

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO
DEPARTEMENT BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS



**PROGRAMME DE VERIFICATION DES
CONTRAINTES ET DES DEFORMATIONS
SELON LA METHODE D'ALIZE 3 « VCDA »**

*Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme
d'ingéniorat en Bâtiment et Travaux Publics.*

Présenté et soutenu par

Monsieur RABENANDRASANA Jaonarifetra

Directeur de mémoire : Monsieur RAKOTOARISON Pierre Donat

Promotion 2002

Date de soutenance : 31 Mai 2003

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer nos remerciements particulièrement :

A Dieu, qui nous a donné la santé, le temps, la force d'accomplir ce mémoire.

A Monsieur Benjamin RANDRIANOELINA

Le Directeur de l'Ecole supérieur Polytechnique d'Antananarivo. Vous qui savez écouter les étudiants et qui faites de votre mieux pour promouvoir l'école.

Veillez accepter notre profonde reconnaissance et nos sincères remerciements.

A Monsieur RABENANTOANDRO Martin

Le chef de département de la filière Bâtiments Travaux Publics, maître de conférences, professeur de MECANIQUE DE SOL et Hydraulique routière.

Vous qui n'avez pas hésité à patronner ce mémoire et qui donnez du mal à vous partager vos savoir faire.

Veillez trouver ici, notre profonde gratitude et nos vifs remerciements.

A Monsieur RAKOTOARISON Pierre Donat

Le chef de département routes et aéroports LNTPB, Professeur de route, le rapporteur de ce mémoire.

Vous qui sacrifiez vos moments précieux pour venir à notre aide et nous conseiller dans la réalisation de cet œuvre.

Veillez recevoir, l'expression de nos sentiments les plus respectueux.

A Mesdames et Monsieur les membres de jury

Vous, sans la présence desquels, nous ne pourrions avoir l'occasion de nous exprimer et de soutenir nos points de vue.

Veillez recevoir nos très vifs remerciements.

A Madame le Directeur Général de LNTPB

Vous qui nous a permis de se documenter au sein de votre bibliothèque.

Veillez trouver ici, notre profonde reconnaissance et nos vifs remerciements.

Au personnel de l'administration de l'ESPA.

Au corps des enseignants.

Vous qui vous dévouez à nous éduquer et nous donner les formations nécessaires pour être de bons ingénieurs.

Veillez accepter nos sincères remerciements.

A nos Parents, toute la famille, tous nos amis.

Sans vous, nous ne serions capables d'arriver à terme ce mémoire,

A vous tous, nous adressons nos sincères remerciements.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : PRESENTATION THEORIQUES

CHAPITRE 1 : Énumération de la méthode de vérification d'ALIZE 3

CHAPITRE 2 : Vérification des contraintes et des déformations

DEUXIEME PARTIE : PRESENTATION DU PROGRAMME

CHAPITRE 1 : Menu principal

CHAPITRE 2 : Programme de vérification

TROISIEME PARTIE : EXEMPLE D'APPLICATION

CHAPITRE 1 : Calculs Manuels

CHAPITRE 2 : Utilisation du logiciel

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

ANNEXES

TABLES DES MATIERES

ABREVIATIONS

BB	: Béton Bitumineux
BTP	: Bâtiment Travaux Publics
CAM	: Coefficient d'agressivité moyen
CBR	: Californian Bring Ratio
CEBTP	: Centre Expérimental des recherches et d'études en Bâtiments et travaux publics
CU	: Charge Utile
EDC	: Enrobés dense à chaud
ELT	: Élément
GB	: Grave Bitume
GC	: Grave Ciment
GCNT	: Grave Concassé Non Traité
LCPC	: Laboratoire Centrale de Pont et Chaussée
LNTPB	: Laboratoire Nationale de Travaux Publics et des Bâtiments
MJA	: Moyenne Journalière Annuelle
MTLH	: Matériaux Traités aux Liants Hydrauliques
OPM	: Optimum Proctor Modifié
PK	: Points Kilométrique
RIP	: Route d'intérêt Provincial
RN	: Route Nationale
SC	: Sol Ciment
VB	: Visual Basic
VCDA	: Vérification des Contraintes et des Déformations selon méthode d'ALIZE 3

INTRODUCTION GENERALE

Sur le plan mondial et même à Madagascar, l'univers informatique se développe rapidement. Les constructeurs de micro-ordinateur offrent des nombreuses gammes de machines de plus en plus performants en plus de progiciels spécifiques à des domaines bien précis.

Dans le domaine du bâtiment, les professionnels disposent sur le marché de plusieurs logiciels appropriés sur l'instar du logiciel du dessin, AUTOCAD, du ROBOT, etc..., tandis que dans le domaine des travaux publics surtout la construction routière les logiciels sont encore rares, mais en train de se multiplier.

Pour les entreprises et les bureaux d'études, il s'avère de plus en plus nécessaire de s'équiper de micro-ordinateur et des logiciels, et d'en faire un indispensable instrument de travail. Cependant il est plus avantageux pour ces entreprises de les personnaliser selon leurs nécessités.

De nos jours, l'ingénieur en BTP initié en calculateur est sollicité à être capable d'utiliser les logiciels et mieux encore les exploiter pour faciliter ses tâches quotidiennes.

En outre au bureau, l'ingénieur est souvent confronté à des très longs calculs fastidieux, comme les calculs des poutres, des poteaux, des dimensionnements des chaussées, des vérifications. Le recours à l'informatique permet d'alléger ces charges.

Ce mémoire dont le thème est « PROGRAMME DE VERIFICATION DES CONTRAINTES ET DES DEFORMATIONS SELON LA METHODE D'ALIZE3 » fournit un exemple d'un logiciel de vérification utilisé dans le domaine routier.

En tant qu'ingénieur en BTP, nous ne pourrions pas nier notre côté dominant calculateur. Le processus pour la vérification sera tout présenté sous forme de simples formulaires qu'on a nommé présentations théoriques. Quelques indications sont toutefois nécessaires pour expliciter les formules complexes.

La principale raison d'être de ce mémoire est de concevoir un programme de vérification des contraintes et des déformations, en utilisant le langage Visual Basic 6.0, nommé « VCDA 1.0 » et de souligner dans la mesure du possible les principes de conception du programme, ses principes de fonctionnement et de manipulation.

Les exemples d'applications vont servir d'illustrations concrètes aux différentes théories exposées dans ce livre en plus des vérifications manuelles.

En tous cas, cet ouvrage ne pourrait se substituer à un manuel complet de programmation en Visual Basic. Il ne constitue qu'une simple directive de programmation des vérifications des contraintes et des déformations.

PARTIE I:
PRESENTATIONS THEORIQUES

INTRODUCTION

Les méthodes de calcul des épaisseurs dans les dimensionnements des chaussées ne sont que des calculs de pré dimensionnement, alors on doit vérifier si les valeurs des contraintes et des déformations obtenues sont inférieures à celles des contraintes et des déformations admissibles.

Puisque notre thème se tiendra sur la vérification selon la méthode d'ALIZE 3, cette première partie comportera deux chapitres tels que :

Chapitre I : Énumération de la méthode de vérification d'ALIZE3

Chapitre II : Vérification des contraintes et des déformations.

Chapitre I.

ENUMERATION DE LA METHODE DE VERIFICATION D'ALIZE 3

I.1. INTRODUCTION :

Les modèles Alizés permettent de calculer, sous une ou plusieurs charges circulaires les contraintes et les déformations en différents points du massif. Pour les contraintes et déformations admissibles, on les calcule avec les paramètres de base. Les modèles Alizés tiennent compte de la liaison des interfaces et des hypothèses suivantes.

- Les matériaux ont un comportement élastique et linéaire ;
- Les contraintes sont de pression ou de cisaillement ;
- Les couches considérées ont des épaisseurs bien définies sauf la plate-forme.

I.2. OBJET DES ABAQUES :

Le modèle ALIZE 3 utilise des abaques qui se limitent aux structures bicouches : bien que la majorité des structures routières se compose dans la réalité d'un nombre de couche supérieur, l'utilisation de ces abaques se justifie cependant car de nombreuses structures sont assimilables moyennant des approximations raisonnables à des bicouches.

I.3. CHARGE TYPE :

Tous les calculs ont été effectués pour une charge correspondante au jumelage type de l'essieu légal français de treize (13) tonnes. La charge est représentée par une pression verticale q s'exerçant uniformément sur deux cercles de rayon a , dont les centres sont distants de l , on a choisi les valeurs suivantes :

$$q = 6,62 \text{ Bars}$$

$$a = 12,5 \text{ cm}$$

$$l = 3 \times a = 37,5 \text{ cm}$$

I.4. REPRESENTATION DES STRUCTURES :

I.4.1. Structure Bicouche :

On appelle structure bicouche, une structure composée d'un massif homogène élastique de profondeur infinie (massif de Boussinesq) surmonté d'une couche élastique supérieure dont :

Et la couche supérieure est caractérisée par :

- Son épaisseur h
- Son module élastique E_1
- Son coefficient de poisson γ_1

Et la couche inférieure (massif homogène) est définie par :

- Son module élastique E_2
- Son coefficient de poisson γ_2

Les contraintes et déformations d'une structure bicouche dépendent des conditions mécaniques ou géométriques, imposées à l'interface entre les deux couches. Diverses hypothèses de liaison entre couche peuvent être proposées, par exemple :

- Interface non glissant : pour cela les déplacements horizontaux de part et d'autre de l'interface sont égaux, il en est bien sûr de même pour les allongements (ϵ_t), les contraintes σ_z correspondantes sont discontinues au passage d'une interface.
- Interface glissant : il est caractérisé par un cisaillement horizontal nul à l'interface et il n'y a plus continuité des déplacements horizontaux de part et d'autre de l'interface, il en est bien sûr pour les allongements (ϵ_t) et pour les contraintes (σ_t).

I.4.2. Hypothèses des abaques :

La charge étant fixée, alors on peut définir les bicouches d'ALIZE 3 par les éléments suivants :

- Ses coefficients de poisson γ_1 et γ_2 , qui ont été pris égaux à 0.25, il s'agit là des valeurs moyennes de coefficient de poisson.
- L'épaisseur de la première couche, limité dans le domaine :

$$5 \leq h \leq 40 \text{ (cm)}$$

- Le rapport de module de deux couches (E_1/E_2) limité dans le domaine

$$1 \leq E_1/E_2 \leq 1000$$

On a utilisé les unités suivantes :

- les contraintes et les modules sont exprimés en Bars
- les épaisseurs des différentes couches en cm

I.4.3. Utilisation des abaques

Nous avons sur l'abaque comme abscisse les valeurs de E_1/E_2 , et en ordonnées les valeurs de $E_2 \times E_z$ ou $E_2 \times \varepsilon_t$ ou δ_t ou δ_z selon les cas.

Alors après les calculs de E_1 , E_2 et h dans le cas des multicouches on prend la valeur de E_1/E_2 et la place sur l'abaque. Projeter sur la courbe correspondant à l'épaisseur h , et si la valeur de h obtenue ne coïncide pas avec les valeurs dans l'abaque, on fait l'interpolation. Ensuite projeter sur l'axe des ordonnées pour avoir la valeur de $E_2 \times \varepsilon_z$ ou $E_2 \times \varepsilon_t$ ou δ_t ou δ_z . Enfin tirer la valeur de ε_z et ε_t car E_2 est déjà connu.

Chapitre II.

VERIFICATION DES CONTRAINTES ET DES DEFORMATIONS

II.1. INTRODUCTION:

Après les calculs de pré dimensionnement, on compare les valeurs des contraintes effectives et admissibles. Alors il faut que :

- $\bar{\sigma}_z \leq \bar{\sigma}_z^{admi}$ (contrainte de compression verticale au niveau supérieur de la plate-forme).
- $\bar{\sigma}_t \leq \bar{\sigma}_t^{admi}$ (contrainte de traction ou contrainte tangentielle par flexion pour les matériaux blancs).

Et en ce qui concerne les matériaux, il faut vérifier si les valeurs des déformations effectives, sont inférieures à celles des déformations admissibles.

- $\varepsilon_z \leq \varepsilon_z^{admi}$ (pour les sols)
- $\varepsilon_t \leq \varepsilon_t^{admi}$ (pour les matériaux noirs)

Donc dans le cas où on n'aurait pas ces inégalités il faut redimensionner la chaussée.

II.2. DETERMINATION DES CONTRAINTES ET DES DEFORMATIONS

II.2.1. Paramètres fondamentaux

Les contraintes et déformations $\bar{\sigma}_t$, $\bar{\sigma}_z$, ε_z , ε_t , sont déterminées à l'aide des abaques "ALIZE3" du LCPC (annexe A), cependant il faut tenir compte:

- De la définition du corps de chaussée et condition d'interface;
- Des charges agissantes;
- Des caractéristiques des matériaux.

II.2.2. Corps de chaussée:

Le corps de chaussée est défini par les couches et leurs relations réciproques d'interface(glissant, non glissant, glissant partiel).

On suppose qu'il y a collage à l'interface des cas suivants:

- Des matériaux hydrocarbonés et du support;
- De la couche de fondation et de la plate-forme;
- De toutes couches d'une structure bitumineuse;
- De la couche de revêtement et de la couche de base d'une structure semi-rigide.

Et chaque couche sera caractérisée par les éléments suivants:

- Son épaisseur h_i ;
- Son module d'élasticité statique E_i ;
- Son coefficient de poisson γ_i .

Dans le cas du système multicouche, on peut ramener un ensemble de deux couches en une seule couche unique, si elles ont de coefficient de poisson équivalent. Dans ce cas, le système multicouche pourrait être ramené à un système bicouche équivalent, car pour l'abaque ALIZE3 les coefficients de poisson ont été pris égaux à 0,25:

On utilisera la formule:
$$h' = h_1 + 0,9h_2 \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}} \quad (01)$$

$$E = E_1$$

Avec h' : épaisseur de la couche unique,

h_1, h_2 : épaisseurs respectives de la première et la deuxième couche,

E_1, E_2 : modules d'élasticité respectifs de la première et de la deuxième couche,

E : module de la couche unique.

Cas des figures:

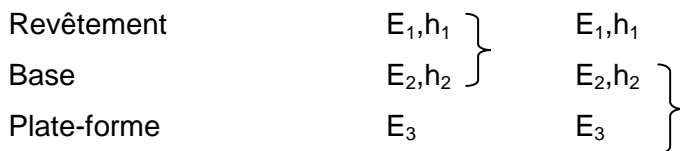


Figure: I.II.01 : Modèle tricouche

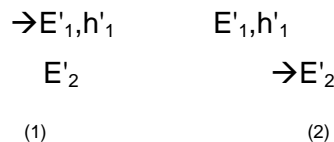


Figure :I.II.02: Modèle bicouche équivalente1

En utilisant la formule (01) on obtient les formules pour la figure I.II.01(1):

$$h'_1 = h_1 + 0,9h_2 \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}}$$

$$E'_1 = E_1$$

$$E'_2 = E_3 \quad (02)$$

Et pour la figure I.II.01(2) on aura d'après (01)

$$h'_1 = h_1$$

$$E'_1 = E_1$$

$$E'_2 = E_2 \quad (03)$$

Revêtement	E_1, h_1	E_1, h_1	E_1, h_1
Base	E_2, h_2	E_2, h_2	E_2, h_2
Fondation	E_3, h_3	E_3, h_3	E_3, h_3
Plate-forme	E_4	E_4	E_4
	(1)	(2)	(3)

Figure : I.II.03 Modèle quadricouche

E'_1, h'_1	$\rightarrow E'_1, h'_1$	$\rightarrow E'_1, h'_1$
$\rightarrow E'_2$	$\rightarrow E'_2$	E'_2
(1)	(2)	(3)

Figure :I.II.04 Modèle bicouche équivalente 2

Pour la figure I.II.03 (1) la formule (01) est transformée en (03) :

Pour la figure I.II.03 (2) la formule (01) est transformée en (02) :

Et pour (3) on aura :

$$h'_1 = h_1 + 0,9h_2 \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}} + 0,9h_3 \sqrt[3]{\frac{E_3}{E_1}}$$

$$E'_1 = E_1 \quad (04)$$

$$E'_2 = E_4$$

Revêtement	E_1, h_1	E_1, h_1	E_1, h_1	E_1, h_1
Base	E_2, h_2	E_2, h_2	E_2, h_2	E_2, h_2
Fondation	E_3, h_3	E_3, h_3	E_3, h_3	E_3, h_3
Forme	E_4, h_4	E_4, h_4	E_4, h_4	E_4, h_4
Plate-forme	E_5	E_5	E_5	E_5
	(1)	(2)	(3)	(4)

Figure I.II.05 Modèle multicouche (05 couches)

E'_1, h'_1	$\rightarrow E'_1, h'_1$	$\rightarrow E'_1, h'_1$	$\rightarrow E'_1, h'_1$
$\rightarrow E'_2$	$\rightarrow E'_2$	$\rightarrow E'_2$	E'_2
(1)	(2)	(3)	(4)

Figure I.II.06 Modèle bicouche équivalente 3

Pour la figure I.II.05 (1) la formule (01) est transformée en (03) :

Pour la figure I.II.05 (2) elle est transformée en (02)

Pour la figure I.II.05 (3) elle est transformée en (04)

Et pour la figure I.II.05 (4) La formule (01) est transformée en :

$$h'_1 = h_1 + 0,9h_2 \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}} + 0,9h_3 \sqrt[3]{\frac{E_3}{E_1}} + 0,9h_4 \sqrt[3]{\frac{E_4}{E_1}}$$

$$E'_1 = E_1$$

$$E'_2 = E_5$$
(05)

II.2.3-Les charges agissantes :

Selon les pays, l'essieu de référence est l'essieu simple à roues jumelées de 8,2t ou 10t ou 13t, mais à Madagascar comme en France, on utilise l'essieu de 13t. La charge unitaire de référence est le jumelage de 6,5t pour des pneumatiques dont la pression de gonflage « p » est voisine de 8 bars.

Il existe deux (02) cas pour le calcul, le cas d'une roue simple et le cas des deux roues jumelées, mais en utilisant les abaques ALIZE III, tous les calculs ont été effectués pour une charge correspondante au jumelage type de l'essieu légal français de 13t.

Dans ce cas, on considère les deux cercles de même rayon distant de « l » chargés avec la même pression « q ».

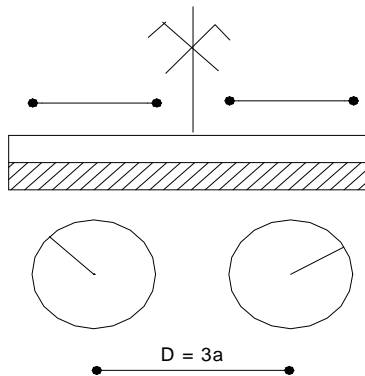
$$2P = 2\pi qa^2 = 6,5t$$

$$q = 6,62 \text{ bars} = 0,662 \text{ Mpa}$$

$$a = 12,5 \text{ cm}$$

$$l = 3a = 37,5 \text{ cm}$$

Contrainte dans l'axe de jumelage



Contrainte dans l'axe de roue

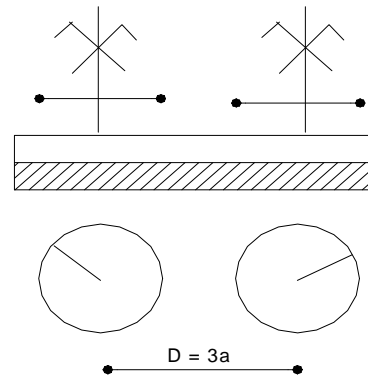


Figure I.II.07

On retient systématiquement la plus forte des deux valeurs.

II.2.4. Les caractéristiques des matériaux sont :

- Le CBR
- La résistance à la compression ;
- La résistance à la traction R_t ;
- Les modules élastiques E .

- Le coefficient de poisson,
- Les températures soumis par les matériaux ;
- La résistance à la fatigue.

II.2.4.1. Module de coefficient de poisson :

a- Module :

Le module est obtenu lors des différents essais au laboratoire.

Sa valeur a été prise la plus voisine possible de ce qu'on peut constater à partir des mesures de diverses natures.

Pour les matériaux traités aux liants hydrauliques, on utilise les essais de traction directe, suivant le mode opératoire du LCPC. Dans le cas des matériaux Bitumineux, on utilise des essais de type divers : essais de traction, compression et flexion.

Le tableau ci dessous nous montre quelques valeurs des modules, en fonction des matériaux et du CBR ;

Tableau I.II.01 : Tableau des modules :

Nature des matériaux	C B R	Couche	Module d'élasticité
Enduit superficiel	-	Revêtement	25000
Enrobés mince <4cm	-	Revêtement	25000
Enrobés épais > 4cm	-	Revêtement	25000
Binder (BB)	-	Revêtement	25000
Sol ciment	-	Couche de base	5000 à 15000
Sol bitume	-	Couche de base	5000 à 15000
Sol chaux	-	Couche de base	5000 à 15000
GCNT	>80 à 100	Couche de base	3000 à 5000
TVN	>60	Couche de base	5000 à 15000
MS (Matériaux sélectionnés)	≥40	Couche de fondation	1500 à 2000
	30<CBR≤30	Couche de fondation	1500 à 2000
	20<CBR≤30	Couche de fondation	1000 à 2000
	15<CBR≤20	Couche de forme	750 à 1000
	≤10	Couche de forme	500

b- Coefficient de poisson :

On applique la courbe LCPC, mais dans la pratique on adopte les valeurs suivantes :

0,35 pour les matériaux bitumineux,

0,25 pour les matériaux hydrauliques.

II.3. METHODE ET MODELE MATHEMATIQUE DE TRANSFORMATION DE L'ABAQUE

Pour tous les abaques, on a utilisé pour les transformations la méthode des moindres carrés.

Puisque l'abaque est une fonction logarithmiques on a pris l'équation de chaque courbe $y = \log(ax^5 + bx^4 + cx^3 + dx^2 + ex + f)$

En prenant des coordonnées de la courbe puis en logarithmant ces valeurs, on obtient six équations à six inconnues.

Par exemple pour la planche n°130

Pour $h = 5$ cm

On obtient les coordonnées suivantes.

x_i	y_i	$\text{Log}(x_i)$	$\text{Log}(y_i)$
1	0.67	0	-0.174
5	0.87	0.699	-0.060
10	0.71	1	-0.149
50	0.33	1.699	-0.481
100	0.215	2	-0.668
500	0.068	2.699	-1.167

On obtient $a = 0,0416$

$b = -0,3987$

$c = 1,5029$

$d = -2,6090$

$e = 1,5032$

$$y = \log(0,0416x^5 - 0,3987x^4 + 1,5029x^3 - 2,609x^2 + 1,5032x + 0,67)$$

Pour vérifier prendrons une autre valeur de x_i , $x = 40$

$$\text{Log}(x) = 1,602$$

II.4. DETERMINATION DES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS ADMISSIBLES

II.4.1 Paramètres fondamentaux:

Les contraintes et déformations admissibles sont données par des formules empiriques, alors dans ce cas on fait tenir compte des éléments suivants:

- Le trafic,
- Le sol de plate forme,
- Les caractéristiques des matériaux,
- Le risque.

II.4.1.1. Trafic:

Le trafic poids lourds est l'un des paramètres prépondérants du dimensionnement des chaussées et de vérification des contraintes et des déformations, il est donc nécessaire de l'analyser en terme d'agressivité vis à vis des chaussées sur les quelles il circule. On a retenu deux(2) paramètres:

- N: trafic poids lourds à la mise en service
- N_{cu} : trafic poids lourds cumulé sur la durée de service choisie.

Le poids lourd est défini de diverses manières selon les méthodes utilisées, et le pays. Sachant le pourcentage des poids lourds, on peut déterminer le trafic du poids lourd à partir du trafic journalier, toutes catégories de véhicules confondues ou à partir du trafic journalier moyen qu'on obtient après compactage.

a. *Trafic à la mise en service N:*

Il est plus souvent exprimé en nombre de poids lourds ou nombre d'essieux. C'est le paramètre qui fait l'objet de mesures de prévision dans les études préalables et le plus souvent utilisé comme entrée dans les méthodes de dimensionnement des chaussées.

La détermination du trafic à la mise en service se fait par comptage, et le résultat de mesure peut être:

- le nombre de poids lourds de charge utile supérieur à 50KN (par jour et par sens de circulation),
- le nombre d'essieux de charge supérieur à 90 KN (p/j et p/s),
- le nombre de poids lourds de poids total utilisé supérieur à 35KN,
- Le nombre total de véhicules.

Quand l'unité retenue pour caractériser le trafic est le nombre de poids lourds de charge utile (cu) supérieur à 50KN par jour et par sens de circulation, le trafic t est reparti en quatre (04) classes telles que:

- t_5 : 0 à 25 PL/j/sens
- t_4 : 25 à 50 PL/j/sens
- t_3^- : 50 à 100 PL/j/sens
- t_3^+ : 100 à 150 PL/j/sens

PL /j /sens: Poids lourds par jour par sens de circulation.

b. trafic cumulé N_{cu} :

C'est le trafic en nombre cumulé d'essieux. Le trafic initial étant connu, il reste à fixer le nombre d'essieux standards N_{cu} qui est l'essieu isolé à roue jumelée de charge 130 KN (charge maximale légale).

Ce nombre N_{cu} va en fait se calculer de la façon suivante:

$$N_{cu} = N \times A \times C \times 10^3 \quad (06)$$

Dans la quelle

A: un facteur d'agressivité globale du trafic,

N: caractérise, le trafic moyen journalier annuel en nombre de poids lourds à l'année de mise en service,

c: facteur de cumul fonction de la durée de service et du taux de croissance

$$c = 365 \times \frac{(1+r)^d - 1}{r} \times 10^{-3} \quad (07)$$

d: durée de service,

r: taux de croissance,

Selon la durée de service et le taux de croissance, c prend les valeurs énumérées dans le tableau suivant:

Tableau I.II.02: Valeurs du facteur cumul c.

Durée de service \ Taux de croissance [%]	5	10	15	20	25
0	1,8	3,6	5,4	7,2	9,0
4	2,0	4,4	7,3	10,9	15,2
7	2,1	5,0	9,2	15,0	23,1
10	2,3	5,8	11,6	20,9	35,9

Dans le cas général A prend les valeurs moyennes suivantes

A = 0,8 en t_3^+

A = 0,7 en t_3^-

A = 0,5 en t_4

A = 0,4 en t_5

Le calcul du trafic cumulé N_{cu} nécessite de se fixer deux paramètres définissant la longévité de la chaussée: ce sont la durée de service et le taux de croissance.

b1. Durée de service:

La durée de service est le nombre d'années pour le quel le dimensionnement doit être conçu et pendant le quel on ne devra pas effectuer de changement ou d'entretien structurel de la chaussée.

Le choix d'une durée de service traduit en fait le choix d'une stratégie de dimensionnement comme:

- L'intensité du trafic à la mise en service,
- La localisation de la route,
- Sa destination,
- Les dépenses que le maître d'ouvrage veut ou peut consacrer à la construction d'une part et à l'entretien d'autre part.

b2- Taux de croissance:

Le choix de taux de croissance dépend des circonstances locales, comme les données sur l'évolution du trafic ou les considérations sur les conditions d'exploitation. Ce taux de croissance peut varier entre 0% et 15% mais en l'absence d'indication précise, on conseille de retenir un taux géométrique annuel compris entre 4 et 7%.

c. Trafic équivalent:

Le trafic équivalent s'exprime par

$$\left. \begin{aligned} N_e &= MJA \times 365 \times \frac{(1+r)^d}{r} \times CAM \\ N_e &= N_{cu} \times CAM \end{aligned} \right\} \quad (08)$$

CAM: coefficient d'agressivité moyen du poids lourd par rapport à un essieu inférieur de 13 t,

Ncu: Trafic cumulé des poids lourds sur la durée de service chargé.

d. Trafic corrigé:

La méthode de calcul de dimensionnement des chaussées à Madagascar est basée sur l'augmentation du trafic de 10% et pour une durée de 15 ans. Pour les autres hypothèses le trafic des poids lourds doit être corrigé, et on obtient le trafic corrigé N_c :

$$N_c = N \times \alpha \times \beta$$

Avec α : coefficient correcteur relatif à l'accroissement annuel du trafic

β : coefficient relatif à la durée de service.

Tableau I.II.03 : coefficient α .

Taux d'accroissement annuel [%]	α
6	0,73
8	0,85
10	1,00
12	1,17
15	1,50

Tableau I.II.04 : coefficient β

Durée de service [ans]	β
8	0,36
10	0,5
15	1,00
20	1,8

Pour les autres valeurs de taux de croissance annuel et de la durée de service, on devra faire des interpolations ou des extrapolations.

e. Classes de trafic :

Pour le trafic moyen journalier (MJA) qui est exprimé en nombre de poids de charge utile à 5t, les classes de trafic sont montrées par le tableau suivant :

Tableau I.II.05 : Classes de trafic en fonction de MJA.

Classe	T_5		T_4		T_3		T_2		T_1		T_0	
					T_3^-	T_3^+	T_2^-	T_2^+	T_1^-	T_1^+	T_0^-	T_0^+
MJA	0	25	50	100	150	200	300	500	750	1200		

Par conséquent pour le dimensionnement des chaussées selon les classes de trafic, on adoptera les coefficients d'agressivité moyenne (CAM) de poids lourds par rapport à l'essieu de référence 13t donnés par le tableau suivant.

Tableau I.II.06 :

Classe de trafic	Chaussées à faible trafic				Chaussées à trafic moyen et fort		
	T ₅	T ₄ ⁻	T ₃ ⁺	T ₃	T ₂	T ₁	T ₀
Coefficient d'agressivité	0,4	0,5	0,7	0,8	0,8	1	1,3

II.4.1.2 Le sol de plate forme :

Autre que le trafic le sol de la plate forme est l'un des éléments principaux pour le calcul des contraintes admissibles, car la portance conditionne les contraintes et les déformations dans la chaussée et le sol support.

Les sols sont différenciés sur la base par leur résistance au poinçonnement, c'est à dire de leur portance ou de l'indice CBR (Californian, Bring, Ratio. Ce dernier est obtenu par l'essai de poinçonnement à quatre (04) jours d'imbibition et à une compacité égale à 95% de la densité optimale du procor Modifié (OPM).

Le tableau ci-dessous montre l'échelle de portance par rapport à l'indice CBR

Tableau I.II.07 :

CBR	Portance
<3	0
3 à 6	1
6 à 10	2
10 à 20	3
>20	4

II.4.1.3. Les matériaux :

La qualité des matériaux constituant les diverses couches de chaussées, est un paramètre pour le calcul des contraintes et déformations admissibles. Il doit respecter certaines normes suivant l'intensité du trafic et du risque accepté par le dimensionnement.

On peut diviser les matériaux en deux grandes classes

- Les matériaux non traités
- Les matériaux traités ou stabilisés, qui sont aussi repartis en :
 - Matériaux traités aux liants hydrauliques
 - Matériaux traités aux liants hydrocarbonés (matériaux bitumineux).

II.4.1.4. Risque :

Choisir un risque, c'est essayer de mesurer le caractère aléatoire d'un dimensionnement de chaussée avant la vérification.

On doit intégrer des différentes dispersions pour le calcul des chaussées telles que :

- La dispersion qui se présente sous la forme d'une variable aléatoire centrée obtenue lors des essais de fatigue à contraintes ou déformation.
- La dispersion des épaisseurs

Ces dispersions sont dues aux variations des épaisseurs des couches aux écarts des propriétés des matériaux par rapport aux spécifications exigées, et aux modes de ruptures différents au laboratoire et sur le terrain.

On introduit la dispersion des épaisseurs et des propriétés mécaniques des matériaux (loi de fatigue) au niveau de la détermination du trafic prise en compte dans le calcul et on a :

$$\mathbf{LogN_c = logN + t\delta} \quad (10)$$

N_c : trafic corrigé,

N : trafic nominal (correspond à un risque de 50%),

t : coefficient traduisant le niveau de risque accepté, c'est l'extrait de la table statistique, par exemple $t = 0$ pour un risque $r = 50\%$ on peut aussi l'appeler Fractile.

δ : L'écart type global intégrant les dispersions diverses (sur la loi de fatigue et sur les épaisseurs des matériaux) donné par la formule suivante :

$$\delta = \sqrt{\sigma_N^2 + \sigma_H^2 \left(\frac{c}{b}\right)^2} \quad (11)$$

σ_N : écart type de la loi de comportement à la fatigue exprimé en logarithme décimal de nombres de cycles,

σ_H : écart type de la loi de variation des épaisseurs,

c : coefficient reliant la variation de la déformation à la variation aléatoire de l'épaisseur de la chaussée, il est lié au matériau considéré on a $c = 0,02$ cm.

b : pente de la droite de fatigue.

Tableau I.II.08 : Taux de risque croissant en fonction de trafic :

	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃	
Matériaux	Risque	t	Risque	t	Risque	t	Risque	t
Béton	2,8%	1,91	5%	1,645	7,5%	1,439	11,5%	1,202
CH – SH	2,5%	1,96	5%	1,645	7,5%	1,439	12,5%	1,150
BB – GB } EDC }	2%	2,05	5%	1,645	12%	1,175	25%	0,6674

II.4.2 Contraintes et déformations admissibles :**II.4.2.1 Contraintes admissible de compression au niveau du sol support (contrainte verticale).**

La contrainte (poinçonnement) admissible au niveau supérieur de la plate-forme est celle donnée par la formule de DORMON et KERKHOVEN faisant intervenir l'indice portant CBR et l'effet de la répétition des charges (N ou le trafic corrigé N_c)

$$\sigma_z^{adm} = \frac{0,3CBR}{1 + 0,7\log N} \text{ (enbars)} \quad (12)$$

Si $\sigma_z > \sigma_z^{adm}$, il faut redimensionner la structure de la chaussée.

II.4.2.2 Contrainte admissible de traction par flexion pour les MTLH (contrainte tangentielle) :

La contrainte admissible pour un nombre de cycle N_{cu} estimé à un risque r accepté et une contrainte de flexion mesurée est déterminée par la formule suivante :

$$\sigma_t^{adm} = k_1 \times k_2 \times k_4 \times \sigma \quad (13)$$

Avec $\sigma = \sigma_0$ ou $\sigma = \sigma_6$ selon le calcul de k₁

σ_0 : la contrainte de flexion pour un cycle, lue sur les flèches de matériaux (en Mpa)

σ_6 : la contrainte de flexion pour 10⁶ cycles telle que

$$\sigma_6 = (1 - 6\beta) \sigma_0 \quad (14)$$

β : pente de la courbe sémi-logarithmique

$$b = 0,5 \log \frac{(1 - 5\beta)}{(1 - 7\beta)} \quad (15)$$

N_c : trafic équivalent,

b : pente de la droite de fatigue.

II.4.2.3 Déformation verticale admissible pour le sol support et la couche granulaire :

Selon le trafic, la déformation admissible est donnée par

$$\begin{aligned}\varepsilon_z^{adm} &= 0,012 \times N_e^{-0,2222} \text{ pour } T \geq T_3 \\ \varepsilon_z^{adm} &= 0,016 \times N_e^{-0,2222} \text{ pour } T < T_3\end{aligned}\quad (16)$$

avec N_c : Trafic équivalent.

II.4.2.4 Déformation admissible pour les matériaux bitumineux (déformation tangentielle)

Connaissant une déformation de référence ε_6 avec un risque r accepté et une température donnée, et la déformation admissible pour un nombre de cycles N_{cu} estimé s'écrit sous la forme suivant :

$$\varepsilon_t^{adm} = k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times \varepsilon_6 \quad (17)$$

ε_6 : déformation de référence à 10^6 cycles, lue sur les fiches de matériaux.

II.4.2.5 Les coefficients de calage, k_1 , k_2 , k_3 , k_4 :

a- Coefficient k_1 :

C'est le coefficient de calage lié au trafic, c'est-à-dire au nombre de cycles supportés par la chaussée. Il est lié directement à la droite de fatigue, on a

$$k_1 = \left(\frac{N_e}{10^6} \right)^{-b} \quad \text{pour } \sigma = \sigma_6 \quad (18)$$

$$k_1 = (1 - 6\beta) \left(\frac{N_e}{10^6} \right)^{-b} \quad \text{pour } \sigma = \sigma_0 \quad (19)$$

pour les matériaux bitumineux, on utilisera la première formule.

b- Coefficient k_2

C'est un coefficient lié à la température

$$\begin{aligned}k_2 &= \left[\frac{E_{10}}{E_{\theta eq}} \right]^{0,5} \\ &= \left[\frac{E(10^\circ\text{C})}{E_{\theta eq}} \right]^{0,5}\end{aligned}\quad (20)$$

où E_{10} et E_{θ} : modules d'élasticité à 10°C et à θ équivalente,

θ_{eq} : Température équivalente,

Ce coefficient n'existe pas pour les matériaux blancs.

c- Coefficient k_3

C'est un coefficient lié au risque tel que :

$$k_3 = 10^{-tb\delta} \quad (21)$$

t : coefficient traduisant le niveau de risque accepté (variable aléatoire associé au risque r). C'est un fractile de la loi normale centrée réduite qui est lié directement au risque et s'exprime en multiple de l'écart type.

δ : l'écart type global intégrant les dispersions, donné par la formule (11).

Tableau I.II.09 : Valeur de t en fonction du risque r :

r [%]	t	r [%]	t	r [%]	t	r [%]	t
1	2,326	3	1,881	11,5	1,200	24	0,706
1,5	2,170	5	1,645	12	1,175	25	0,674
2	2,054	5,6	1,590	15	1,036	30	0,524
2,5	1,960	7,5	1,439	20	0,842	35	0,385
8	1,911	10	1,282	23	0,739	40	0,253
						50	0

d- Coefficient k_4

C'est un coefficient de calage lu sur les fiches des matériaux, mais en général on prend :

$k_4 = 1,5$ pour les chaussées neuves,

$k_4 = 1,7$ pour les renforcements.

CONCLUSION

Même si cette partie n'est pas volumineuse, elle renferme les formules et les données utiles pour une vérification des contraintes et des déformations. La méthode d'ALIZE3 est y aussi mentionnée. C'est notre départ pour le logiciel car sans cette partie, nous ne pouvons pas faire les calculs de vérification dans le logiciel, même les calculs manuels ont besoin d'elle. Alors cette partie tient une grande place dans ce livre et nous ne pouvons pas l'ignorer.

PARTIE II :

PRESENTATION DU PROGRAMME

INTRODUCTION

L'objectif général de cette partie est de montrer les structures et les descriptions du programme. Donc, en premier lieu, il faut passer :

Au chargement des fichiers exécutables utiles pour le lancement du programme, ensuite,

Au chargement du menu principal.

En second lieu, on va procéder aux fondements et au fonctionnement des différentes étapes du programme.

Ainsi, cette partie comportera deux chapitres :

Chapitre I. MENU PRINCIPAL

Chapitre II. PROGRAMME DE VERIFICATIONS DES CONTRAINTES ET DES DEFORMATIONS D'ALIZE 3.

Chapitre I.

MENU PRINCIPAL

I.1 CHARGEMENT DU MENU :

Le menu est un instrument qui sert à commander ou à manipuler un logiciel. Comme tous les programmes réalisés avec le langage de programmation VISUAL BASIC 6.0, le chargement du menu principal du programme « VCDA » se fait en tapant sur le raccourci sur le bureau de votre ordinateur, ou en cliquant sur démarrer puis sur programmes et enfin sur « Vérification ».

I.2 PRESENTATION – FORME ET CONTENU :

En suivant les procédures énumérées précédemment, on doit avoir sur l'écran une boîte de dialogue d'accueil qui guide les utilisateurs, puis le programme appelle la fenêtre qui contient le menu principal du programme que les utilisateurs peuvent manipuler facilement.

I.2.1 Présentation de la Boîte de dialogue d'accueil :

I.2.1.1. Forme et contenu :



Figure II.I.01 : Boîte de dialogue d'accueil

I.2.1.2.Descriptions :

En cliquant sur « Assistant sommaire » on obtient une autre boîte de dialogue qui explique la manipulation du menu principal, c'est à dire le déroulement du programme. Par contre en cliquant sur « une nouvelle donnée principale », on doit avoir sur l'écran le menu principal avec la première boîte de dialogue du programme.

Pour le troisième bouton, le programme affiche la boîte de dialogue standard « Ouvrir » et on peut ouvrir un fichier existant.



Figure II.1.02 : **Boîte de dialogue ouvrir**

I.2.1.3. L'assistant Sommaire :

Comme son nom l'indique, c'est une boîte de dialogue qui assiste les utilisateurs pour qu'ils puissent bien manipuler le logiciel. Dans cette boîte on peut voir les différents menus de la fenêtre du menu principal et des explications sur le déroulement du programme. Voici la forme et contenu de cette boîte.

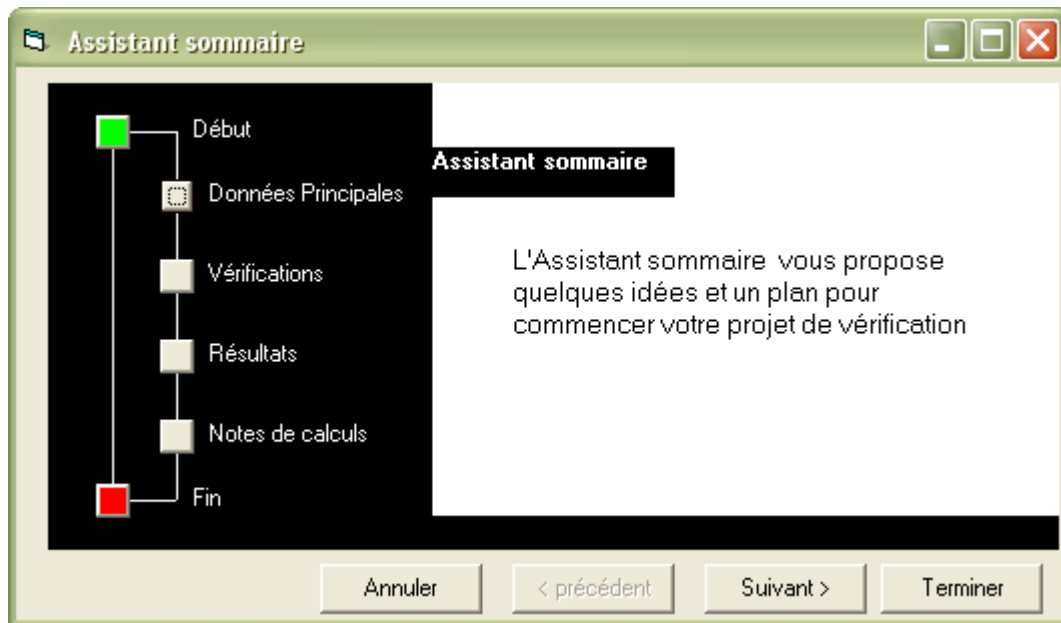


Figure II.II.02 : **Assistant sommaire**

En cliquant sur Annuler on doit avoir seul sur l'écran le menu principal, tandis qu'en cliquant sur terminer la première boîte de dialogue du programme « Localisation et choix du modèle » apparaît avec le menu principal.

I.2.2 Présentation du menu principal :

La fenêtre du menu principal du programme est représentée comme suit :

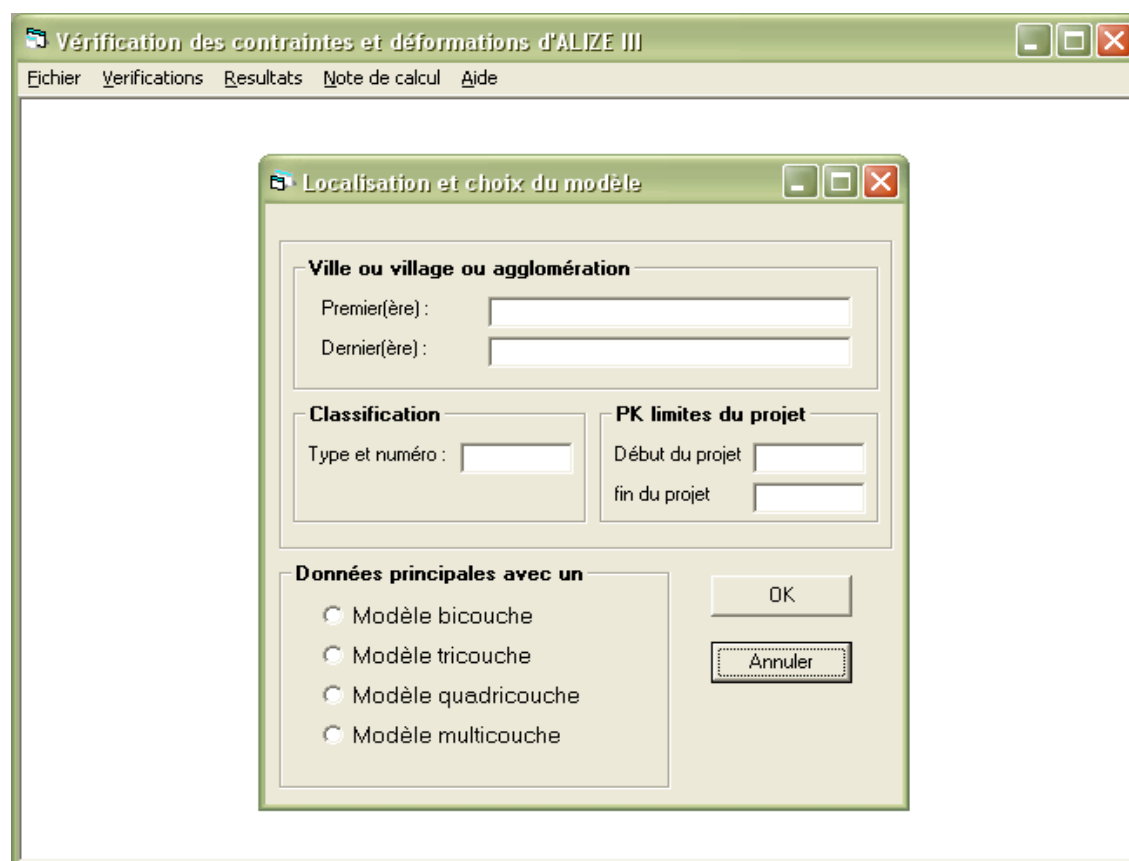


Figure II.1.03 : Menu principal du programme « VCDA »

I.2.3.Contenu du menu principal :

D'après la représentation du menu, on constate que des différentes sections s'y présentent. A savoir : le menu parent, le sous-menu.

Tableau II.1.01 : Section du menu principal du VCDA

Menu parent	Sous-menu
Fichier	Nouvelle donnée principale Contrôle des unités Ouvrir Enregistrer sous Imprimer Quitter
Vérifications	Déformation tangentielle Contrainte tangentielle Déformation et contrainte verticale

Résultats	Sur les déformations tangentielles Sur les contraintes tangentielles Sur les déformations et contraintes verticales
Note de calcul	Données Déformation tangentielle Contrainte tangentielle Déformation et contrainte verticale
Aide	Rubrique d'aide A propos du VCDA

I.3 GESTION DU MENU PRINCIPAL :

C'est dans un fichier de type « frm » qu'on rédige la gestion du menu. Elle va permettre toutes les manipulations et les actions possibles des sections différentes à propos de l'utilisation du logiciel.

I.3.1 Menu « Fichier » :

- **Sous-menu « Nouvelle donnée principale »** : Crée une nouvelle case de dialogue « Localisation et choix du modèle ». ce sous menu joue un rôle primordial, car sans y avoir passé ou plus précisément si on n'a pas encore accédé à la case de dialogue « localisation et choix du modèle » ; les sous menus de menu suivant restent désactivés.
- **Sous-Menu « Unités »** : ouvre la boîte de dialogue concernant les unités utilisés pour tous les calculs dans le programme. On clique sur « Fermer » pour quitter cette boîte de dialogue.

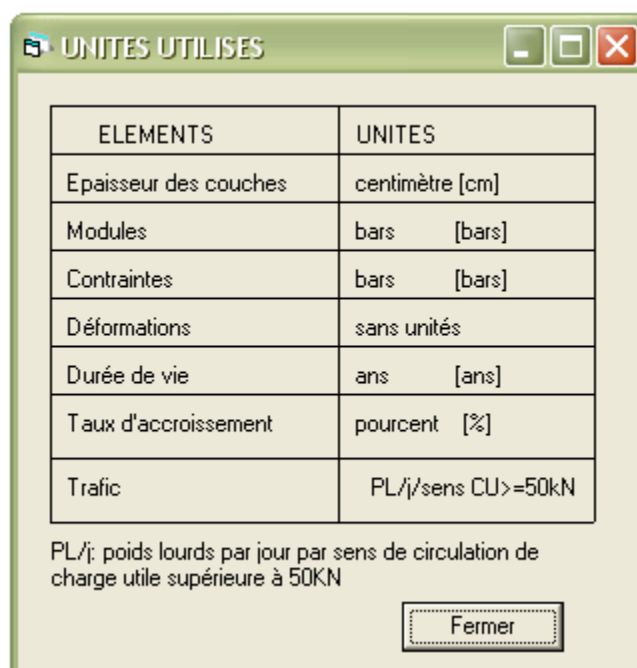


Figure II.1.04 : Unités utilisées

- **Sous-menu « Ouvrir »** : ouvre un fichier « donnée principale existant, en utilisant la boîte de dialogue standard « Ouvrir ».
- **Sous-menu « Enregistrer sous »** : sauvegarde les données en utilisant la boîte de dialogue standard, avec ou sans nom, sous un nom spécifié ou dans un fichier déjà existant.

Voici la case de dialogue standard d'enregistrement.



Figure II.1.05: Boîte de dialogue « enregistrer »

Il est recommandé d'enregistrer les données dans « C:/Program Files/Vérification » pendant l'enregistrement.

- **Sous-menu « Imprimer »** : ouvre une boîte de dialogue standard impression. Ce sous menu est désactivé quand on n'a pas encore fait la vérification des contraintes et des déformations du sol support et de la couche granulaire.
- **Sous-menu « Quitter »** : permet de quitter le programme.

I.3.2 Menu « Vérifications » :

Après avoir introduit les données principales, les sous-menus du menu « Vérifications » seront activés.

I.3.2.1. Sous-menu « Déformation tangentielle » :

Cette section montre la case de dialogue « Paramètre de calcul et comparaison tangentielle 2 », une boîte de dialogue de départ pour la vérification des déformations des matériaux noirs ou matériaux Bitumineux.

I.3.2.2. Sous-menu « Contrainte tangentielle » :

Cette section montre la case de dialogue « Paramètre de calcul et comparaison tangentielle 1 », une boîte de dialogue de départ pour la vérification des contraintes des matériaux traités aux liants hydrauliques.

I.3.2.3 Sous-menu « Déformation et contrainte verticale » :

Comme les deux premiers sous-menus, il sert à montrer la boîte de dialogue « Paramètre de calcul et comparaison verticale » boîte de dialogue de départ pour les vérifications des contraintes et déformations du sol support.

Quand les vérifications sont finies les sous-menus du menu « Résultats » et menu « Note de calcul » seront activés, de même pour le sous menu imprimer.

I.3.3 Menu « Résultats » :

Tous les trois sous menus de ce menu montrent, seulement une boîte de dialogue qui affiche les résultats de vérification. Ces boîtes ne sont qu'une sorte de message.

I.3.4 Menus « Note de calcul » :**I.3.4.1. Données :**

Cette section annule toute commande, appelle un document Word et fournit les notes de calculs pour les données principales.

I.3.4.2. Déformation tangentielle :

L'utilisation de cette section annule toute commande, appelle un document Word et y affiche, les notes de calculs pour la vérification concernant de la déformation tangentielle.

I.3.4.3. Contrainte tangentielle :

Appelle un document Word et y affiche les notes de calcul pour la vérification sur la contrainte tangentielle.

I.3.4.4. Déformation et contrainte verticale :

Comme tous les trois sous-menus, la section va ouvrir un document dans Word et fournir les notes de calcul pour la vérification des contraintes et déformations verticales.

I.3.5. Menu « Aide » :

Cette section possède deux sous-menus.

I.3.5.1. Sous-menu « Rubrique d'aide » :

Pour en savoir plus sur les structures de programme, les différentes étapes de son fonctionnement, le mode d'utilisation, ainsi que les théories et hypothèses utilisées, on peut utiliser le sous menu « rubrique d'aide ».

I.3.5.2. Sous-menu « A propos du programme VCDA » :

Cette section affiche le texte de présentation du programme, la boîte de dialogue est comme suit.

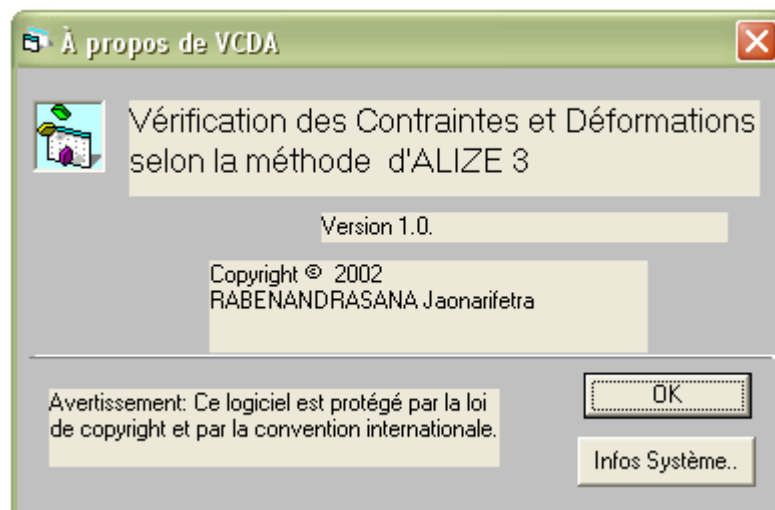


Figure II.1.06 : A propos de VCDA

Le bouton OK permet de quitter cette boîte de dialogue.

Chapitre II.

PROGRAMME DE VERIFICATION DES CONTRAINTES ET DES DEFORMATIONS D'ALIZE 3

II.1. INTRODUCTION :

Dans le calcul de dimensionnement des chaussées, il faut prendre des précautions si on veut que la structure supporte bien les futurs trafics. De la sorte, les vérifications des contraintes et des déformations sont nécessaires.

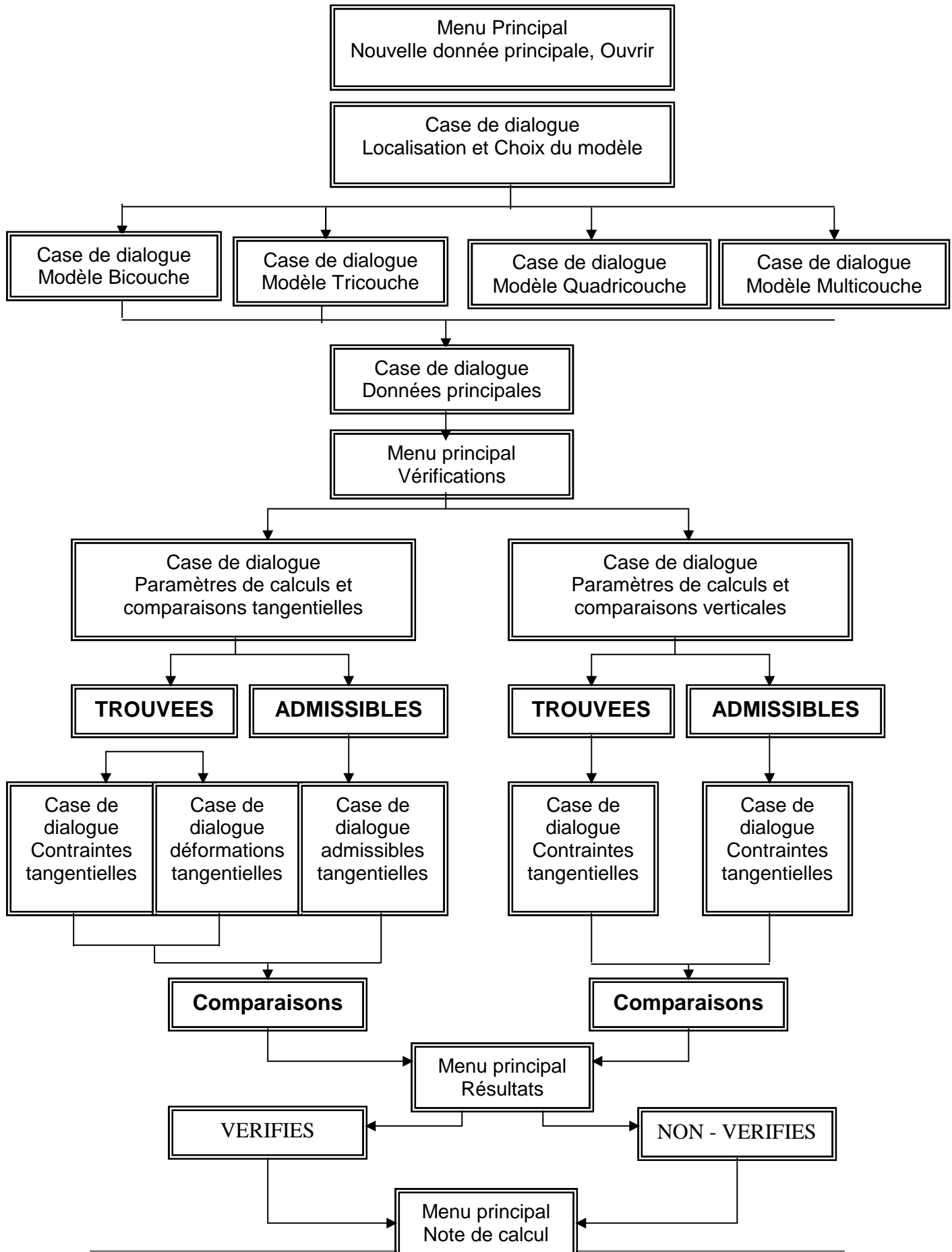
La méthode d'ALIZE 3 est l'une des méthodes de vérification, utilisées par des concepteurs de route, or cette méthode a besoin de l'utilisation des abaques qui sont aussi affichés et remplacés par le programme.

Les cases de dialogue principales qui constituent le programme de calculs et de vérifications sont les suivantes :

- 1) Localisation et Choix du modèle.**
- 2) Modèle bicouche.**
- 3) Modèle tricouche.**
- 4) Modèle quadricouche.**
- 5) Modèle multicouche.**
- 6) Données principales.**
- 7) Paramètres de calculs et comparaisons tangentielles 1 (contrainte)**
- 8) Paramètres de calculs et comparaisons tangentielles 2 (déformation)**
- 9) Paramètres de calculs et comparaisons Verticales**
- 10) Contraintes et déformations verticales dans un système bicouche**
- 11) Contraintes tangentielles dans un système bicouche**
- 12) Déformations tangentielles dans un système bicouche**
- 13) Valeurs des contraintes et déformations tangentielles admissibles**
- 14) Valeurs des contraintes et déformations verticales admissibles**

Il y a aussi des boîtes de dialogue secondaires comme les résultats, aides, et les cases de dialogues concernant les unités utilisés.

L'organigramme pour la gestion des boîtes de dialogue est comme suit



II.2. CASE DE DIALOGUE N°1 : « LOCALISATION ET CHOIX DU MODELE »

Pour commencer les procédures de vérification, il faut introduire le modèle ou la structure de la chaussée à l'aide de cette boîte de dialogue.

II.2.1 Forme et contenu :

The screenshot shows a dialog box titled "Localisation et choix du modèle". It contains several input fields and a list of radio buttons. Callouts identify the following elements:

- GRUPE A1**: Points to the "Ville ou village ou agglomération" section, which includes "Premier(ère) :" and "Dernier(ère) :" text boxes.
- ELT A1**: Points to the "Classification" section, which includes a "Type et numéro :" text box.
- GRUPE B1**: Points to the "PK limites du projet" section, which includes "Début du projet" and "fin du projet" text boxes.
- GRUPE C1**: Points to the "Données principales avec un" section, which contains four radio button options: "Modèle bicouche", "Modèle tricouche", "Modèle quadricouche", and "Modèle multicouche".
- GRUPE D1**: Points to the "Annuler" button at the bottom right.

Figure II.II.01 : Localisation et choix du modèle

II.2.2.Descriptions :

➤ **GRUPE A1 :**

C'est un groupe de zone de texte qui sert à introduire le nom de la ville ou du village à la fin et au début du chantier.

➤ **GRUPE B1 :**

Comme le groupe A1, il sert à introduire seulement le pk au début et à la fin du chantier.

➤ **GRUPE C1 :**

- Gestions :

C'est un groupe de boutons de radios qui sert à choisir le modèle utilisé pour les vérifications.

- Instructions : Cliquer sur le système correspondant à la structure de la chaussée à vérifier, choisir entre :

- Modèle bicouche,
- Modèle tricouche,
- Modèle quadricouche,
- Modèle multicouche,

➤ **GROUPE D1 :**

- Cliquer sur OK pour que le programme appelle la boîte de dialogue correspond au modèle choisi ;
- Cliquer sur Annuler pour revenir dans le menu principal, le choix et les noms déjà entrés seront tous annulés.

II.3 CASE DE DIALOGUE N°2 : « MODELE BICOUCHE » :

C'est la case de dialogue qui sert à introduire les données concernant les éléments de la chaussée dans le cas où la structure serait bicouche.

II.3.1. Forme et contenu :

The screenshot shows a software dialog box titled 'MODELE BICOUCHE'. At the top, a message reads 'On doit avoir (01) couche autre que la plate forme'. The dialog is divided into several sections:

- Classification:** Contains a field 'Type et numéro' with the value 'RN1'. A callout 'GROUPE A2' points to this field.
- PK limites du projet:** Contains two fields: 'Début du projet' with '1+500' and 'fin du projet' with '4+800'.
- Liste des modules :** An empty text area. A callout 'ELT A2' points to it.
- Couche:** Contains two dropdown menus. The first is labeled '1ère Couche' and the second '2ème Couche' with the value 'Plate forme'. A callout 'GROUPE B2' points to the '1ère Couche' dropdown.
- Matériaux:** A dropdown menu.
- Modules[Bars] Epaisseur[cm]:** Two empty input fields.
- Buttons:** At the bottom are 'Aide...', '<< Précédent', 'Annuler', and 'Suivant >>'. A callout 'GROUPE C2' points to the 'Suivant >>' button.

Figure II.II.02 : Modèle bicouche

II.3.2.Desriptions :

➤ **GROUPE A2 :**

Ce groupe sert seulement à afficher les valeurs introduites dans la première case de dialogue.

➤ **ELEMENT A2 :**

Les noms des matériaux et ses valeurs des modules correspondantes sont donnés par la liste déroulante c'est une guide pour l'utilisateur de savoir les modules des matériaux.

➤ **GROUPE B2 :**

Ce groupe offre un aperçu de la structure et de ses caractéristiques, sur les quelles est basé le calcul des contraintes et déformations d'ALIZE 3, en plus il permet aux utilisateurs d'introduire les noms de chaque couche, leurs épaisseurs et leurs modules.

La boîte des listes

- « Couche » : présente la structure de la chaussée, il faut sélectionner sur la liste déroulante type de couche.
- « Matériaux » : sert à introduire les noms des matériaux utilisés, c'est-à-dire de sélectionner parmi les noms dans la liste. Au cas où les matériaux ne seraient pas affichés dans cette liste, l'utilisateur peut le saisir.
- « Modules » : introduire les valeurs des modules (la liste déroulante n'est qu'une guide pour le choix des valeurs) ;
- « Epaisseur » sert à introduire de chaque couche ;

➤ **GROUPE C2 :**

- Le bouton Annuler permet de revenir sur la case de dialogue n°1 : « Localisation et choix du Modèle ». les données seront annulées ;
- Le bouton « suivant » permet de quitter la case de dialogue, et autorise le programme à prendre et à donner les valeurs à afficher dans la case de dialogue suivante.
- Le bouton « précédent » est identique au bouton annuler, mais les données ne seront pas annulées.
- Le bouton « aide » : permet aux utilisateurs de bien gérer la boîte de dialogue et de savoir un peu plus profond les définitions de chaque élément. Il appelle des documents dans Word.

II.4. CASE DE DIALOGUE N°3 : « SYSTEME TRICOUCHE »

Cette case sert à introduire les données, au cas où la structure de la chaussée serait tricouche.

II.4.1. Forme et contenu :

The screenshot shows a software window titled 'MODELE TRICOUCHE'. At the top, a blue instruction bar reads: 'On doit avoir deux(02) couches autres que la plate -forme'. The window is divided into several sections:

- Classification:** Contains a field 'Type et numéro : ' with the value 'RN1'. A callout bubble labeled 'GROUPE A3' points to this section.
- PK limites du projet:** Contains fields for 'Début du projet' (1+500) and 'fin du projet' (4+800).
- Liste des modules :** A dropdown menu. A callout bubble labeled 'ELT A3' points to it.
- couche:** Three dropdown menus for '1ère couche', '2ème couche', and '3ème couche' (set to 'Plate forme').
- Matériaux:** Three empty input fields.
- Modules[Bars]- Epaisseur[cm]:** Three empty input fields. A callout bubble labeled 'GROUPE B3' points to this section.
- Système bicouche équivalente:** A section with two radio buttons, 'fig 1' (selected) and 'fig 2'. Below each is a table of material properties.

E1, h1	E1', h1'
E2, h2	
E3	E2'

E1, h1	E1', h1'
E2, h2	
E3	E2'

 A callout bubble labeled 'GROUPE C3' points to the 'fig 1' section.
- NOTE:** 'Les deux (02) couches à ramener doivent avoir le même coefficient de poisson'.
- Buttons:** 'Aide...', '<< Précédent', 'Annuler', and 'Suivant >>'. A callout bubble labeled 'GROUPE D3' points to the 'Suivant >>' button.

Figure II.II.03 : **Modèle tricouche**

II.4.2. Descriptions :

➤ **GROUPE A3 :**

Même description que le groupe A2 ;

➤ **ELEMENT A 3 :**

Même description que l'élément A2 ;

➤ **GROUPE B3 :**

Même description que le groupe B2 ;

➤ **GROUPE C3 :**

C'est le groupe le plus important de cette case de dialogue, puisque le but de l'utilisation de cette case est de ramener le système tricouche en un système bicouche. De ce fait, en tenant compte des coefficients de poisson et de liaisons entre les couches, on doit sélectionner une des deux (02) figures selon les cas avant de cliquer le bouton OK. Alors, la case de dialogue n°6 apparaît.

Pour les deux figures, on a les explications suivantes

- Figure 1 : en cliquant sur cette figure, les deux premières couches vont être ramenées en une seule couche dont son module E sera E_1 et d'épaisseur h_1 :
- Figure 2 : en cliquant sur cette figure, la deuxième couche et la dernière vont être ramenées en une seule couche dont son module sera E_2 ;

➤ **GROUPE D3 :**

Même description que le groupe C2

II.5.CASE DE DIALOGUE N°4 : « MODELE QUADRICOUCHE »

Utilisée dans le cas de structure quadricouche.

II.5.1. Forme et contenu :

The dialog box 'MODELE QUADRICOUCHE' contains the following sections:

- Classification:** Type et numéro : RN1
- PK limites du projet:** Début du projet : 1+500, fin du projet : 4+800
- Liste des modules :** (Empty list)
- Couche:** 1ère couche, 2ème couche, 3ème couche, 4ème couche (Plate forme)
- Matériaux:** (Empty list)
- Modules[Bars] Epaisseur[cm]:** (Empty list)
- Système Bicouche équivalent:** Choisir parmi ces trois (03) figures selon:
 - fig 1:** E1, h1; E1', h1'; E2, h2; E3, h3; E4; E2'
 - fig 2:** E1, h1; E1', h1; E2, h2; E3, h3; E4; E2'
 - fig 3:** E1, h1; E1', h1'; E2, h2; E3, h3; E4; E2'
- NOTE:** Les deux couches à ramener doivent avoir le même coefficient de poisson
- Buttons:** Aide..., << Précédent, Annuler, Suivant >>

Callouts in the image:

- GROUPE A4:** Points to the 'Classification' section.
- ELT A4:** Points to the 'Liste des modules' section.
- GROUPE B4:** Points to the 'Modules[Bars] Epaisseur[cm]' section.
- GROUPE C4:** Points to the 'fig 3' diagram.
- GROUPE D4:** Points to the 'Suivant >>' button.

Figure II.II.04 : Modèle quadricouche

II.5.2. Descriptions :

➤ **GROUPE A4 :**

Même description que le groupe A2.

➤ **ELEMENT A4 :**

Même description que l'Elément A2 ;

➤ **GROUPE B4 :**

Même description que le groupe B2.

➤ **GROUPE C4 :**

Même description que le groupe C3, mais au lieu de choisir entre deux figures, on doit choisir entre les trois.

Explications des figures :

- Figure 1 : en cliquant sur cette figure la deuxième, la troisième, et la dernière couche vont être ramenées en une seule couche dont son module E sera E_2 ;
- Figure 2 : en cliquant sur cette figure les deux premières couches vont être ramenées en une seule couche dont son module sera E_1 et aura une épaisseur h_1 , de même pour la troisième et la dernière couche dont son module sera E_2 ;
- Figure 3 : en cliquant sur cette figure, la première la deuxième et la troisième couche vont être ramenées en une seule couche dont son module sera E_1 ;

➤ **GROUPE D4 :**

Même description que le groupe C2.

II.6. CASE DE DIALOGUE N°5 : « SYSTEME MULTICOUCHE » :

II.6.1. Forme et contenu :

Figure II.11.05 : **Modèle multicouche**

II.6.2. Descriptions :

Les descriptions des groupes A5 et B5 sont identiques aux celles des A4 et B4, même les boîtes de message d'erreur ne changent pas mais augmentent de nombre.

➤ GROUPE C5 :

Explication des quatre figures :

- Figure 1 : en cliquant sur cette figure, la deuxième, la troisième, la quatrième et la dernière couche vont être ramenées en une seule couche, dont son module sera E_2 ;
- Figure 2 : en cliquant sur cette figure, les deux premières couches vont être ramenées en une seule couche dont son module sera E_1 , module sera F_1 , de même pour la troisième, la quatrième, et la dernière couche avec un module E_2 ;
- Figure 3 : en cliquant sur cette figure, les trois premières couches vont être ramenées en une seule couche, dont son module sera E_1 , de même pour la quatrième et la dernière couche avec un module E_2 ;

- Figure 4 : pour cette figure les quatre premières couches vont tous être ramenés en une seule couche dont son module sera E_1 ;

➤ **GROUPE D5 :**

Même description que le groupe C2.

II.7.CASE DE DIALOGUE N°6 : « DONNEES PRINCIPALES »

II.7.1. Forme et contenu :

C'est une case de dialogue qui sert à introduire les données concernant les trafics et les matériaux traités, en plus on voit dans cette boîte de dialogue des valeurs calculées et affichées par le programme.

The screenshot shows the 'DONNEES PRINCIPALES' dialog box with two tabs: 'Matériaux traités utilisés' and 'Charges et données'. The 'Charges et données' tab is active. The dialog is divided into several sections:

- Couche équivalente n°1:** Contains input fields for 'Module E1' [bars]' (value: 25000) and 'Epaisseur h1' [cm]' (value: 12). A callout 'GROUPE A6' points to this section.
- Couche équivalente n°2:** Contains an input field for 'Module E2' [bars]' (value: 15000).
- Charges agissantes:** Contains input fields for 'Charges des deux roues P [T]' (value: 6.50), 'Pression verticale q [Bars]' (value: 6.62), and 'Rayon d'empreinte a [cm]' (value: 12.50). A callout 'GROUPE B6' points to this section.
- Données:** Contains input fields for 'Durée de vie [ans]', 'Taux d'accroissement annuel [%]', 'C B R de la plate-forme', and 'Trafic N [PL/i/sens:CU>50kN]'. A callout 'GROUPE C6' points to this section.
- Le coefficient d'agressivité dépend du trafic:** Contains a 'Calculer le CAM' button. A callout 'ELT A6' points to this section.
- Coefficient d'Agressivité (CAM):** Contains an input field with the value 0.4. A callout 'ELT B6' points to this section.
- NB:** A note at the bottom states 'NB : Le CAM peut être donné par vous même'.
- Buttons:** On the right side, there are buttons for 'Aide...', 'Annuler', '<< Précédent', and 'OK'. A callout 'GROUPE D6' points to the 'OK' button.

Figure II.II.06 : Données principales premier onglet

DONNEES PRINCIPALES

Matériaux traités utilisés | **Charges et données**

Cocher sur les cases dans le cas où les matériaux seraient affichés sur la nature des couches

Nature des couches

1ère couche : EDC: Enrobé dense à chau
 2ème couche : argileux
 3ème couche :
 4ème couche :
 5ème couche :

Matériaux traités aux liants hydrauliques

☐ Grave Ciment
☐ Sol Ciment

Matériaux Bitumineux

☐ Béton Bitumineux
☐ Enrobé dense à chaud[EDC]
☐ Grave Bitume[GB]

Aide...
 Annuler
 << Précédent
 OK

GROUPE E6
 GROUPE D6
 GROUPE F6
 GROUPE H6

Figure II.II.07 : Données principales deuxième onglet

II.7.2. Descriptions :

➤ GROUPE A6 :

Ce groupe affiche les valeurs des modules et la valeur de l'épaisseur de la couche du système bicouche équivalente. Elles seront affichées par le programme.

Affichage de E_1' : module de la première couche ;

Affichage de E_2' : module de la deuxième couche ;

Affichage de h_1' : épaisseur de la première couche.

➤ GROUPE B6 :

Ce groupe est un groupe qui affiche les caractéristiques des charges agissantes utilisées pour les vérifications d'ALIZE 3.

- charge de deux route P : afficher seulement la valeur de P
- pression vertical q : afficher la valeur de q
- rayon d'empreinte a : afficher la valeur de « a »

➤ **GROUPE C6 :**

- Durée de service : « donner la valeur de durée de service désirée »
- Taux d'accroissement : « Introduire le taux »

Pour ces deux éléments les valeurs sont déjà dans la liste, il reste à choisir la durée de vie et le taux de croissance voulus.

- CBR : Introduire la valeur de CBR de la plate forme
- Trafic : « donner le nombre de poids par jour par sens de circulation pour une charge utile supérieur à 50 KN passant sur la route », si on clique sur cette zone de texte le contenu de l'élément B6 disparaît.

➤ **ELEMENT A6 :**

Ce bouton permet d'afficher le contenu de l'élément B6 (CAM)

➤ **ELEMENT B6 :**

C'est une zone de texte qui dépend de la valeur du trafic, affichée automatiquement en cliquant sur le bouton « Calculer le CAM ». Dans le cas où le CAM serait donné, on peut l'introduire et ne clique plus sur le bouton « calculer le CAM »

➤ **GROUPE D6 :**

- OK : permet de quitter la boîte de dialogue et autorise le programme à passer dans le menu principal, et permet de faire les vérifications, d'avoir les notes de calculs concernant les données.
- Annuler : permet de revenir dans la case de dialogue précédente, les données introduites dans cette boîte de dialogue seront annulées.
- Précédent : permet de revenir dans la case de dialogue précédente mais les données sont enregistrées.
- Aide : permet aux utilisateurs de bien gérer la boîte de dialogue et de savoir quelques définitions sur ces données.

➤ **GROUPE E6 :**

Ce groupe est un groupe qui affiche les noms des matériaux choisis précédemment, il sert à rappeler aux utilisateurs les matériaux qu'ils ont utilisés, et à faciliter le choix des matériaux traités.

➤ **GROUPE F6 :**

- Gestions :

C'est un groupe de deux cases à cocher Sol ciment et Grave ciment. Ce sont des matériaux traités aux liants hydrauliques qui peuvent exister dans la chaussée et qu'on a étudié dans ce programme.

- Instructions :

Cocher sur les cases dans le cas où on trouverait ces éléments dans le groupe E6 :

➤ **GROUPE H6 :**

- Gestions :

C'est un groupe de deux boutons radios EDC et BB : Béton Bitumineux, et un case à cocher GB : grave bitume. Ce sont les matériaux noirs qu'on peut rencontrer fréquemment dans les chaussées, et qu'on a étudié dans le programme.

- Instructions :

Même instruction que dans le groupe F6.

II.7.3. Boîte de message d'erreur

En cliquant sur OK et :

- ✓ Si la valeur de E'_1 est inférieure à celle de E'_2 , on a la boîte de message suivante :

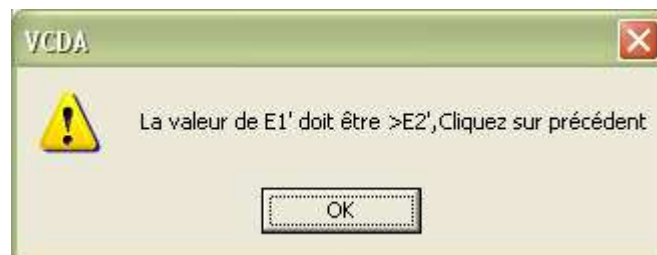


Figure II.II.08 : Message n°01

- ✓ Si la valeur de h est supérieure à cinquante (50), on aura :

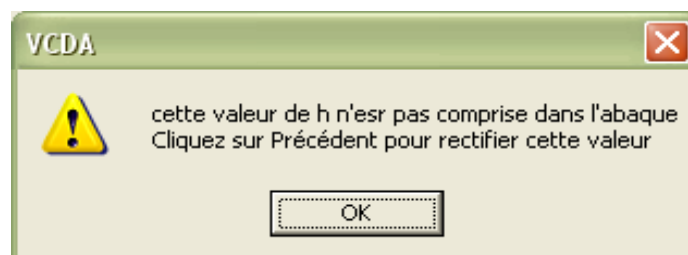


Figure II.II.09 : Message n°02

- ✓ Si la valeur de E_1 sur E_2 est supérieure à mille (1000), la boîte de message d'erreur suivante apparaît :

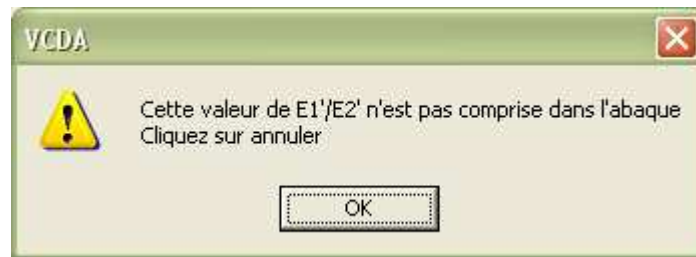


Figure II.11.10 : Message n°3

II.8. CASE DE DIALOGUE N°7 : "PARAMETRES DE CALCUL ET COMPARAISONS TANGENTIELLES (Contrainte tangentielle)" :

II.8.1. Forme et contenu :

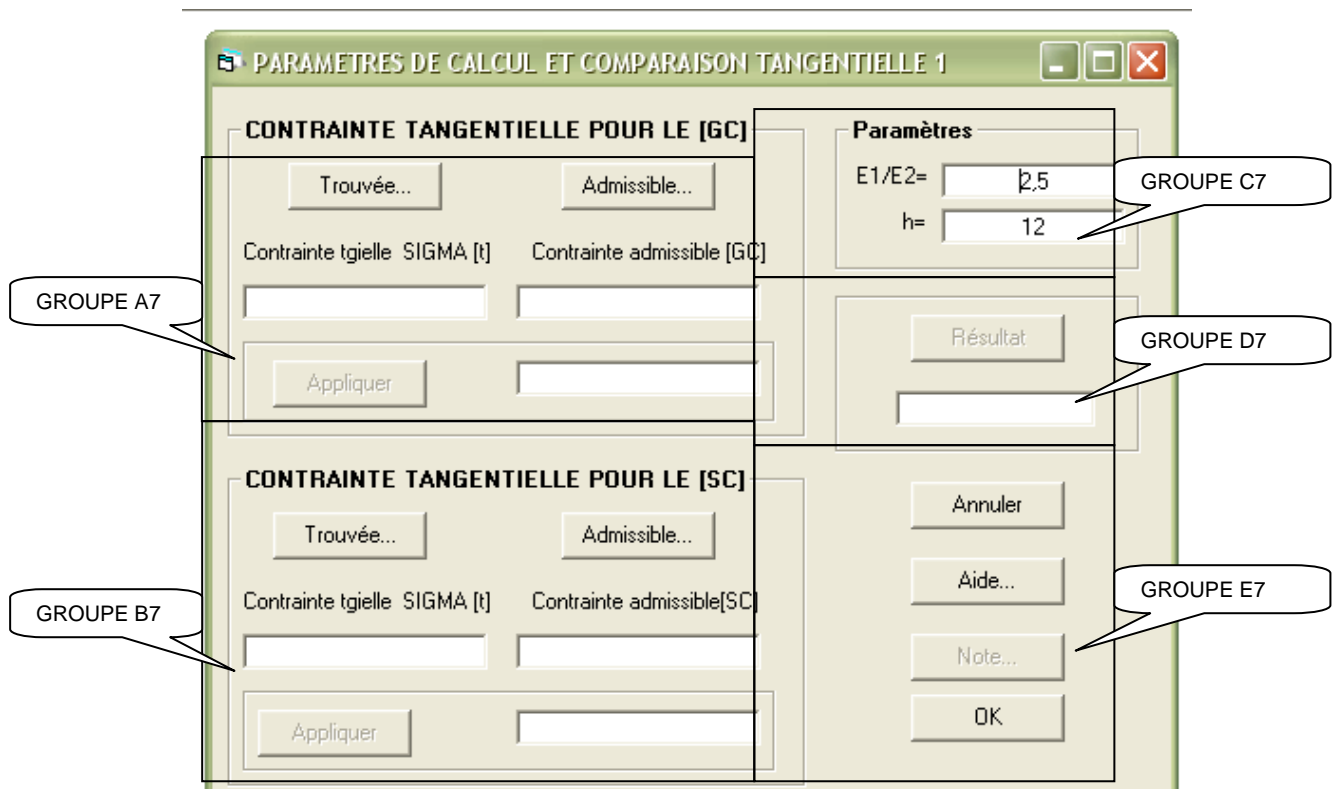


Figure II.11.11 : Paramètres de calcul et comparaison tangentielle n°1

II.8.2. Descriptions :

- **GROUPE A7 :**
 - Bouton « trouvée » : permet aux utilisateurs de calculer la contrainte tangentielle du Grave Ciment, c'est-à-dire d'ouvrir la boîte de dialogue n°11 « contrainte tangentielle dans un système bico uche » :
 - .Bouton « admissible » : permet de calculer la contrainte tangentielle admissible du Grave Ciment, c'est d'ouvrir la boîte de dialogue n°13 ;

- σ_t (contrainte tangentielle sigma (t)) : cette zone de texte a pour rôle d'afficher la valeur de la contrainte effective du Grave Ciment calculée dans la boîte de dialogue n°11 ;
- Contrainte admissible [GC] : elle a la même rôle que σ_t , mais pour afficher la valeur de la contrainte admissible du Grave ciment.
- Bouton appliquer : Ce bouton sert à comparer les deux valeurs, effective (trouvée) et admissible. Il est désactivé quand les deux valeurs ne sont pas encore affichées.
- **GROUPE B7 :**
 - Bouton « trouvée » : Identique au celui du groupe A7.
 - Bouton admissible : Identique au celui du groupe A7 mais pour calculer la contrainte tangentielle admissible du Sol Ciment.
 - σ_t (contrainte tangentielle sigma (t)) : affiche la même valeur qu'au groupe A7.
 - Contrainte admissible [SC] : elle a le même rôle que σ_t , mais destinée pour afficher la valeur de la contrainte admissible du Sol ciment.
- **GROUPE C7 :**
 - E_1/E_2 : Afficher seulement la valeur de E_1 sur E_2 , tirée de la boîte de dialogue n°7 « Donnée principale » ;
 - h : afficher la valeur de h, épaisseur équivalente ;
- **GROUPE D7 :**
 - Bouton résultat : Ce bouton est utilisé pour afficher le résultat final de comparaison surtout où on voit en même temps le Sol ciment et le Grave ciment. Il est désactivé quand les résultats partiels ne sont pas encore affichés.
 - La zone de texte en dessous est destinée pour afficher le résultat final et active le bouton Note.
- **GROUPE E7 :**
 - Bouton annuler : permet de revenir dans le menu principal sans rien enregistrer.
 - Bouton aide : Le rôle de ce bouton est identique à celui des autres boîtes de dialogue précédentes.

- Bouton note : Il sert à afficher dans Word le note de calcul concernant les contraintes tangentielles, et on peut l'imprimer.
- Bouton OK : ce bouton permet de terminer les vérifications, de quitter la boîte de dialogue et de revenir dans le menu principal afin d'accéder aux autres vérifications, et d'utiliser les autres menus comme les résultats, les notes de calculs. Les valeurs et les résultats sont retenus.

II.8.3. Messages d'erreur :

Ce message suivant apparaît si on clique sur OK, alors que les valeurs des contraintes effectives et admissibles ne sont pas encore affichées ou calculées.

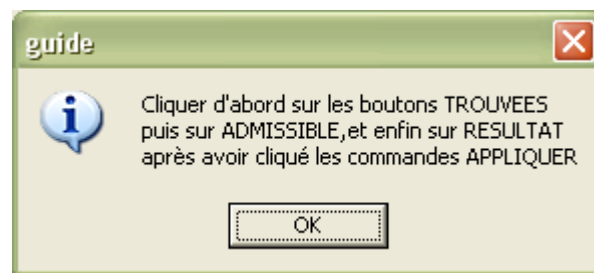


Figure II.II.12 : Message n°4

II.9. CASE DE DIALOGUE N° 8 : "PARAMETRES DE CALCULS ET COMPARAISONS TANGENTIELLES 2 (déformations)"

II.9.1. Forme et contenu :

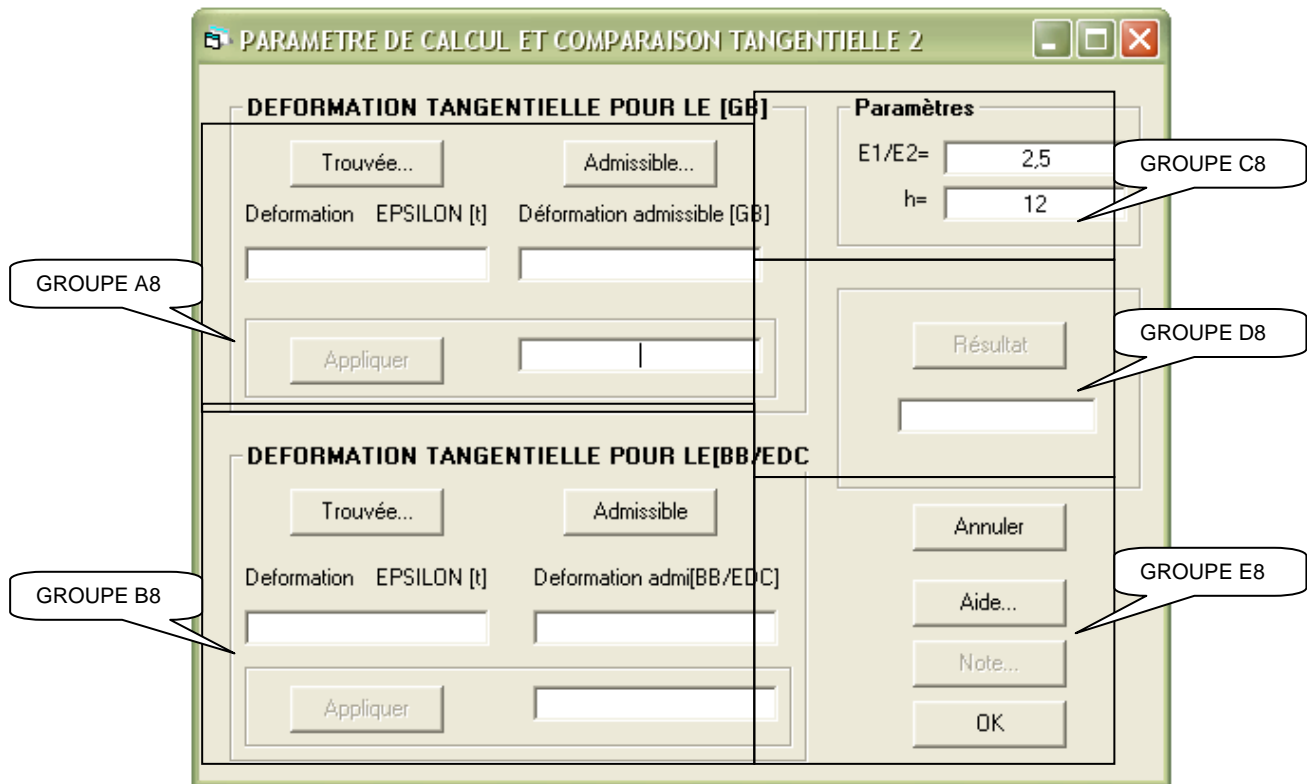


Figure II.II.13 : Paramètres de calcul et comparaison tangentielle n°2

II.9.2. Descriptions :

- GROUPE A8 :
 - Bouton « trouvée » : permet aux utilisateurs de calculer la déformation tangentielle du Grave Bitume, c'est à dire d'ouvrir la boîte de dialogue n°12 « déformation tangentielle dans un système bicouche » :
 - Bouton « admissible » : permet de calculer la déformation tangentielle admissible du Grave Bitume, c'est d'ouvrir la boîte de dialogue n°13 ;
 - ϵ_t (déformation tangentielle epsilon (t)) : cette zone de texte a pour rôle d'afficher la valeur de la déformation effective du Grave Bitume calculée dans la boîte de dialogue n°12 ;
 - déformation admissible [GB] : elle a le même rôle que ϵ_t , mais pour afficher la valeur de la déformation admissible du Grave Bitume.
 - Bouton appliquer : Ce bouton sert à comparer les deux valeurs, effective (trouvée) et admissible. Il est désactivé quand les deux valeurs ne sont pas encore affichées.

➤ **GROUPE B8 :**

- Bouton « trouvée » : Identique au celui du groupe A8.
- Bouton admissible : Identique au celui du groupe A8 mais pour calculer la déformation tangentielle admissible du Béton Bitumineux ou de l'EDC.
- ε_t (déformation tangentielle epsilon(t)) : affiche la même valeur qu'au groupe A8.
- Déformation admissible [EDC/BB] : elle a le même rôle que ε_t , mais pour afficher la valeur de la déformation admissible du Béton Bitumineux ou de l'EDC selon le cas.

➤ **GROUPE C8 :**

- E_1/E_2 : Afficher seulement la valeur de E_1 sur E_2 , tirée de la boîte de dialogue n°7 « Donnée principale » ;
- h : afficher la valeur de h , épaisseur équivalente ;

➤ **GROUPE D8 :**

- Bouton résultat : Ce bouton est utilisé pour afficher le résultat final de comparaison surtout où on voit en même temps le Grave bitume et le Béton bitumineux ou le Grave Bitume et l'EDC. Il est désactivé quand les résultats partiels ne sont pas encore affichés.
- La zone de texte en dessous sert à afficher le résultat final et active le bouton Note.

➤ **GROUPE E8 :**

- Bouton annuler : permet de revenir dans le menu principal sans rien enregistrer.
- Bouton aide : Le rôle de ce bouton est identique à celui des autres boîtes de dialogue précédentes.
- Bouton note : Il sert à afficher dans Word le note de calcul concernant les contraintes tangentielles, et on peut l'imprimer.
- Bouton OK : ce bouton permet de terminer les vérifications, de quitter la boîte de dialogue et de revenir dans le menu principal afin d'accéder aux autres vérifications, et aux autres menus comme les résultats, les notes de calculs. Les valeurs et les résultats sont retenus.

II.9.3. Message d'erreur :

Le message d'erreur pour cette boîte de dialogue est identique à celle de la boîte de dialogue n°8.

II.10. CASE DE DIALOGUE N°9 : "PARAMETRES DE CALCUL ET COMPARAISONS VERTICALES" :

II.10.1 Forme et contenu

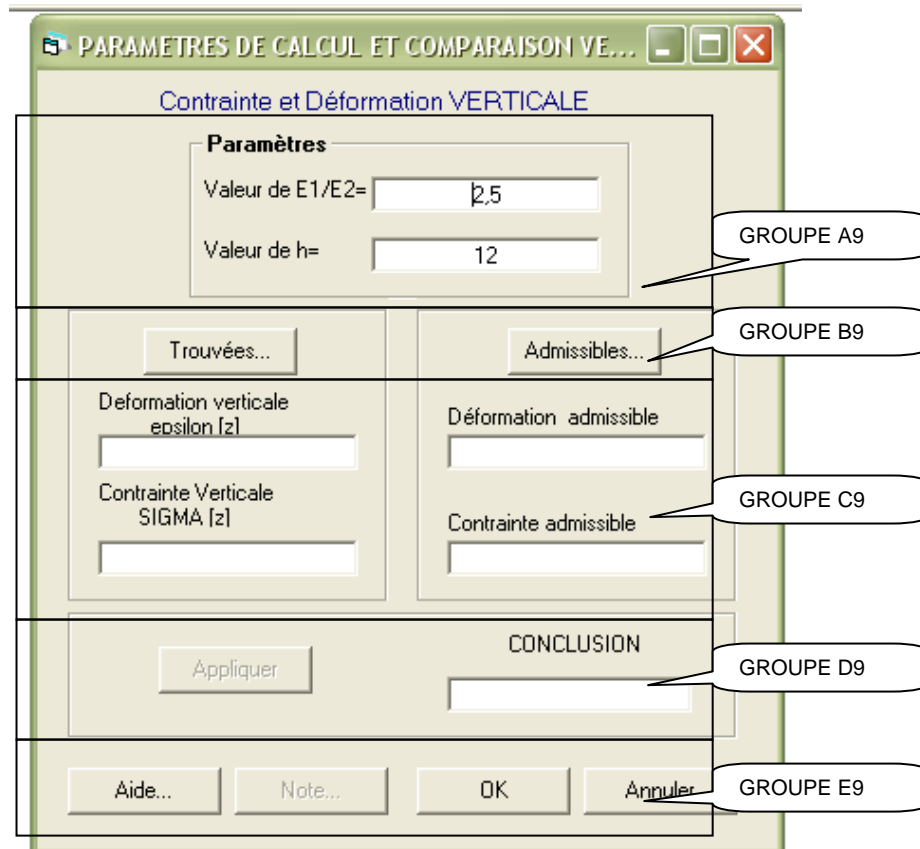


Figure II.11.14 : Paramètres de calcul et comparaison verticale

II.10.2. Descriptions :

➤ GROUPE A9 :

Les descriptions du groupe A9 sont identiques à celle du groupe C7.

➤ GROUPE B9 :

- Trouvées : permet aux utilisateurs de calculer la déformation et la contrainte verticale effective du sol support, c'est-à-dire d'ouvrir la case de dialogue n°10 « Contrainte et déformation verticale dans un système bicouche » ;
- Admissibles : permet de calculer la déformation et la contrainte verticale admissible du sol support, c'est ouvrir la boîte de dialogue n°14 ;

➤ **GROUPE C9 :**

- ε_z (déformation verticale) : Afficher la valeur obtenue au calcul de la boîte de dialogue n°10, elle est destinée pour la valeur de la déformation ;
- σ_z (contrainte verticale) : Afficher la valeur de la contrainte obtenue au calcul de la boîte de dialogue n°10 ;
- ε_z (déformation admissible) : Afficher la valeur de la déformation admissible tirée dans la boîte de dialogue n°14 ;
- σ_z (contrainte admissible) : Afficher la valeur de la contrainte admissible tirée de la boîte de dialogue n°15.

➤ **GROUPE D9 :**

- Bouton appliquer : Ce bouton est utilisé pour afficher le résultat final de comparaison. Il est désactivé quand les valeurs ne sont pas encore affichées.
- La zone de texte à côté sert à afficher le résultat ou la conclusion.

➤ **GROUPE E9 :**

- Bouton aide : Le rôle de ce bouton est identique à celui des autres boîtes de dialogue précédentes.
- Bouton note : Il sert à afficher dans Word le note de calcul concernant les contraintes tangentielles, et on peut l'imprimer.
- Bouton OK : ce bouton permet de terminer les vérifications, de quitter la boîte de dialogue et de revenir dans le menu principal afin d'accéder aux autres vérifications, et aux autres menus comme les résultats, les notes de calculs. Les valeurs et les résultats sont retenus.
- Bouton annuler : permet de revenir dans le menu principal sans rien enregistrer.

II.10.3. Boîte de message d'erreur :

Comme dans la case de dialogue n°8, le message d'erreur apparaît quand on clique sur OK et que les zones de texte sont encore vides, c'est-à-dire que le bouton « appliquer » n'est pas encore activé. Ce message est le suivant :



Figure II.II.15 : Message n°05

II.11. CASE DE DIALOGUE N°10: "CONTRAINTE ET DEFORMATION VERTICALE DANS UN SYSTEME BICOUCHE".

Puisque la vérification de contrainte et de déformation d'ALIZE 3 a besoin des abaques, on doit avoir des programmes concernant ces derniers. Cette boîte de dialogue est l'une de ces programmes. Elle remplace les planches 150, 151, 160, 161 en même temps.

II.11.1. Forme et contenu

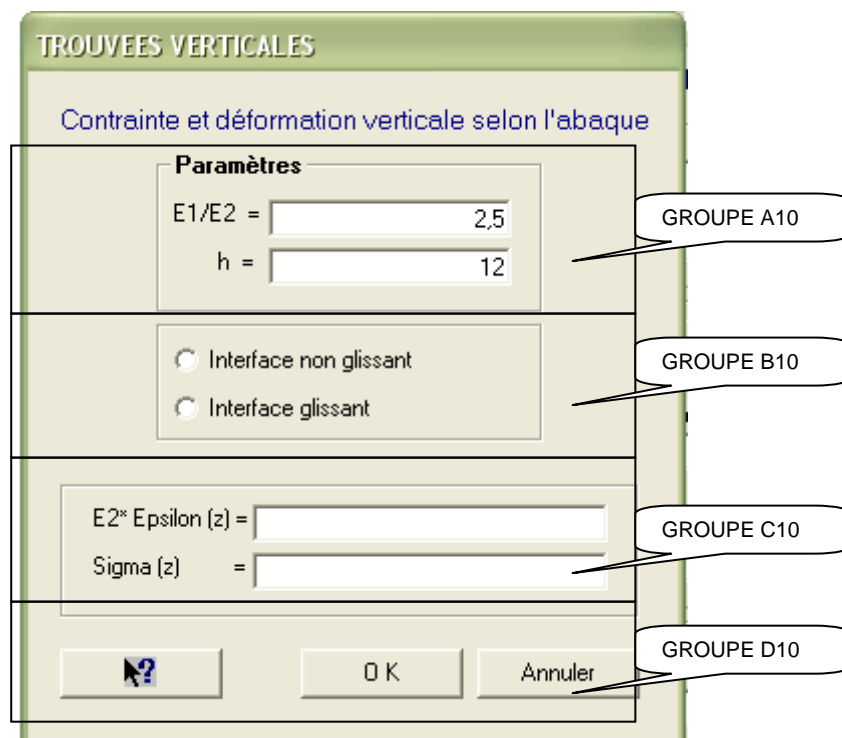


Figure II.II.16 : *Trouvées verticales*

II.11.2. Descriptions :

➤ GROUPE A10 :

Les descriptions du groupe A11 sont identiques à celles du groupe C7.

GROUPE B10 :

Cliquer sur l'un des deux aspects d'interface.

- interface non glissant : permet d'afficher les valeurs calculées sur les zones de texte ($E_2 \times \varepsilon_z$)
- interface glissant : Ce bouton radio permet d'afficher les valeurs calculées sur les zones de texte ($E_2 \times \varepsilon_z$).

➤ **GROUPE C10**

- ($E_2 \times \varepsilon_z$) : afficher la valeur de ($E_2 \times \varepsilon_z$) selon l'interface choisie.
- σ_z : afficher la valeur de σ_z selon l'interface choisi.

➤ **GROUPE D10 :**

- Annuler : permet de revenir dans la case de dialogue n°9 « Paramètres de calcul et comparaisons verticales ». Les calculs sont annulés, et les zones de texte σ_z et ε_z dans cette boîte de dialogue restent encore vides.
- OK : permet de quitter la section et autorise le programme à ouvrir la case de dialogue n°9, en affichant sur les zones de texte σ_z et ε_z leurs valeurs correspondantes.
- Bouton aide : Il permet d'afficher dans une boîte de dialogue les quatre abaques. Les valeurs sont déjà calculées mais au cas où on voudrait vérifier ces valeurs on peut consulter l'aide.

II.11.3. Boîte de message d'erreur :

Si la valeur de $E_2 \times \varepsilon_z$ et σ_z ne sont pas affichées, et quand on clique sur OK, on aura le message suivant.



Figure II.II.17 : Message n°06

II.12. CASE DE DIALOGUE N°11: « CONTRAINTE TANGENTI ELLE DANS UN SYSTEME BICOUCHE » :

Comme la case de dialogue n°10 cette boîte de dialogue remplace les abaques planches 140 et 141.

II.12.1. Forme et contenu.

Figure II.II.18 : Trouvées tangentielles

II.12.2.Descriptions :

➤ **GROUPE A11 :**

Même description que celle du groupe C7.

➤ **GROUPE B11 :**

Cliquer sur l'interface correspond à l'interface de liaison entre les couches de la chaussée

- Interface non glissant : permet d'afficher la valeur de la contrainte calculée, en utilisant l'abaque (planche 140) sur la zone de texte σ_t .
- Interface glissant : Ce bouton radio permet d'afficher la valeur de la contrainte calculée en utilisant l'abaque (planche 141) sur la zone de texte σ_t .

➤ **ELEMENT A11 :**

σ_t : afficher la valeur de σ_t selon l'interface choisie.

➤ **GROUPE C11 :**

- bouton aide : Il permet d'afficher dans une boîte de dialogue les deux abaques. Les valeurs sont déjà calculées mais au cas où on voudrait les vérifier, on peut consulter l'aide.
- Bouton annuler : permet de revenir sur la case de dialogue n°7 « paramètres de calcul et comparaison tangentielle 1 ». Les calculs sont annulés, et la zone de texte σ_t dans la case de dialogue n°7 reste vide.
- OK : permet de quitter la section et autorise le programme à ouvrir la casse de dialogue n°7, en affichant sur la zone de texte σ_t sa valeur correspondante.

II.12.3. Boîte de message d'erreur.

Si la zone de texte σ_t est encore vide, et quand on clique sur OK, on aura le même message que dans la boîte de dialogue n°10.

Pour la planche 140 c'est-à-dire en cliquant sur le bouton radio « interface non glissant », il existe quelques valeurs de E_1/E_2 qu'on ne peut pas utiliser, alors quand on rencontre ces valeurs le programme ne répondra pas, et on doit changer la valeur de E_1/E_2 en revenant dans le menu fichier et sous menu « nouvelle donnée principale ».

II.13 CASE DE DIALOGUE N°12 « DEFORMATION TANGENTIELLE DANS UN SYSTEME BICOUCHE ».

C'est identique à la case de dialogue n°11, mais elle est destinée pour le calcul de la déformation, c'est à dire pour remplacer les abaques (planches 130 et 131).

II.13.1. Forme et contenu.

Figure II.II.19 : Trouvées tangentielle

II.13.2. Descriptions :

➤ **GROUPE A12 :**

Même description que celle du groupe C7

➤ **GROUPE B12 :**

Identique au groupe B11, mais seulement pour afficher la valeur de la déformation calculée en utilisant l'abaque (planche 130 et 131).

➤ **ELEMENT A12 :**

- $(E_2 \times \epsilon_t)$: afficher la valeur de $(E_2 \times \epsilon_t)$ selon l'interface choisie.

➤ **GROUPE C12 :**

- Bouton aide : Il permet d'afficher dans une boîte de dialogue les deux abaques. Les valeurs sont déjà calculées mais au cas où on voudrait les vérifier, on peut consulter l'aide.
- Annuler : permet de revenir sur la case de dialogue n°8. Les calculs sont annulés, et la zone de texte dans cette case de dialogue reste encore vide.

- Ok : permet de quitter la case de dialogue et autorise le programme à ouvrir de nouveau la case de dialogue N°8 en affichant sur la zone de texte ε_t sa valeur correspondante.

II.13.3. Boîte de message d'erreur :

La même boîte de message d'erreur que celle de la case de dialogue n°11 apparaît en faisant la même action.

II.14. CASE DE DIALOGUE N°13 : "VALEURS DES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS TANGENTIELLES ADMISSIBLES".

C'est la plus grande des cases de dialogue concernant les calculs de ε_t^{adm} ou δ_t^{adm} .

II.14.1:Forme et contenu:

The dialog box is titled "ADMISSIBLES TANGENTIELLES" and contains several sections for inputting material and traffic data. Callouts identify specific groups and elements within the interface:

- ELT A13**: Points to the "Déformation Tangentielle" and "Matériaux.TGB1" labels.
- GROUPE A13**: Points to the "Allongement et résistance" section.
- GROUPE B13**: Points to the "Modules" section.
- GROUPE C13**: Points to the "Risque accepté" section.
- GROUPE D13**: Points to the "Ecart type" section.
- ELT E13**: Points to the "Trafic" section.
- GROUPE E13**: Points to the "Pente de" section.
- GROUPE F13**: Points to the "Chaussées neuves" and "Renforcement" radio buttons.
- ELT E13**: Points to the "Calculer les coefficients" button.
- GROUPE G13**: Points to the "Coefficient de calage" section.
- ELT D13**: Points to the "Calculer..." button.
- GROUPE H13**: Points to the "Epsilon(t) admi =" and "Sigma(t) admi =" fields.
- GROUPE I13**: Points to the "Appliquer" and "OK" buttons.

The dialog box includes the following input fields and sections:

- Allongement et résistance**:
 - Déformation à 1E+06 cycles: 0,00009
 - Contrainte pour 1E + 06 cycles
- Modules**:
 - Temperature teta(°C): [dropdown]
 - E (10°C , 10Hz): 12300
 - E (Teta°C , 10Hz): [input]
- Risque accepté**:
 - Calculer le fractile
 - Risque r=: 2%
 - Fractile t=: [input]
- Ecart type**:
 - 1°- Sur la loi de fatigue [Sigma N]: 0,4
 - 2°- Sur les épaisseurs [Sigma H]: 2,5
 - Coefficient reliant les variations (C): 0,02
 - L'écart type globale: 0,478
- Trafic**:
 - Trafic équivalent Ne: 13605076,1256609
- Pente de**:
 - Courbe semi-logarithmique béta = [input]
 - Courbe de fatigue b = 0,19047619047619
- Chaussées neuves** / **Renforcement** (radio buttons)
- Coefficient de calage**:
 - 1°- k1 lié au trafic k1 = [input]
 - 2°- k2 lié à la temperature k2 = [input]
 - 3°- k3 lié au risque k3 = [input]
 - 4°- k4 = [input]
- Calculer les coefficients** (button)
- Calculer...** (button)
- Epsilon(t) admi =** [input]
- Sigma(t) admi =** [input]
- Appliquer** (button)
- OK** (button)

Figure II.II.20: admissibles tangentielles

II.14.2. Descriptions:

➤ **ELEMENT A13:**

Cet élément sert à rappeler seulement le type et la nature du matériau étudié.

➤ **GROUPE A13:**

Ce groupe comporte trois boîtes d'édition qui sont les suivantes:

- Déformation à 1E+06 cycles: permet d'afficher la valeur de la déformation (allongement) admissible de référence à 10^6 cycles (ϵ_6), utilisés seulement pour les cas des matériaux bitumineux (noirs), masqué dans le cas des matériaux blancs; lues dans les fiches matériaux LCPC (Annexe B)
- "Contrainte pour 1E + 06 cycles": permet d'afficher la valeur de la contrainte de flexion pou 10^6 cycles (σ_6). Les deux derniers sont accessibles en cas de matériaux blancs (MTLH).

➤ **GROUPE B13:**

Dans le cas des matériaux noirs, on doit s'intéresser à la température (en °C) des matériaux et la fréquence (en Hz) pour déterminer les modules. De ce fait, le présent groupe offre trois éléments:

- La liste de température téta (°C): permet de fixer la température équivalente téta eq à partir des éléments:-10; 0; 10; 15; 20; 30; 40; en °C, ensuite le programme va afficher le module correspondant dans la boîte d'édition E(téta°C,HZ).
- La boîte d'édition "E(téta °C, Hz)": permet d'affi cher la valeur du module E10 0 10°C, cette valeur est affichée dès que la b ôite de dialogue est ouverte.
- "E(téta, 10Hz) qui permet de fournir le module correspondant à la température équivalente θ_{eq} (affiché automatiquement après la sélection dans la liste de température).

➤ **GROUPE C13:**

- Risque r: sert à afficher la valeur du risque, cette valeur dépend du trafic et du matériau étudié. Elle sera affichée dès que la boîte de dialogue est ouverte.
- Fractile t: Pour afficher la valeur du fractile et il dépend du risque. Elle sera affichée quand on clique sur le bouton "calculer le fractile".

- Bouton "Calculer le fractile": comme son nom l'indique, il sert à calculer le fractile.

➤ **GROUPE D13:**

Ce groupe sert à afficher seulement les écarts type sur les dispersions diverses, à savoir:

- l'écart type $\bar{\sigma}_N$ sur la loi de fatigue dans "1°-sur la loi de fatigue";
- l'écart type $\bar{\sigma}_H$ sur les variations des épaisseurs des couches mises en œuvre dans "2°-sur les épaisseurs";

Il sert aussi à afficher le coefficient reliant les variations et l'écart type globale.

➤ **ELEMENT B13:**

Cet élément sert à rappeler le trafic équivalent.

➤ **GROUPE E13:**

Il s'agit d'afficher les pentes. En effet:

- la pente β de la courbe semi-logarithmique
- la pente b de la courbe de fatigue.

Dans ce programme on n'a utilisé que la pente de la courbe de fatigue.

➤ **GROUPE F13:**

Ce groupe rassemble les deux boutons radios qui permettent de mentionner le type de réhabilitation.

- Chaussée neuve: permet d'afficher la valeur de k_4 correspond à une reconstruction.
- Renforcement ; permet d'afficher la valeur de k_4 correspond à un renforcement.

➤ **ELEMENT C13:**

C'est un bouton de commande qui sert à calculer les coefficients k_1 , k_2 , k_3 , et à afficher leurs valeurs sur les boîtes d'édérations respectives.

➤ **GROUPE G13:**

C'est un groupe de boîtes d'édition de coefficient de calage telles que

- "k₁ lié au trafic ": Afficher la valeur de k_1 ;
- "k₂ lié à la température ": afficher la valeur de k_2 .
- "k₃ lié au risque": afficher la valeur de k_3 ;

- "k₄": Afficher la valeur de k₄;

La boîte d'édition k₂ est masquée dans le cas des matériaux blancs (MTLH).

➤ **ELEMENT D13:**

C'est un bouton de commande qui sert à calculer la valeur de $\varepsilon_t^{\text{admi}}$ ou la valeur de σ_t^{adm} . selon les matériaux étudiés, il permet d'afficher ces valeurs sur leurs boîtes d'édérations.

➤ **GROUPE H13:**

- epsilon(t) admi: afficher la valeur de la déformation admissible calculée pour les matériaux noirs;
- sigma(t) admi: afficher les valeurs de la contrainte admissible calculée pour les matériaux blancs (MTLH).

➤ **GROUPE I13:**

- Bouton aide: Le rôle de ce bouton est identique à celui des autres boîtes de dialogue précédente.
- Annuler: permet de revenir dans la boîte de dialogue n°8 ou N°9 "Paramètres de calcul et comparaisons tangentielles (1 ou 2)", les calculs sont annulés;
- Bouton OK: permet de revenir dans la boîte de dialogue n°8 ou n°9, en affichant sur les zones de texte epsilon(t)admi et sigma(t)admi ses valeurs correspondantes.

II.14.3 Boîte de message d'erreur:

Les messages d'erreurs dans cette boîte de dialogue sont des guides:

- Quand on clique sur la boîte d'édition E(téta °C, 10Hz) et lorsqu'on n'a pas sélectionné dans la liste de la température téta°C, on aura:

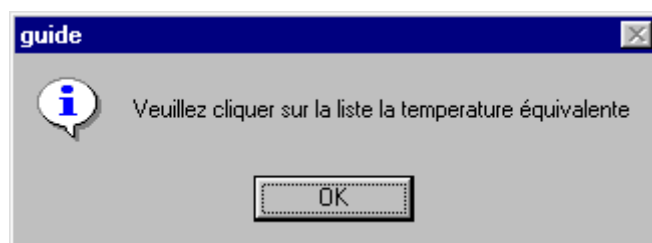


Figure II.II.21: Message n°07

- Si on clique "Calculer les coefficients" alors que les boîtes d'édition fractile et E(téta °C, 10Hz) sont encore vides, les deux messages suivants apparaissent:

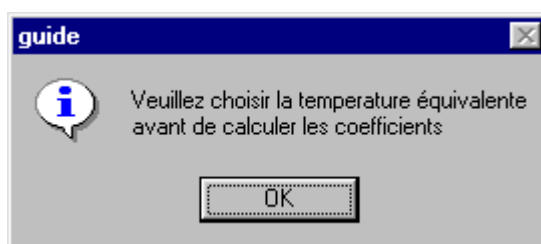


Figure II.II.22: Message n°8

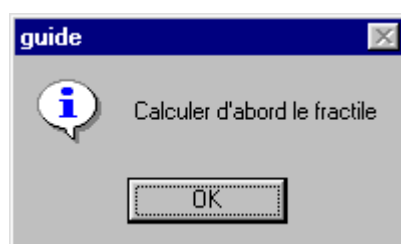


Figure II.II.23: Message n°9

II.15 CASE DE DIALOGUE N°14: "VALEURS DES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS ADMISSIBLES VERTICALES"

C'est une case de dialogue de récapitulation et de calcul.

II.15.1 Forme et contenu.

The screenshot shows a software window titled "ADMISSIBLES VERTICALES" with a subtitle "Contrainte et déformation verticale admissible". It contains two main sections: "Matériaux" and "Trafic".

Matériaux section:

- CBR de la plate-forme = (Callout: **ELT A14**)

Trafic section:

- Durée de vie =
- Taux de croissance annuel du trafic =
- Coefficient d'Agressivité CAM = (Callout: **GROUPE A14**)
- Trafi cumulé Ncu =
- Trafi equivalent Ne =
- Trafic corrigé Nc =

Buttons:

- Calculer (Callout: **ELT B14**)
- Epsilon (z) admi =
- Sigma (z) admi = (Callout: **GROUPE C14**)
- Aide... (Callout: **GROUPE D14**)
- O K
- Annuler

Figure II.II.24:Admissibles verticales

II.15.2. Descriptions:

➤ **ELEMENT A14:**

C'est une zone de texte qui affiche la CBR de la plate forme.

➤ **GROUPE A14:**

Les quatre (04) premières zones de texte sont des récapitulations, elles affichent les valeurs de la durée de service, le taux d'accroissement, le CAM (coefficient d'agressivité moyenne), et le trafic.

Les trois zones de texte restantes servent à afficher les valeurs du trafic cumulé, le trafic équivalent et le trafic corrigé, calculés par le programme.

➤ **ELEMENT B14**

Bouton "calculer": permet d'afficher les valeurs de $\epsilon(z)_{admi}$ et $\sigma(z)_{admi}$ sur les zones de textes correspondantes.

➤ **GROUPE B14**

$\epsilon(z)_{admi}$: afficher la valeur de $\epsilon(z)_{admi}$;

$\sigma(z)_{admi}$: afficher la valeur de $\sigma(z)_{admi}$.

➤ **GROUPE D14:**

- Bouton "Aide": Le rôle de ce bouton est identique à celui des autres boîtes de dialogue précédentes.
- "Annuler": permet de revenir dans la case de dialogue n° 10 "Paramètres de calcul et comparaison verticale". Les calculs sont annulés, et les zones de textes $\sigma(z)_{admi}$ et $\epsilon(z)_{admi}$ restent encore vides.
- "OK": permet de quitter la section et autorise le programme à ouvrir la case de dialogue n°10, en affichant sur la zone de texte $\epsilon(z)_{admi}$, et $\sigma(z)_{admi}$ ses valeurs correspondantes.

II.15.3. Boîte de message d'erreur

Le seul message d'erreur apparaît lorsqu'on clique sur OK sans avoir cliqué le bouton calculer, c'est à dire que les zones de texte de $\sigma(z)_{admi}$ et $\epsilon(z)_{admi}$ ne sont pas encore remplies.

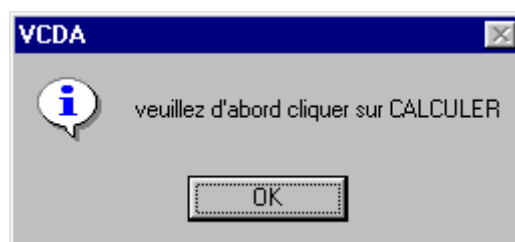


Figure II.II.25: Message n°10

II.16. CASE DE DIALOGUE "Aide"

C'est la case de dialogue qui permet de gérer les différentes boîtes de dialogue, et permet de voir les abaques, c'est à dire à appeler les aides dans Microsoft Word, et d'afficher les abaques sur des boîtes de dialogue.

II.16.1. Forme et contenu:

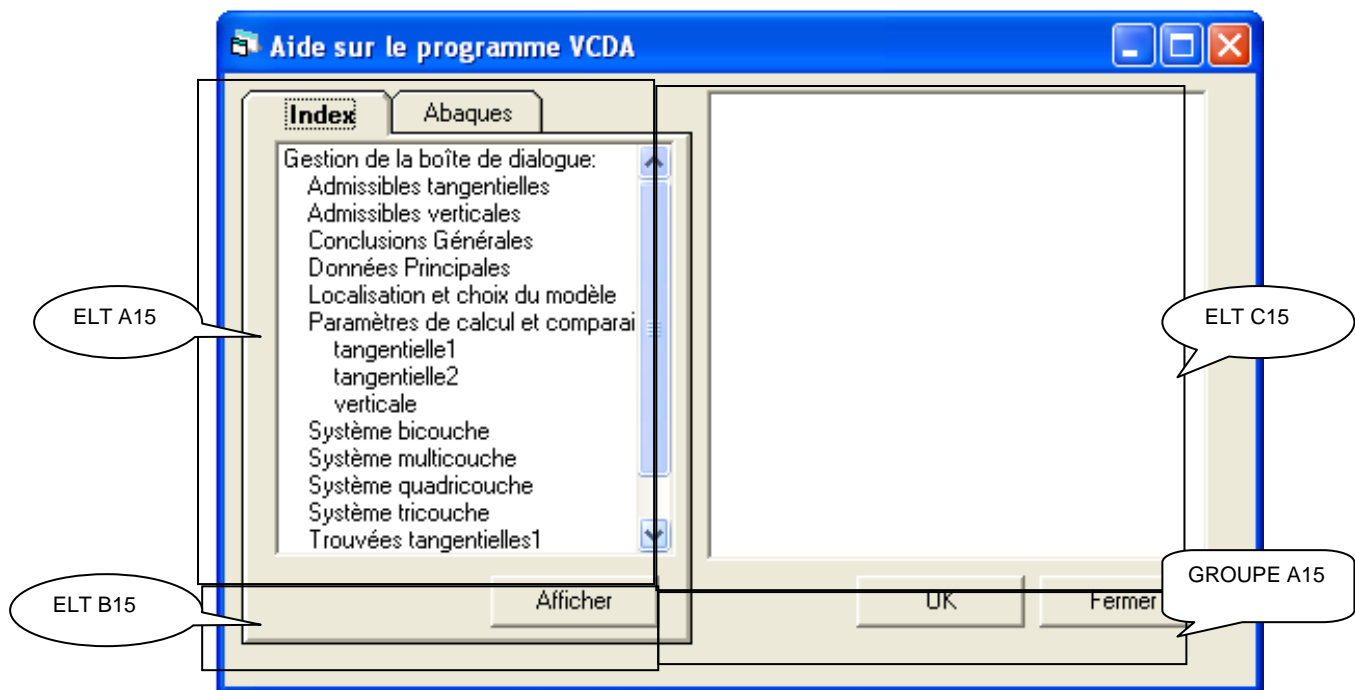


Figure II.16.26: Aide sur le programme VCDA

II.16.2. Descriptions:

➤ ELEMENT A15

C'est une liste des boîtes de dialogue qui existent dans le programme. C'est dans cette liste qu'on sélectionne le nom de la boîte de dialogue où on veut avoir de l'aide sur la manipulation ou sur les définitions. Pour afficher ces aides il faut cliquer deux fois ou cliquer le bouton "afficher" de l'élément B15.

➤ ELEMENT B15

Ce bouton sert à afficher les aides concernant la boîte de dialogue sélectionnée sur l'élément A15.

➤ ELEMENT C15

Cette liste sert à afficher les aides concernant la boîte de dialogue sélectionnée dans l'élément A15. Au cas où les utilisateurs voudraient avoir beaucoup de détails ils peuvent cliquer deux fois sur "APPROFONDIR".

➤ GROUPE A15

- Bouton "OK": Sert à appeler dans Word les détails concernant la boîte de dialogue.
- Bouton "Fermer": Permet de quitter la boîte de dialogue AIDE, et de revenir dans le menu principal.

II.17. CASE DE DIALOGUE "Abaques":

La boîte de dialogue suivante est l'une des trois boîtes de dialogue qui affichent les abaques. Elle affiche en même temps les abaques, planches (130, 131).

II.17.1. Forme et contenu:

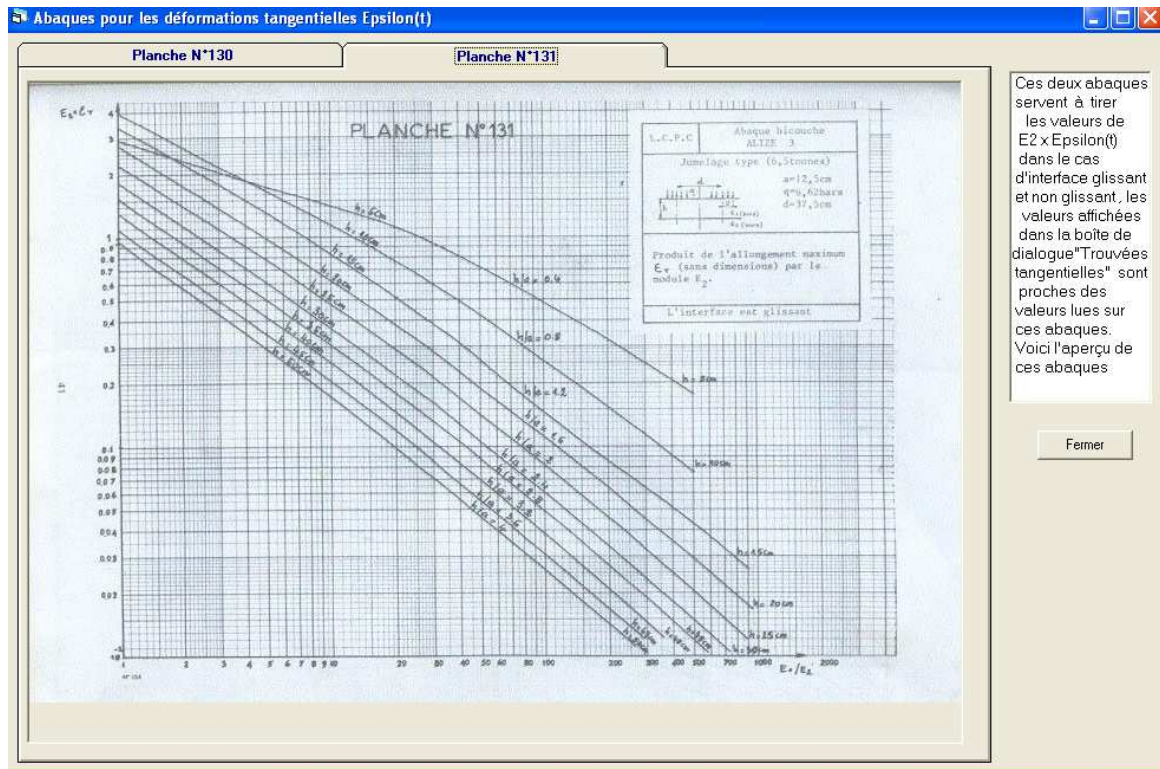


Figure II.II.27: Abaques

II.17.2. Descriptions:

Il faut cliquer sur l'onglet afin de voir l'abaque à consulter, sur notre figure c'est la planche n°131 qui est affichée. Cliquer sur "fermer" pour quitter la boîte de dialogue.

CONCLUSION

En tous cas, cette partie ne pourrait se substituer à un manuel complet pour un logiciel, car il y a des autres boîtes de dialogue qu'on peut rencontrer pendant l'exécution du programme mais ne sont pas mentionnés dans cette partie. Cependant la plupart de manipulation et de guide utile pour gérer ce logiciel est y contenu. Alors pour mieux voir toutes ces boîtes de dialogues et ses modes d'emploi, on a besoin du logiciel.

PARTIE III :
EXEMPLE D'APPLICATION DU
PROGRAMME

INTRODUCTION

Cette partie a pour objectif de montrer l'efficacité du logiciel "VCDA", c'est à dire de comparer les valeurs obtenues par les calculs à la main, et celles obtenues en utilisant le programme. L'exemple comporte des données qui permettent d'appliquer deux des trois types de vérifications qui existent dans la méthode ALIZE 3.

Ainsi cette partie comportera deux chapitres

Chapitre I: CALCULS MANUELS

Chapitre II: UTILISATION DU LOGICIEL

CHAPITRE I

CALCULS MANUELS

I.1. LES DONNEES PRINCIPALES:

I.1.1. Corps de chaussées:

Supposons que le tronçon qu'on va étudier est celui d'une route nationale à modèle tricouche, du pk 0+000 jusqu'au pk 15+000.

➤ Première couche:

Nature: Couche de revêtement :

Matériaux : EDC (Enrobés Dense à chaud)

Epaisseur : 4 cm

Module : 25000 bars

➤ Deuxième couche:

Nature : Couche de base ou couche de fondation .

Matériaux: 0/31,5 (GCNT)

Epaisseur : 20 cm

Module : 4000 bars

➤ Troisième couche:

Nature : Plate-forme

Matériaux : Sable Limon CBR 18.

Module : 800 bars

Cette valeur du module de la plate forme est obtenue dans le tableau I.II.01 pour un MS de CBR compris entre 15 et 20 ($750 < \text{module} < 1000$)

I.1.2. Trafic:

N: 165 PL/j/ sens de circulation ($cu \geq 50$ KN)

A (CAM): 1.072

$Cu \geq 50$ KN: Charge utilisée pour les vérifications des contraintes et déformations selon la méthode d'ALIZE II)

CAM: Coefficient d'Agressivité Moyen

I.1.3. Durée de vie et taux de croissance :

Durée de vie: 20 ans

Taux d'accroissement annuel: 6%

I.2. CALCULS DES EPAISSEURS ET MODULES EQUIVALENTS:

Pour notre exemple, le modèle est tricouche c'est à dire qu'on a deux couches autres que la plate forme. Alors que le modèle d'ALIZE 3 est basé sur un bicouche, donc il faut d'abord calculer les éléments du bicouche équivalent.

Pour un modèle tricouche, nous pouvons choisir un des deux figures données sur la figure (I.II.01). Prenons pour notre exemple la première figure.

$$\begin{array}{ll} E_1, h_1 & E_1', h_1' \\ E_2, h_2 & E_2' \\ E_3 & \end{array}$$

D'où la formule utilisée sera:

$$h_1' = h_1 + 0.9h_2 \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}}$$

$$E_1' = E_1$$

$$E_2' = E_3$$

Avec

$$h_1 = 4 \text{ cm}$$

$$h_2 = 20 \text{ cm}$$

$$E_2 = 4000 \text{ bars}$$

$$E_1 = 25\,000 \text{ bars}$$

$$E_3 = 800 \text{ bars}$$

Alors après calcul

L'épaisseur équivalente est:

$$h_1' = 13,77 \text{ cm}$$

Le module de la première couche est:

$$E_1' = 25\,000 \text{ bars}$$

Le module de la couche inférieure ou plate forme est:

$$E_2' = 800 \text{ bars}$$

I.3. CALCULS DES DEFORMATIONS ET DES CONTRAINTES DU SOL SUPPORT OU DE LA COUCHE GRANULAIRE:

I.3.1. CONTRAINTES ET DEFORMATION EFFECTIVES:

I.3.1.1 Contrainte effective sigma z:

La valeur de sigma z est obtenue sur l'abaque planche n°160 car l'interface est non glissant.

$$E_1/E_2 = 31,25$$

$$h = 13,77$$

Par interpolation on trouve la valeur de $\bar{\sigma}_z$

$$\bar{\sigma}_z = 1,28 \text{ bars}$$

I.3.1.2. Déformation effective ε_z

Comme dans le cas de la contrainte, la valeur de la déformation est obtenue en lisant l'abaque planche n°150 pour interface non glissant.

$$E_1/E_2 = 31,25$$

$$H = 13,77$$

$$E_2 = 800$$

$$E_2 \times \varepsilon_z = 1,29$$

$$\varepsilon_z = 0,0016125 \text{ } \mu\text{déformation}$$

I.3.2 CONTRAINTES ET DEFORMATIONS ADMISSIBLES:

I.3.2.1 Contraintes admissible $\bar{\sigma}_z^{\text{admi}}$

La formule utilisée est la formule (12) du paragraphe:

$$\sigma_z^{\text{adm}} = \frac{0,3\text{CBR}}{1 + 0,7\log N} (\text{en bars})$$

Puisque la durée de vie 20 ans, et le taux de croissance 6% sont différents de l'hypothèse de base sur le calcul de dimensionnement de chaussée à Madagascar (taux de croissance 10% et durée de vie 15 ans), nous devons utiliser pour le calcul de la contrainte admissible le trafic corrigé N_c .

$$N_c = N \times \alpha \times \beta$$

En lisant sur les tableaux des coefficients correcteurs α et β (tableau I.II.03 et tableau I.II.04) on aura.

$$\alpha = 0,73$$

$$\beta = 1,8$$

$$N = 165$$

Alors

$$N_c = 216,81 \text{ PL/j/sens}$$

$$\text{CBR} = 18 \text{ (CBR de la plate forme)}$$

D'où

$$\bar{\sigma}_z^{\text{admi}} = 2,05 \text{ bars}$$

I.3.2.2 Déformation verticale admissible ϵ_z^{admi} :

Elle est donnée par

$$\epsilon_z^{adm} = 0,012 \times N_e^{-0,2222} \text{ pour } T \geq T_3$$

$$\epsilon_z^{adm} = 0,016 \times N_e^{-0,2222} \text{ pour } T < T_3$$

T ou N= 165 $\geq T_3$

Alors on utilise la première formule

Ne: Trafic équivalent en fonction du trafic cumulé Ncu et donné par la formule (08)

$$N_e = N_{cu} \times CAM$$

Or N_{cu} est obtenue en utilisant la formule (06):

$$N_{cu} = N \times A \times C \times 10^3$$

Avec

$$C = 365 \times \frac{(1+r)^d - 1}{r} \times 10^{-3}$$

d: durée de vie =20

r: taux de croissance = 0,06

D'où la valeur du trafic cumulé est:

$$N_{cu} = 2374921,91$$

$$N_e = 2545916,29$$

Alors la déformation admissible est:

$$\epsilon_z^{admi} = 0,00045 \text{ udéformation}$$

I.4 CALCULS DES DEFORMATIONS POUR LES MATERIAUX BITUMINEUX (EDC):

En lisant l'abaque n°130 (interface non glissant), on peut tirer la valeur de la déformation effective du matériau bitumineux, la déformation de l'enrobés dense à chaud EDC.

$$E_1/E_2 = 31,25$$

$$h_1 = 13,77$$

$$E_2 = 800$$

$$E_2 \times \epsilon_t = 0.34$$

$$\epsilon_t = 0,000425 \text{ udéformation}$$

I.4.2 Déformation admissible ϵ_t^{admi} :

La formule utilisée pour calculer la déformation admissible est la formule (17)

$$\epsilon_t^{adm} = k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times \epsilon_6$$

Notre matériaux ici l'enrobés dense à chaud EDC:

D'où

$$\varepsilon_6 = 100 \cdot 10^{-6} \text{ (10°C , 25 HZ)}$$

I.4.2.1. Coefficient k1:

En utilisant la formule (18)

$$k_1 = \left(\frac{N_e}{10^6} \right)^{-b}$$

Avec b: pente de la courbe de fatigue

b = 0,2 pour l'EDC

$N_e = 2545916,29$

$k_1 = 0,8295282$

I.4.2.2 Coefficient k2

Ici on utilise la formule (20):

$$k_2 = \left[\frac{E_{10}}{E_{\theta_{eq}}} \right]^{0,5}$$

Avec E_{10} module à 10 °C

$E_{\theta_{eq}}$ module à la température équivalente, on prend $\theta = 25^\circ\text{C}$

$E_{10} = 72\,000 \text{ bars}$

$E = 25\,000 \text{ bars}$

$k_2 = 1,6970563$

I.4.2.3. Coefficient k3:

Avec la formule (21): $k_3 = 10^{-tb\delta}$

On aura la valeur de k_3 tel que :

t: fractile en fonction du risque et du trafic (tableau I.II.08: taux de risque croissant en fonction du trafic)

Matériaux : EDC

Trafic : 165 (T2)

Alors :

Risque r = 12%

Fractile t = 1,175

Pour δ , on le calcule avec la formule (11):

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

Et que pour l'EDC:

$$\delta_N = 0,4$$

$$c = 0,02 \text{ cm}^{-1}$$

$$b = 0,2$$

$$\delta_H = 1$$

Alors on obtient

$$\delta = 0,414$$

$$k_3 = 0,799300344$$

I.4.2.4. Coefficient k4

Supposons que les travaux exécutés sur les chaussées sont des renforcements.

$$\text{Alors } k_4 = 1,7$$

D'où la valeur de $\varepsilon_t^{\text{admi}}$ est

$$\varepsilon_t^{\text{admi}} = 0,0001912 \text{ udéformation}$$

I.5. COMPARAISONS DES VALEURS:

Tableau III.I.01: Comparaison des valeurs

Pour le sol support et la couche granulaire			
	Effectives	Admissibles	Conclusion
Déformation [udéformation]	0,0016125	0,00045	Non vérifiés
Contraintes [bars]	1,28	2,05	Vérifiés
Conclusion générale			Non vérifiés
Pour les matériaux bitumineux (EDC)			
	Effective	Admissible	Conclusion
Déformation [udéformation]	0,000425	0,0001912	Non vérifiés

CHAPITRE II

UTILISATION DU LOGICIEL

II.1. SAISIE DES DONNEES PRINCIPALES:

II.1.1 Première boîte de dialogue:

Pour introduire les valeurs concernant les données, on doit passer par trois boîtes de dialogue, mais pour arriver à la première boîte on peut suivre les deux démarches suivantes. Les données à introduire sont identiques à celles du chapitre I

II.1.1.1 Premier démarche

Sur la première boîte de dialogue qui est ouverte dès que le programme est lancé, on trouve trois boutons radios. Or c'est les deux premiers qui nous intéressent :

- Cliquer le bouton radios « une nouvelle donnée principale », la case de dialogue « Localisation et choix de modèle » sera ouverte mais après avoir suivi dans une autre case de dialogue une guide de manipulation du logiciel.
- Taper les noms des villes ou des villages au début et à la fin du projet sur ses zones correspondantes. Pour notre exemple on va mettre A et B.
- Taper le type de la route (Route nationale : RN ou Route d'intérêt provinciale RIP ou Piste etc...) sur sa zone de texte.
- Taper le PK début, et le PK fin du projet (Ici 0+000 et 15+000)
- Cliquer le modèle de chaussée (L'exemple a un modèle tricouche)
- Cliquer dur « suivant ».

II.1.1.2 Deuxième démarche :

Sur la même boîte de dialogue :

- Cliquer sue « annuler ».
- Cliquer sur le menu fichier puis sur le sous menu « Nouvelle donnée principale », on aura la même boîte de dialogue qu'à la première démarche.
- On suit les même instructions qu'à la première démarche.

II.1.2 Deuxième boîte de dialogue :

Après avoir cliquer sur suivant on obtient la boîte de dialogue « Modèle tricouche » alors :

II.1.2.1 Pour la première couche :

- Sélectionner dans la liste déroulante le revêtement ;

- Sur les matériaux, sélectionner l'EDC : Enrobés dense à chaud ;
- Sur le module on tape 25 000
- Sur l'épaisseur on tape 4

II.1.2.2 Pour la deuxième couche :

- Sélectionner dans la liste déroulante la couche de base ;
- Sur le matériaux, on sélectionne le GCNT ;
- Sur le module on introduit 4 000
- Sur l'épaisseur on tape 20

II.1.2.3 Pour la troisième couche :

- Sur le matériaux on tape « Sable limoneux CBR (18) »
- Sur le module 800

Le tableau de module utilisé dans le chapitre I est remplacé ici par la liste déroulante « liste des modules »

II.1.2.4 Choix de figure :

On doit choisir entre les deux figures pour le calcul des éléments du bicouche équivalent. Pour notre exemple et comme dans la première chapitre on clique sur fig 1.

Pour terminer, on clique sur suivant.

II.1.3 Troisième boîte de dialogue :

II.1.3.1 Premier onglet « matériaux traités utilisés »

Cliquer sur le bouton radios « EDC : enrobés dense à chaud »

II.1.3.2 Deuxième onglet « Charges agissantes et données »

- Introduire la valeur de la durée de vie ou durée de service : 20 en sélectionnant sur la liste
- Sélectionner sur la liste de la valeur du taux de croissance : 6
- Taper la valeur du CBR : 18
- Taper la valeur du trafic : 165
- Pour notre exemple le CAM est déjà donné, alors nous ne calculons plus sa valeur, donc il faut taper : 1,072

Pour terminer la saisie des données principales cliquer sur « OK » .

II.2 VERIFICATION DES DEFORMATIONS POUR LES MATERIAUX BITUMINEUX :

Quand les données principales sont toutes introduites, on aura le message : « Vous pouvez faire les vérifications en cliquant sur le menu « Vérifications ».

Pour la vérification des déformations des matériaux bitumineux, on utilise trois boîtes de dialogue.

Boîte de dialogue n°1 : « Paramètres de calcul et comparaison tangentielle 2 » :

Boîte de dialogue n°2 : « Trouvée tangentielle »

Boîte de dialogue n°3 : « Admissible tangentielle »

Si on clique sur le sous menu « déformation tangentielle » on aura tout de suite la boîte de dialogue n°1

II.2.1 Calcul de la déformation effective il faut :

- cliquer sur « trouvée », la boîte de dialogue n°2 apparaît puis on clique sur interface non glissant (l'hypothèse qu'on a pris dans le chapitre I)
- Cliquer sur « OK »

II.2.2 Calcul de la déformation admissible :

Pour calculer la valeur de la déformation admissible, on clique sur « admissible » puis on suit les étapes suivantes :

- Choisir la température équivalent sur la liste déroulante de température, pour notre exemple on sélectionne 25 ;
- Calculer le fractile ;
- Puisqu'on a supposé dans le premier chapitre que le travaux est un renforcement, on clique sur le bouton radios « renforcement » ;
- Calculer les coefficients ;
- Et quand on clique sur « calculer » la valeur de $E_2 \times e$ sera affichée ;
- Pour revenir dans la boîte de dialogue n°1 on clique sur « OK »

II.2.3 Comparaison des valeurs :

On clique sur « appliquer » pour faire la comparaison et sur « résultat » pour afficher la conclusion générale (Ce bouton résultat est très intéressant dans le cas où on aurait deux matériaux bitumineux à vérifier).

Pour finir la vérification on doit cliquer sur « OK ».

II.3 VERIFICATION DES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS VERICALES POUR LE SOL SUPPORT ;

Comme dans la vérification des déformations pour les matériaux bitumineux, cette vérification utilise trois boîtes de dialogue :

Boîte de dialogue n°1 : « Paramètres de calcul et comparaison verticale » :

Boîte de dialogue n°2 : « Trouvée verticale »

Boîte de dialogue n°3 : « Admissible verticale »

En cliquant sur le sous menu « déformation et contrainte verticale » on obtient la boîte de dialogue n°1.

II.3.1 Déformation et contrainte verticale effective:

- On clique sur "trouvées" sur la boîte de dialogue n°1
- Sur la boîte de dialogue n°2 cliquer le bouton radios "interface non glissant" c'est notre hypothèse de calcul dans notre exemple.
- Cliquer sur "OK" pour revenir dans la boîte de dialogue n°1.

II.3.2. Déformation et contrainte verticale admissible:

- Cliquer sur "Admissible" puis la boîte de dialogue n°3 apparaît:
- La déformation et la contrainte admissible sont calculées en même temps en cliquant sur le bouton "Calculer":
- Pour quitter cette boîte de dialogue on doit cliquer sur le bouton "OK".

II.3.3. Comparaison:

Pour comparer les quatre valeurs on clique sur "appliquer". Et pour finir la vérification on doit cliquer sur "OK".

II.4 NOTE DE CALCUL:

Les vérifications qu'on vient de faire sont récapitulées dans la note de calcul suivant, et les conclusions y aussi affichées. Cette note est obtenue en cliquant sur le menu fichier puis sur le sous menu imprimer.

Lntpb

BP 1151 - ANTANANARIVO - MADAGASCAR

TEL. 22.421.88

NOTE DE CALCUL

**VERIFICATIONS DES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS
SELON METHODE ALIZE III
SYSTEME TRICOUCHE
Chaussée de la RN x entre DEBUT et FIN
Du pK 0+000 au pK 15+000**

Date:19/05/03

I.HYPOTHESES :**1.Corps de chaussée:**

- *Revêtement:EDC: Enrobé dense à chaud
module = 25000[bars]
épaisseur = 4 [cm]
- *Couche de base:GCNT :Grave Concassé Non Traité
module = 4000[bars]
épaisseur = 20 [cm]
- *Plate Forme:SOL Limoneux
module = 800[bars]

2.Modèle bicouche équivalent:

- Module équivalent $E1' = 25000$ [bars]
- Module équivalent $E2' = 800$ [bars]
- Epaisseur équivalente = 13,77 [cm]
- $E1'/E2' = 31,25$

3.Charges agissantes:

- Charges des deux roues = 6.5 T
- Pressions = 6.62 bars
- Rayon d'empreinte = 12.5 cm

4.Données sur le trafic :

- Durée de vie = 20 [ans]
- Taux de croissance = 6 [%]
- CBR = 18
- Trafic PL/j/sens(CU>50kN) = 165
- Coefficient d'agressivité = 1.072

II.VERIFICATION SUR LES DEFORMATIONS TANGENTIELLES POUR LES MATERIAUX BITUMNEUX :

- Matériaux:Enrobés dense à chaud [EDC] **
- Déformation effective = 0,000404 [microdéformation]
- Déformation admissible = 0,00017 [microdéformation]
- Conclusion:Non Vérifiés

III.VERIFICATION SUR LES CONTRAINTES TANGENTIELLES POUR LES MTLH :

- (MATERIAUX TRAITES AUX LIANTS HYDRAULIQUES)
- Il n'y a pas de matériaux traités aux liants hydrauliques

IV.VERIFICATION SUR LES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS VERTICALES :

- Déformation Verticale:
- Déformation effective = 0,001539 [microdéformation]
- Déformation admissible = 0,000454 [microdéformation]
- Contrainte Verticale:
- Contrainte effective = 1,27 [bars]
- Contrainte admissible = 2,05 [bars]
- Conclusion:NON VERIFIES

CONCLUSION

En comparant les valeurs obtenues dans le premier et le deuxième chapitre, même si les valeurs ne sont pas tout à fait identiques, on peut tirer que le logiciel peut bien remplacer les calculs à la main. En plus en utilisant le logiciel on gagne de temps. Cela ne veut pas dire que ce logiciel est très perfectionné mais il y aussi des problèmes, par exemple des difficultés sur la manipulation. Alors on a ajouté des boutons aides sur la plupart des boîtes de dialogue.

CONCLUSION GENERALE

L'informatique commence de nos jours à conquérir le domaine de Bâtiment et des Travaux Publics. Le VISUAL BASIC est l'un des logiciels très exploités, et plus courant dans ce domaine. L'ingénieur en BTP, n'étant uniquement un calculateur mais également et particulièrement concepteur, doit être quelqu'un plein d'initiatives et quelqu'un de rationnel.

Ce mémoire qui a pour thème "PROGRAMME DE VERIFICATION DES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS SELON LA METHODE D'ALIZE3" a pour objectif de concevoir un mini-logiciel de vérification conçu sur le langage Visual Basic. Nul ne sait que ce genre de vérification très fréquemment rencontré dans le milieu professionnel de l'ingénieur BTP surtout en TP.

Désormais, les calculs sur la vérification des contraintes et déformation peuvent s'exécuter automatiquement, par l'intermédiaire de langage de programmation, et n'utilisent plus des abaques.

Ce programme, en tout cas est caractérisé par:

- Son nom: VCDA 1.0
- Son respect d'interface en VB.
- La possibilité d'enregistrer les données introduites et de les ouvrir en cas d'autre utilité
- La possibilité d'appeler les notes de calcul dans Word et les imprimer.
- La possibilité d'imprimer les notes sans recours aux autres logiciels.
- La simplicité et la rapidité de la constitution des fichiers de données grâce à l'utilisation des cases de dialogues et des menus déroulant.
- La rapidité de calcul et d'édition des données.
- Ses possibilités d'extension et d'amélioration.

ANNEXES

LISTES DES ANNEXES

ANNEXES A : Abaques bicouches ALIZE 3

Annexe A1 : Abaque planche n° 130

Annexe A2 : Abaque planche n° 140

Annexe A3 : Abaque planche n° 150

Annexe A4 : Abaque planche n° 160

ANNEXES B : Fiches Matériaux (LCPC)

Annexe B1 : Grave Bitume

Annexe B2 : Béton Bitumineux

Annexe B3 : Grave Ciment

Annexe B4 : Sable Ciment

ANNEXE C : Exemple de code de programmation

PLANCHE N° 130

ANNEXE A1

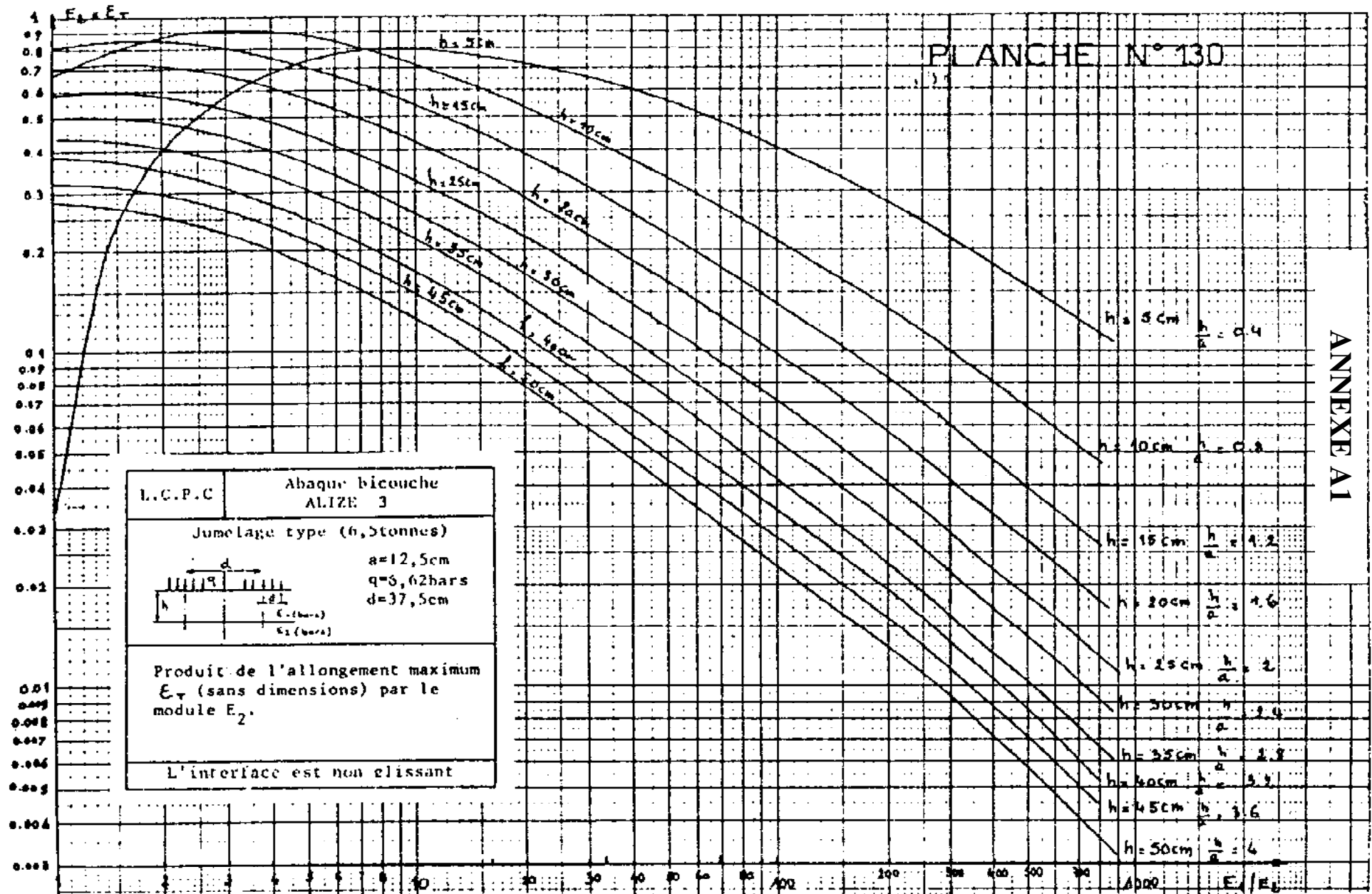


PLANCHE N°140

ANNEXE A2

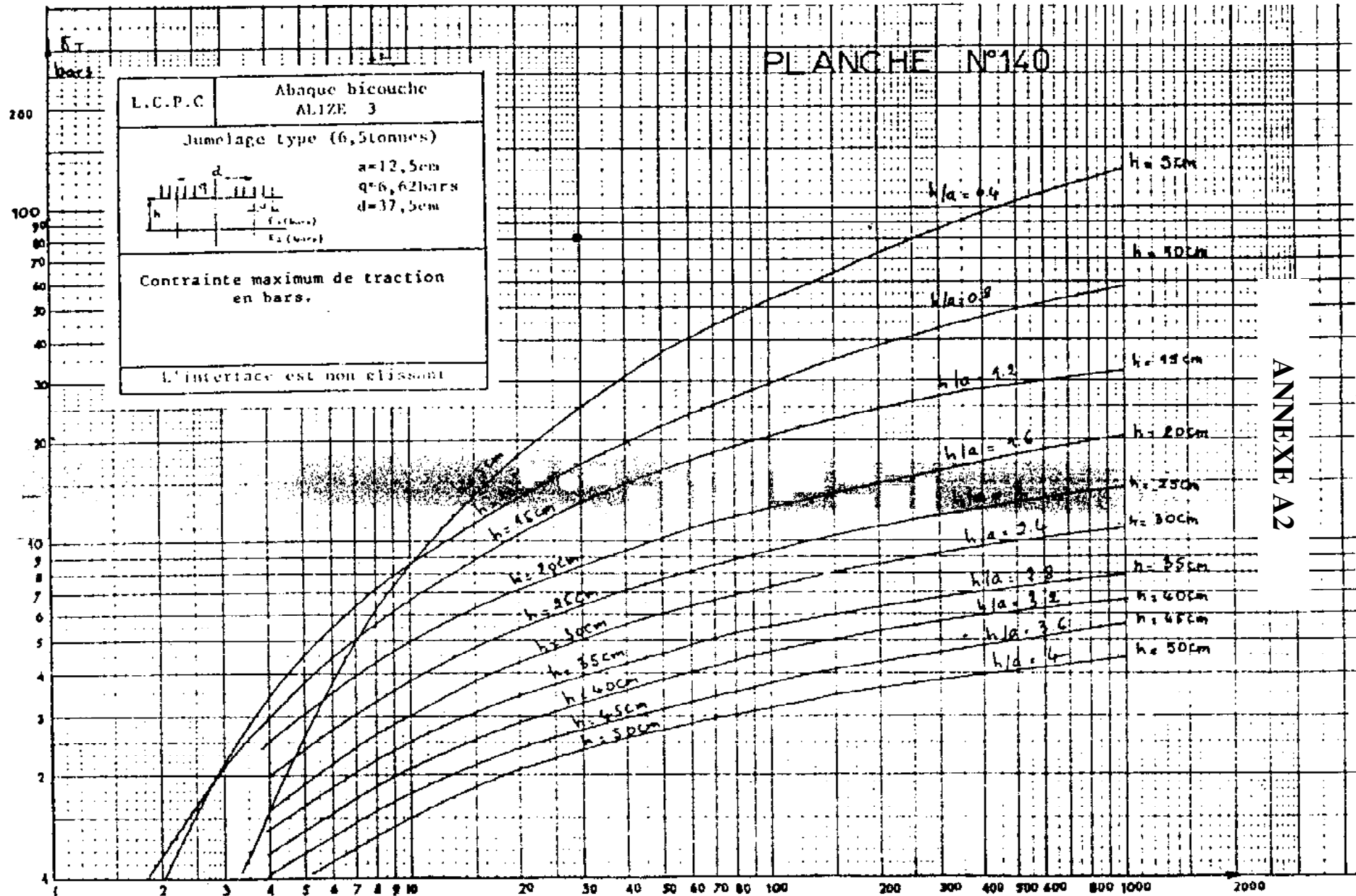


PLANCHE N° 150

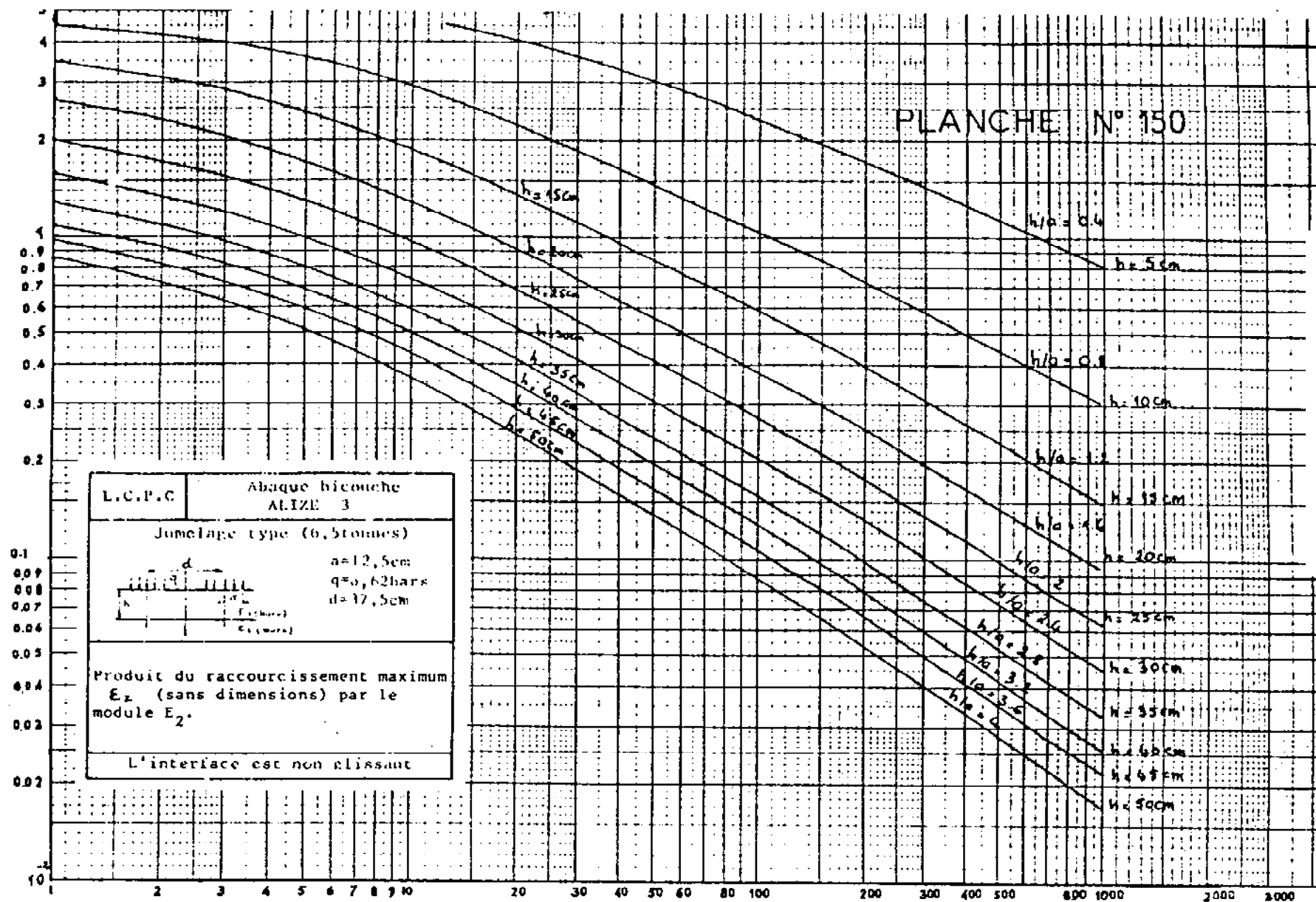
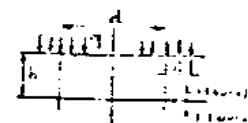


PLANCHE N° 160

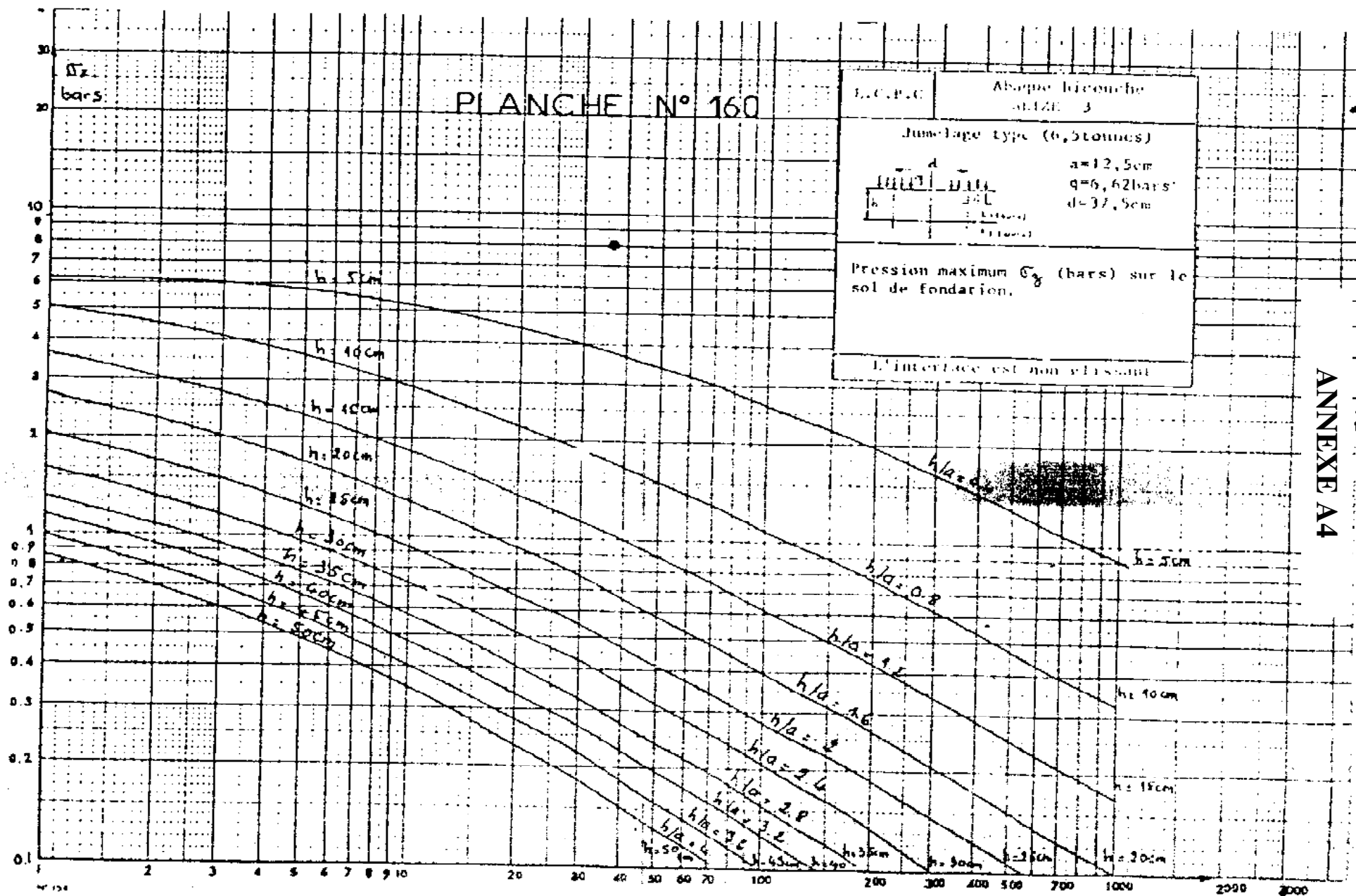
L.C.P.C.

Abaque bi-conche
TAILLE 3

Jumelage type (6,5 tonnes)


 $a = 12,5\text{cm}$
 $q = 6,62\text{bars}$
 $d = 37,5\text{cm}$
Pression maximum σ_g (bars) sur le sol de fondation.

L'interface est non glissante



ANNEXE B1

LCPC - FICHES MATÉRIAUX 1984

GRAVE - BITUME

Formulation conforme à la directive pour la réalisation des assises de chaussée en grave bitume et sable bitume
SETRA-LCPC - Septembre 1972

CONSTITUANTS

GRAVE

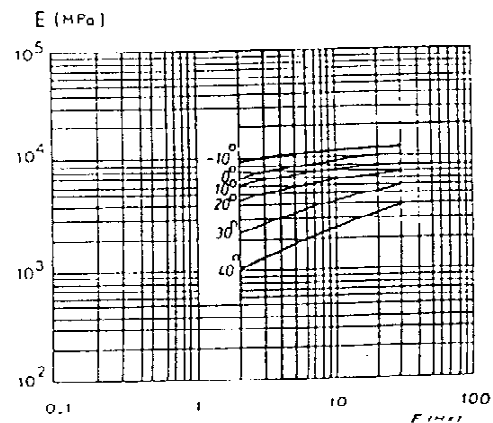
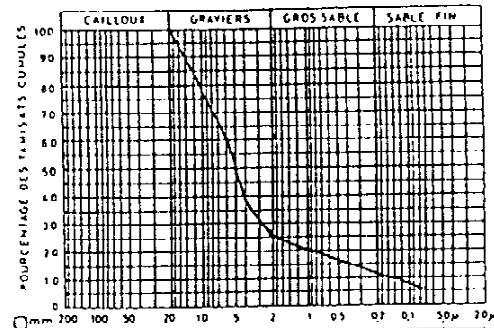
Granularité	0/20
Coupure granulométrique	3 fractions 0/4 - 4/10 - 10/20
Nature des granulats	calcaire
Fines	7 %
Angularité - Indice de concassage	entièrement concassé
Dureté	LA < 35
Usage	Deval humide > 3,5 couche de roulement ou de renforcement

LIANT

Bitume	40/50
Pénétration à 25 °C	46
Température B.A	59 °C
Indice de pénétrabilité	+ 1.5
Point de Frass	- 15 °C

FORMULATION

Dosage en liant	3,5 %
Compacité	88 %
Formule	semi-grenue



INTERPRÉTATION POUR LE CALCUL

VALEURS DE LABORATOIRE RETENUES

Module ($f = 10$ Hz, $\theta = 15^\circ$)	$E_{GB} = 8000$ MPa
Pente de la droite de fatigue	$b = 1/5.25$
Écart type sur la loi de fatigue (en log)	$\sigma_N = 0.4$
Allongement admissible à 10^6 cycles à 50 % de risque, $\theta = 15^\circ$	
a) allongement moyen d'une grave-bitume	$\epsilon_A = 90 \times 10^{-6}$ (1)
b) allongement trouvé sur le matériau lors des essais	$\epsilon_A = 90 \times 10^{-6}$
c) allongement retenu pour le calcul	$\epsilon_A = 90 \times 10^{-6}$

VALEURS DE CALCUL RETENUES

Écart type sur les épaisseurs (en cm)	$\sigma_H = 2.5$ (2)
$\delta = \left[\sigma_N^2 + \left(\frac{c}{b} \right)^2 \sigma_H^2 \right]^{1/2}$	$= 0.478$
Liaison	collée
BB - GB	collée (3)
GB - GNT	

CHOIX DU COEFFICIENT DE POISSON

$$V = f(\theta)$$

CHOIX DE LA LIMITE ADMISSIBLE

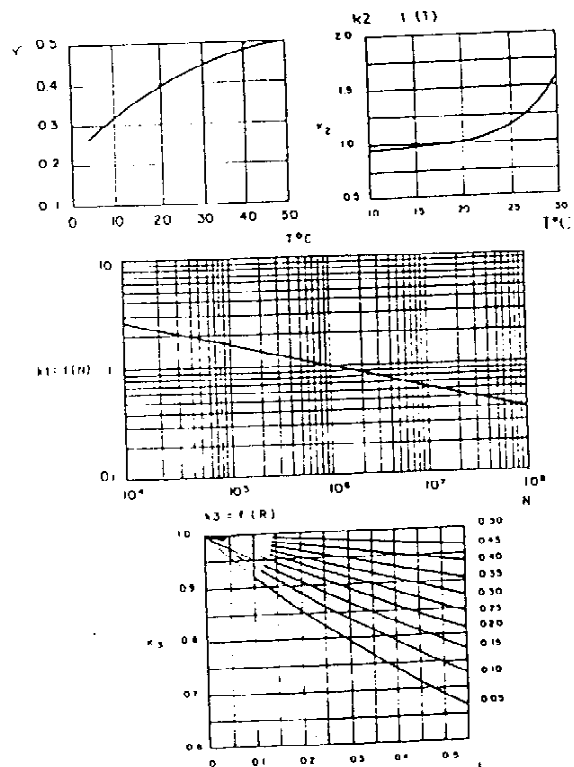
$$\epsilon = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \epsilon_A$$

$$k_1 = f(N)$$

$$k_2 = f(\theta)$$

$$k_3 = f(R, \delta)$$

$$k_4 = 1, 3$$



- (1) déduit de l'essai standard L.C.P.C.
- (2) déduit des campagnes de vérifications des épaisseurs en place
- (3) selon la tendance constatée lors du suivi des chantiers

ANNEXE B2

LCPC - FICHE MATÉRIEAUX

BÉTON BITUMINEUX 0/10

Formulation conforme à la directive pour la réalisation des couches de surface de chaussées en béton bitumineux
SETRA/LCPC - Septembre 1969

CONSTITUANTS

GRAVE

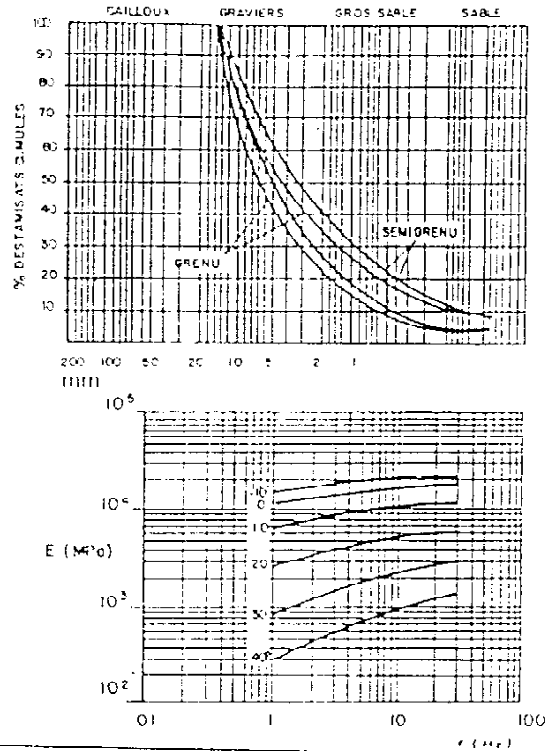
Granularité	0/10
Coupure granulométrique	3 fractions 0/4 - 4/6 - 6,3/10
Nature des granulats	calcaire
Fines	5 à 9 %
Angularité - Indice de concassage	entièrement concassé
Dureté	LA < 30 Deval humide > 3,5
Usage	couche de roulement ou de renforcement

LIANT

Bitume	60/70
Pénétration à 25 °C	46
Température B.A.	59 °C
Indice de pénétrabilité	+ 1,5
Point de Frass	- 15 °C

FORMULATION

Dosage en liant	5 à 8 %
Compacité	92 à 94 % (LCPC)
Formule	grenu et semi grenu



INTERPRÉTATION POUR LE CALCUL

VALEURS DE LABORATOIRE RETENUES

Module ($f = 10$ Hz, $\theta = 15^\circ$)	$E_{98} = 8000$ MPa
Pente de la droite de fatigue	$b = 1/5$
Ecart type sur la loi de fatigue (en log)	$\sigma_N = 0.4$
Allongement admissible à 10 ⁶ cycles à 50 % de risque, $\theta = 15^\circ$	
a) allongement moyen d'un béton bitumineux	$\epsilon_k = 150 \times 10^{-4}$ (1)
b) allongement trouvé sur le matériau lors des essais	$\epsilon_k = 150 \times 10^{-4}$
c) allongement retenu pour le calcul	$\epsilon_k = 150 \times 10^{-4}$

VALEURS DE CALCUL RETENUES

Ecart type sur les épaisseurs (en cm)	$\sigma_H = 1$ (2)
$\delta = \left[\sigma_N^2 + \left(\frac{c}{b} \right)^2 \sigma_H^2 \right]^{1/2}$	$= 0,414$

Liaison

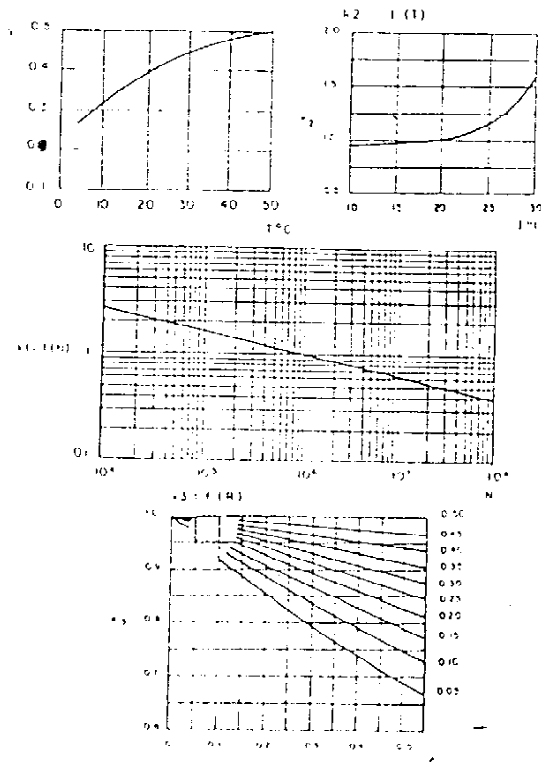
BB - GB	collée
BB - GC	collée (3)
BB - GLC	collée

CHOIX DU COEFFICIENT DE POISSON

$\nu = f(\theta)$

CHOIX DE LA LIMITE ADMISSIBLE

$\epsilon = k_1 k_2 k_3 k_4 \epsilon_k$
$k_1 = f(N)$
$k_2 = f(\theta)$
$k_3 = f(R, \delta)$
$k_4 = 1, 3$



- (1) Déduit de l'essai standard LCPC.
- (2) Déduit des campagnes de vérifications des épaisseurs en place.
- (3) Selon la tendance constatée lors du suivi des chantiers.

ANNEXE B3

LCPC - FICHE MATÉRIAUX - 1984

GRAVE - CIMENT

Formulation conforme à la directive pour la réalisation des assises
de chaussées en graves traitées aux liants hydrauliques
SETRA-LCPC - Juin 1983

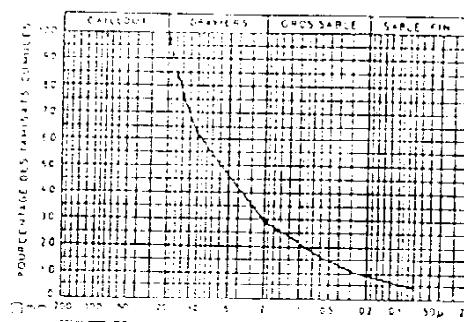
CONSTITUANTS

GRANULATS

Grave	0/20
Coupage granulométrique	3 fractions 0/4 - 4/10 - 10/20
Nature de la grave	
Fines	2 à 6 %
Angularité - Indice de concassage	IC = 100
Dureté	LA < 30 DH > 3
Usage	couche de base
Domaine	15 à 25 cm

FORMULATION

Classe de ciment	CPA 325
Dosage de ciment	3,5 %
Teneur en eau	W _{opm} - 1 = 6 %
Densité sèche	2,16
Compacité	OPM
Essai à	90 jours



PARAMÈTRES POUR LE CALCUL

VALEURS DE LABORATOIRE RETENUES

Module	$E_{gr} = 20\,000\text{ MPa}$
Pente de la droite de fatigue (*)	$b = 1/12$
Écart type sur la loi de fatigue (en log)	1,0
Résistance à la flexion G_0	
a) résistance moyenne d'une grave-ciment	$\sigma_0 = 1,4\text{ MPa}$
b) résistance trouvée pour le matériau lors des essais	$\sigma_0 = 1,69\text{ MPa (1)}$
c) résistance retenue pour le calcul	$\sigma_0 = 1,69\text{ MPa}$

VALEURS DE CALCUL RETENUES

Écart type sur les épaisseurs (en cm)	3 (2)
$\delta = \left[\sigma_u^2 + \left(\frac{c}{b} \right)^2 \sigma_u^2 \right]^{1/2}$	1,232
Coefficient de Poisson	$\nu = 0,25$
Liaison	
GC - BR	collée
GC - GC (3)	1/2 (collée + décollée)

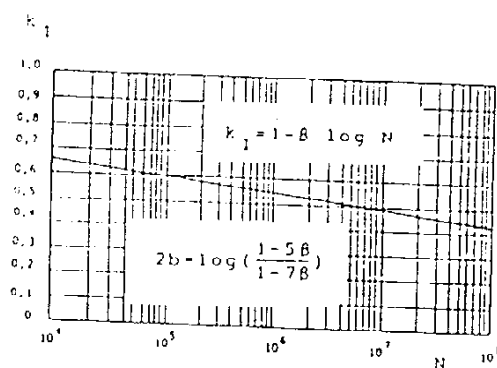
CHOIX DE LA LIMITE ADMISSIBLE

$$\sigma = (k_1 - k_1) \cdot k_2 \cdot \sigma_0$$

$$k_1 = 1 - \beta \log N \text{ avec } \beta = 1/11,2$$

$$k_2 = 1/\delta$$

$$k_3 = 1,5$$



(*) pour $10^4 < N < 10^8$ en représentation logarithmique
(1) déduit de l'essai standard I.C.P.C.
(2) déduit des campagnes de vérification des épaisseurs en place
(3) selon la tendance constatée lors du suivi des chantiers

ANNEXE B4

LCPC - FICHES MATÉRIAUX

SABLE - CIMENT

CONSTITUANTS

SABLE

Fines	10 à 50 %
Indice de plasticité	$10 < IP < 25$
Matières organiques	0,5/ maximum
Silice amorphe ou colloïdale	2 %
Usage	couche de base ou renforcement épaulement et élargissement
Domaine	10 à 25 cm

FORMULATION

Classe de ciment	CPA 325
Dosage de ciment	3 % minimum
Teneur en eau	OPM à OPM + 2
Essai à	90 jours

PARAMÈTRES POUR LE CALCUL

VALEURS DE LABORATOIRE RETENUES

Module	$E_{sc} = 10 \text{ à } 30\,000 \text{ MPa}$
Pente de la droite de fatigue (*)	$b = 1/12$
Écart type sur la loi de fatigue (en log)	$= 0,8$
Résistance à la flexion σ_u	
a) résistance moyenne d'un sable	$\sigma_u = 0,3 \text{ à } 0,6 \text{ MPa}$
b) résistance trouvée pour le matériau lors des essais	$\sigma_u = 0,3 \text{ à } 0,6 \text{ MPa (1)}$
c) résistance retenue pour le calcul	$\sigma_u = 0,3 \text{ à } 0,6 \text{ MPa}$

VALEURS DE CALCUL RETENUES

Écart type sur les épaisseurs (en cm)	$\sigma_u = 2,5 \text{ (2)}$
$\delta = \left[\sigma_u^2 + \left(\frac{c}{b} \right)^2 \sigma_u^2 \right]^{1/2}$	$= 0,894$
Coefficient de Poisson	$\nu = 0,25$
Liaison	collée
SC = BB (3)	1/2 (collée + décollée) collée

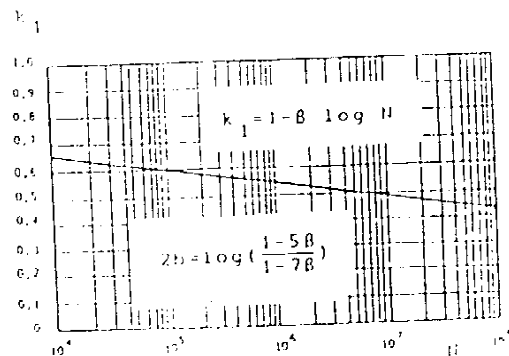
CHOIX DE LA LIMITE ADMISSIBLE

$$\sigma = (k_1 + k_2) \cdot k_3 \cdot \sigma_u$$

$$k_1 = 1 - \beta \log N \text{ avec } \beta = 1/11,2$$

$$k_2 = 1/b$$

$$k_3 = 1,5$$



(*) pour $10^4 < N < 10^8$ en représentation logarithmique
 (1) déduit de l'essai standard I.C.P.C.
 (2) déduit des campagnes de vérifications des épaisseurs en place
 (3) selon la tendance constatée lors du suivi des chantiers

ANNEXE C

Code de programmation pour une boîte de dialogue standard « Ouvrir »

```
Private Sub OK_Click ()
    If Option1.Value Then
        Form24.Hide
        Form2.Show
        MDIForm1.Enabled = True
    End If

    If Option 2.Value Then
        Form21.Show
        Form24.Hide
    End if

    If Option5.Value Then
        Dim B1 As String
        Dim C1 As String
        Form24.Hide
        On Error Resume Next
        sDatabaseName = gsDBName
        MDIForm1.Cmd1.DialogTitle = "Ouvrir"
        MDIForm1.Cmd1.InitDir = "C:\Program Files\Verification »
        MDIForm1.Cmd1.Cancel Error = True
        MDIForm1.Cmd1.DefaultExt = "vcd"
        MDIForm1.Cmd1.Filter = "VcdaformI*.frmITous les fichiersI*.*"
        MDIForm1.Cmd1.FilterIndex = 1
        MDIForm1.Cmd1.FileName = gsDBName « «
        MDIForm1.Cmd1.CancelError = True
        MDIForm1.Cmd1.Flags = FileOpenConstants.cd1OFNFileMust Exist Or
cd1OFNPathMustExist
        MDIForm1.Cmd1.showOpen

    If Len(MDIForm1.Cmd1.FileName) >0 Then
        gsDBName = MDIForm1.Cmd1.FileName
        nf = FreeFile
    Open MDIForm1.Cmd1.FileName For Input As nf
        Input #nf, A1, B1, C1, D1, E1

        Input #nf, A5, B5, C5, D5

        Input #nf, F1, G1, H1, I1,J1, K1, L1

        Input #nf, M1, N1, O1, P1,Q1, R1, S1, T1,U1,V1

        Input #nf, A6, B6

        Input #nf, A2, B2, C2, D2, E2, F2, G2, H2, I2, J2, K2, L2, M2, N2
```

Input # nf, A7, B7, C7

Q3 Input # nf, A3, B3, C3, D3, E3, F3, G3, H3, I3, J3, K3, L3, M3, N3, O3, P3,

Input # nf, A8, B8, C8, D8

Input # nf, D4, E4, F4, G4, H4

Input # nf, A9, B9, C9, D9, E9

Close nf

Form2.Show

MDIForm1.Enabled = True

With Form2

.Text1.Text = A1

.Text2.Text = B1

.Text3.Text = C1

.Text4.Text = D1

.Text5.Text = E1

.Optbi.Value = A5

.Optitri.Value = B5

.Optiquadri.Value = C5

.Optimulti.Value = D5

End With

Else

MDIForm1.Show

MDIForm1.Enabled = True

End If

If Len(gsDBName) = 0 Then

MDIForm1.Enabled = True

End If

End If

End Sub

LISTE DES TABLEAUX

N°Tableau	Titre	Page
I.II.01	Valeurs des modules en fonction des matériaux	11
I.II.02	Valeurs du facteur cumul c	14
I.II.03	Coefficient α	16
I.II.04	Coefficient β	16
I.II.05	Classe de trafic en fonction du MJA	16
I.II.06	Valeur du CAM en fonction du trafic	17
I.II.07	Valeur du CBR en fonction de la portance	17
I.II.08	Taux de risque croissant en fonction trafic	19
I.II.09	Valeur du fractile en fonction du risque	21
II.I.01	Section du menu principal « VCDA »	28
III.I.01	Comparaison des valeurs (effectives et admissibles)	76

LISTE DES FIGURES

Figure :I.II.01 : Modèle tricouche

I.II.02 : Modèle bicouche équivalent

I.II.03 : Modèle quadricouche

I.II.04 : Modèle bicouche équivalente

I.II.05 : Modèle multicouche

I.II.06 : Modèle bicouche

I.II.07 : Charges agissantes

II.I.01 : Boîte de dialogue d'accueil

II.I.02 : Boîte de dialogue ouvrir

II.I.03 : Assistant sommaire

II.I.04 : Menu principal du programme « VCDA »

II.I.05 : Unités utilisées

II.I.06 : Boîte de dialogue enregistrer

II.I.07 : Boîte de dialogue A propos de VCDA

II.II.01 : Localisation et choix du modèle

II.II.02 : Boîte de dialogue modèle bicouche

II.II.03 : Boîte de dialogue modèle tricouche

II.II.04 : Boîte de dialogue modèle quadricouche

II.II.05 : Boîte de dialogue modèle multicouche

II.II.06 : Données principales premier onglet

II.II.07 : Données principales deuxième onglet

II.II.08 : Message n°1

II.II.09 : Message n°2

II.II.10 : Message n°3

II.II.11 : Paramètres de calcul et comparaison tangentielle 1

II.II.12 : Message n°4

II.II.13 : Paramètres de calcul et comparaison tangentielle 2

II.II.14 : Paramètres de calcul et comparaison verticale

II.II.15 : Message n°5

II.II.16 : Trouvées verticales
II.II.17 : Message n°6
II.II.18 : Trouvées tangentielle (contrainte)
II.II.19 : Trouvées tangentielle (d éformation)
II.II.20 : Admissibles tangentielles
II.II.21 : Message n°8
II.II.22 : Message n°9
II.II.23 : Message n°10
II.II.24 : Admissibles verticales
II.II.25 : Message n°11
II.II.26 : Aide sur le programme « VCDA »
II.II.27 : Abaques

BIBLIOGRAPHIE :

[1]- CEBTP – LCPC

Manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux

[2]- CEBTP (*Centre expérimental des recherches et d'étude du BTP*)

Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux

Edition du Ministère de la coopération 1980, Paris

[3]- LCPC (*Département Chaussée*)

Abaques bicouches ALIZE 3, établis pour un jumelage type de 6.5 tonnes 1975

[4]- *Moïse RALAIARISON*

Cours de route TECHNOLOGIE DE CONSTRUCTION, ENTRETIEN ROUTIER, PROJET DE ROUTE 1999 – 2001

[5]- *Andrianirina RANDRIANTSIMBAZAFY*

Cours de route : NOTIONS GENERALES, REHABILITATION ROUTIERE, DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES SOUPLES 1999- 2001

[6]- *Pierre Donat RAKOTOARISON*

Cours de route : DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSES 2001- 2002

[7]- *Informatique*

Grand livre de visual basic version 6.0

Andreas Maselo Micro-application Paris 1999

TABLE DES MATIERES

	Page
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PARTIE I:PRESENTATIONS THEORIQUES.....	2
INTRODUCTION.....	3
Chapitre I. ENUMERATION DE LA METHODE DE VERIFICATION	
D'ALIZE3.....	4
I.1. INTRODUCTION :.....	4
I.2. OBJET DES ABAQUES :.....	4
I.3. CHARGE TYPE :	4
I.4. REPRESENTATION DES STRUCTURES :.....	5
I.4.1. Structure Bicouche :.....	5
I.4.2. Hypothèses des abaques :.....	5
I.4.3. Utilisation des abaques.....	6
Chapitre II. VERIFICATION DES CONTRAINTES ET DES DEFORMATIONS.....	7
II.1. INTRODUCTION:....	7
II.2. DETERMINATION DES CONTRAINTES ET DES DEFORMATIONS... ..	7
II.2.1. Paramètres fondamentaux.....	7
II.2.2. Corps de chaussée:.....	7
II.2.3-Les charges agissantes :	10
II.2.4. Les caractéristiques des matériaux :	10
II.3. METHODE ET MODELE MATHEMATIQUE DE TRANSFORMATION DE	
L' ABAQUE.....	12
II.4. DETERMINATION DES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS	
ADMISSIBLES.....	12
II.4.1 Paramètres fondamentaux:.....	12
II.4.2 Contraintes et déformations admissibles :	19
PARTIE II :PRESENTATION DU PROGRAMME	23
INTRODUCTION	24
Chapitre I. MENU PRINCIPAL	25
I.1 CHARGEMENT DU MENU :	25
I.2 PRESENTATION – FORME ET CONTENU :	25

I.2.1 Présentation de la Boîte de dialogue d'accueil :	.....25
I.2.2 Présentation du menu principal :	.....27
I.2.3.Contenu du menu principal :	.....28
I.3 GESTION DU MENU PRINCIPAL :	... ..29
I.3.1 Menu « Fichier » :	.....29
I.3.2 Menu « Vérifications » :	.....31
I.3.3 Menu « Résultats :	.....31
I.3.4 Menus « Note de calcul » :	.....32
I.3.5. Menu « Aide » :	.....32

Chapitre II. PROGRAMME DE VERIFICATION DES CONTRAINTES ET DES

DEFORMATIONS D'ALIZE 3	.....34
II.1. INTRODUCTION :	.....34
II.2. CASE DE DIALOGUE N°1 : « LOCALISATION ET CHOIX DU MODELE »	.....36
II.2.1 Forme et contenu :	.....36
II.2.2.Descriptions :	.....36
II.3 CASE DE DIALOGUE N°2 : « MODELE BICOUCHE » :	.....37
II.3.1. Forme et contenu :	.....37
II.3.2.Descriptions :	.....37
II.4. CASE DE DIALOGUE N°3 : « SYSTEME TRICOUCHE »	.....38
II.4.1. Forme et contenu :	.....39
II.4.2. Descriptions :	.....39
II.5.CASE DE DIALOGUE N°4 : « MODELE QUADRICOUCHE »	.....40
II.5.1. Forme et contenu :	.....40
II.5.2. Descriptions :	.....40
II.6. CASE DE DIALOGUE N°5 : « SYSTEME MULTICOUCHE » :	.....42
II.6.1. Forme et contenu :	.....42
II.6.2. Descriptions :	.....42
II.7.CASE DE DIALOGUE N°6 : « DONNEES PRINCIPALES »	.....43
II.7.1. Forme et contenu :	.....43
II.7.2. Descriptions :	.....44
II.7.3. Boîte de message d'erreur	.....46
II.8. CASE DE DIALOGUE N°7 : "PARAMETRES DE CALCUL ET COMPARAISONS TANGENTIELLES (Contrainte tangentielle)" :	.....47

II.8.1. Forme et contenu :	47
II.8.2. Descriptions :	47
II.8.3. Messages d'erreur :	49
II.9. CASE DE DIALOGUE N°8 : "PARAMETRES DE CALCUL S ET COMPARAISONS TANGENTIELLES 2 (déformations)"	50
II.9.1. Forme et contenu :	50
II.9.2. Descriptions :	50
II.9.3. Message d'erreur :	52
II.10. CASE DE DIALOGUE N°9 : "PARAMETRES DE CALCUL ET COMPARAISONS VERTICALES" :	52
II.10.1 Forme et contenu	52
II.10.2. Descriptions :	52
II.10.3. Boîte de message d'erreur :	53
II.11. CASE DE DIALOGUE N°10: "CONTRA INTE ET DEFORMA TION VERTICALE DANS UN SYSTEME BICOUCHE".	54
II.11.1. Forme et contenu	54
II.11.2. Descriptions :	54
II.11.3. Boîte de message d'erreur :	55
II.12. CASE DE DIALOGUE N°11: « CONTRA INTE TANGENTIELLE DANS UN SYSTEME BICOUCHE » :	56
II.12.1. Forme et contenu.	56
II.12.2. Descriptions :	56
II.12.3. Boîte de message d'erreur.	57
II.13 CASE DE DIALOGUE N°12 « DEFORMATION TANGENTIELLE DANS UN SYSTEME BICOUCHE ».	57
II.13.1. Forme et contenu.	58
II.13.2. Descriptions :	58
II.13.3. Boîte de message d'erreur :	59
II.14. CASE DE DIALOGUE N°13 : "VALEURS DES CONTRA INTES ET DEFORMATIONS TANGENTIELLES ADMISSIBLES".	60
II.14.1:Forme et contenu:	60
II.14.2. Descriptions:	60
II.14.3 Boîte de message d'erreur:	62
II.15 CASE DE DIALOGUE N°14: "VALEURS DES CONTRA INTES ET DEFORMATIONS ADMISSIBLE VERTICALES"	63
II.15.1 Forme et contenu.	64
II.15.2. Descriptions:	64

II.15.3. Boîte de message d'erreur	65
II.16. CASE DE DIALOGUE "Aide"	65
II.16.1. Forme et contenu:	66
II.16.2. Descriptions:	66
II.17. CASE DE DIALOGUE "Abaques":	67
II.17.1. Forme et contenu:	67
II.17.2. Descriptions:	67
 PARTIE III :EXEMPLE D'APPLICATION DU PROGRAMME	69
INTRODUCTION	70
 CHAPITRE I : CALCULS MANUELS	71
I.1. LES DONNEES PRINCIPALES:	71
I.1.1. Corps de chaussées:	71
I.1.2. Trafic:	71
I.1.3. Durée de vie et taux de croissance :	71
I.2. CALCULS DES EPAISSEURS ET MODULES EQUIVALENTS:	72
I.3. CALCULS DES DEFORMATIONS ET DES CONTRAINTES DU SOL SUPPORT OU DE LA COUCHE GRANULAIRE:	72
I.3.1. contraintes et déformation effectives:	72
I.3.2 contraintes et déformations admissibles:	73
I.4 CALCULS DES DEFORMATIONS POUR LES MATERIAUX BITUMINEUX	74
I.4.1 Déformation effective	74
I.4.2 Déformation admissible et admi:	74
I.5 COMPARAISONS DES VALEURS	76
 CHAPITRE II : UTILISATIN DU LOGICIEL	77
II.1. SAISIE DES DONNEES PRINCIPALES:	77
II.1.1 Première boîte de dialogue:	77
II.1.2 Deuxième boîte de dialogue :	78
II.1.3 Troisième boîte de dialogue :	81
II.2 VERIFICATION DES DEFORMATIONS POUR LES MATERIAUX BITUMINEUX :	79
II.2.1 Calcul de la déformation effective il faut :	79
II.2.2 Calcul de la déformation admissible :	79
II.2.3 Comparaison des valeurs :	79

II.3 VERIFICATION DES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS VERICALES	
POUR LE SOL SUPPORT ;	80
II.3.1 Déformation et contrainte verticale effective:	80
II.3.2. Déformation et contrainte verticale admissible:	80
II.3.3. Comparaison:	80
II.4 NOTE DE CALCUL:	80
CONCLUSION	81
CONCLUSION GENERALE	83

Nom : RABENANDRASANA

Prénoms : Jaonarifetra

Adresse : Lot II E 9 LJ Ambohimirary Ampasapito Tananarive 101

Téléphone : 22 524 11 / 033 14 997 60

TITRE : PROGRAMME DE VERIFICATION DES CONTRAINTES ET DES DEFORMATIONS SELON LA METHODE D'ALIZE3

Nombre de page : 83

Nombre de tableaux : 11

Nombre de figures : 41

RESUME :

Dans les constructions routières les valeurs obtenues pendant le dimensionnement des chaussées devraient être vérifiées, la méthode d'Alizé 3 est une des méthodes de vérifications la plus utilisée.

En plus les calculs de vérification sont souvent très longs et ont besoin toujours des abaques.

Alors pour palier à ces problèmes on a dû faire appelle à l'informatique, en concevant des logiciels de calcul.

Donc l'objet de ce mémoire est de concevoir un logiciel de vérification des contraintes et des déformations selon la méthode d'ALIZE3, en utilisant le langage de programmation « Visual Basic ». L'avantage de ce logiciel est qu'on ne consulte plus les abaques, ils sont tous programmés.

Rubrique : Bâtiments Travaux Publics

Mots clés : Vérification des contraintes et des déformations, Case de dialogue, bicouche, ALIZE3, tricouche, multicouche.

Rapporteur : RAKOTOARISON Pierre Donat