complète que possible de la chaussée. Cependant, pour minimiser le coût et les risques encourus par les opérateurs, l'ingénieur doit réduire au minimum le nombre de ces sondages par un choix judicieux de leurs emplacements.

En général, un sondage tout les 1 à 3 kilomètres est suffisant sauf en cas de présence d'importantes hétérogénéités de sol support et de structures de chaussée existante. Les sondages doivent être implantés à "cheval" entre l'accotement et la chaussée tels que schématisé ci-dessous:

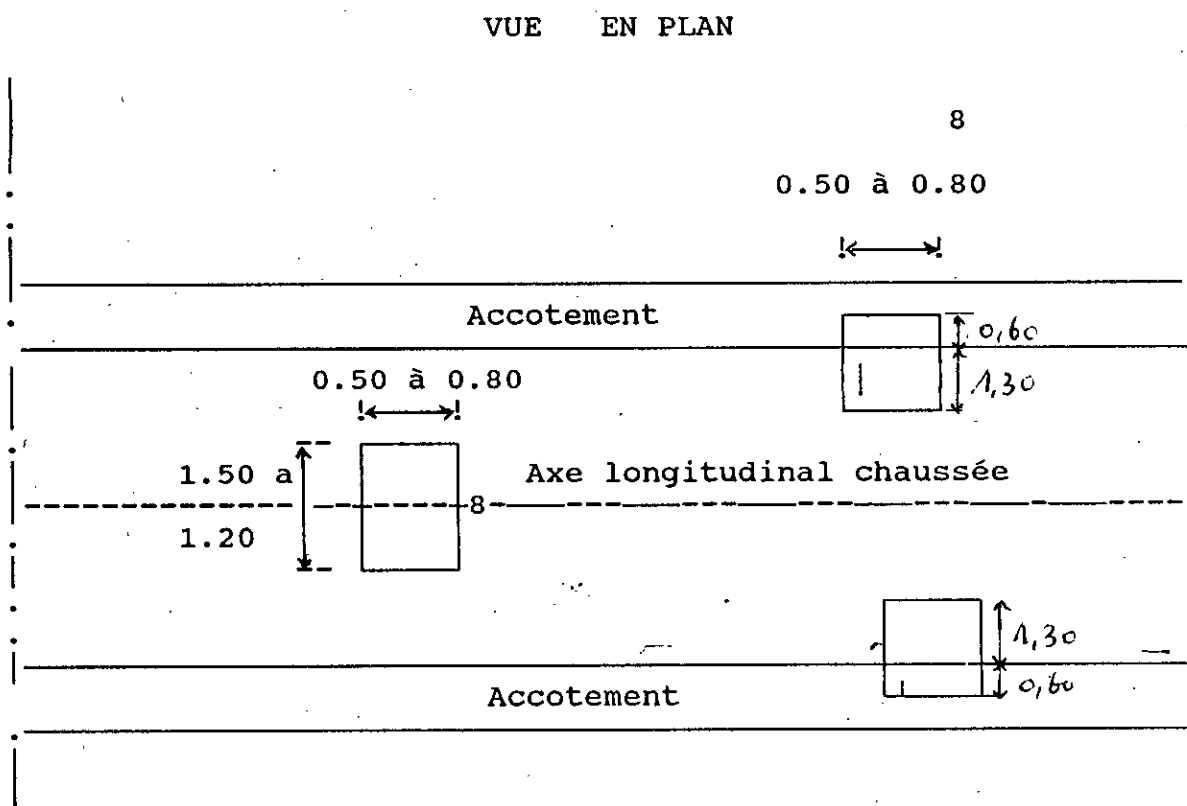
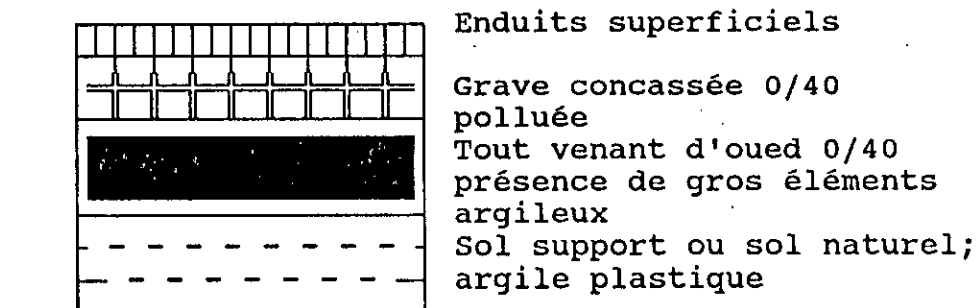


FIG 5: EMLACEMENT DES SONDAGES

La coupe de sondage doit reprendre de façon synthétique l'ensemble des informations obtenues (exemple ci-dessous):



III) DIAGNOSTIC

Le diagnostic est appelé à:

- Déterminer les causes probables des dégradations,
- Proposer les mesures à prendre,
- Choisir les remèdes.

Il nous permet aussi d'apprécier la concordance entre les différents paramètres d'auscultation et procéder au sectionnement en tronçons homogènes.

Pour mener à bien l'étude du diagnostic, il est nécessaire de relever toutes les données d'une manière assez précise à savoir:

- Le relevé de l'examen visuel;
- La réalisation des sondages;
- Mesure d'UNI et de déflexion.

Après avoir analysé toutes les données on établira un récapitulatif (schéma itinéraire) qui portera les indications suivantes:

- schéma de la route;
- tracé en plan -profil en long;
- repérage (PK ou PR);
- caractéristiques géométriques;
- déblais/remblais;
- assainissement (fossés);
- passage d'eau (dalots, buses, ...) et ouvrages d'art;
- coupe de chaussée;
- sol support (identification, portance);
- essais géotechniques;
- auscultation (résultat de déflexion, résultat d'UNI, relevé des dégradations);
- résultats de l'étude de trafic;
- numéro de section de dimensionnement;
- solution proposée;
- numéro de profil.

Voir exemple d'un schéma itinéraire en annexe C

3.1) Corroboration des données.

A partir des paramètres d'auscultation pathologique combinés entre eux et ce n'est pas une tâche facile, puisque certaines relèvent de mesures quantitatives continues, qu'elles soient objectives (déflexion, UNI) ou subjectives (relevé visuel) et d'autres d'appréciations qualitatives ponctuelles (sondages); on formule le diagnostic qui est appelé à déterminer les causes probables des dégradations observées, corroborer celles-ci aux données recueillies et enfin choisir les remèdes les plus appropriés.

Dans la pratique, on n'aboutit pas à toutes les combinaisons que permet l'association de 04 paramètres à 03 modalités, on rencontre en fait 07 principales qui figurent dans les tableaux suivants:

TABLEAU: 08

DEFLEXION		STRUCTURE		DEGRADATION		UNI		DIAGNOSTIC	OBSERVATIONS
Moyenne à Forte	Faible	Adéquate	Non adéquate	Dégradé à moyen	Non dégradé	Bon	Moyen à Mauvais		
			■	■			■	Il y a concordance entre la déflexion et les autres paramètres.	On peut utiliser la déflexion pour le découpage en zones homogènes puis procéder au dimensionnement du renforcement
	■	■			■	■		Il y a concordance entre la déflexion et les autres paramètres.	Procéder uniquement à l'entretien (enduisage)
	■	■		■			■	Vérifier l'état du revêtement : - formulation utilisée - essais de laboratoire : contrôle - matériaux utilisés Il s'agit probablement d'un défaut de surface. (enduit ou enrobé mal exécuté)	Défaut du revêtement reprofilage + traitement superficiel La déflexion n'est pas en rapport avec le défaut mis en évidence par l'examen visuel. Reprise de la couche de surface
			■		■		■	Vérifier nature et date des derniers travaux deux principaux cas peuvent se présenter : 1. chaussées neuves mal dimensionnées, peu dégradées en raison de leur jeune âge 2. revêtement récent qui masque l'état sérieux des dégradations	Revêtement récent ----> état visuel insignifiant. Utilisation de la déflexion pour découper en zones homogènes. Puis procéder au dimensionnement du renforcement.

TABLEAU: 09

DEFLEXION		STRUCTURE		DEGRADATION		UNI		DIAGNOSTIC	OBSERVATIONS
Moyenne à Forte	Faible	Adéquate	Non adéquate	Dégradé à moyen	Non dégradé	Bon	Moyen à Mauvais		
			■		■	■		Mêmes observations que le cas précédent	Mêmes observations que le cas précédent avec nécessité de reprofilage
		■		■			■	<ul style="list-style-type: none"> -défaut de la couche de base ou fondation -Portance mauvaise du sol -fatigue de la structure -Défaut probablement lié à une couche et non à la totalité de la structure -Le renforcement ne se fera pas nécessairement par apport de nouvelles couches il y a lieu de lever la difficulté par une étude spécifique 	<ul style="list-style-type: none"> -traitement des couches -traitement du sol -zoning pour la déflexion puis dimensionner le renforcement -La déflexion peut être utiliser pour ces zones présentant le défaut particulier qui a été repéré. La solution peut consister à pallier ce défaut en supprimant la cause et elle est dans ce cas indépendante de la valeur de la déflexion. Elle peut parfois consister à renforcer par apport d'une nouvelle couche et on utilise dans ce cas le dimensionnement nécessaire.
	■		■	■			■	<p>Vérifier la date des mesures ; (probablement les mesures ont été faites en période sèche).</p> <p>Dans ce cas la déflexion n'est pas représentative</p> <ul style="list-style-type: none"> -ce cas est fréquent au sud surtout pour les routes dont le corps de chaussée est constitué de sable gypseux (prise du gypse "effet de dalle") -épaisseurs d'enrobés très importantes (enrobés successifs). 	<ul style="list-style-type: none"> -La déflexion peut éventuellement servir pour le zoning du tronçon, elle ne peut être utiliser pour le renforcement. -Présence de fissures à traiter et probablement un revêtement superficiel. <p>dimensionner le renforcement.</p>

3.2) Synthèse

3.2.1) Sectionnement en tronçons homogènes.

On considère les tronçons homogènes comme étant des longueurs ayant les mêmes caractéristiques du point de vue:

- Déflexion mesurée (même classe);
- Etat du revêtement;
- Condition de drainage;
- Type et épaisseur des matériaux constituant le corps de chaussée;
- Nature du sol support;
- Nature du profil (déblai, remblai ou profil mixte);
- UNI;

Il est pratiquement impossible que tous ces paramètres concordent sur une même longueur. Naturellement, on ne peut pas avoir sur une longueur de route donnée (considérable) l'homogénéité de chaque paramètre:

- . Déflexion homogène (même classe)
- . Uni homogène (même amplitude)
- . Dégradations homogènes (même degré de gravité)

On se réfère donc au diagnostic (tableaux 8 et 9). Mais la complexité demeure, étant donné que le diagnostic ne nous permet que d'estimer une certaine concordance.

C'est dans ce souci et pour des raisons pratiques que le C.T.T.P fixe une longueur minimale de 500 m pour le sectionnement en tronçons homogènes.

La déflexion joue naturellement un rôle très important dans le sectionnement de l'itinéraire en tronçons "homogènes", car dans la plupart des cas, elle traduit correctement le comportement d'une chaussée souple. Cependant, considérer seul cet élément comme critère de sectionnement serait une erreur grave. A titre d'exemple, des variations ponctuelles inexplicables relevées sur l'histogramme de la déflexion (en particulier les pics localisés) ont conduit à engager des études particulières ou simplement à apporter une attention minutieuse à la chaussée pour expliquer ces singularités. Ces études font apparaître que l'une des origines des désordres était la présence d'eau dans le corps de chaussée.

Cette eau provient notamment:

- des anomalies de drainage;
- des fossés mal curés;
- des points bas où s'accumulent les eaux de ruissellement;
- des points hauts formant un ensellement et où la nappe phréatique se rapproche de la surface;

La réparation de ces différents défauts peut nécessiter un traitement localisé.

La déflexion est donc le paramètre prépondérant dans le sectionnement tronçons homogènes, néanmoins on procède au sectionnement par les autres paramètres.

a) sectionnement provisoire par relevé visuel:

Ce sectionnement est réalisé subjectivement par l'ingénieur en jugeant que les dégradations sont d'un même degré de gravité sur une certaine longueur.

b) sectionnement provisoire par relevé d'UNI:

Les appareils de mesure de l'uni donnant des coefficients sur des distances bien définies (exp CAPL tous les 25 m). Ils nous offrent donc la possibilité de sectionner l'itinéraire sans grande difficulté. Mais l'uni ne reflète pas l'état de la structure de chaussée aussi bien que la déflexion.

c) sectionnement par mesure de déflexion

La déflexion rapporte fidèlement l'état de la structure résiduelle. On se base donc sur ce module pour sectionner en se reportant, pour éviter des erreurs éventuelles, au diagnostic. Pour cela, le découpage du déflectogramme doit se faire d'une manière très rigoureuse. Pour ce faire, nous avons utilisé une méthode statistique efficace (VAN NEWMAN)

METHODE DE TRAITEMENT POUR LE SECTIONNEMENT EN ZONES HOMOGENES
(Test de Von Neumann)

1) Nature des données :

Les enregistrements en continu de la déflexion d'une chaussée sont constitués de séries de données indépendantes. Les mesures sont réalisées tous les 3,4 mètres par le déflectographe.

La nature des données et le type du problème posé nous ont orientés vers le choix de méthode statistique, cependant il est nécessaire, d'une part, de disposer d'une méthode capable de déceler les variations significatives du paramètre mesuré, et d'autre part, d'un test statistique afin de découper l'enregistrement en un certain nombre de zones telles que :

- l'écart entre les valeurs moyenne du paramètre de deux zones soit significatif,
- la dispersion du paramètre dans chaque zone ait un sens.

Ce test nous permet de confirmer ou d'infirmer l'homogénéité de la zone étudiée, en utilisant un critère d'homogénéité.

2) Technique du découpage en zones homogènes :

a) Critère d'homogénéité et test associé :

Le choix d'un critère d'homogénéité repose sur un certain nombre d'hypothèses quant à la nature du paramètre étudié. Ainsi le résultat de la mesure de la déflexion est lié à un nombre important de facteurs (nature et épaisseur de la structure, typologie du trafic routier, etc...).

Etant donné le grand nombre de causes de ce paramètre on peut faire les hypothèses suivantes :

H0 : Dans une zone homogène les observations sont indépendantes d'une loi normal.

H1 : L'écart entre deux valeurs successives ne soit pas significatif.

Nous avons choisi le test du carré moyen des différences successive qui est particulièrement bien adapté à l'étude du caractère aléatoire et gaussien d'une suite d'observations.

Soient n valeurs du paramètre étudié :

X_j est la jème valeur $1 \leq j \leq n$

On définit :

- La valeur moyenne du paramètre par :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j$$

- La moyenne quadratique des différences successives par :

$$D = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} (X_{j+1} - X_j)^2$$

- La moyenne quadratique des écarts à la moyenne par :

$$S = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2$$

Sous l'hypothèse H0 on a :

$$E(D) = 2.S$$

Le principe du test est d'estimer la dispersion σ^2 de deux manières différents, et d'utiliser le rapport des deux estimateurs.

$$\Gamma = \frac{D}{2.S} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} (X_{j+1} - X_j)^2}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}$$

Quand n est grand $\frac{n}{n-1} \rightarrow 1$

Alors Γ s'écrit sous la forme :

$$\Gamma = \frac{1}{2} \frac{\sum_{j=1}^{n-1} (X_{j+1} - X_j)^2}{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}$$

. Si les résultats des n mesures supposées appartenir à une population normale apparaissent de façon aléatoire, alors la quantité Γ a une valeur probable égale à 1.

. Une valeur de Γ nettement inférieure à 1 indique une progression continue des mesures des variations périodiques lentes ou des groupements anormaux; tandis qu'une valeur de Γ nettement supérieure à 1 indique des fluctuations rapides.

La variable Γ peut être considérée comme aléatoire quand on multiplie au hasard les prélèvements de n valeurs dans une population normale.

Une valeur de Γ appartenant au voisinage de 1 permet d'affirmer que l'enregistrement suit une loi normale : on dira alors que la zone est homogène.

Soit $[\Gamma_\alpha, \Gamma_{1-\alpha}]$ ce voisinage, d'où :

- . $\Gamma_\alpha \leq \Gamma \leq \Gamma_{1-\alpha}$: La suite peut être considérée comme appartenant à une population normale: on dira alors que la zone est homogène.
- . $\Gamma < \Gamma_\alpha$: On admettra que la suite contient des variations lentes ou des groupement anormaux.
- . $\Gamma > \Gamma_{1-\alpha}$: On dira que la suite contient des fluctuations rapides.

D'autre part, si $n > 25$ la quantité

$$U = (1 - F) \left[\frac{n^2 - 1}{n - 2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

suit une loi normal centrée réduite $N(0,1)$. A partir de F on calcule U que l'en compare aux limites $U\alpha$ et $U1-\alpha$.

On procede comme dans le cas précédent :

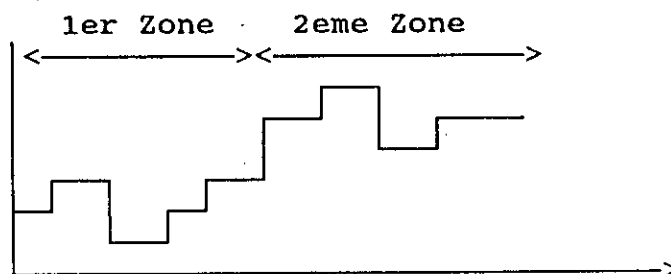
- . $U\alpha \leq U \leq U1-\alpha$: La suite peut être considérée comme appartenant à une population normal: on dira alors que la zone est homogène.
- . $U < U\alpha$: On admettra que la suite contient des variations lentes ou des groupement anormaux.
- . $U > U1-\alpha$: On dira que la suite contient des fluctuations rapides.

Remarque : α reposesente le risque d'affirmer à tort que la suite n'est pas issue d'une population normale.

b) Méthode de découpage :

La demarche consiste à trouver un indice (i) frontiere entre les deux zones tel que :

- la somme des carrés des ecartis inter-zone soit maximal
- la somme des carrés des ecartis intra-zone soit minimal.



Soit n le nombre de mesures dans l'enregistrement et \bar{X} la valeur moyenne :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n}$$

1er zone : i points, $1 \leq j \leq i$ de moyenne :

$$\bar{X}_1 = \sum_{j=1}^i X_j$$

2eme zone : $n-i$ points, $i < j \leq n$ de moyenne :

$$\bar{X}_2 = \sum_{j=i+1}^n X_j$$

Soit S la somme des carrés des écarts entre les mesures et la moyenne :

$$S = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2$$

S peut être décomposée en une somme de quatre termes en fonction des moyennes des mesures des deux zones :

$$S = \sum_{j=1}^i (X_j - \bar{X})^2 + \sum_{j=i+1}^n (X_j - \bar{X})^2 + i(\bar{X}_1 - \bar{X})^2 + (n-i)(\bar{X}_2 - \bar{X})^2$$

On pose :

$$W = \sum_{j=1}^i (X_j - \bar{X})^2 + \sum_{j=i+1}^n (X_j - \bar{X})^2$$

$$B = i(\bar{X}_1 - \bar{X})^2 + (n-i)(\bar{X}_2 - \bar{X})^2$$

Avec :

W : représente la somme des carrés des écarts intra-zone.

B : représente la somme des carrés des écarts inter-zone.

Donc le point i frontière entre les deux zones correspond au maximum de la valeur du rapport B/W .

S est constante pour un enregistrement donné mais les valeurs de W et B varient si i varie.

Exprimons B et W sous des formes différentes sachant que les termes :

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^p (X_k - \bar{X})^2 &= \sum_{k=1}^p (X_k)^2 - p \cdot \bar{X}^2 \\ &= \sum_{k=1}^p (X_k)^2 - p \cdot \left(\sum_{k=1}^p X_k \right)^2 \end{aligned}$$

Alors :

$$W = \sum_{j=1}^n X_j^2 - \frac{1}{i} \left(\sum_{j=1}^i X_j \right)^2 - \frac{1}{n-i} \left(\sum_{j=i+1}^n X_j \right)^2$$

$$B = - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n X_j^2 \right) + \frac{1}{i} \left(\sum_{j=1}^i X_j \right)^2 + \frac{1}{n-i} \left(\sum_{j=i+1}^n X_j \right)^2$$

On centre les variables pour ce faire on fait un changement d'origine sur les valeurs initiales :

$$Y_j = X_j - \bar{X}$$

$$\text{Alors } \sum_{j=1}^n Y_j = 0$$

$$\text{et par suite } \sum_{j=i}^i Y_j = - \sum_{j=n-i}^n Y_j$$

Les expressions de W et B deviennent :

$$W = \sum_{j=1}^n Y_j^2 - \frac{n}{i(n-i)} \left(\sum_{j=1}^i Y_j \right)^2$$

$$B = - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n Y_j^2 \right) + \frac{n}{i(n-i)} \left(\sum_{j=1}^i Y_j \right)^2$$

Pour un enregistrement donné on :

$$\sum_{j=1}^n Y_j^2 = \text{Cste} \quad \text{et} \quad \left(\sum_{j=1}^n Y_j \right)^2 = 0$$

Donc : $W = Cste - G(i)$; $B = G(i)$

tel que : $G(i) = \frac{n}{i(n-i)} \left(\sum_{j=1}^i Y_j \right)^2$

et $Cste = \sum_{j=1}^n Y_j^2$

Le rapport B/W est maximal si et seulement si G(i) est maximal.

c) Algorithme de découpage en zones homogènes : —

Le principe de l'algorithme consiste à combiner le critère d'homogénéité et la technique de découpage sur l'ensemble des enregistrements par dichotomie.

Etape 1 : On applique le test à l'ensemble de l'enregistrement. SI le test montre que l'enregistrement répond au critère d'homogénéité, ALORS on passe à l'enregistrement suivant, SINON on début l'Etape 2.

Etape 2 : SI le test indique que l'enregistrement contient des variations lentes ou des groupements anormaux, on met en oeuvre la méthode de découpage pour déterminer l'indice i qui maximise G(I). L'enregistrement est découpé en deux zones, la limite entre les deux zones correspond au point i

1er zone : i points $1 \leq j \leq i$
2eme zone : n-i points $i < j \leq n$

Etape 3 : On applique le test d'homogénéité aux deux zones déterminées précédemment.

SI les zones répondent au critère d'homogénéité, ALORS on arrête le traitement, SINON elles sont redécoupées on retourne donc à l'étape 2.

3.2.2) Détermination du type de renforcement

Il n'est pas possible de définir une règle précise pour la détermination du type de renforcement qui relève du bon sens de l'ingénieur et de son expérience.

Des grilles de décision ont été établies pour conduire au choix du type de renforcement:

- léger;
- moyen;
- lourd;
- très lourd.

Pour cela on retiendra la grille de décision suivante:

TABLEAU 8: GRILLE DE DECISION

	UNI			DEFLEXION			DEGRADATION		
	Bon	Moyen	Mauvais	Bon	Moyen	Mauvais	Bon	Moyen	Mauvais
	ENTRETIEN	*			*			*	
LEGER	*			*				*	
	*				*		*		
		*		*			*		
		*		*				*	
			*	*			*		
MOYEN	*				*			*	
	*			*					*
		*		*					*
		*			*		*		
		*			*			*	
			*	*				*	
			*		*		*		
	*				*				*
LEURD			*		*				*
			*		*			*	
		*			*				*
			*			*		*	
			*			*	*		
		*				*		*	
		*				*	*		
TRES LOURD		*				*			*
			*			*			*

IV) DIMENSIONNEMENT

Il existe plusieurs méthodes de renforcement se basant sur des modèles mathématiques utilisant différentes techniques de renforcement.

Au CTP est utilisé le catalogue des structures types de renforcement qui propose des structures pour 3 types de matériaux :

- graves non traitées;
- matériaux traités aux liants hydrocarbonés;
- matériaux traité aux liants hydrauliques.

Ces structures peuvent être adaptées en fonction de 2 paramètres déterminés au préalable :

- la classe de trafic;
- le type de renforcement décidé lors du diagnostic en conjuguant les critères d'état de la chaussée .

4.1) Durée de validité des principaux indicateurs d'état de la chaussée.

La durée de validité des indicateurs d'état de la chaussée dépend principalement de la vitesse d'évolution de chaque paramètre. En l'absence d'une étude spécifique pour mettre en évidence la durée de validité de ces indicateurs en Algérie, il est recommandé de considérer les références suivantes:

- durée de validité de la déflexion.....4 ans
- durée de validité de l'uni:.....2 ans
- durée de validité du relevé des dégradations...2 ans

La durée de validité d'une étude de renforcement est de deux années, mais dans le cas où les travaux n'interviennent pas dans la dite durée il sera procédé à sa réactualisation.

4.2) Structures types de renforcements pour les routes à fort et à faible trafics considérés séparément. [4]

* T0, T1, T2, T3, T4, T5: sont les classes de trafic définies dans le chapitre qui traite la "détermination du trafic".






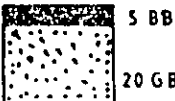



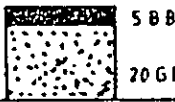
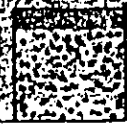

* Léger, moyen, lourd, très lourd: sont les types de renforcements définis dans le chapitre "Diagnostic".

- * BB: Béton Bitumineux
- ES: Enduit Superficiel
- GB: Grave Bitume
- G: Grave non traité
- GLx: Grave laitier à la chaux
- GC: Grave Ciment
- GLy: Grave laitier au gypsonat.
- * Les épaisseurs sont indiquées en centimètre

TECHNIQUE DE RENFORCEMENT

BASE: GRAVE BITUME (G B)

REVETEMENT: BETON BITUMINEUX (B B)



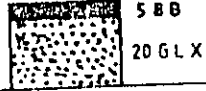
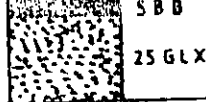

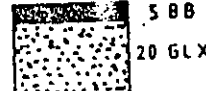
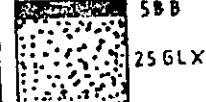
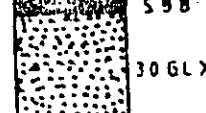


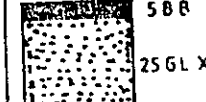
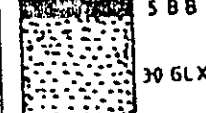
Type de Renforcement Classes de trafic	leger	moyen	lourd	tres lourd
T 3	 5 BB 12 GB	 5 BB 16 GB	 5 BB 20 GB	 5 BB 25 GB
T 4	 5 BB 16 GB	 5 BB 20 GB	 5 BB 25 GB	 5 BB 30 GB
T 5	 5 BB 16 GB	 5 BB 20 GB	 5 BB 25 GB	 5 BB 30 GB



STRUCTURE NON CONSEILLEE (NECESSITE D UNE ETUDE COMPLEMENTAIRE)

TECHNIQUE DE RENFORCEMENT




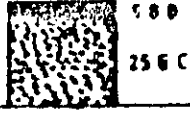



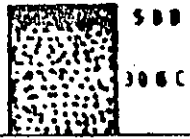



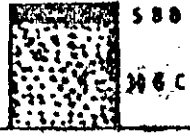
BASE: GRAVE LAITIER A LA CHAUX (GLX)
 REVETEMENT: BETON BITUMINEUX (BB)

Type de Renforcement Classes de trafic	leger	moyen	lourd	treslourd
T3	 5 BB 15 GLX	 5 BB 15 GLX	 5 BB 20 GLX	 5 BB 25 GLX
T4	 5 BB 15 GLX	 5 BB 20 GLX	 5 BB 25 GLX	 5 BB 30 GLX
T5	 5 BB 15 GLX	 5 BB 20 GLX	 5 BB 25 GLX	 5 BB 30 GLX

TECHNIQUE DE RENFORCEMENT

BASE: GRAVE CIMENT (G C)




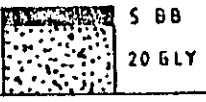

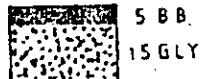
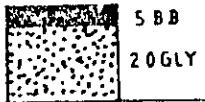



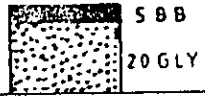
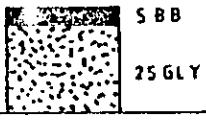
REVETEMENT: BETON BITUMINEUX (B B)

Type de Renforcement Classes de trafic	leger	moyen	lourd	treslourd
T 3	 5BB 15GC	 5BB 15GC	 5BB 20GC	 5BB 25GC
T 4	 5BB 15GC	 5BB 20GC	 5BB 25GC	 5BB 30GC
T 5	 5BB 15GC	 5BB 20GC	 5BB 25GC	 5BB 30GC

TECHNIQUE DE RENFORCEMENT

BASE: GRAVE LAITIER AU GYPSONAT (GLY)

REVETEMENT: BETON BITUMINEUX (BB)

Type de Renforcement Classes de trafic	leger	moyen	lourd	treslourd
T 3	 5BB 10 GLY	 5BB 10 GLY	 5BB 15 GLY	 5BB 20 GLY
T 4	 5BB 10 GLY	 5BB 15 GLY	 5BB 20 GLY	 5BB 25 GLY
T 5	 5BB 10 GLY	 5BB 15 GLY	 5BB 20 GLY	 5BB 25 GLY




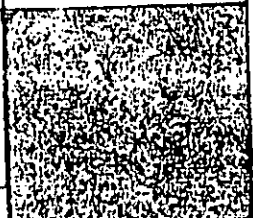

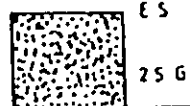
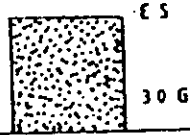
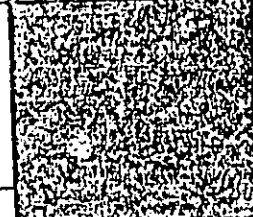


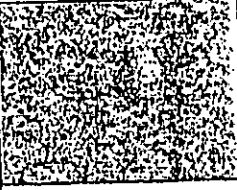

TECHNIQUE DE RENFORCEMENT

BASE: GRAVE NON TRAITEE (G)

REVETEMENT: ENQUIT SUPERFICIEL (ES)

OU

BETON BITUMINEUX (BB)

Type de Renforcement Classes de trafic	leger	moyen	lourd	tres lourd
T 0	 <p>ES 15 G</p>	 <p>ES 20 G</p>	 <p>ES 25 G</p>	
T 1	 <p>ES 20 G</p>	 <p>ES 25 G</p>	 <p>ES 30 G</p>	
T 2	 <p>SBB 20 G</p>	 <p>SBB 25 G</p>		

REMARQUE

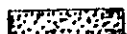





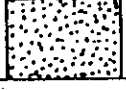





STRUCTURE NON CONSEILLEE (NECESSITE D'UNE ETUDE COMPL EMENTAIRE)

TECHNIQUE DE RENFORCEMENT

BASE : GRAVE BITUME (GB)

REVETEMENT : ENDUIT SUPERFICIEL (ES)

BETON BITUMINEUX (BB)

Type de Renforcement Classes de trafic	leger	moyen	lourd	tres lourd
T0	 ES 8 GB	 ES 12 GB	 ES 16 GB	
T1	 ES 10 GB	 ES 16 GB	 ES 20 GB	
T2	 5 BB 8 GB	 5 BB 16 GB	 5 BB 20 GB	

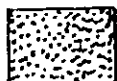


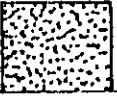



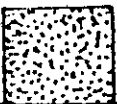

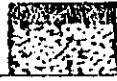

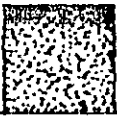
 STRUCTURE NON CONSEILLEE (NECESSITE D'UNE ETUDE COMPLEMENTAIRE)

TECHNIQUE DE RENFORCEMENT

BASE : GRAVE CIMENT (GC)

REVETEMENT : ENDUIT SUPERFICIEL (ES)
OU

BETON BITUMINEUX (BB)

Type de Renforcement Classes de trafic	leger	moyen	lourd	tres lourd
T0	 ES 20 GC	 ES 20 GC	 ES 20 GC	 ES 25 GC
T1	 ES 20 GC	 ES 20 GC	 ES 20 GC	 ES 25 GC
T2	 5 BB 15 GC	 5 BB 25 GC	 5 BB 20 GC	 5 BB 25 GC




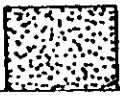

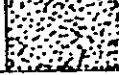






TECHNIQUE DE RENFORCEMENT

BASE: GRAVE LAITIER A LA CHAUX (GLX)

REVETEMENT: ENDOIT SUPERFICIEL (ES)

OU

BETON BITUMINEUX (BB)

Type de Renforcement Classes de trafic	leger	moyen	lourd	tres lourd
T0	 ES 20 GLX	 ES 20 GLX	 ES 20 GLX	 ES 25 GLX
T1	 ES 20 GLX	 ES 20 GLX	 ES 20 GLX	 ES 25 GLX
T2	 5 BB 15 GLX	 5 BB 15 GLX	 5 BB 20 GLX	 5 BB 25 GLX

TECHNIQUE DE RENFORCEMENT

BASE: GRAVE LAITIER AU GYPSONAT (GLY)

REVETEMENT: ENOUIT SUPERFICIEL (ES)

OU

BETON BITUMINEUX (BB)

Type de Renforcement Classes de trafic	leger	moyen	lourd	tres lourd
T0				
T1				
T2				

STRUCTURE NON CONSEILLEE (NECESSITE D UNE ETUDE COMPLEMENTAIRE)

4.3) Dimensionnement des épaulements.

L'épaulement d'une chaussée est nécessaire, il présente les avantages suivants:

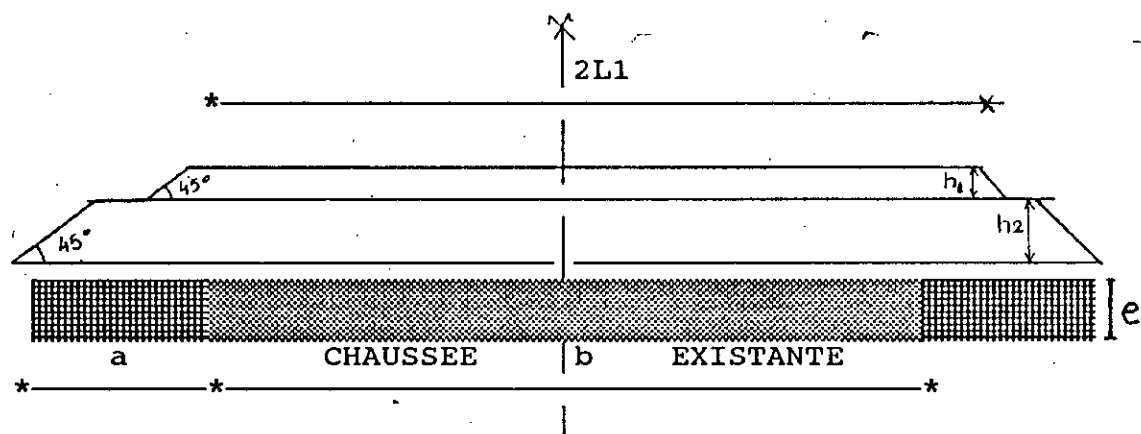
- butée des rives de l'ancienne chaussée;
- écran aux infiltrations d'eau latérale provenant des accotements;
- amélioration de la qualité du support de la couche de renforcement en rives;
- augmentation du gabarit de la route.

Cependant, ces avantages peuvent être annihilés par les défauts de réalisation:

- Liaison défectueuse avec l'ancienne chaussée (apparition de fissures longitudinales)
- Création de pièges à eau dans les rives de l'ancienne chaussée
- Difficulté de compactage

L'épaulement se trouve dans la partie de la chaussée la plus agressée par les essieux lourds. Il doit être étudié par son dimensionnement et sa géométrie qui sont les deux paramètres dont dépendent la résistance des rives et la qualité des matériaux à mettre en oeuvre.

4.3.1) Détermination de la longueur cumulée des épaulements.



- 2L1 : largeur après renforcement de la couche de roulement;
- a : largeur d'un épaulement;
- 2a : largeur cumulée des épaulements;
- e : épaisseur de l'épaulement;
- b : largeur de la chaussée existante (largeur récupérable).

Si $b \geq 2L_1 + 2(h_1+h_2)$ l'épaulement n'est pas nécessaire

Si $b < 2L_1 + 2(h_1+h_2)$ donc la largeur cumulée des épaulements sera la différence entre les deux paramètres de l'inéquation.

$$2a = 2L_1 + 2(h_1+h_2) - b$$

avec $a \geq 0.60$ m. (condition minimale)

4.3.2) Dimensionnement des épaulement

Le catalogue des structures types de dimensionnement des chaussées neuves nous permet de dimensionner l'épaulement par une technique définie au préalable. On détermine donc l'épaisseur équivalente de la chaussée neuve à partir de la classe du sol support et du trafic. L'épaisseur de l'épaulement est obtenue en diminuant l'épaisseur du renforcement de celle de la chaussée neuve.

Remarques:

1 - Il est préférable de ne pas réaliser d'épaulement si l'on n'a pas des largeurs saines récupérables de 7,60m et plus. En effet, épauler sur de faibles largeurs peut entraîner des risques et des difficultés d'exécution.

2 - L'épaisseur de l'épaulement sera surdimensionnée de 05cm, ceci pour des raisons de dispersions à l'exécution et de difficultés d'atteindre les compacités de fond de fouilles escomptées. L'épaisseur minimale est de 30cm.

3 - Cas d'épaulement unilatéral: l'épaulement réalisé sur un côté de la chaussée entraîne un déport d'axe qui doit être étudié, néanmoins l'épaulement unilatéral présente les avantages suivants:

- largeur des fouilles plus importantes permettant l'utilisation d'engins de compactage plus efficaces;

- facilité d'exécution de la découpe. Ce cas se présente quand la route présente des obstacles (naturels ou techniques) sur une des rives de la chaussée.

4 - Accotement: le calibrage de la chaussée par des épaulements peut conduire, après réalisation de ceux-ci, à une largeur résiduelle d'accotement faible. Ce cas de figure est dangereux. Deux solutions peuvent être envisagées dans ce cas là:

- élargissement de la plate-forme pour réaliser des accotements qui répondent aux normes de sécurité.

- le busage et le remblaiement du fossé dans le cas de largeurs limitées.

4.4) Cas particuliers de dimensionnement.

4.4.1) Cas de traversée d'agglomération.

L'exécution des travaux par l'écrasement ou scarification étant difficile car il y a :

- un manque d'espace de travail;
- une gêne forte de circulation;
- divers risques et dangers.

On cherchera par priorité, un renforcement par rechargement en assises traitées même s'il est nécessaire de relever les bordures de trottoirs. La technique de renforcement en structure traitée en place est recommandée.

Recourir à un dimensionnement en chaussée neuve nécessite la connaissance du sous sol urbain et la position des réseaux divers.

4.4.2) Cas d'une reconstruction totale.

Lorsque la portance résiduelle est trop faible et l'aspect visuel est non acceptable d'une chaussée, alors sa structure se trouve sous dimensionnée. Nous pouvons donc songer à une reconstruction si le niveau de service à respecter ne permet d'envisager ni un renforcement ni une reconstruction partielle. Le dimensionnement se fera comme dans le cas d'une chaussée neuve où les structures sont déterminées à partir des classes de trafic et des classes des plate-formes supports (classification à partir du CBR in-situ).

4.5) Prise en considération de l'assainissement et du drainage interne dans le dimensionnement.

Les eaux superficielles et internes qui pénètrent et s'accumulent dans les chaussées non drainées sont comptées parmi les causes principales d'endommagement prématuré et continu des routes.

Les travaux de drainage et d'assainissement doivent être conçus dans le dimensionnement comme travaux complémentaires indispensables à ceux du renforcement. Généralement, l'action de drainage consiste en la réalisation de drains s'ils n'existent pas, ou la réfection des différents dispositifs existants: drains latéraux.

Les méthodes de réduction des venues d'eau peuvent être citées:

- le drainage interne de la chaussée;
- le scellement des joints et des fissures;
- le drainage en bordure de la route;
- emploi de matériaux insensibles à l'eau.

Les drains sont constitués de matériaux granulaires adéquats, facilitant l'écoulement des eaux à travers cette couche et les évacuent vers des systèmes d'avaloirs, de buses et de fossés.

Parallèlement aux travaux de drainage, les travaux d'assainissement consistent à mettre en place divers types de collecteurs d'eau et à faire évacuer les eaux hors emprises.

Selon le rôle fonctionnel de ces systèmes, on distingue:

- les fossés de crête, construites en haut des talus permettant la protection de ceux-ci contre l'érosion. L'écoulement en contrebas, par des descentes d'eau qui assurent l'évacuation des eaux vers des fossés longitudinaux aux bas des talus;

- un autre moyen permettant de protéger la chaussée contre les effets de bord est l'imperméabilisation des accotements sur au moins 0,1m, par une imprégnation sablée, ou un revêtement mono-couche. Cela a pour but, l'évacuation rapide vers les fossés, des eaux superficielles tombées sur la chaussée et sur les accotements.

2025 RELEASE UNDER E.O. 14176

PARTIE C.

Introduction.

Dans cette dernière partie de notre rapport, nous relatons le côté pratique de notre travail illustrant la méthode de dimensionnement du renforcement exposée dans la partie B.

Aucun développement théorique n'est fourni, l'essentiel étant le fonctionnement efficace du logiciel.

Nous nous sommes contentés donc de présenter le logiciel et de donner un aperçu succinct sur la manière de saisir les différentes données.

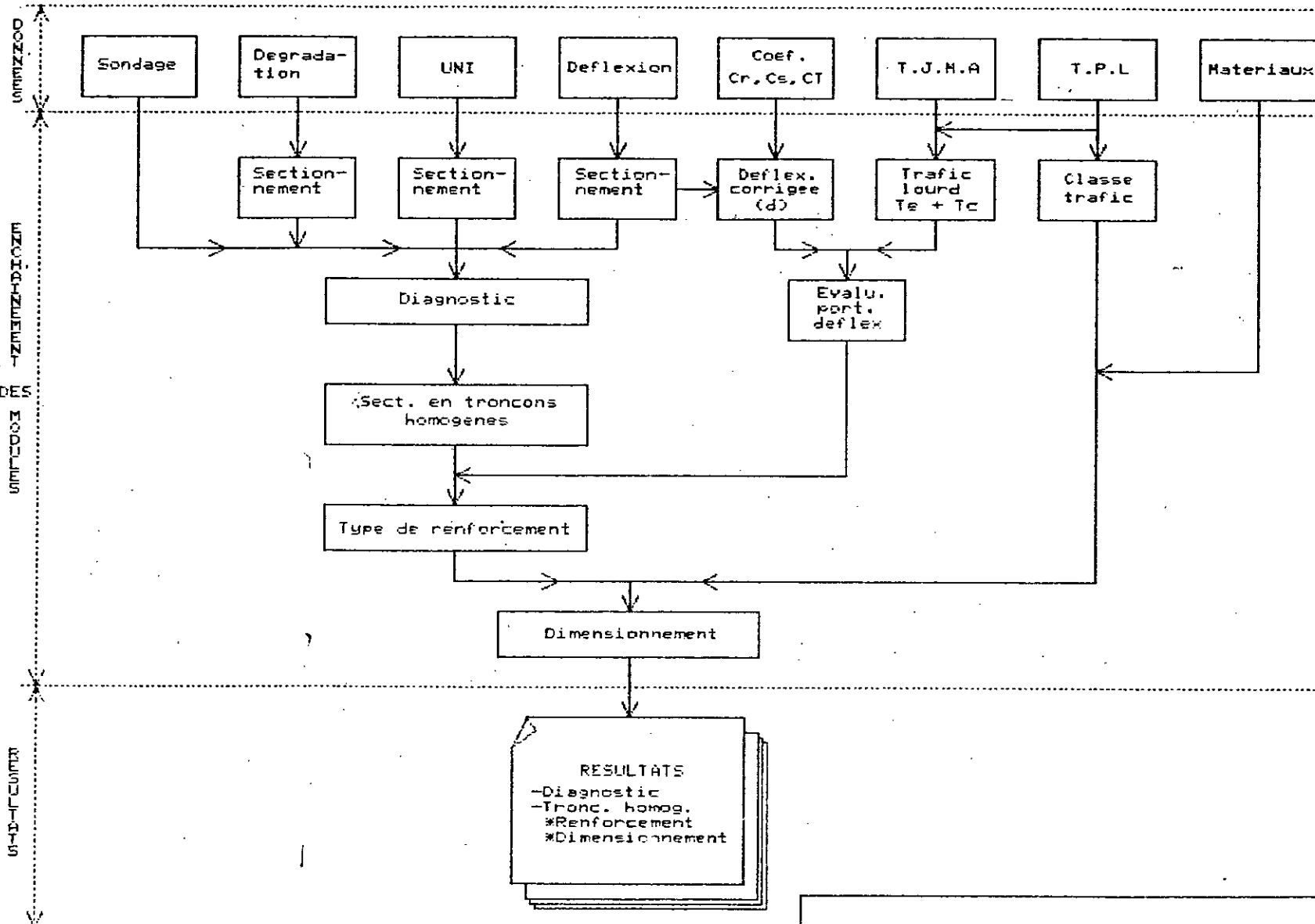
1) Description du logiciel.

Le langage utilisé pour le développement de ce logiciel est le langage PASCAL qui permet une conception modulaire du logiciel pour faciliter à l'utilisateur la mise à jour de certains modules en cas de nécessité.

Ce logiciel, est constitué d'un ensemble de modules, chacun d'eux réalise une étape de la méthode de dimensionnement du renforcement. Nous reproduisons sous forme d'un schéma l'enchaînement des différents modules, leurs organigrammes, leurs données ainsi que leurs résultats associés.

A signaler que les sorties de certains modules peuvent servir d'entrées à d'autres. Par exemple Les modules de sectionnement en tronçons homogènes utilisent comme entrées les sorties du module Diagnostic.

SCHEMA SYNOPTIQUE DU LOGICIEL



53

Sous-programme: UNI (Bump + APL 25)

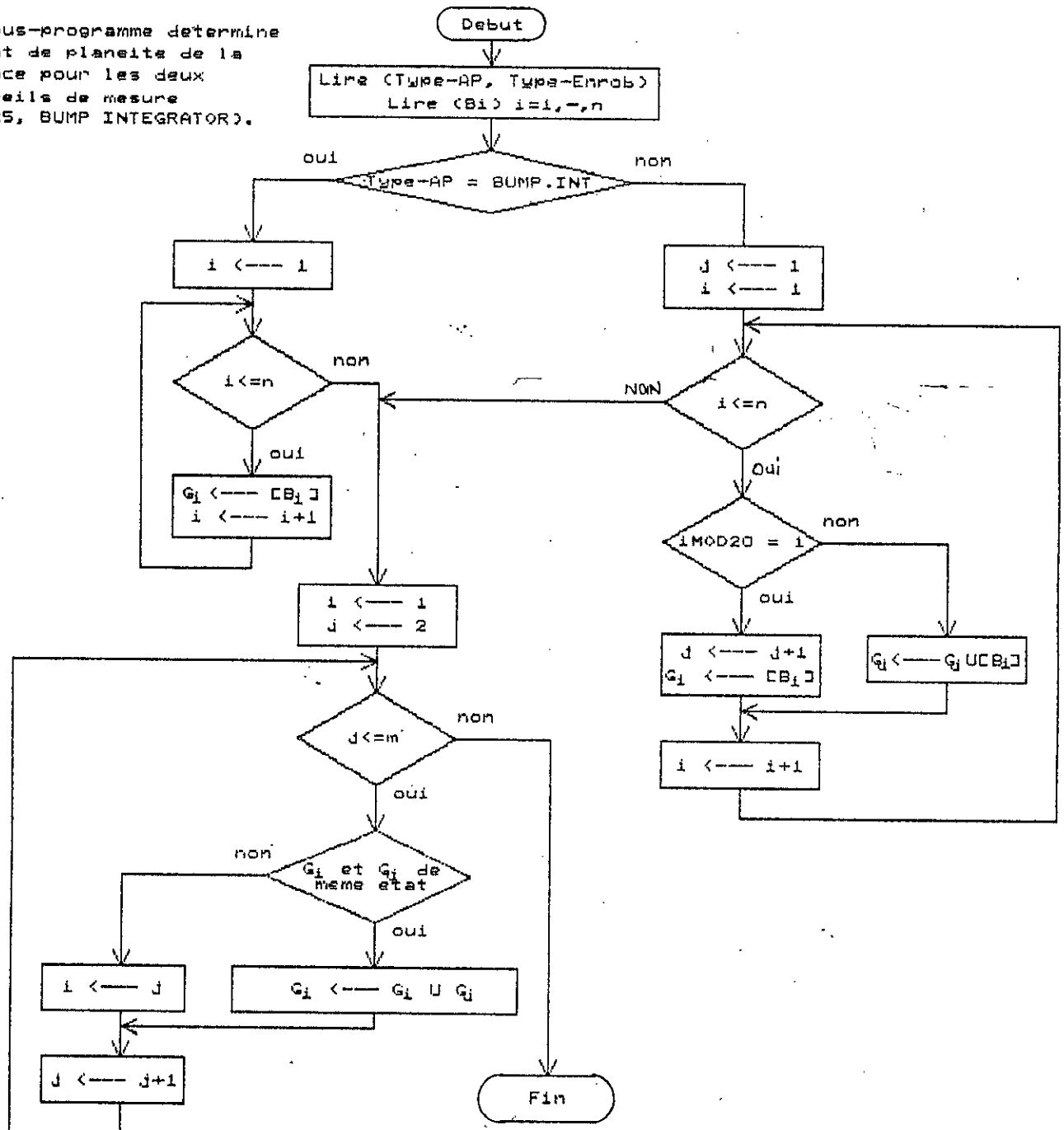
Ce sous-programme détermine les sections de la chaussée de même état en fonction du type d'appareillage utilisé et du type d'enrobé.

Nom	Type	Nature	Observations
Type-AP	entrée	(1,2)	Type d'appareillage.
B _i	entrée	Num.	1 ^{er} coefficient (B1/APL25)
n	entrée	Num.	Nombre de coefficients.
BUMP-INT	interne	(1)	Appareil BUMP-INTEGRATOR
G _i	sortie	Ens.	1 ^{er} Groupe.
Etat	sortie	(1,2;3)	Etat d'un groupe.

TABLE DES VARIABLES.

Sous-programme: UNI (bump + APL 25)

Ce sous-programme determine l'etat de planeite de la surface pour les deux appareils de mesure (APL25, BUMP INTEGRATOR).



Sous-programme: ETAT-UNI

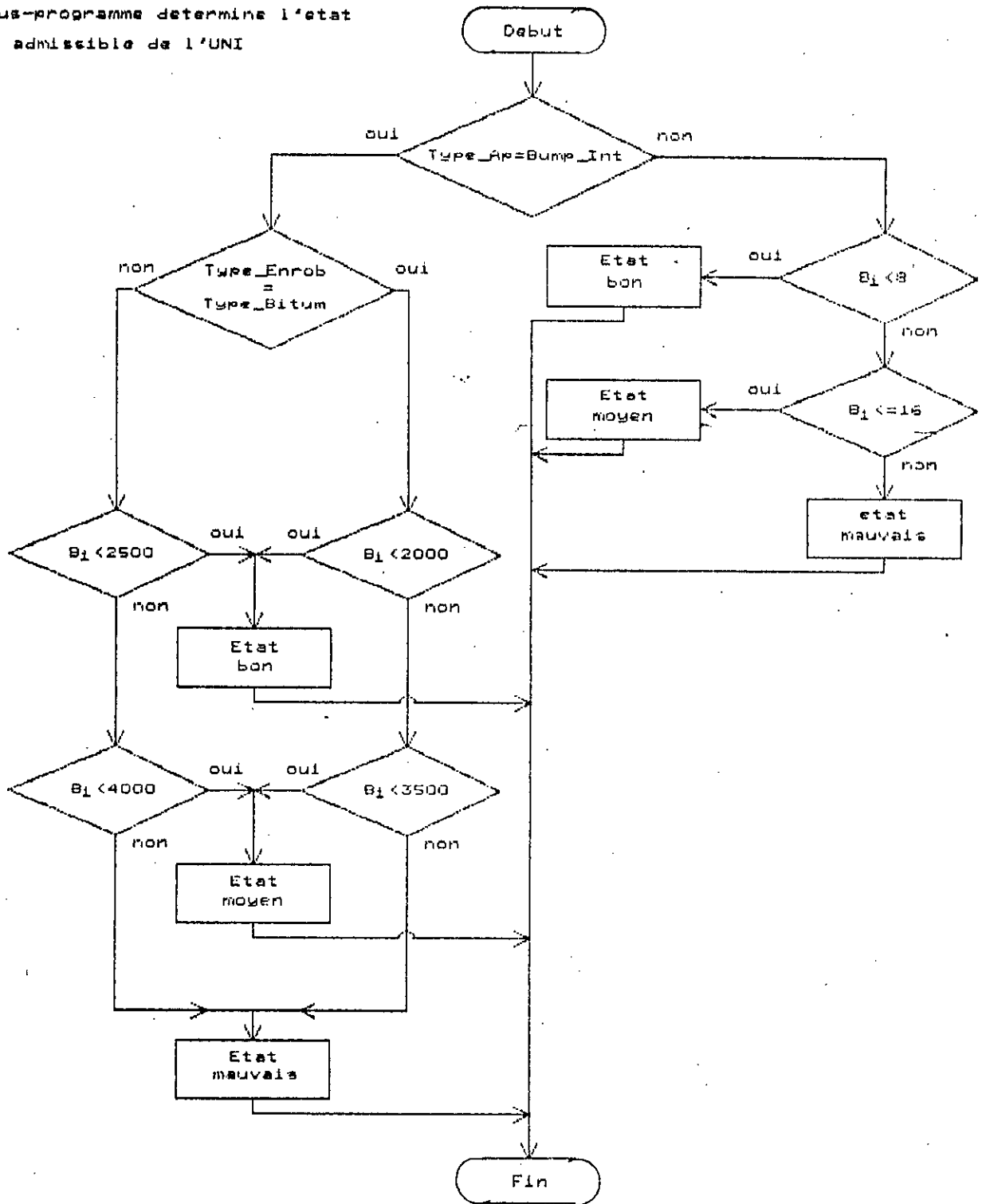
Ce sous-programme détermine l'état d'un coefficient en fonction du type d'appareillage et de la nature de l'enrobé.

Nom	Type	Nature	Observations
Type-AP	entrée	(1,2)	Type d'appareillage.
Type-Enrob	entrée	(1,2)	Type d'enrobé.
B _i	entrée	Num.	1 ^{er} coefficient (BI/APL25)
BUMP-INT	interne	(1)	Appareil BUMP-INTEGRATOR
Etat	sortie	(1,2,3)	Etat d'un groupe.

TABLE DES VARIABLES.

Sous-programme: Etat_UNI

Ce sous-programme determine l'etat admissible de l'UNI



Sous-programme: Découpage de l'enregistrement de
la déflexion

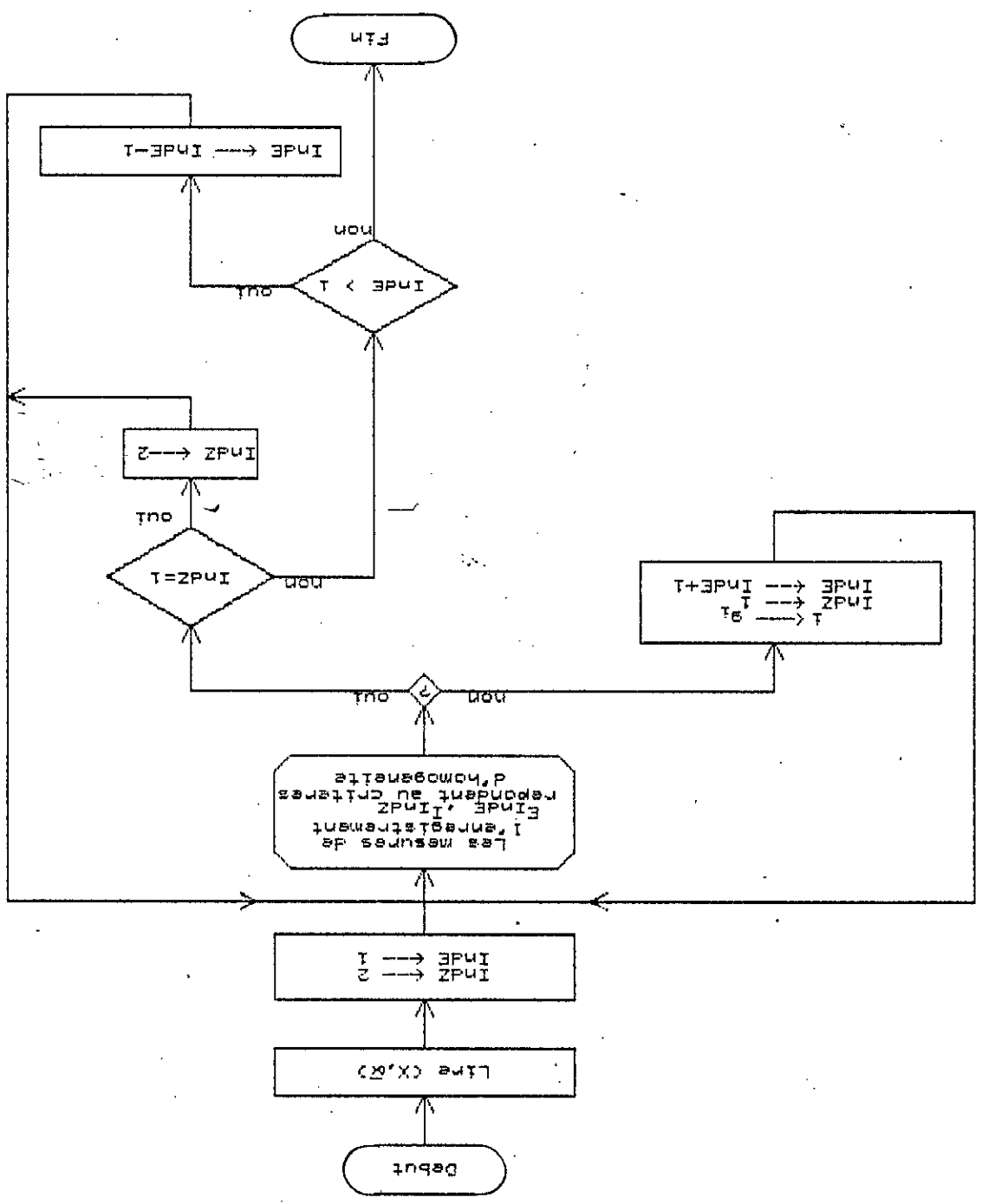
Ce sous-programme permet le découpage des valeurs de déflexion en zones homogènes.

Nom	Type	Nature	Observations
X	entrée	Vect.	Suite des mesures de la déflexion.
α	entrée	Num	Précision \rightarrow Seuil
IndZ	Interne	Num.	Indice de la zone.
IndE	Interne	Num.	Indice de l'enregistrement.
E _{IndE}	Interne	Num.	Val. de la déflexion de l'enreg.
E _{IndZ}	Interne	Num.	Val. de la déflexion de la zone.
g _i	Interne	Num.	Val. de la fonction g(i).

TABLE DES VARIABLES.

Sous-programme: Decoupage de l'enregistrement

Deflexion



Sous-programme: TEST D'HOMOGENEITE.

Ce sous-programme teste l'homogénéité d'un enregistrement.

Nom	Type	Nature	Observations
X	entrée	Vect.	Enregistrement de la déflexion.
n	entrée	Num.	Taille de l'enregistrement X.
X	interne	Num.	Moyenne de X.
x_i	entrée	Num.	ieme valeur de X.
D	interne	Num.	M.Q. des Diff. Succ. au carrées
S	interne	Num.	Variance de X.
r	interne	Num.	Progrèssion de X.
u_α	interne	Num.	Seuil inférieur de confiance.
$u_{1-\alpha}$	interne	Num.	Seuil supérieur de confiance.

TABLE DES VARIABLES.

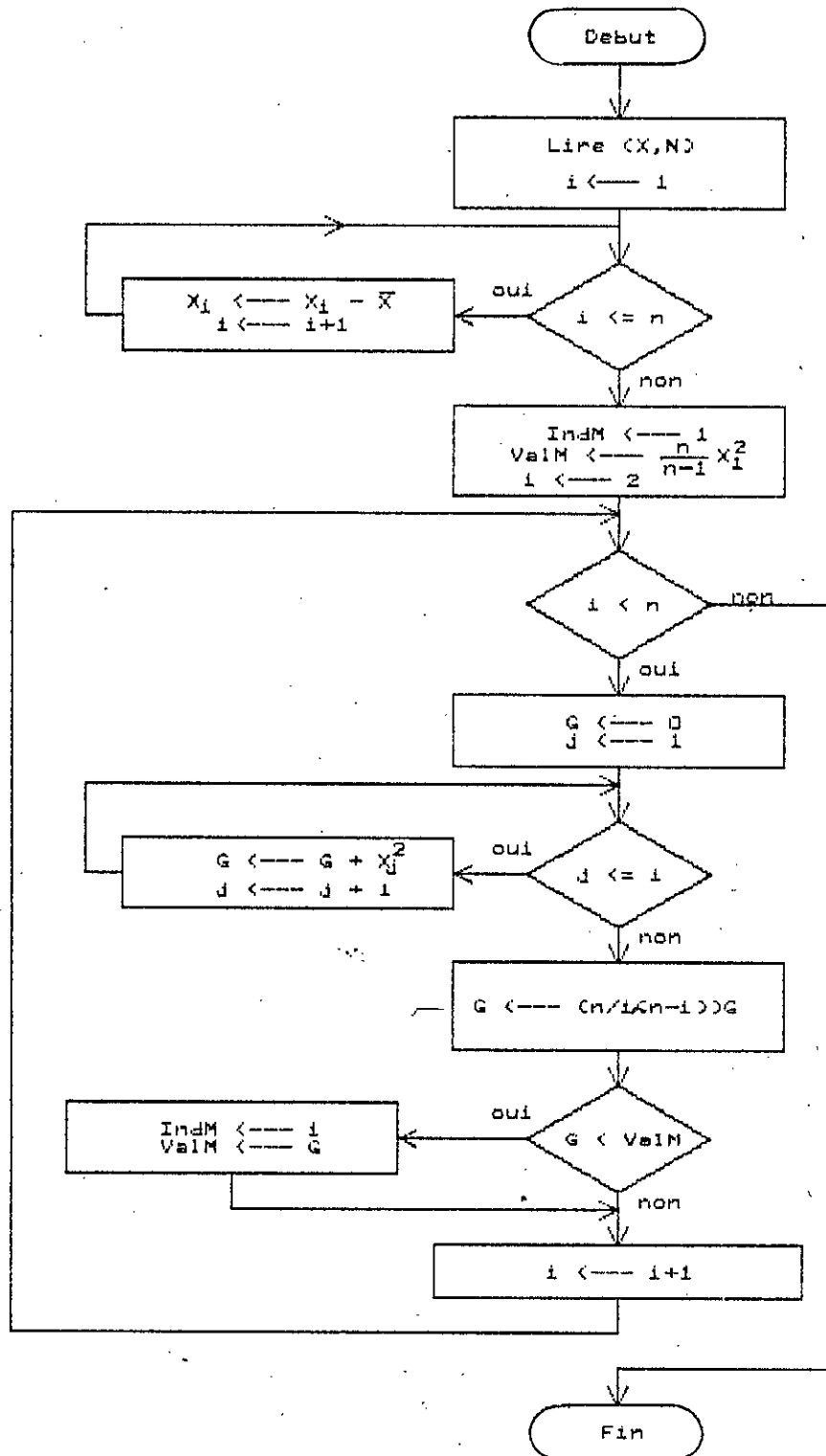
Sous-programme: $g(i)$.

Sous-programme qui détermine l'indice i qui maximise la fonction $g(i)$.

Nom	Type	Nature	Observations
X	entrée	Vect.	Enregistrement de la déflexion.
<u>n</u>	entrée	Num.	Taille de l'enregistrement X.
X	interne	Num.	Moyenne de X.
<u>xi</u>	entrée	Num.	leme valeur de X.
IndM	interne	Num.	Indice de g maximum.
ValM	interne	Num.	Valeur de g maximum.

TABLE DES VARIABLES.

Sous-programme: $g(i)$.
 Détermine l'indice i qui maximise $g(i)$



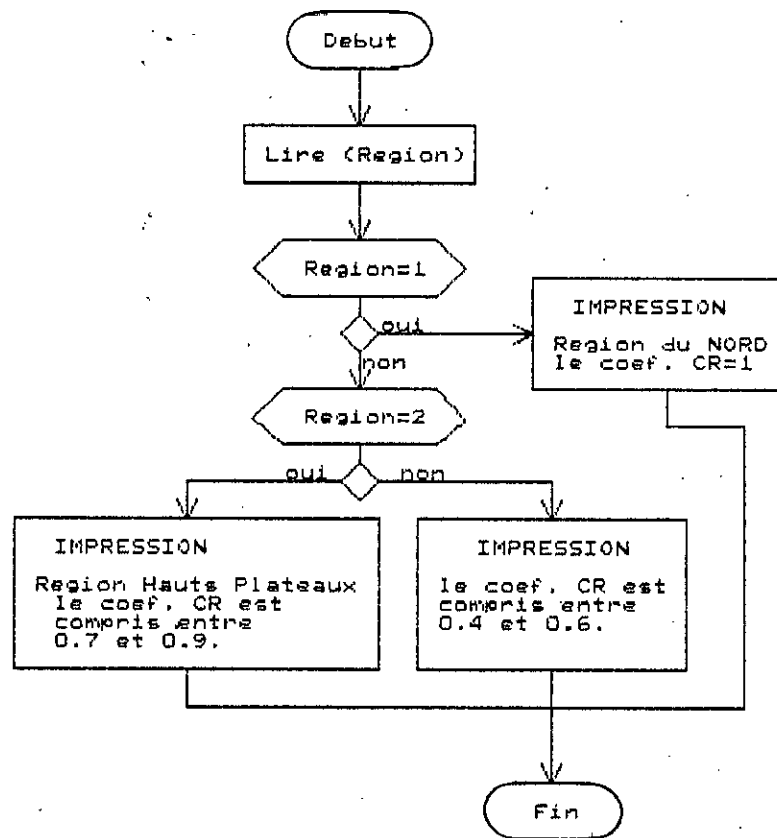
Sous-programme: Coefficient correcteur Cr.

Ce sous-programme détermine la plage du coefficient correcteur de la déflexion en fonction de la région (Cr).

Nom	Type	Nature	Observations
Region Cr	entrée sortie	(1,2,3) Num.	Nord, Haut-plateaux et Sud. Coefficient Cr.

TABLE DES VARIABLES.

Sous-programme:coefficient correcteur Cr



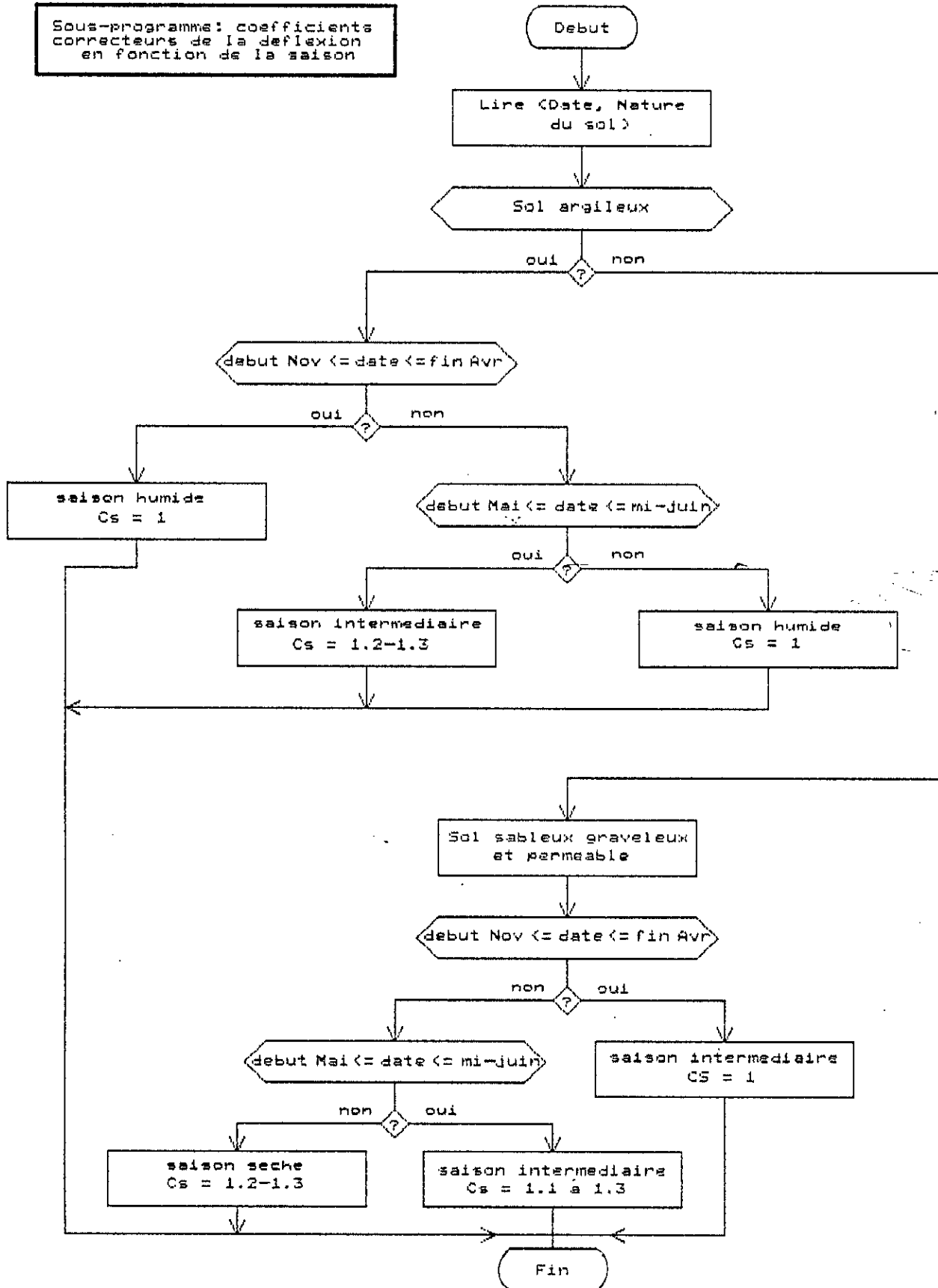
Sous-programme: Coefficient correcteur de la déflexion
en fonction de la saison.

Ce sous-programme détermine la plage du coefficient
correcteur de la déflexion en fonction de la saison (Cs).

Nom	Type	Nature	Observations
Date	Entrée	99/99/99	Date de mesure de déflexion.
Nat_Sol	Entrée	Num.	Nature du sol.
Cs	sortie	Num.	Coefficient Cs.

TABLE DES VARIABLES.

Sous-programme: coefficients correcteurs de la deflexion en fonction de la saison



Sous-programme: CT

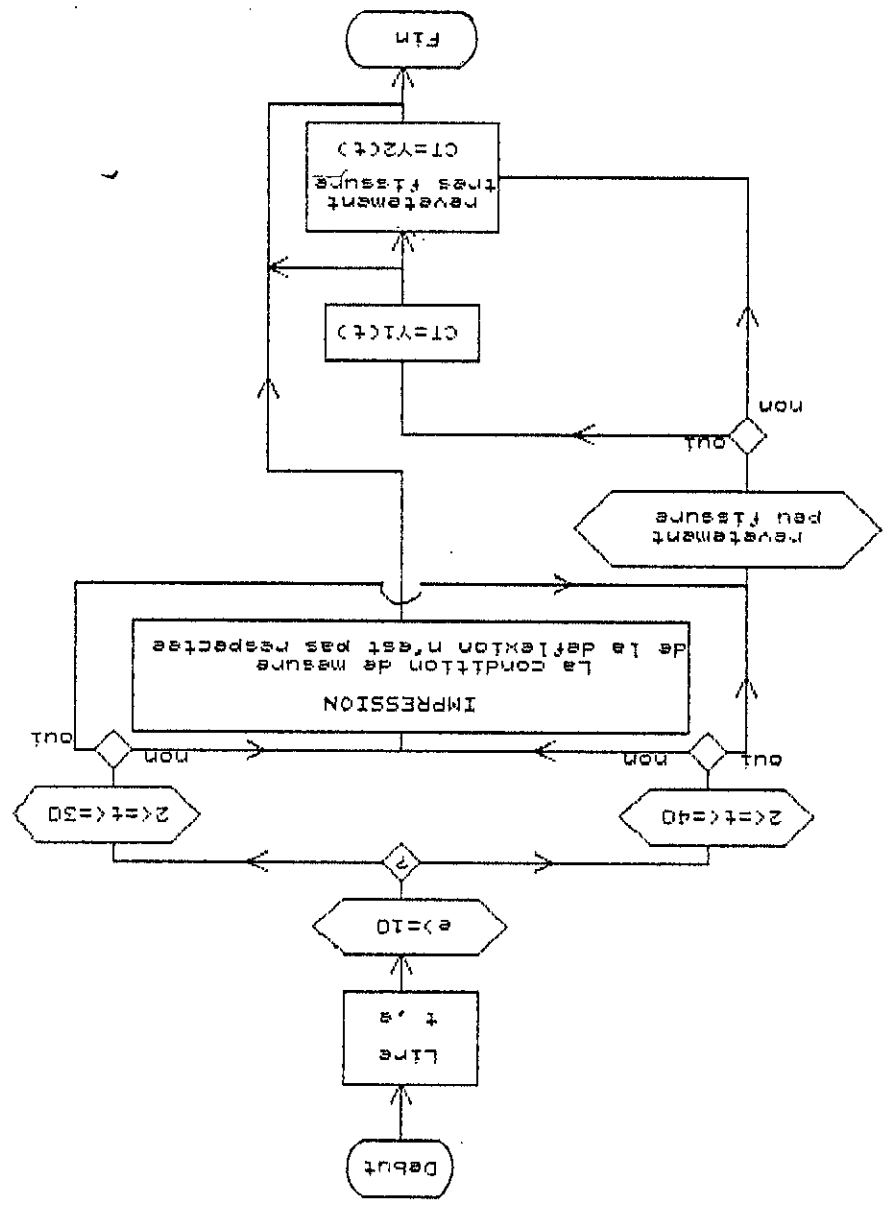
Ce sous-programme détermine le Coefficient correcteur de la déflexion en fonction de la température et l'état du revêtement (peu fissuré ou très fissuré).

Nom	Type	Nature	Observations
t	entrée	Num.	Température au moment de mesure.
e	entrée	Num.	Epaisseur du revêtement.
CT	sortie	Num.	Coefficient correcteur.
Y1(t)	interne	Num.	Donne Ct pour un revêtement peu fissuré en fonction de t
Y2(t)	interne	Num.	Donne Ct pour un revêtement très fissuré en fonction de t

TABLE DES VARIABLES.

Remarque: Y1 et Y2 sont calculés par interpolation des courbes données sur la figure: 3, page: 24.

Sous-programme: Coefficients correcteurs de la deflexion en fonction de la temperature

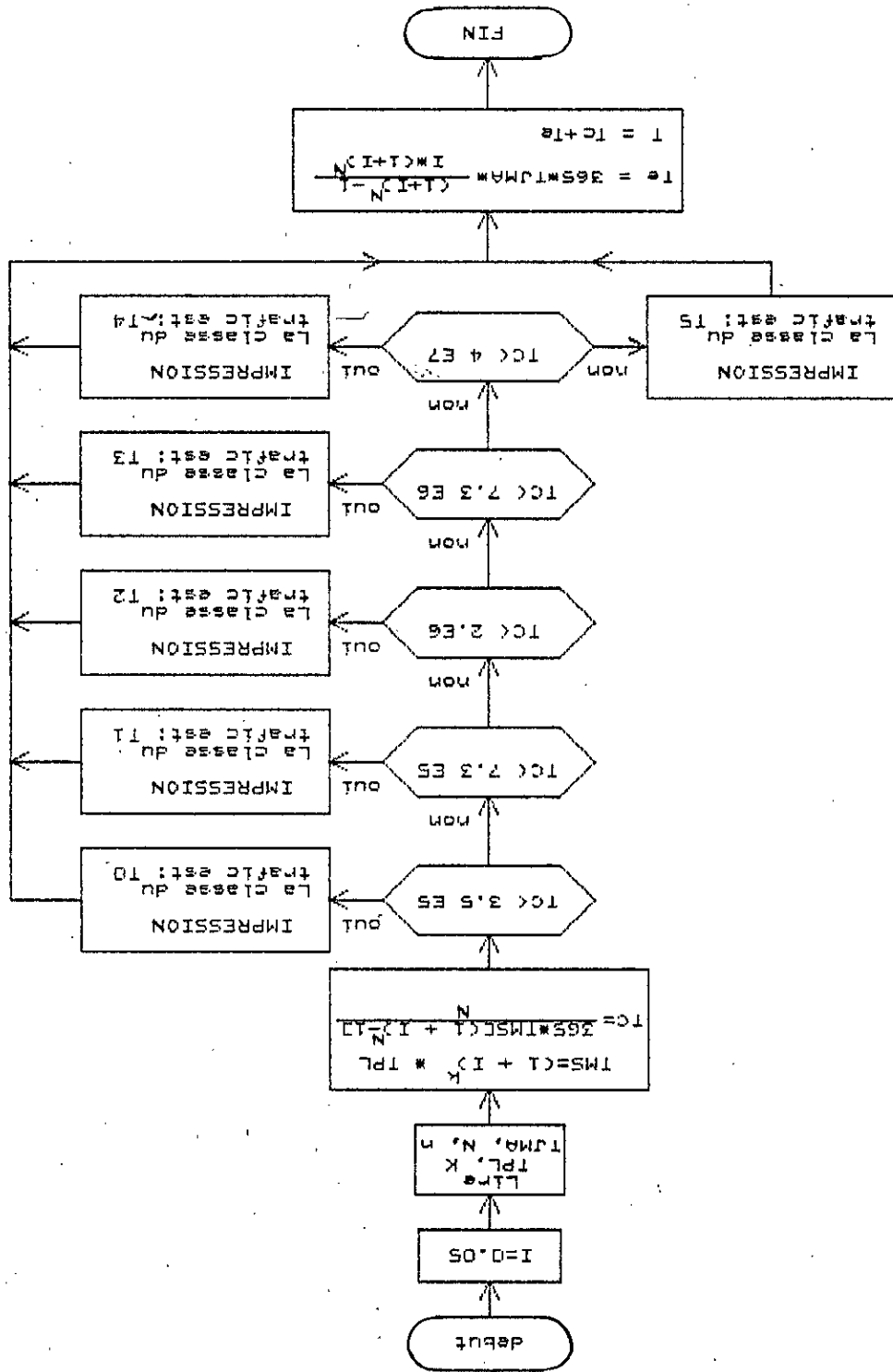


Sous-programme: CLASSE TRAFIC.

Ce sous-programme détermine le trafic escompté la classe du trafic, le trafic écoulé et le trafic cumulé.

Nom	Type	Nature	Observations
Ns	entree	Num.	Numéro de la section.
I	interne	Num.	Le taux d'accroissement (0.05).
K	entree	Num.	(Voir page 14)
P1..P6	entrées	Num.	% des catégories de véhicules
TJMA	entrée	Num.	Trafic journalier moyen annuel.
N	entrée	Num.	Durée de vie escomptée.
n	entrée	Num.	(voir page 15).
TPL	interne	Num.	T.lourd par voie de circulation.
Tms	interne	Num.	T. à l'année de mise en service.
Te	sortie	Num.	Trafic cumulé écoulé.
T	sortie	Num.	Trafic cumulé (Te+Tc).

TABLE DES VARIABLES.



Sous-programme: CLASSE TRAFIC

Sous-programme: Evaluation de la portance résiduelle.

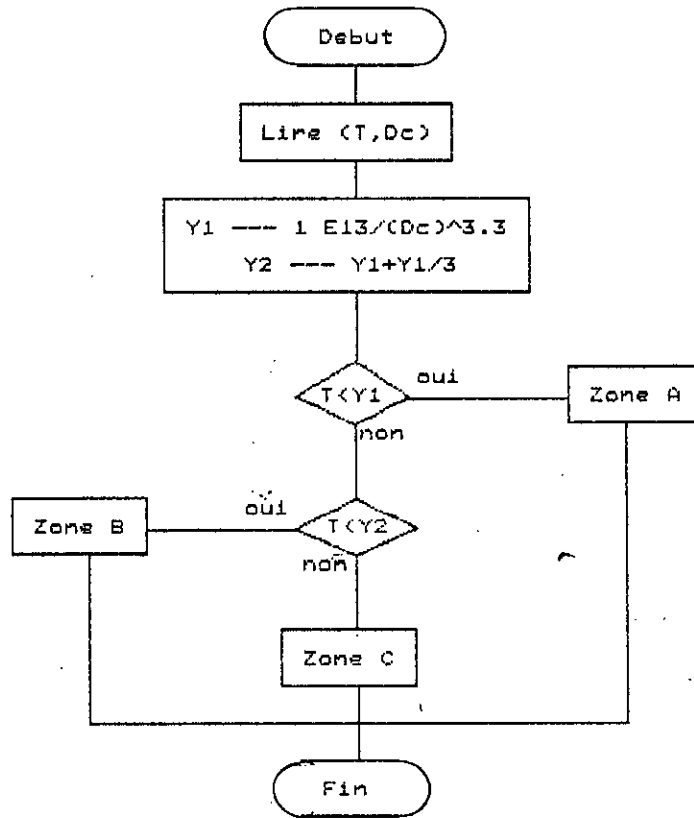
Ce sous-programme permet d'évaluer la portance résiduelle de la chaussée en fonction du trafic cumulé (T_0+T_c) sur la voie la plus chargée.

Nom	Type	Nature	Observations
T	entrée	Num.	Trafic cumulé.
D _e	entrée	Num.	Déflexion corrigée.
Y1	interne	Num.	Donne la 1er port. résiduelle en fonction du trafic cumulé.
Y2	interne	Num.	Donne la 2eme port. résiduelle en fonction du trafic cumulé.
Zone	sortie	Chain.	(Zone A , Zone B ou Zone C).

TABLE DES VARIABLES.

Remarque: Y1 et Y2 sont calculées par interpolation des courbes données sur la figure: 4, page: 25.

Sous-Programme: Evaluation de la portance residuelle

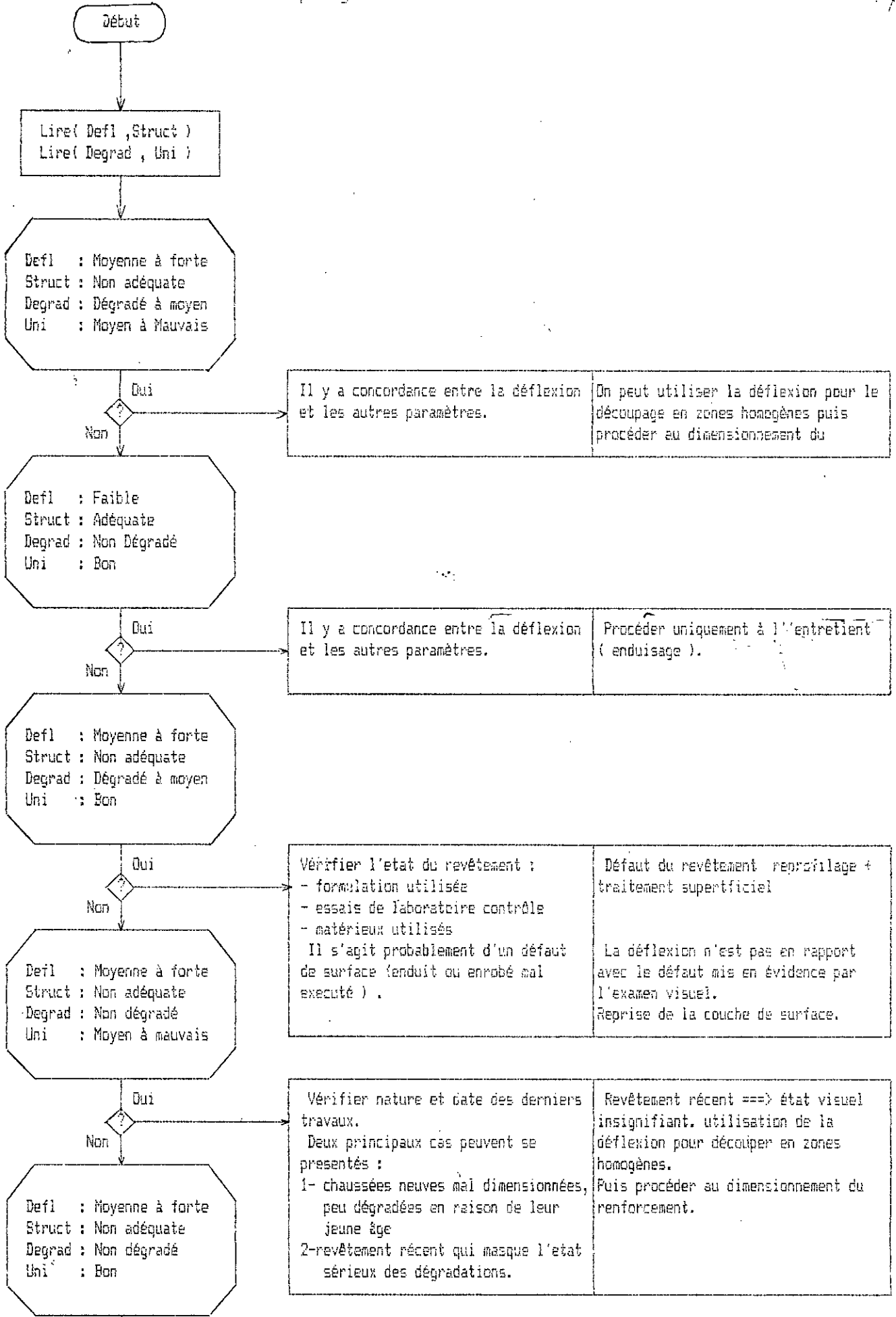


Sous-programme: DIAGNOSTIC.

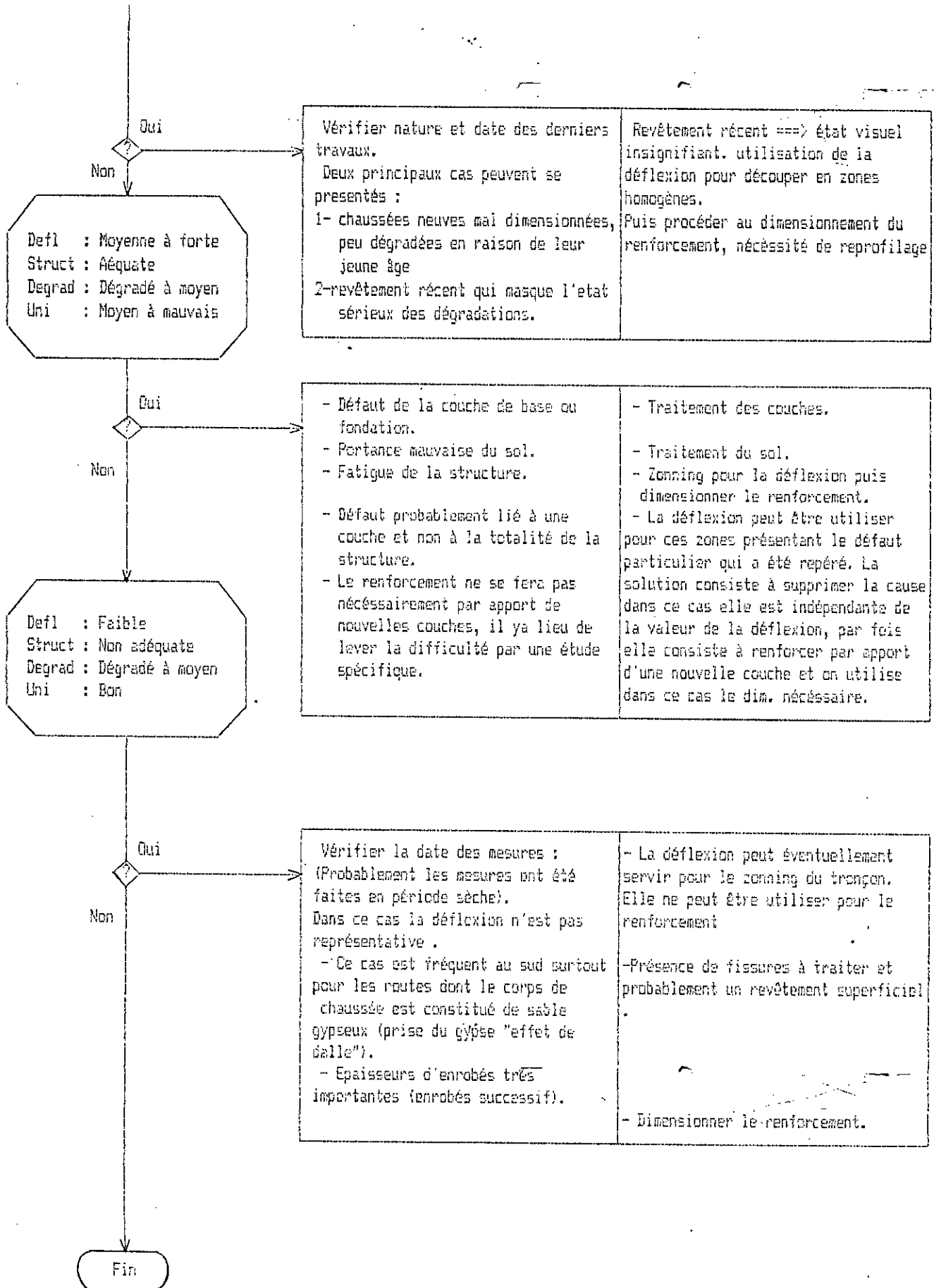
Ce sous-programme détermine les causes des dégradations.

Nom	Type	Nature	Observations
Defl	entrée	(1,2)	(Moyen à forte ou Faible)
Struct	entrée	(1,2)	(Adéquate ou Non adéquate)
Degrad	entrée	(1,2)	(Dégradé à moyen ou Non dég.)
Uni	entrée	(1,2)	(Bon ou Moyen à mauvais)
Diag	sortie	Chain.	Message : diagnostique.
Obser	sortie	Chain.	: observations.

TABLE DES VARIABLES.



(I)



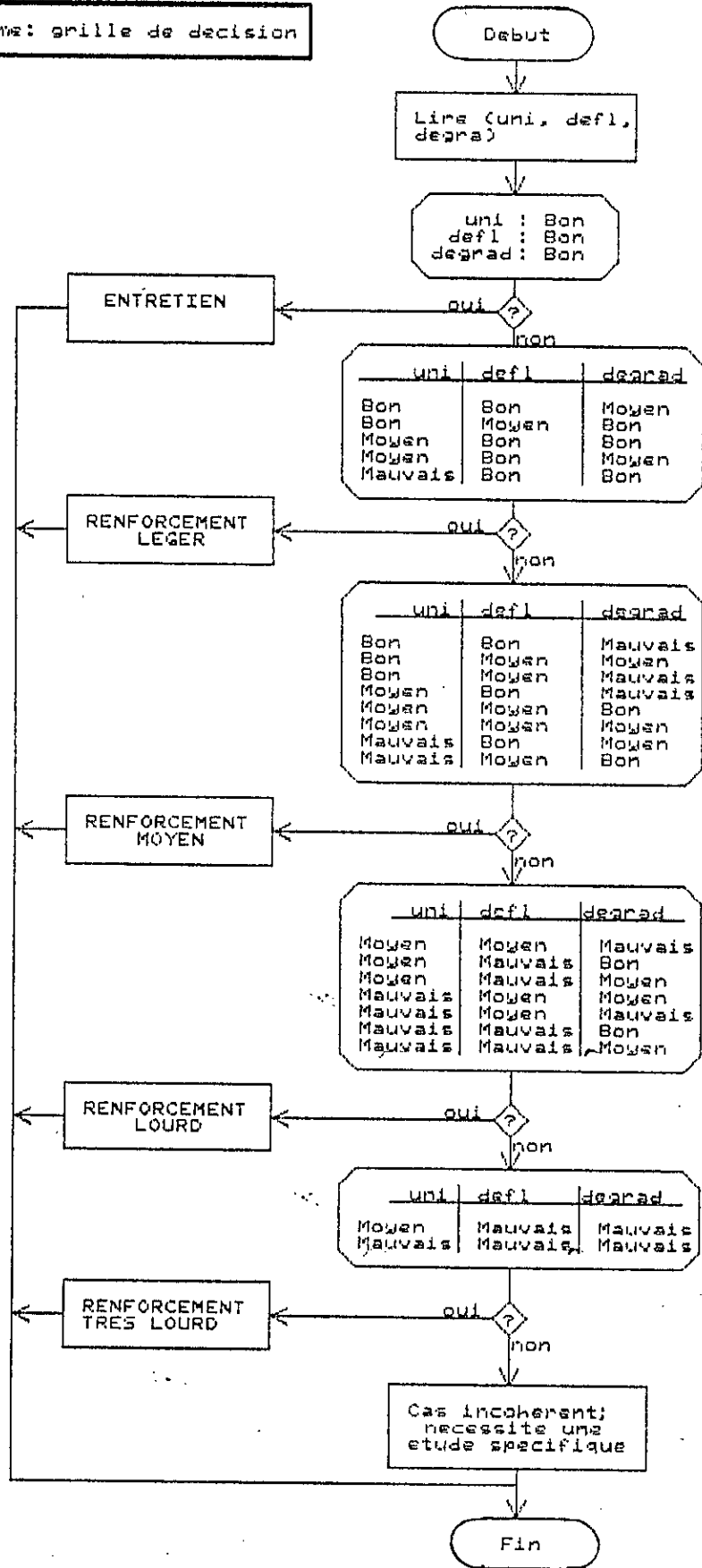
Sous-programme: Grille de décision.

Ce sous-programme détermine le type de renforcement pour un tronçon homogène.

Nom	Type	Nature	Observations
Defl	entrée	(1,2,3)	(Bonne, Moyenne ou Mauvaise).
Degrad	entrée	(1,2,3)	(Bonne, Moyenne ou Mauvaise).
Uni	entrée	(1,2,3)	(Bon, Moyen ou mauvais).
Typ_Renf	sortie	Chain.	Type de renforcement.

TABLE DES VARIABLES.

Sous-programme: grille de decision



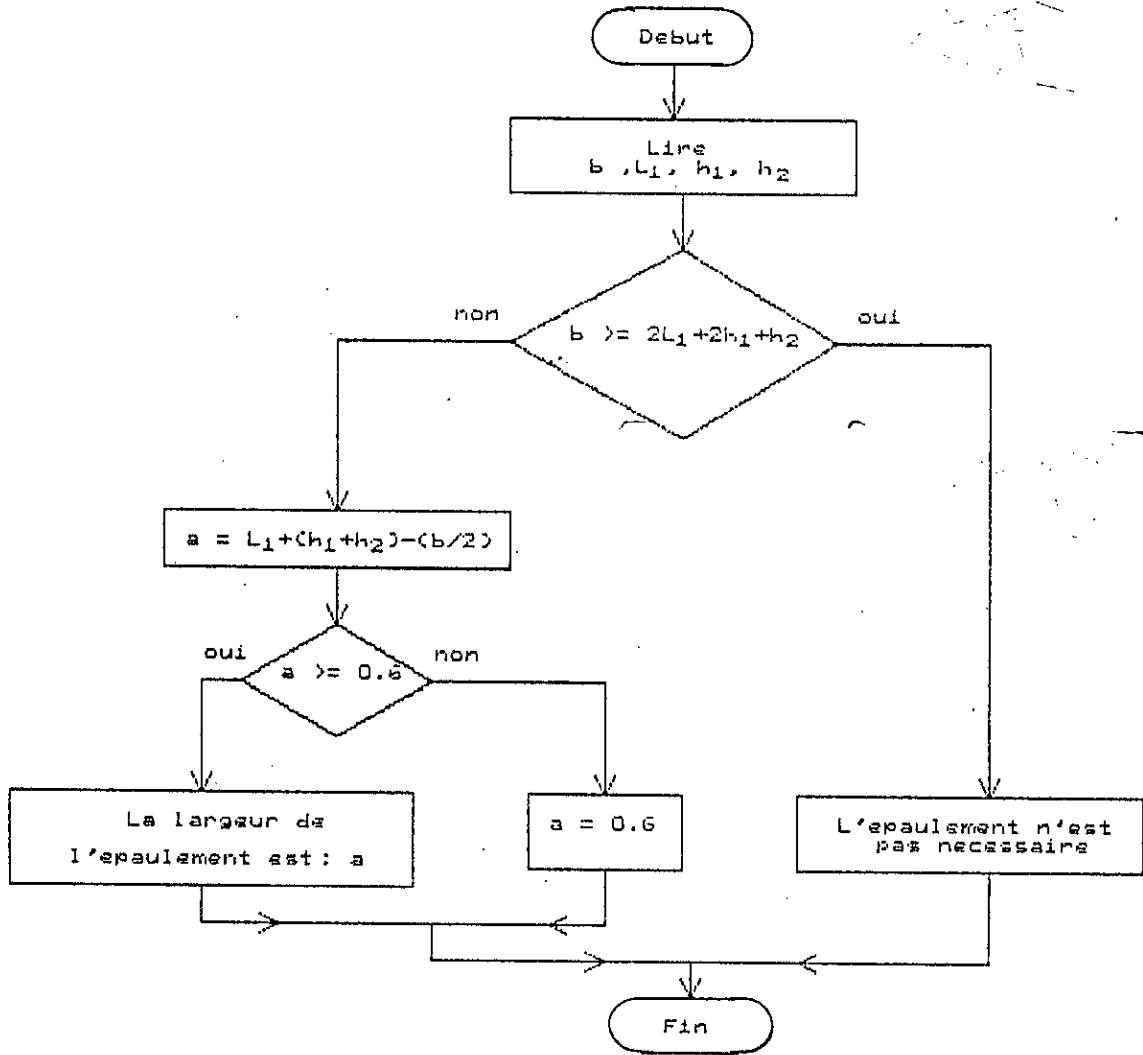
Sous-programme : Largeur de l'épaulement.

Ce sous-programme permet de déterminer la largeur de l'épaulement en fonction des données géométriques de la chaussée.

Nom	Type	Nature	Observations
b	entrée	Num.	Largeur de la chaussée existante.
L ₁	entrée	Num.	largeur de la chaussée après renf
h ₁	entrée	Num.	Hauteur du revêtement.
h ₂	entrée	Num.	Hauteur de la base.
a	sortie	Num.	L'argeur de l'épaulement.

TABLE DES VARIABLES.

Sous programme qui détermine la largeur de l'épaulement



II) Saisie des données :

Nous avons trois types de données à saisir :

- * Mesures d'auscultation.
- * Données sur le trafic.
- * Types de matériaux.

1) Mesures d'auscultation de la chaussée :

a) Mesures d'UNI :

Les appareils (APL 25 et BUMP Intégrator) d'auscultation pour la mesure de l'UNI de la chaussée nous donne des valeurs précises, que nous pouvons introduire par un terminal.

La saisie de ces données est d'une grande souplesse, étant donné que l'APL 25 nous donne un coefficient CAPL tous les 25 m et le BUMP Intégrator tous les 500 m. Donc sur un tronçon de 3000 m (schéma itinéraire), nous avons à saisir :

- * 120 valeurs pour l'APL 25,
- * 6 valeurs pour le BUMP Intégrator.

b) Mesures de la déflexion :

Contrairement aux appareils de mesure de l'UNI, les appareils de mesure de la déflexion nous donnent des valeurs sur de faibles distances :

- * 3,4 m pour le deflectographe à châssis court,
- * 3,9 m pour le deflectographe à châssis long.

Ce qui nous fait environs 1000 valeurs à introduire pour un schéma itinéraire.

Dans ce cas le relevé des valeurs lues sur le deflectogramme se fait à l'aide d'un stylo optique (utilisé au C.T.T.P) ou d'un scanner et sauvegardé sur un support.

67

c) Relevé visuel :

Les mesures des dégradations par relevé visuel étant subjectives. Nous laissons le soin à l'ingénieur d'introduire ses propres appréciations directement sur le terminal.

d) Sondages :

Les estimations sur la structure de chaussée formées par les sondages, sont introduites de la même manière que pour le relevé visuel.

2) Données sur le trafic et nature des matériaux :

On introduit par terminal les deux valeurs déterminantes de la classe de trafic, TPL et TJMA recueillies auprès du gestionnaire de la route ainsi que la nature du matériau.

III) Les résultats.

Les résultats, à savoir les résultats des sectionnements (UNI, Déflexion et Dégradation), le résultat du diagnostic et les résultats du type de renforcement et le dimensionnement de chaque tronçon homogène, se présentent sous deux formes optionnelles:

- visualisation sur écran ,
- impression des résultats.

(V) Résumé descriptif du déroulement du logiciel:

Une fois le logiciel lancé, on voit apparaître sur l'écran les éléments suivants : (Fig.: C1)

- Nom du logiciel (Dim-Renf),
- Le menu principal,
- Une commande pour quitter le logiciel (Esc -Quitte).

Le menu principal est composé de 8 options :

1- Charger un projet existant. (Fig.: C2)

Cette option nous permet de charger les informations relatives à un projet déjà créé pour d'éventuels traitements.

2- Créer un nouveau projet. (Fig.: C3)

Cette option permet de saisir les informations d'un nouveau projet et les sauvegarder sur le disque.

3- Saisie du trafic. (Fig.: C4)

Elle permet la saisie et la sauvegarde des données relatives au trafic d'un projet existant.

Le format des données pour une section du trafic est :

N°Section/PK.Début/PK.Fin/P1/P2/P3/P4/P5/P6/TJMA

N°Section : Numéro de la section du trafic.
PK.Début : Point Kilométrique initial de la section.
PK.Fin : Point Kilométrique final de la section.
P1..P6 : Pourcentage des catégories de véhicules.
TJMA : Trafic journalier/moyen annuel.

4- Saisie de l'UNI. (Fig.: C5)

Cette option permet la saisie et la sauvegarde des coefficients de l'UNI (CAPL ou BI).

Le format des données pour l'UNI est :

CAPL ou BI pour la section considérée.

5- Saisie de la dégradation. (Fig.: C6)

Cette option permet la saisie et la sauvegarde des dégradations concernant l'itinéraire à étudier.

Le format des données pour une section de dégradations est:

N°Section/PK.Début/PK.Final/Etat

N°Section : Numéro de la section de la chaussée.
PK.Début : Point Kilométrique initial de la section.
PK.Fin : Point Kilométrique final de la section.
Etat : Etat de dégradation de section
(BON, MOYEN, MAUVAIS).

6- Lancer le traitement. (Fig.: C7)

Une fois le traitement lancé, les différents modules seront exécutés dans l'ordre comme l'indique le schéma synoptique. Les résultats des modules sont sauvegardés dans un seul fichier (fichier RESULTATS).

7- Editer les résultats. (Fig.: C8)

Cette option permet la visualisation et l'impression du fichier RESULTATS.

8- Quitter le programme. (Fig.: C9)

Cette option nous permet de quitter le logiciel.

Dim-Ref : Dimensionnement du renforcement.

- 1 - Charger un projet existant.
- 2 - Créer un nouveau projet.
- 3 - Saisie de l'UNI.
- 4 - Saisie de dégradation.
- 5 - Saisie du trafic.
- 6 - Lancer le traitement.
- 7 - Editer les résultats.
- 8 - Quitter le programme.

Esc-Quitte

C.T.T.P.

- Fig. : C1 -

Dim-Ref : Dimensionnement du renforcement.

- 1 - Charger un projet existant.

Tapez le code du projet : PROJETO1

- 6 - Lancer le traitement.
- 7 - Editer les résultats.
- 8 - Quitter le programme.

Esc-Quitte

C.T.T.P.

- Fig. : C2 -

S A I S I E Des Informations sur le Tronçon. Code Projet : PROJET01

Type Itineraire 2 Numéro RN9

Nom Wilaya Alger

Nom Localité N°1 Belfort

Nom Localité N°2 Oued Smar

Point Initial PK00 Final PK05

Type Ap. Uni 2

Type Ap. Degr. 1

Date Deflexion 12/08/92 Date Uni 13/08/92

Type Itineraire =	1 : Auto_Route	Type appareil :	
	2 : Route_Nat	UNI =	1 : APL25
	3 : Chem_Wilaya		Degrad. = 1 : Visuel
			2 : Gerpho

F2-Sauve Esc-Quitte

C.T.T.P.

- Fig.: C3 -

L 23 C 1 Ins Indent *c:\tp\projet01.trf

N° S.	P. Début	P. Final	P1	P2	P3	P4	P5	P6	TJMA
-------	----------	----------	----	----	----	----	----	----	------

0001/000000/000019/30.00/25.00/20.00/13.00/08.00/04.00/3500

<*** End of File ***>

- Fig.: C4 -

```

L 23   C 3   Ins Indent   *c:\tp\projet01.uni
19
15
17
23
19
10
15
20
22
23
13
15
14
16
18
16
13
08
10
09
12
13
11
<*** End of File ***>

```

- Fig.: C5 -

```

L 20   C 1   Ins Indent   *c:\tp\projet01.deg

```

N° S.	PK.Début	PK.Final	Etat
0001	000000	000050	2
0002	000050	000075	1
0003	000075	000250	3

```

<*** End of File ***>

```

- Fig.: C6 -

Dim-Ref : Dimensionnement du renforcement.

- 1 - Charger un projet existant.
- 2 - Créer un nouveau projet.
- 3 - Saisie de l'UNI.
- 4 - Saisie de dégradation.
- 5 - Saisie du trafic.
- 6 - Lancer le traitement.

Traitement en cours, patientez un moment SVP.

Sectionnement en tronçons homogènes.

Esc-Quitte

C.T.T.P.

- Fig. : C7 -

L 6 C 18 Ins Indent c:\tp\projet01.res

Résultats du traitement :

- * Sectionnement par déflexion :
- * Sectionnement par UNI :
- * Sectionnement en tronçons homogènes :
- * Type renforcement pour chaque tronçon homogène :
- * Dimensionnement pour chaque tronçon homogène :

<*** End of File ***>

- Fig. : C8 -

Dim-Ref : Dimensionnement du renforcement.

- 1 - Charger un projet existant.
- 2 - Créer un nouveau projet.
- 3 - Saisie de l'UNI.
- 4 - Saisie de dégradation.
- 5 - Saisie du trafic.
- 6 - Lancer le traitement.
- 7 - Editer les résultats.
- 8 - Quitter le programme.

Voulez vous quitter (O / N) : O

Esc-Quitte

C.T.T.P.

- Fig.: C9 -

Conclusion

Dans cette partie, nous avons présentés l'ensemble des modules composant le logiciel sous forme d'organigramme commentés succinctement, et un résumé descriptif du déroulement du logiciel.

Un manuel d'utilisation est nécessaire, il comportera les menus déroulants ainsi que les masques de saisie des données...etc. Untel document est destiné exclusivement à l'utilisateur.

LISTING DU SOUS-PROGRAMME:
DIMENSIONNEMENT DU RENFORCEMENT.

```

Program Din_Reforcement ;

Uses Crt ;

Const VectBase : Array[1..5] Of String = ('GRAVE BITUME (GB).',
                                           'GRAVE LAITIER A LA CHAUX (GLX).',
                                           'GRAVE CIMENT (GC).',
                                           'GRAVE LAITIER AU GYPSONAT (GLY).',
                                           'GRAVE NON TRAITEE (G).') ;

Var Classe_Trafic : Char ;
    Base          : Char ;
    Categorie     : String ;
    Type_Renf    : Char ;
    HB           : Real ;
    Choix        : Char ;
    Revetement , Comentaire : String ;
    I : Integer ;

Function Valeur( S : String ) : Integer ;
Var R , Code : Integer ;
Begin
    Val( S , R , Code ) ;
    Valeur := R ;
End ;

Begin
    ClrScr ;
    WriteLn('-----') ;
    WriteLn('*') ;
    WriteLn('*          TECHNIQUE DE RENFORCEMENT          *') ;
    WriteLn('*') ;
    WriteLn('*          ( TRAFIC )          *') ;
    WriteLn('*') ;
    WriteLn('-----') ;
    WriteLn('*') ;
    WriteLn('*          0 = T0 / 1 = T1 / 2 = T2 / 3 = T3 / 4 = T4 / 5 = T5          *') ;
    WriteLn('*') ;
    WriteLn('-----') ;
    WriteLn('*') ;
    WriteLn('*          Tapez votre choix :          *') ;
    WriteLn('*') ;
    WriteLn('-----') ;

    Repeat
        GoToXY(48,13) ;
        Classe_Trafic := ReadKey ;
        If Not( Classe_Trafic In [ '0' , '1' , '2' , '3' , '4' , '5' ] ) Then
            Begin
                Sound(220) ;           { Rip }
                Delay(50) ;           { continu pendant 50 ms }
                NoSound ;           { Duf, c'est fini ! }
            End ;
        Until Classe_Trafic In [ '0' , '1' , '2' , '3' , '4' , '5' ] ;

        GoToXY(48,13) ;
        Write( Classe_Trafic ) ;

```



```

ClrScr ;
WriteLn('-----') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*          TECHNIQUE DE RENFORCEMENT          *') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*          ( B A S E )          *') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('-----') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('-----') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*          Tapez votre choix :          *') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('-----') ;

```

```

For I := 1 To 5 Do
Begin
  GoToXY( 25 , 8 + I ) ;
  WriteLn(I:2, '- ', VectBase[I]);
End ;

```

```

Repeat
  GoToXY(48,21) ;
  Base := ReadKey ;
  If Not( Base In [ '1' , '2' , '3' , '4' , '5' ] ) Then
  Begin
    Sound(220);      { Bip }
    Delay(50);      { continu pendant 50 ms }
    NoSound;      { Ouf, c'est fini ! }
  End ;
Until Base In [ '1' , '2' , '3' , '4' , '5' ] ;

```

```

GoToXY(48,21) ;
Write( Base ) ;

```

```

ClrScr ;
WriteLn('-----') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*          TECHNIQUE DE RENFORCEMENT          *') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*          ( TYPE DE RENFORCEMENT )          *') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('-----') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*          1 - Leger          *') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*          2 - Moyen          *') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*          3 - Lourde          *') ;

```

```

        WriteLn('*
WriteLn('*          4 - Tres loud          *') ;
WriteLn('*          *') ;
WriteLn('-----') ;
WriteLn('*          *') ;
WriteLn('*          Tapez votre choix :    *') ;
WriteLn('*          *') ;
WriteLn('-----') ;

```

```
Repeat
```

```

    GoToXY(48,19) ;
    Type_Renf := ReadKey ;
    If Not( Type_Renf In [ '1' , '2' , '3' , '4' ] ) Then
    Begin
        Sound(220);      ( Bip )
        Delay(50);      ( continu pendant 50 ms )
        NoSound;      ( Ouf, c'est fini ! )
    End ;
Until Type_Renf In [ '1' , '2' , '3' , '4' ] ;

```

```

GoToXY(48,21) ;
Write( Type_Renf ) ;

```

```
Comentaire := '' ;
```

```
If Classe_Trafic >= '3' Then
```

```
Begin
```

```
    Categorie := 'TRAFIC TRES FORT.' ;
```

```
    Case Base Of
```

```
        '1' : Begin
```

```
            If Type_Renf In [ '3' , '4' ] Then
```

```
                Comentaire := 'STRUCTURE NON CONSEILLEE (NECESSITE D'UNE ETUDE COMPLIMENTAIRE).';
```

```
                Case Classe_Trafic Of
```

```
                    '3' : Begin
```

```
                        Case Type_Renf Of
```

```
                            '1' : HB := 12 ;
```

```
                            '2' : HB := 16 ;
```

```
                            '3' : HB := 20 ;
```

```
                            '4' : HB := 25 ;
```

```
                        End ;
```

```
                    End ;
```

```
                    '4' : Begin
```

```
                        Case Type_Renf Of
```

```
                            '1' : HB := 16 ;
```

```
                            '2' : HB := 20 ;
```

```
                            '3' : HB := 25 ;
```

```
                            '4' : HB := 30 ;
```

```
                        End ;
```

```
                    End ;
```

```
                    '5' : Begin
```

```
                        Case Type_Renf Of
```

```
                            '1' : HB := 16 ;
```

```
                            '2' : HB := 20 ;
```

```
                            '3' : HB := 25 ;
```

```
                            '4' : HB := 30 ;
```

```
                        End ;
```

```
                    End ;
```

```
            End ;
```

```
        End ;
```

```
    '2' : Begin
```

```

Case Classe_Trafic Of
  '3' : Begin
    Case Type_Renf Of
      '1' : HB := 15 ;
      '2' : HB := 15 ;
      '3' : HB := 20 ;
      '4' : HB := 25 ;
    End ;
  End ;
  '4' : Begin
    Case Type_Renf Of
      '1' : HB := 15 ;
      '2' : HB := 20 ;
      '3' : HB := 25 ;
      '4' : HB := 30 ;
    End ;
  End ;
  '5' : Begin
    Case Type_Renf Of
      '1' : HB := 15 ;
      '2' : HB := 20 ;
      '3' : HB := 25 ;
      '4' : HB := 30 ;
    End ;
  End ;
End ;
End ;
'3' : Begin
  Case Classe_Trafic Of
    '3' : Begin
      Case Type_Renf Of
        '1' : HB := 15 ;
        '2' : HB := 15 ;
        '3' : HB := 20 ;
        '4' : HB := 25 ;
      End ;
    End ;
    '4' : Begin
      Case Type_Renf Of
        '1' : HB := 15 ;
        '2' : HB := 20 ;
        '3' : HB := 25 ;
        '4' : HB := 30 ;
      End ;
    End ;
    '5' : Begin
      Case Type_Renf Of
        '1' : HB := 15 ;
        '2' : HB := 20 ;
        '3' : HB := 25 ;
        '4' : HB := 30 ;
      End ;
    End ;
  End ;
End ;
End ;
'4' : Begin
  Case Classe_Trafic Of
    '3' : Begin
      Case Type_Renf Of

```



```

'1' : Begin
  If Type_Renf = '4' Then Comentaire := 'STRUCTURE NON CONSEILLEE (NECESSITE D'UNE ETUDE COMPLIMENTAIRE).';
  Case Classe_Trafic Of
    '0' : Begin
      Case Type_Renf Of
        '1' : HB := 8 ;
        '2' : HB := 12 ;
        '3' : HB := 16 ;
        '4' : HB := 20 ;
      End ;
    End ;
    '1' : Begin
      Case Type_Renf Of
        '1' : HB := 10 ;
        '2' : HB := 16 ;
        '3' : HB := 20 ;
        '4' : HB := 25 ;
      End ;
    End ;
    '2' : Begin
      Case Type_Renf Of
        '1' : HB := 8 ;
        '2' : HB := 16 ;
        '3' : HB := 20 ;
        '4' : HB := 25 ;
      End ;
    End ;
  End ;
End ;
'3' : Begin
  Case Classe_Trafic Of
    '0' : Begin
      Case Type_Renf Of
        '1' : HB := 20 ;
        '2' : HB := 20 ;
        '3' : HB := 20 ;
        '4' : HB := 25 ;
      End ;
    End ;
    '1' : Begin
      Case Type_Renf Of
        '1' : HB := 20 ;
        '2' : HB := 20 ;
        '3' : HB := 20 ;
        '4' : HB := 25 ;
      End ;
    End ;
    '2' : Begin
      Case Type_Renf Of
        '1' : HB := 15 ;
        '2' : HB := 15 ;
        '3' : HB := 20 ;
        '4' : HB := 25 ;
      End ;
    End ;
  End ;
End ;
'2' : Begin
  Case Classe_Trafic Of
    '0' : Begin

```

```

        Case Type_Renf Of
            '1' : HB := 20 ;
            '2' : HB := 20 ;
            '3' : HB := 20 ;
            '4' : HB := 25 ;
        End ;
    End ;
'1' : Begin
    Case Type_Renf Of
        '1' : HB := 20 ;
        '2' : HB := 20 ;
        '3' : HB := 20 ;
        '4' : HB := 25 ;
    End ;
    End ;
'2' : Begin
    Case Type_Renf Of
        '1' : HB := 15 ;
        '2' : HB := 15 ;
        '3' : HB := 20 ;
        '4' : HB := 25 ;
    End ;
    End ;
    End ;
'4' : Begin
    If ((Type_Renf = '1') Or (( Type_Renf = '2') And (Classe_Trafic = '0')) Then
        Comentaire := 'STRUCTURE NON CONSEILLEE (NECESSITE D'UNE ETUDE COMPLIMENTAIRE).';
    Case Classe_Trafic Of
        '0' : Begin
            Case Type_Renf Of
                '1' : HB := 15 ;
                '2' : HB := 15 ;
                '3' : HB := 15 ;
                '4' : HB := 20 ;
            End ;
        End ;
        '1' : Begin
            Case Type_Renf Of
                '1' : HB := 15 ;
                '2' : HB := 15 ;
                '3' : HB := 15 ;
                '4' : HB := 20 ;
            End ;
        End ;
        '2' : Begin
            Case Type_Renf Of
                '1' : HB := 10 ;
                '2' : HB := 10 ;
                '3' : HB := 15 ;
                '4' : HB := 20 ;
            End ;
        End ;
    End ;
    End ;
    End ;
End ;
End ;

```

```

Case Classe_Trafic Of
'0'..'1' : Revetement := 'ENDUIT SUPERFICIEL (ES).';

```

```

'2'..'5' : Revetement := 'BITON BITUMINEUX 5 cm B.B.' ;
End ;

ClrScr ;
WriteLn('-----') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*          TECHNIQUE DE RENFORCEMENT          *') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('*          SOLUTION PROPOSEE          *') ;
WriteLn('*') ;
WriteLn('-----') ;
WriteLn('') ;
WriteLn('    BASE      : ',VectBase[Valeur(Base)], ' : ', HB:5:2, ' cm' ) ;
WriteLn ;
WriteLn('    REVETEMENT : ',Revetement) ;
WriteLn ;
WriteLn('    ',Comentaire) ;
WriteLn ;
WriteLn('    LA CLASSE DU TRAFIC EST : ',Classe_Trafic) ;
WriteLn ;
Write('    LE TYPE DE RENFORCEMENT EST : ');
Case Type_Req Of
  '1' : WriteLn('LEGER') ;
  '2' : WriteLn('MOYEN') ;
  '3' : WriteLn('LOURD') ;
  '4' : WriteLn('TRES LOURD') ;
End ;
WriteLn ;
WriteLn('-----') ;

ReadLn ;

End .

```

CONCLUSION

CONCLUSION.

Le fait que cette méthode de dimensionnement du renforcement des chaussées, utilisée par le CTPP en Algérie, ne s'applique qu'aux chaussées souples, n'est pas une tare en soi, puisque ces dernières représentent la quasi-totalité du réseau routier national.

En outre, cette méthode tient compte de tous les facteurs qui peuvent influencer sur le dit dimensionnement. Cependant ce que nous avons développé dans la partie B, même si cela représente assez fidèlement la méthode appliquée sur le terrain par le CTPP manque du fait que nous n'avons pas tenu compte de quelques aspects comme par exemple le drainage et l'assainissement.

Une étude complète d'un projet de renforcement doit, en plus de ce que nous avons détaillé dans ce rapport, comprendre une évaluation quantitative des matériaux utilisés et d'une recherche opérationnelle (optimisation, étude économique).

Nous suggérons que ces études et leur automatisation soient réalisées par des élèves ingénieurs dans le cadre de leur PFE. Nous encourageons nos camarades de l'ENP dans ce sens.

Le domaine de l'entretien et du renforcement des routes est très complexe. Il est extrêmement difficile de donner une explication unique à un défaut de la chaussée, car il est à la fois effet et cause. Comme il est vraiment délicat de pouvoir cerner les dégradations, encore moins les remèdes à cause des solutions qui deviennent parfois rapidement caduque.

A l'instar de toutes les autres méthodes de dimensionnement du renforcement des chaussées, celle-ci se base sur un élément fondamental qui est l'expérience d'investigation sur le terrain de l'ingénieur. Donc l'estimation subjective de ce dernier est très importante. Et c'est là que réside la difficulté de l'automatisation.

Pour plus d'efficacité l'idéal serait l'élaboration d'un système expert (intelligence artificielle) pour cerner tous les aspects objectifs et subjectifs, quantitatifs et qualitatifs ainsi que les remèdes curatifs et préventifs.

Cela ne diminue en rien la valeur de notre travail qui va aider énormément l'ingénieur dans le choix judicieux de la solution en un temps raisonnable et sans grand risque d'erreurs.

En effet nous offrons dans ce rapport, grâce aux orientations et conseils considérables de Mr HAOUCHINE que nous tenons à remercier encore une fois, une recherche bibliographique concernant les chaussées, leurs dégradations ainsi que leur renforcement (partie A).

La seconde partie (partie B) est consacrée à l'étude théorique de la méthode de dimensionnement du renforcement des chaussées souples utilisée par le C.T.T.P.

Enfin, dans la dernière partie (partie C) nous avons présenté cette méthode sous forme d'un schéma synoptique, ainsi que les organigrammes des différents modules qui la composent.

Nous avons, avec le concours de nos encadrement, réalisé le logiciel de la dite méthode, ce qui était notre ambition de départ.

BIBLIOGRAPHIE

- [01] : Guide des renforcement (C.T.T.P.) .
Fascicule 1 : Méthodologie de dimensionnement.
Décembre 1992.
- [02] : Catalogue des dégradations de surface des chaussées.
Octobre 1978.
- [03] : Types de dégradations de chaussées (SETI).
Octobre 1976.
- [04] : Guide d'auscultation des chaussées souples
R .SAUTERY et P. AUTRET
Paris 1977
- [05] : P .F.E (ENTP,CTTP) Promotion 1991
"Etude comparative des méthodes de dimensionnement
des renforcements utilisées en Algérie".
[BENMELAT et HADJALI]
Tome:1 et Tome:2.
- [06] : Mécanique des sols et des chaussées
C.H.E.C R.L'HERMINIER
Janvier 1967.
- [07] : Code de bonne pratique pour le renforcement des
chaussées souples à l'aide de matériaux bitumineux.
C.RR (Bruxelle) . décembre 1992.
- [08] : Publications du ministère Français de l'urbanisme du
logement et des transports. Mars 1985
- [09] : Système de gestion des données routière en Algérie
(S.E.D) 1991 (C.T.T.P).
- [10] : Document d'auscultation du CNER (MAROC).
- [11] : Présentation du catalogue des structures de chaussée en
(côte-D'Ivoire).
- [12] : Documentation du 19 ième congrès mondial de la route
Marrakech 1991.
- [13] : Document de la deuxième conférence panafricaine sur
l'entretien et l'amélioration des routes
ACCRA (GHANA) Novembre 1977.
- [14] : Guide d'entretien routier (C.T.T.P)
1993
- [15] : Cours de route et infrastructures des transports
enseigné par Mme MORSLI ENP Alger 1993

- [16] : Conception et construction des chaussées.
Tome 1 et Tome 2
G.JEUFFROY
Eyrolles,ed paris 1985.
- [17] : éléments de statistiques
Tome 2 (Décision,estimation,Test)
F.QUITTARD PINON,P.LIGNELET.
- [18] : Probabilités et statistiques
J.FOURASTIE et B.SAHLER
1981
- [19] : théorie et application de la statistique
MURRAY et SPIEGEL
- [20] : classification automatique pour l'analyse
des données
Tome 1 : méthodes et algorithmes
Tome 2 : logiciels
M JAMBU et M.LEBEAUX
1978
- [23] : Bulletins de liaison des LPC
(12 bulletins de 1974 à 1988)

ANNEXES

ANNEXE A

Dégradation	Définition	Causes probables
Affaissement	Variation du niveau du niveau du profil	<ul style="list-style-type: none"> -Sous-dimensionnement du corps de chaussée -Tassement du sol de fondation et couche inférieure -Présence d'eau dans le corps de chaussée (drainage insuffisant nappe phréatique trop haute) -Pollution du corps de chaus. -Chaussée non calée sur les rives
Bourrelet	Renflement apparaissant à la surface de la chaussée	<ul style="list-style-type: none"> -Fluage de l'enrobé -Efforts horizontaux importants zone de freinages, virages) -Enrobé plastique (température élevée bitume trop mou)
Boursouflure	En climat désertique, renflement et soulèvement de la couche de roulement suite à la cristallisation de sel sous forme de cristaux fibreux (trichites) entre couches de base de base et de roulement	<ul style="list-style-type: none"> -Présence de sel dans le corps de chaussée ou remontée d'eau salée par succion capillaire
Décollement	Rupture de l'adhésion entre revêtement et corps de chaussée	<ul style="list-style-type: none"> -Imprégnation ou couche d'accrochage mal effectuée -Gonflement ou retrait de la couche de base
Désenrobage	Enlèvement de la pellicule de liant enveloppant partiellement ou totalement les granulats (enduits superficiel, enrobé, matériaux imprégnés de liant)	<ul style="list-style-type: none"> -Mauvaise adhésivité liant-granat -Action de l'eau -Action de l'argile (granulat pollués) -Action mécanique de véhicule -Erosion éolienne -Action du sel en zone désertique
Epaufiture	Cassure du revêtement en bord de chaussée	<ul style="list-style-type: none"> -Mauvais épaulement de rive -Accotement en contrebas -Chaussée trop étroite ou partiellement obstruée -Accotement dont la pente est dirigée vers la chaussée

Dégradation	Définition	Causes probables
Tôle ondulée	Ondulations perpendiculaires à l'axe de chaussée (phénomène rares sur routes revêtues, extrêmement fréquents sur les pistes du sud	<ul style="list-style-type: none"> -Actions mécaniques sur chaussées non revêtues -Défaut de stabilité de l'enrobé -Couche de base granulaire instable sous revêtement mince
Faïençage	Cassures en mailles du revêtement	<ul style="list-style-type: none"> -Dégradation des couches inférieures (couche de base principalement) désagrégation, tassements -Mauvais accrochage de la couche de roulement sur la couche de base -Perméabilité de la couche de base inférieure à celle de la couche de roulement; remontées d'eau -Couche de roulement rigide sur couche de base très déformable
Fissures	Cassure du revêtement suivant une ligne avec ou sans rupture du corps de chaussée	<ul style="list-style-type: none"> -Joint de deux bandes d'épandage -Reprise d'un travail au finisseur -Rupture ou tassement des couches inférieures -Retrait du matériau constituant la couche de base, la couche de fondation ou le sol de fondation -Mauvais accrochage de la couche de roulement sur la couche de base -Efforts horizontaux importants: zone de freinage-virages -Chaussée non calée sur les rives: accotements non rechargés -Instabilité d'une chaussée établie sur un mauvais remblai -Elargissement sous dimensionné ou mal exécuté -Géllivité du corps de chaussée
Flaches	Dépression de forme arrondie	<ul style="list-style-type: none"> -Compacité insuffisante de la couche de roulement en un point -Compacité insuffisante de la couche de base en un point -Pollution du corps de chaussée -Drainage inexistant -Tassement du matériau ayant servi à reboucher un trou de la chaussée

Dégradation	Définition	Causes probables
Glaçage	Usure du revêtement qui le rend lisse et glissant	<ul style="list-style-type: none"> -Usure du revêtement (enduit et surtout enrobé) -Gravillons de dureté insuffisante (calcaire polissable)
Nid de poule	Cavité de forme arrondie, à bords francs, créée à la surface de la chaussée par enlèvement des matériaux	<ul style="list-style-type: none"> -Evolution finale des déformation et des fissurations (suite naturelle des dégradations) -Pélade localisée du revêtement sous effet mécanique -Dégel ou, plus souvent, forte proportion d'eau dans la chaussée, combinée avec le passage d'essieux lourds
Orniérage	Déformation permanente longitudinale qui se développe sous passage de roues	<ul style="list-style-type: none"> -Fluage de l'enrobé -Sous-dimensionnement du corps de chaussée entraînant le poinçonnement du sol -Circulation lourde et lente -Contamination des couches inférieures -Présence d'eau (saturation) dans les couches inférieure de la chaussée
Pélade	Décollement de la couche de roulement par plaques plus ou moins grandes	<ul style="list-style-type: none"> -Tapis d'enrobé trop mince localement -Mauvaise adhésivité de la couche de roulement sur le support -Perméabilité de la couche de base inférieure à celle de la couche de roulement

Dégradation	Définition	Causes probables
Plumage	Arrachement d'une partie des gravillons du revêtement, dû parfois à un mauvais répanchage de liant dans ce cas, les gravillons s'arrachent suivant des lignes parallèles à l'axe de la chaussée (peignage)	<ul style="list-style-type: none"> -Mauvaise exécution de l'enduit: sous-dosage en liant, liant trop froid, mauvais fonctionnement de la rampe de répanchage -Mauvaise adhésivité liant/granulat -Action de l'eau ou action chimique -Granulats sals ou pollués
Ressuage	Remontées de liant	<ul style="list-style-type: none"> -Température élevée dans le revêtement -Liant inadapté (bitume au cut-back trop mou) -Surdosage en liant
Têtes de chat	Pierres dures apparaissant en relief à la surface de la chaussée lorsque celle-ci s'use.	<ul style="list-style-type: none"> -Usure du revêtement -Granulats de duretés différentes -Mauvaise granulométrie de la couche de roulement

ANNEXE B

INVENTAIRE DE DONNEES

1) DONNEES GENERALES:

1.1) Localités traversées :

Les traversées de localités constituent des cas particuliers de renforcement.

Il conviendra donc de les identifier (Wilaya, Daïra, Commune, Lieu-dit ...) et d'indiquer d'une manière claire l'entrée et la sortie de la localité par les points kilométriques (PK) correspondants, ainsi que le niveau des bordures des trottoirs par rapport à la chaussée.

1.2) Intersection et accès aux riverains :

Afin de permettre un accès facile aux riverains et un raccordement progressif avec chaque route composant l'intersection, il est nécessaire :

- d'indiquer la position (PK) de chaque intersection;
- de définir l'intersection par sa nature;
- d'indiquer la rive d'accès;
- de relever la largeur de chaque route composant l'intersection;
- d'identifier et de positionner les accès aux riverains.

1.3) Réseaux divers existant sous la chaussée et sous les accotements.

Il est impératif de procéder avec la collaboration des services concernés à la localisation et au déplacement des câbles et réseaux divers sous la chaussée et sous les accotements.

1.4) Equipements de la route.

Les équipements de la route doivent être relevés avec soin en donnant :

- leur nature (panneaux de signalisation, balises, glissières de sécurité,...) ;
- leur position (repérage);
- leur état (bon, mauvais,...);
- leur efficacité (ou opportunité).

1.5) Inventaire des ressources locales en matériaux.

Recensement des ressources locales en matériaux (carrières ou gîtes en exploitation ou non) disponibles dans le secteur de l'axe à renforcer.

- situer l'ensemble des gisements par rapport à la route à renforcer;
- évaluer les distances et les coûts de transport;
- préciser la puissance et la capacité de production des matériaux;
- préciser l'emplacement de l'aire de stockage et de fabrication des matériaux;
- préciser l'emplacement de la centrale d'enrobage ou de malaxage;
- vérifier la qualité intrinsèque et de fabrication des divers matériaux susceptibles d'être utilisés.

2) DONNEES GEOMETRIQUES.

2.1) Longueurs.

* Repérage.

Pour un meilleur relevé des données géométriques, un système de repérage est nécessaire.

- vérifier le bornage de la route à renforcer;
- repérer le début et la fin du projet, soit par la borne kilométrique, soit par un point de repère à matérialiser sur le terrain;
- procéder par pas de 50m au repérage de la chaussée en peinture blanche (soit à la chaîne soit au compteur métrique). Le repérage doit se faire systématiquement entre deux bornes kilométriques consécutives (chaque borne est un repère relatif) pour limiter le risque d'erreurs.

* Mesure.

- Vérifier la longueur inter-bornes kilométrique;
- mesurer les distances (abscisses) d'ouvrages de drainage, intersections, etc... par rapport à la borne précédente (repère relatif);
- mesurer la longueur cumulée de l'origine à l'extrémité du projet;
- mesurer la longueur des murs de soutènement longeant la route en projet;
- mesurer les longueurs des ouvrages d'art;
- mesurer la position des arbres d'alignement, trottoirs, obstacles latéraux, etc...

2.2) Largeurs de chaussée et des accotements.

Les mesures des largeurs de chaussée et des accotements se feront systématiquement le long du projet et de plus à chaque changement de largeur:

- au niveau de chaque rétrécissement;
- au niveau d'un dédoublement de voies (terre-plein central);
- au niveau des murs de soutènement, des tunnels, des ouvrages d'art, etc...
- au niveau des ouvrages de drainage;
- au niveau des carrefours.

2.3) Déclivité et sinuosité.

Pour leur détermination trois cas peuvent se présenter:

-la route à renforcer a fait l'objet d'une étude technique avant sa réalisation, un travail de recherche des archives (tracé en plan et profil en long) est nécessaire pour pouvoir déterminer les déclivités et les sinuosités;

-la route à renforcer a fait l'objet de l'établissement des schémas itinéraires, cela donc permettra de déterminer les déclivités et les sinuosités qu'on actualisera s'il y a eu rectification ou modernisation du tracé;

-la route à renforcer n'a fait l'objet d'aucune étude au préalable (routes très anciennes ou chemins de wilaya). Dans ce cas il est nécessaire de relever les longueurs et pentes du profil en long (levé altimétrique), les longueurs (développées) et les rayons des courbes (levé planimétrique).

3) DONNEES GEOTECHNIQUES.

3.1) Nature de la plate-forme.

- La nature du sol rencontré;
- la nature des terrassement de l'assiette;
- l'appréciation de la stabilité des versants rencontrés;
- la localisation des formations impliquant des difficultés géotechniques graves: marécage-sols compressibles-nappes;
- la hauteur des remblais.

3.2) Etat des talus.

Les talus peuvent être sujets à des désordres; notamment les éboulements, les chutes de blocs, les glissements et les coulées. Il convient donc de délimiter les zones à risque.

Selon leur complexité ces zones peuvent faire l'objet d'études spécifiques.

4) DONNEES METEOROLOGIQUES.

- Nombre de jours de pluie par mois et par an;
- hauteurs d'eau moyennes mensuelles;
- nombre de jours de pluie par mois dépassant un certain seuil;
- intensités moyennes d'averses;
- évaporation potentielle moyenne mensuelle;
- températures moyennes mensuelles;
- moyennes des températures minimales et maximales mensuelles;
- nombre de jours de gel;
- temps d'ensoleillement et d'enneigement;

5) HISTORIQUE.

L'historique de la chaussée devra être recueilli auprès du gestionnaire de la route au niveau des subdivisions des TP concernées. Les informations suivantes sont nécessaires:

- renseignements existants sur la structure en place (nature, épaisseur, date des travaux, ...);
- nature et date des derniers travaux d'entretien;
- localisation et fréquence des travaux d'entretien;
- zones à problèmes (inondations, points noirs, ensablements, enneigements, etc...).

6) DONNEES SUR L'ASSAINISSEMENT ET AUTRES DONNEES.

- les fossés: état, géométrie, exutoires, drains longitudinaux,...
- au niveau des accotements: pente transversale, saignées,...
- points hauts et points bas du profil en long: fossés de pied de talus ou de crêtes, descentes d'eau, éperons drainants, drains, ...
- position et largeur des ouvrages transversaux, leurs états.

Les autres données sont: ouvrages d'art, points de mauvaise visibilité, etc...

C.T.T.P

SCHEMA ITINERAIRE N 4

WILAYA = TIARET

ROUTE = EVITEMENT

TRONCON = PK 9+000

AU PK 12+000

SCHEMA DE LA ROUTE

PLUVIOMETRIE

PR 9+000

PR 10+000

PR 11+000

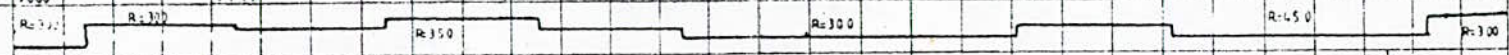
PR 12+000

BORNES

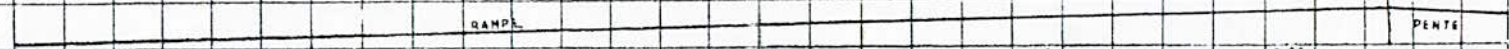
LONGUEURS

ABSCISSES	1000	449	1000	263	321	486	537	1000	1000
DISTANCES CUMULEES	9000	9449	10000	10263	10321	10486	10537	11000	12000

TRACE EN PLAN



PROFIL EN LONG



LARGEUR

ACCOTEMENT GAUCHE	2.70	1.60						1.50	2.00
CHAUSSEE REVETUE	7.70	7.70						7.70	7.70
ACCOTEMENT DROIT	3.00	1.70						2.30	1.50

DERNIERS TRAVAUX

TRAVAUX D'ENTRETIEN

DEBLAIS/REMBLAIS



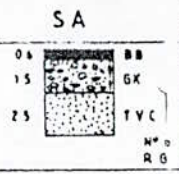
ASSAINISSEMENT



SOL SUPPORT

COUPE DE CHAUSSEE

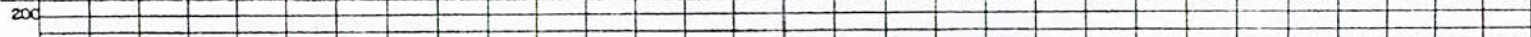
RELEVÉE LE 4 AVRIL 92



ESSAIS GEOTECHNIQUES

IP=33 - WL=58
Wp=12 - d=1.02
ICRR = 21

DEFLEXIONS CARACTERISTIQUES



MESUREES LE 4 AVRIL 92

EN RIVE D + EN A / EN RIVE G

ETAT VISUEL DE SURFACE

DEFORMATIONS

FISSURES

PERTES MATERIAUX

FAIENCAGE

OBSERVE LE MAI 92

UNIT EN MN/TON

DATE: MARS 92

4111

3871

3892

3876

4502

4618

TRAFFIC : COMPAGNE 1991

N DE SECTION

5

6

SOLUTION

PROPOSEE

06 BB + 12 GB
- AVEC PURGE SUPERFICIELLE ET
REPROFILAGE DE CERTAINS ENDROITS
- AVEC EPAULEMENTS SYMETRIQUES

PROFIL N° 1

ANNEXE C