

Ecole Nationale Polytechnique
département de **Genie - Civil**

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme
d'Ingenieur d'Etat
Polytechnicien

Thème

***Dimensionnement des Chaussées
Souples***

Proposé par
Mme Morsli

Dirigé par
Mme Morsli
Mr Silhadi

Etudié par
Mr Rouainia Taoufik
Mr Bahi Djamel

Promotion : **JUILLET 1995**

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère Délégué aux Universités

Ecole Nationale Polytechnique
département de **Genie - Civil**

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Projet de fin d'étude
En vue de l'obtention du diplôme
d'Ingenieur d'Etat
Polytechnicien

Thème

Dimensionnement des Chaussées
Souples

Proposé par
Mme Morsli

Dirigé par
Mme Morsli
Mr Silhadi

Etudié par
Mr Rouainia Taoufik
Mr Bahi Djamel

Promotion : JUILLET 1995.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

كتابكم رسالة العالمين



1971
95

Dedicace

A ma chère mère.

A mon cher père.

*qui ont souffert pour moi, et qui n'ont cessé de m'aider,
m'encourager et dépenser pour moi.*

A ma chère épouse.

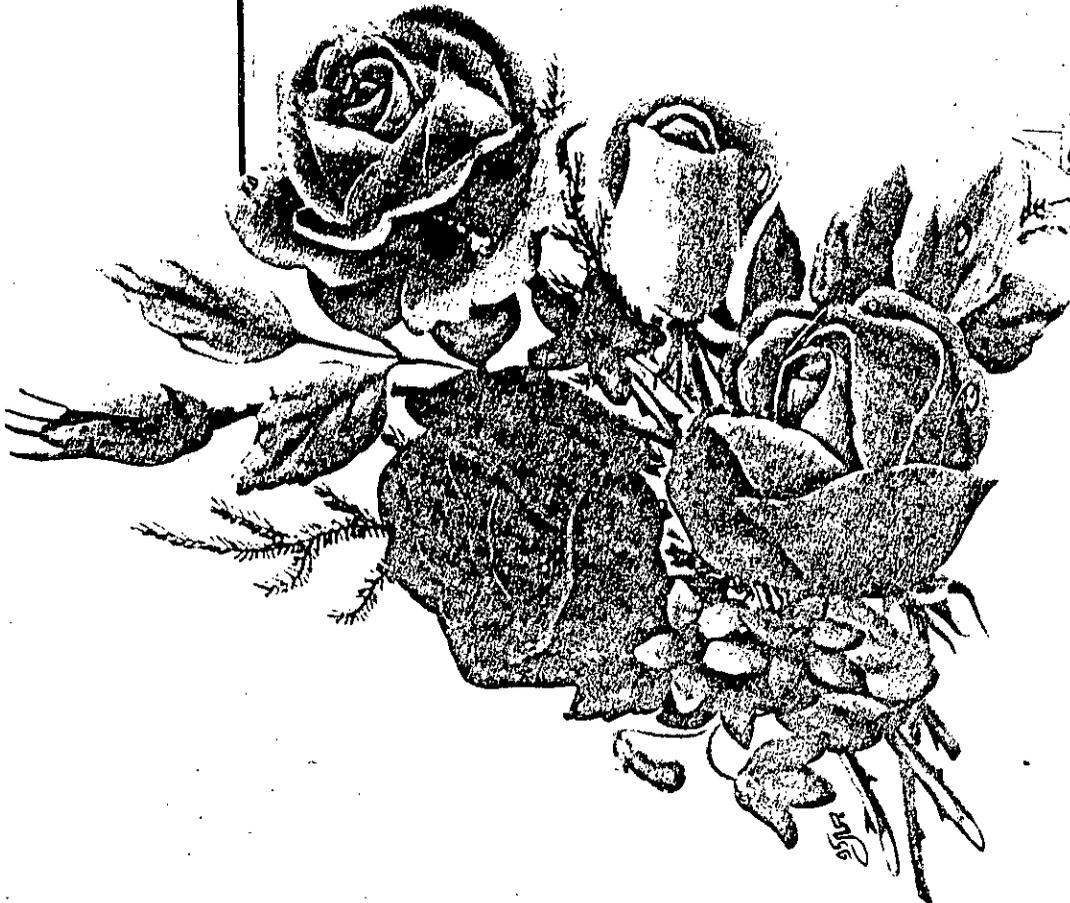
A mes frères, soeurs, mes neveux et nièces.

A tous mes amis.

*Ainsi qu'à tous le personnels du **CTTP.***

Je dédie le fruit de mon modeste travail.

*Toufik
Djamel*



REMERCIEMENTS

A tous ceux qui nous ont aidés de près ou du loin pour la réalisation de ce modeste travail, en particulier à M^{me} MORSLI notre promotrice, pour ses nombreux conseils, qu'elle n'a cessé de donner à chaque fois, ainsi qu'à M^r — SILHADI pour son aide précieuse.

A tous les professeurs qui ont participés dans notre formation d'ingénieurs d'état polytechniciens en génie civil.

Summary

The study of the great number of lines is the object of this work. In order to determine the methods used in Algeria after analyses principals characteristics witch makes affects in this way.

The study is based on :

- differents lines used in our contry.
- Analyses the principales characteristics.
- Expose the different methods of statistics.
- Exploration of real data of C.T.T.P in order to establish an aplicate study.
- Comentary and conclusion.

but du travail

Le but du travail est d'établir un « recueil » aussi large que possible des différentes méthodes de dimensionnement des chaussées en Algérie, en passant par l'analyse des principaux paramètres qui interviennent dans ce domaine.

Notre travail consiste à :

- Recenser les différentes méthodes utilisées en Algérie.
- Passer en voie les paramètres intervenants dans le dimensionnement des chaussées sauptes.
- Présenter les méthodes de calcul.
- Procéder à un dimensionnement des chaussées à partir de données réelles obtenues au C.T.T.P.
- Conclusion et suggestions.

الهدف من هذا العمل هو دراسة « مجموعة » أكبر عدد ممكن من الطرق المختلفة لتحديد أبعاد الطرق المستعملة في الجزائر مروراً بتحليل العوامل الأساسية المؤثرة في هذا المجال. ويرتكز العمل على إعطاء مختلف الطرق المستخدمة في بلادنا تحليل العوامل المؤثرة في حساب أبعاد الطرق. كما عرض بعض الطرق للحساب والتطبيق. عدد من الأطلاقات معطيات حقيقية من C.T.T.P. في شرح وفلاصحة حسابات.

SOMMAIRE

1.Introduction	1
1.1.Généralité	1
1.2.Différents types de chaussées classiques	2
1.3.But du travail	3
2.Facteurs intervenants dans le dimensionnement des chaussées souples	4
2.1.Généralité	4
2.1.1.Le rôle des assises de chaussées dans la structure	4
2.1.2.Les différentes sollicitations intervenants aux assises de chaussées	6
2.2.Le trafic	8
2.2.1.Généralité	8
2.2.2.Les méthodes d'observation de la réalité	8
2.2.3.Eléments a prendre en compte dans les mesures du trafic	13
2.2.4.Prises en compte du trafic dans le dimensionnement des chaussées souples	14
2.2.5.Conclusions	15
2.2.6.L'organigramme de calcul de trafic	18
2.2.7.Programme calculant le trafic	19
2.3.L'état de sol	22
2.3.1Généralité	22
2.3.2.Loix de comportement mécaniques des sols	22
2.4.Le climat	25
2.4.1.La prise en compte des conditions climatiques	25
2.4.2.Comportement des structures bitumineuses notion de températures équivalentes	25
2.5.Le mode de rupture (Les matériaux)	28
2.5.1.Généralité	28
2.5.2.Les facteurs provoquant la rupture	28

3. Différentes méthodes de dimensionnement des chaussées souples

3.1. Dimensionnement des chaussées	33
3.2. Méthode pratiques de dimensionnement des chaussées souples	34
3.3. Méthode origine CBR	36
3.3.1. Introduction (Méthode de Corps of engineers)	36
3.3.2. Abaque du Road Research Laboratory	37
3.3.3. Particularité de la méthode CBR	38
3.3.4. Les conditions d'applications de la méthode CBR	38
3.4. Méthode de Shook Fim. Asphalt Institute	40
3.4.1. Présentation de la méthode	40
3.4.2. L'organigramme de l'application de la méthode	42
3.4.3. Présentation de la méthode sous forme d'un programme	42
3.5. Méthode de Liddle (Bureau of Public Road)	44
3.5.1. Présentation de la méthode	44
3.5.2. L'organigramme de l'application de la méthode	47
3.5.3. Présentation de la méthode sous forme d'un programme	49
3.6. Méthode de catalogues	53
3.6.1. Présentation de la méthode	53
3.6.2. La prise en compte du trafic	54
3.6.3. La prise du support de chaussées	55
3.6.4. L'application de la méthode	56
4. Application	58
4.1. Calcul du trafic	58
4.2. Calcul des épaisseurs par les différentes méthodes de dimensionnements de chaussées souples	63
4.3. Présentation graphique des résultats	66
5. Conclusion Générale	74

Bibliographie

1. Introduction

1.1. Généralité

La route existe depuis les temps les plus reculés de l'histoire, c'est les Chaldiens puis les Romains qui nous lèguent d'important réseaux routiers dont les vestiges subsistent encore (150.000 Km de voies Romaines).

Les réseaux routiers ont été développés et modernisés lorsque le moteur à explosion a été découvert à la fin du 19eme siècle ce qui explique l'apparition des grands réseaux routiers modernes dans les pays les plus développés et l'évolution du phénomène de la construction automobile depuis la fin de la seconde guerre mondiale.

La réalisation de chaussées résistantes de longues durées de vie, la sécurité, le confort et l'économie sont les objectifs essentiels des constructeurs de la route de tout temps.

Jusqu'au 19eme siècle, le choix du tracé a été développé grâce à la recherche du plus court chemin de la limitation des rompes à une valeur admissible pour la traction animale. Mais l'invention et le rapide perfectionnement du véhicules lourds et la progression régulière est très rapide de la circulation, ont mis en cause cette première inspiration pour introduire dans la technique routière les questions suivantes:

- Les précautions relatives à la vitesse.
- La remise en question de la résistance mécanique de la chaussée.
- La nécessité d'assurer l'écoulement des flots denses et continus des véhicules.

Depuis, la construction routière est devenue une technique industrielle possible du contrôle statistique des fabrications. Cette expansion explosive des problèmes de circulation et d'investissements routiers s'est traduite par une évolution rapide de la technique routière, dont on peut distinguer traditionnellement:

- La conception géométrique des routes et son adaptation aux besoins de la circulation.
- La structure et la construction des chaussées.

1.2. Différents types de chaussées classiques

On distingue deux catégories de chaussées :

- Chaussées souples
- Chaussées rigides

1.2.1. Chaussées souples

Elles sont constituées par un empilage de matériaux pierreux recouvert de revêtement plus au moins épais à base de bitume ou de goudrons, et certaines sont améliorées au ciment. En absence de cohésion des couches, qui la composent sont très flexibles.

Elles se déforment au passage des charges roulantes et la surface de la chaussée, on joue sur l'épaisseur de la chaussée, ces constatations sont à la base de toutes les méthodes de calcul de chaussées souples qui relient l'épaisseur requise à la pression maximale admissible sur le sol pour une charge donnée.

Pour déverser ces pressions et réduire la valeur maximal sur l'axe de charge il faut augmenter l'épaisseur de la chaussée.

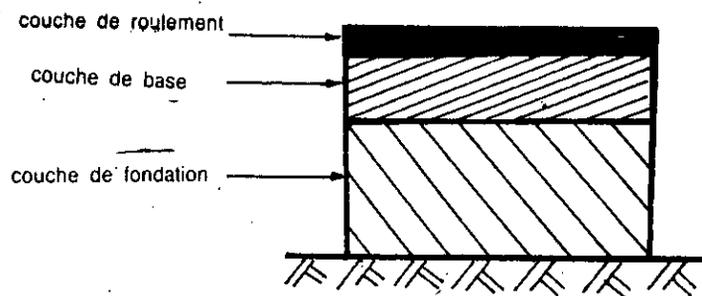


Figure (1)

1.3.2. Chaussées rigides

Elles sont constituées par des dalles en béton de ciment, on trouvera des chaussées en béton recouvertes de revêtement hydrocarboné, la pression qui règne sous ces dalles au passage des charges ne dépend pas de l'épaisseur de la dalle, et la déformation de la dalle est une faible dépression très étalée.

Toutes les méthodes de calcul de chaussées rigides combinent l'épaisseur et la résistance du béton des dalles, pour une charge donnée et un sol connu.

Mais il apparaît de plus en plus un type de chaussées hybride, qu'on appelle mixte, dans lequel une couche supérieure est donnée de cohésion et de rigidité, et la couche de base est le plus souvent constituée par des graves stabilisés au bitume ou au ciment ou avec des bétons très peu dosés.

Ces couches sont plus flexibles que les bétons classiques, mais aussi moins résistants, par contre elles reposent sur des fondations épaisses .

Ces chaussées doivent satisfaire à la fois aux règles de conception de chaussées souples et rigides . Les chaussées mixte restent délicates à calculer, car elles se prêtent mal aux méthodes de calcul traditionnelles .

1.3 But du travail

Le but du travail est d'établir un « recueil » aussi large que possible des différentes méthodes de dimensionnement des chaussées utilisées en Algérie, en passant par l'analyse des principaux paramètres qui interviennent dans ce domaine .

Notre travail consiste a :

- Recenser les différentes méthodes utilisées en Algérie
- Passer en voie les paramètres intervenants dans le dimensionnement des chaussées souples
- Présenter les méthodes de calcul
- Procéder à un dimensionnement de chaussées souples à partir de données réelles obtenues au CTPP
- conclusion et suggestions

2. Les facteurs intervenants dans le dimensionnement des chaussées

2.1 Généralité

2.1.1 Le rôle des assises de chaussées dans la structure

Le rôle général des assises de chaussées est de répartir les contraintes créées par les charges roulantes et de les amener à un niveau compatible avec les caractéristiques du terrain naturel sur le quel est établie la chaussée .

Il est en outre nécessaire que les assises :

Lors de la construction de la chaussée:

- Fournissent un support bien nivelé pour la couche de surface
- Fournissent également un support de portance suffisante pour le compactage de la couche de surface
- Puissent servir provisoirement de couche de roulement

Lorsque la chaussée est construite :

- Assurent un rôle thermique, car les assises doivent protéger le sol-support de la pénétration du gel

La terminologie usuelle employée dans le domaine des assises, est rappelée sur la figure (2) qui schématise une coupe en travers de chaussées

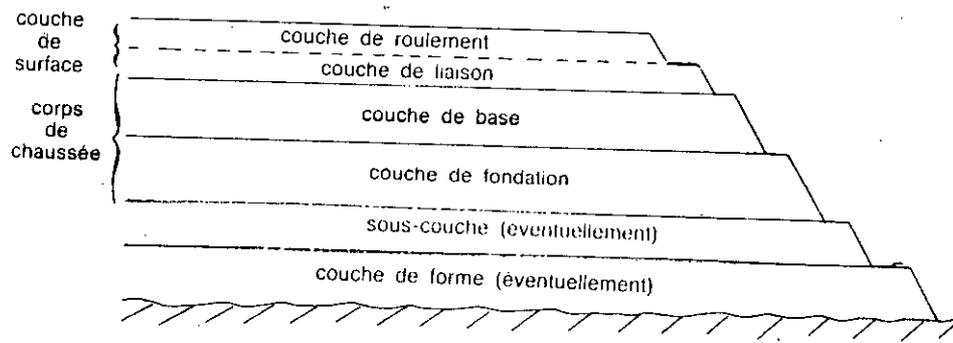


Figure 1: Coupe-type d'une chaussée.

- A noter que sur cette coupe figurent :-
- la **couche de forme**, employée lorsque le terrain naturel présente des caractéristiques particulièrement médiocres et hétérogènes;
 - la **sous-couche**, dont l'emploi a quelque peu décliné mais qui peut être :
 - **anti-contaminante** : écran contre la remontée d'éléments argileux ou limoneux dans la chaussée,
 - **anti-capillaire** : écran contre les remontées d'eau dans le corps de chaussée, sous l'action des forces capillaires,
 - **anti-gel** : réalisée en matériaux insensibles au gel, pour accroître l'épaisseur totale de la chaussée jusqu'à une profondeur voisine de la pénétration maximale du gel.

figure (2)

a- Rôle de la couche de roulement

Elle sert a :

- Assurer la sécurité : La couche de roulement doit posséder de bonnes propriétés antidérapantes, c'est à dire une bonne rugosité . Cette rugosité doit être d'autant meilleur que la vitesse est élevée .
- Assurer le confort : On a deux facteurs principaux conditionnent le confort, la suspension des véhicules d'une part, l'uni de la chaussée d'autre part, le mauvais uni pouvant d'ailleurs entraîner une perte d'adhérence ou rendre la chaussée trop bryante .
- La protection des assises de chaussées : La couche de roulement subit directement les agressions du trafic et celles liées aux conditions climatiques; elle doit également faire obstacle à la pénétration d'eau dans les assises de chaussées qui peut entraîner la destruction de la liaison entre couches de l'interface base / roulement .

b. Rôle de la couche de base

La couche de base plus proche de la surface de la chaussée, subit des contraintes et des déformations notables; il est donc nécessaire qu'elle présente des caractéristiques mécaniques assez élevées figure (3) .

c. Rôle de couche de fondation

Elle sert à résister aux efforts transmis par la couche de base, elle subit des contraintes et des déformations aux quelles elle est soumise conduisent à un niveau de qualité mécanique moindre que de la couche de base figure (3).

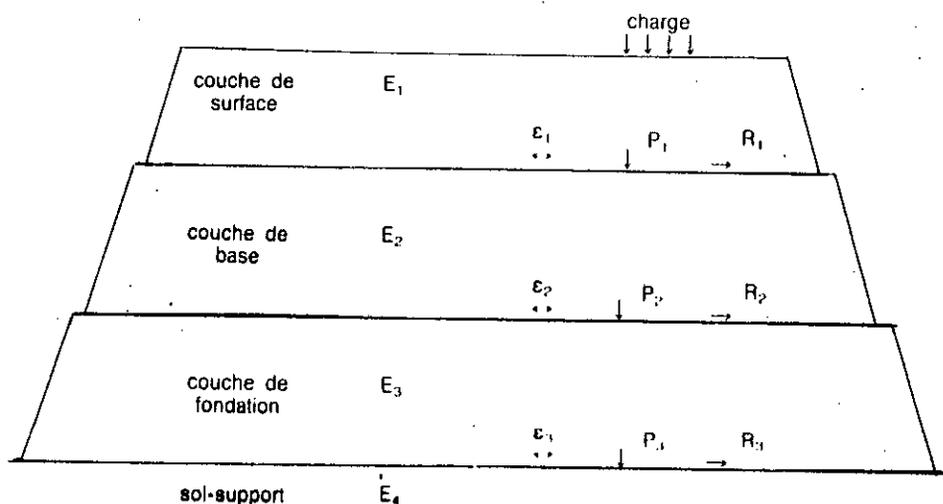


Figure 2 : Schéma des contraintes et déformations dans une chaussée

La charge en surface se définit par la pression et l'aire de la surface de contact. A chaque niveau, E_1 , E_2 , E_3 et E_4 étant les modules de rigidité de chaque couche et du sol-support, on a :

- P_1 - P_2 - P_3 : contraintes verticales ;
- R_1 - R_2 - R_3 : contraintes radiales (en traction ou compression) ;
- ϵ_1 - ϵ_2 - ϵ_3 : déformations relatives.

figure (3)

2.1.2 Les différentes sollicitations intervenants aux assises de chaussées

La chaussée subit des agressions répétées qui proviennent de différentes sources :

- Les efforts du temps et du climat
- Les efforts du trafic

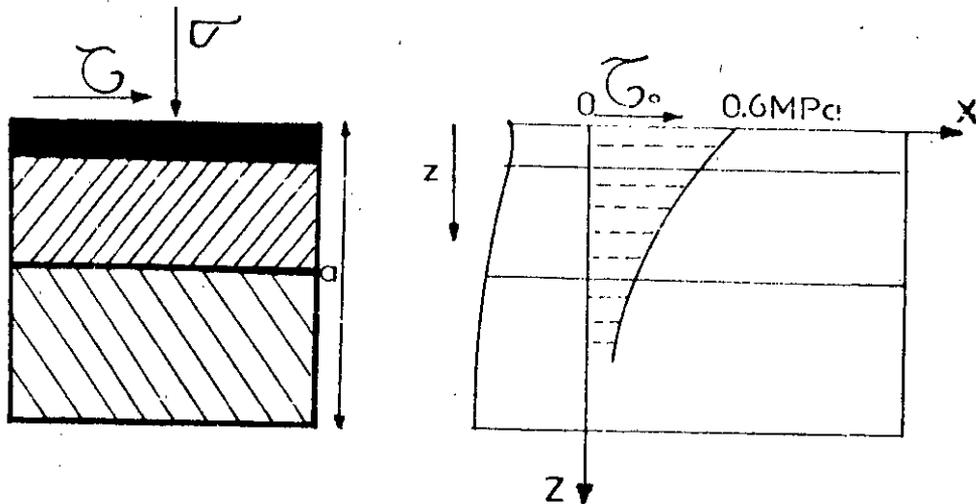
a. Les efforts du temps et du climat

- Le temps : Le bitume vieillit au contact du soleil de l'air et de l'eau
- Le climats : Les liaisons bitumes-granulats sont très sensibles à l'eau et aux sels de déverglaçage, quoique les phénomènes soient encore mal connus dans ce domaine.

b. les efforts du trafic

Les efforts exercés par un véhicule sur une chaussée sont :

- 1°- Le premier effort à considérer est un effort vertical égal au poids exercé sur la roue cet effort n'est pas uniformément réparti sur l'aire d'empreinte du pneumatique à cause de sa rigidité propre et parce qu'il comporte des sculptures .
Ce type de sollicitation engendre une flexion généralisée de toute la structure dont une partie se trouve en traction et l'autre partie en compression .
- 2°- Le deuxième effort à considérer est un effort horizontal, lié aux frottements entre le pneumatique et le revêtement, cet effort existe même en mouvement uniforme .
- 3°- Le troisième effort dû aux agressions perpétrées par le caillou qui agissent comme de véritables marteaux contribue à fragmenter les granulats et à user la couche de roulement .



$$\tau = \tau_0 \left(\frac{-z}{a} + 1 \right)$$

figure (4)

Dans notre travail on s'intéressera au dimensionnement du corps de chaussée qui est principalement sollicité par le premier effort cité à savoir effort vertical .

2.2. Le trafic

2.2.1. Généralité.

Le trafic est notamment le trafic poids lourds, est l'un des paramètres prépondérants du dimensionnement de chaussées, il est donc nécessaire de l'analyser en terme d'agressivité vis à vis des chaussées sur lesquelles ils circulent.

On développe ici les résultats obtenus sous forme de débits à partir des charges passantes sur le réseau étudié.

2.2.2. Les Méthodes d'observation de la réalité.

La connaissance des données du trafic et du comportement des usagers requiert l'appel à des méthodes plus au moins sophistiquées.

- a. Le comptages :**
 - Comptages manuels
 - comptages automatiques
 - Comptages directionnels
 - Comptage directionnels par numéros minéralogique ou films cinématographiques
- b. Les enquêtes simplifiées:**
 - Enquêtes par relevé de numéros minéralogiques
 - Enquêtes par cartes
 - Enquêtes par papillons
- c. Les enquêtes complètes :**
 - Enquête par interview le long de la route
 - Enquête par interview à domicile ou enquête ménage
- d. Les enquêtes de stationnement**
- e. Les mesures de vitesses :**
 - Mesure de vitesse instantanée
 - Mesure de vitesse moyenne
- f. Les pesées d'essieux**

2.2.2.1. Les Comptage

a. Comptage manuels

Consiste à faire compter, par un observateur le nombre de véhicules passant devant lui. L'observateur dispose de chronomètre et de compteur à déclic qu'il manoeuvre à chaque passage.

Souvent ce type de comptage sert à déterminer la composition de la circulation, qui réglementairement est classée comme suit :

Catégorie :

- a. Bicyclettes sans moteurs auxiliaires
- b. Bicyclettes avec moteurs auxiliaires
- c. Motocyclés avec ou sans side car
- d. Véhicules pour transport des personnes comportants au maximum neuf places, avec remorques.

- e. Véhicules pour le transport des personnes comportant au maximum neuf places, avec remorques ou roulottes
- f. Camionnettes (C.U 1,5 T) avec ou sans remorques
- g. Camions légers et moyens avec ou sans remorques
- h. Camions lourds avec ou sans remorques
- i. Transport exceptionnel, Camions avec deux remorques ou plus, Tracteur avec une semi remorques et une ou plusieurs remorques, engins spéciaux.
- j. Tracteurs agricoles avec ou sans remorques
- k. Véhicules de transport en commun avec ou Sans remorques

Cette classification est utilisée dans la pratique pour trois objets différents :

- des besoins statistiques généraux
- La détermination du trafic en véhicules fictifs (U V P), utile pour ramener les observations à une unité commune

On part pour cela de la composition de la circulation, en affectant à chaque catégorie un coefficient qui tient compte de l'encombrement de véhicules de ce types. En pratique, le coefficient est égal à un pour les voiture de tourisme et les véhicules de la catégorie "e" ; il est inférieur à un pour les véhicules de catégories "a", "b" et "c" (de 0.2 à 0.5) et il est supérieur à un pour les véhicules de catégories "f", "g", "h", "i", "j" et "k".

b. Les comptage automatiques

Sont effectués à l'aide de deux sortes d'appareils

- les compteurs totalisateurs
- les compteurs enregistreurs

Avec les totalisateurs il faut procéder à de relever systématiques pour connaître le nombre de véhicules passés pendant l'unité de temps choisie. Les compteurs enregistreurs sont les plus perfectionnées et enregistrent les résultats sur des supports variés, comme le papier, ou le ruban perforé ou la cassette magnétique à défilement continu, le déclenchement se fait au moyen d'une horloge toutes les heures.

Les compteurs automatiques sont actionnés par des dispositifs de captages ou détection de type très divers . Le compteur pneumatique est le plus primitif et le plus connu, il est constitué d'un tube détecteur en caoutchouc placé sur la chaussée, obturé à une extrémité et relié à l'autre extrémité à une capsule manométrique .

Lorsque un essieu passe sur le tube, le volume offert à l'aire du tube diminue brutalement et la capsule manométrique enregistre une brusque augmentation de pression, ce signal est transformé en impulsion que l'appareil compte .

Le système est donc un compteur d'essieux qu'un compteur de véhicules, un réglage permet de fixer au choix la sensibilité de la capsule manométrique .

Le compteur mécanique fonctionne par fermeture d'un contact électrique due à la pression exercée par la roue sur une pédale ou sur des fils par éloignes et le compteur magnétique composée d'une boucle noyée dans la chaussée . Le passage d'une masse métallique modifie l'inductance de la boucle, désordre, le circuit dont la boucle au repos constitue la self d'ou une impulsion qui peut-être enregistrer .

D'autre modèles de capteurs sont réalisés sur le principe des cellules photoélectriques ou de l'effet Doppler-Fiseau, ou encore de variation d'une capacité . La sensibilité des capteur est réglable . On parvient normalement à compter les deux roues .

Pour tous ces types de comptages automatiques, il est indispensable d'effectuer un comptage manuel parallèle pour étalonner l'appareil et passer du nombre d'essieux enregistrés au nombre de véhicules passées .

c. Comptages directionnels

On a parfois besoin, notamment pour étudier un carrefour, de connaître les différents courants qui le traversé. On effectue alors un comptage directionnel en plaçant un nombre d'observations suffisant, chacun des observations se voit affecter le comptage d'un plusieurs mouvements suivant leur importance présumée

La figure (5) montre la spécialisation des observateurs et la figure (6) la présentation du résultats.

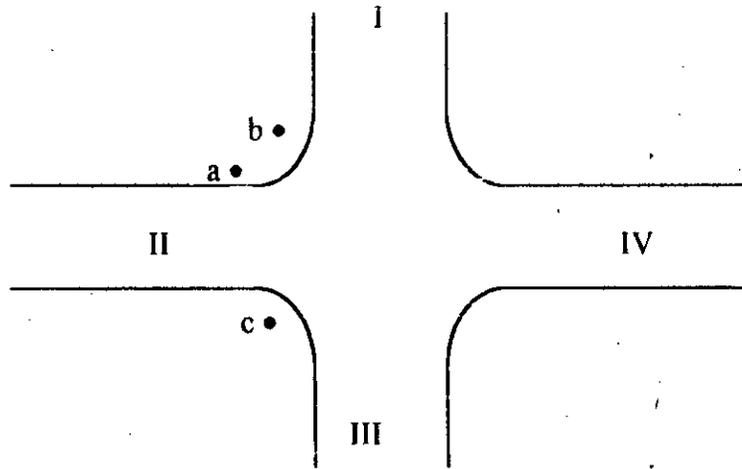
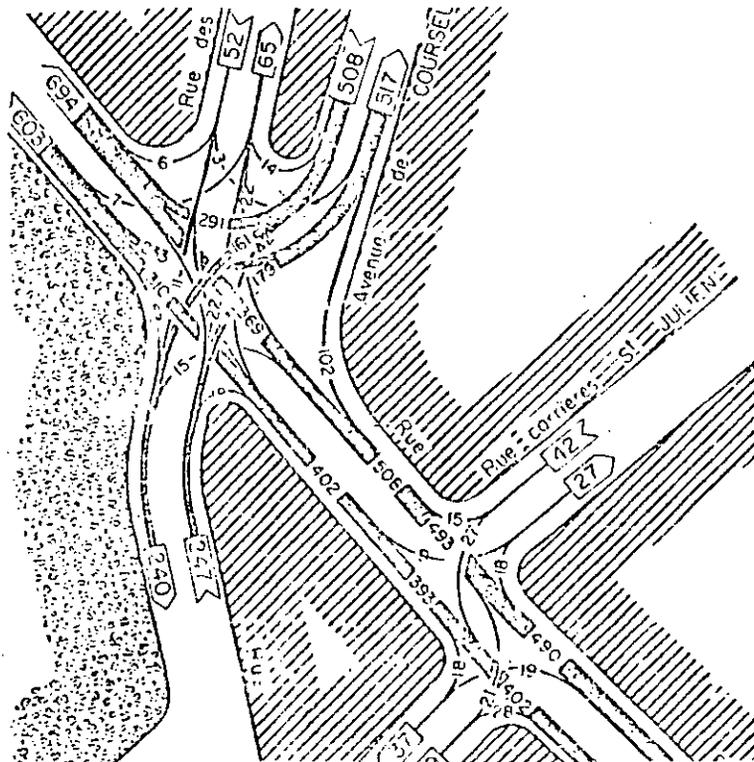


figure (5) Organisation d'un comptage directionnel

L'observateur (a) compte les véhicules allant de l'entrée I à la sortie II et à la sortie IV.
L'observateur (b) compte les véhicules allant de l'entrée I à la sortie III.
L'observateur (c) compte les véhicules allant de l'entrée II à la sortie III.



*figure (6) : Exemple de résultats de comptage directionnel
(volumes exprimé en U.V.P par heure)*

d. Comptage directionnel par numéro de voiture ou par cinéma

Enregistrement des numéros de voitures : Lorsqu'un carrefour est très vaste pour que des observateurs puissent suivre le parcours des véhicules depuis leurs entrées jusqu'à leurs sorties, on dispose des observateurs munis de magnétophones (l'observateur par entrée dans la zone plus observateur par sortie de la zone). Chacun de ces observateur dicte sur le magnétophone les numéros d'immatriculation des véhicules qui passe devant lui en dépouille ensuite, au besoin par ordinateur pour établir les courants de circulations après ces dépouillements, les résultats sont présentés graphiquement de la même manière que dans le cas précédent figure (6).

e. Observation particulière sur les comptages

Il est à noter que, si les différents dispositifs de comptage que l'on vient de voir se mettent en place de façon ponctuelle afin de résoudre un problème donné. Il existe des comptages permanents sur une grandes parties des itinéraires du territoire, et qu'il peut être important de consulter en première approche.

Parmi ces comptages, on peut citer le comptage des comptages permanents sur route nationale, dépouillé chaque mois sur ordinateur, et appelés aussi "recensement tournant de la circulation".

On peut citer aussi les portes de péages d'autoroute qui en plus de leur fonction de perception des péages constituent d'excellent dispositifs de comptage.

2.2.2.2. Les enquêtes simplifiées

Lorsque la zone à étudier s'agrandit et les courants deviennent très nombreux, l'observation simple de véhicules devient insuffisante . Il faut les identifier, de façon plus ou moins précise, pour pouvoir les suivre . On enquête très souvent sur tous les accès d'une zone (enquête cordon) . Divers procédés sont utilisés.

a. Relevé des numéros minéralogiques

On relève les numéros des plaques minéralogiques et les heures de passages, à chaque station d'enquête . On peut aussi reconstituer l'ensembles des mouvements pendant une période donnée. Cette méthode s'adapte assez bien au problème des agglomérations ou il est difficile d'arrêter les véhicules .

b. Enquêtes par papillons

Les véhicules sont arrêtés une seule fois à l'entrée dans la zone . Un papillon est apposé sur le pare-brise, dans le sens de la sortie, on compte les papillons de divers origines, sans pratiquement arrêter les véhicules .

c. Enquêtes par cartes

On distribue aux usagers entrants, des cartes distinctes pour chaque entrée. Les cartes sont récupérées à la sortie, on peut ainsi contre l'heure d'entrée et l'heure de sortie, et divers autres renseignements . Cette méthode présente l'inconvénient d'arrêter deux fois les véhicules .

2.2.2.3. Les enquêtes complètes

Elles consistent à interroger les usagers en leur posant un certain nombre de questions qui permettent, après dépouillement, d'obtenir des renseignements très complets.

a. Enquêtes par interview le long de la route

Aux postes d'enquêtes, on arrête tout au partie des véhicules et on interroge les conducteurs sur leur point de départ, leur destination, le motif de leur déplacement ou tout autre élément intéressant.

Le dispositif est long et onéreux, mais donne de résultats très intéressants, il permet notamment de tracer des lignes de désir c'est à dire des lignes joignant l'origine à la destination.

b. Enquêtes par interview à domicile

Ces enquêtes dites "enquêtes ménages" permettent de connaître non seulement les trajets en voiture, mais surtout l'ensemble des déplacements des personnes enquêtées, avec leur origine, leur destination et leurs motifs.

En pratique, on part d'un fichier des résidents de la zone et en tire au sort un pourcentage de ménage, on va interroger le ménage en lui demandant quel sont les déplacements de toute nature effectués la veille par tous les membres du ménage. Bien entendu, on note aussi toute une série de renseignements concernant la composition du ménage, sa catégorie socioprofessionnelle, etc.

Ce type d'enquête par interview est effectuée par sondages ou l'extrapolation de leurs résultats pose donc des problèmes d'interprétation statistiques délicats.

2.2.2.4. Les enquêtes de stationnement

Il est un type d'enquête particulier en site urbain, celui du stationnement. En effet, le stationnement est un consommateur important d'espace et y apporter des solutions efficaces.

L'enquête de stationnement est manuelle, chaque enquêteur dispose d'un plan de stationnement d'une zone déterminée, avec places de parking numérotées. Il doit effectuer, à période fixe (1/2 heure), le pointage du véhicule stationné, en repérant généralement le numéro d'immatriculation, cet enregistrement permet de déterminer le taux d'occupation des places et le délai de rotation.

2.2.2.5. Les mesures de vitesse

On distingue les mesures de vitesse instantanée et celle du moyenne.

a. Pour les mesures de vitesse instantanée

A côté de l'observation directe du temps de parcours d'une distance donnée ou de l'étude à partir d'un film, les cinémomètres les plus couramment utilisés reposent sur deux méthodes:

- La mesure automatique du temps de parcours entre deux points fixés
- L'Utilisation de l'effet Doppler - Fizeau, au moyen de radar.

b. Pour les mesures de vitesse moyenne

On distingue deux cas :

- La vitesse moyenne on un point : On appelle vitesse des véhicules au point d'abscisse X entre les instants T0 et T1, la moyenne des vitesses des véhicules qui passent en ce point pendant l'intervalle de temps [T0,T1], elle sera noté V(X,T)

- La vitesse moyenne sur section ; à un instant donné : On appelle vitesse moyenne des véhicules à l'instant T sur un tronçon de route la moyenne des vitesses des véhicules qui à l'instant T se trouvent sur le tronçon [X0,X1].

La valeur moyenne de cette vitesse moyenne, pendant un intervalle de temps assez long donne la vitesse moyenne sur le tronçon, seule grandeur pratique utile et utilisable.

Pour connaître cette valeur on peut :

- Soit multiplier les mesures des vitesses des véhicules sur le tronçon en s'aidant au besoin d'appareils de prises de vues.
- Soit utiliser la méthode du véhicule flottant sur la section considérée, ce véhicule doit rouler de façon à être dépassé autant de fois qu'il Dépasse. En ville, lorsque la circulation est dense il suffit de rester dans le flot des véhicules, sans manoeuvre particulière pour aller plus vite ou plus lentement.

La méthode du véhicule flottant est approximative mais donne une bonne appréciation.

2.2.2.6. Pesées d'essieux

Destinées au contrôle du respect des normes réglementaires, les pesées d'essieux sont essentielles pour le bon dimensionnement et la protection des chaussées vis à vis du trafic Lourds. On les effectue, soit en arrêtant les véhicules que l'on pèse essieu par essieu en les faisant monter sur les balances portables, soit en insérant dans la chaussée une bascule dynamique qui pèse les véhicules sans les Arrêts premier procédé permet d'effectuer des mesures presque en n'importe quel point du réseau, le deuxième est installé à poste fixe

2.2.3. Eléments à prendre en compte dans les mesures du trafic (les fluctuations)

Qu'il s'agisse de comptages ou d'enquêtes, il est des éléments à prendre en compte pour la mise en place de ces dispositifs, qu'il s'agisse aussi bien de mesurer leur ampleur que d'éviter de mauvaises interprétations des résultats obtenus, ces éléments sont les fluctuations.

On trouve :

a. Les fluctuations hebdomadaires

Elle ne sont pas rentables suivant le caractère de la voie considérée, alors que les voix urbaines, les jours fériés (Vendredi) présentent un creux sur certaines routes de réseau ou la circulation est plus élevée ce jour là.

b. Les fluctuations journalières

Chacun sait que le trafic n'est pas constant tout au cours de la journée. Bien entendu, il est intéressant de considérer Une Heure de pointe journalière qui impose les contraintes les plus sévères.

c. Les fluctuations saisonnières

S'il est presque général que la circulation durant les mois d'été est plus élevée qu'en hiver (encore qu'en moi d'Août à Alger et dans les grandes villes, on constate un creux), des pointes maximales ne se présentent pas partout durant les mêmes périodes.

Faisant abstraction de ces fluctuations, il est habituelle d'utiliser la notion moyenne journalière annuelle (M.J.A.) et de considérer qu'en général, la moyenne du moi d'octobre est très proche de cette moyenne annuelle.

2.2.4. Prise en compte du trafic dans le dimensionnement

Rappelons que le dimensionnement des chaussées est un dimensionnement à la fatigue, les matériaux de chaussée étant choisis par ailleurs pour répondre à d'autre exigence telle que la résistance au fluage est les propriétés antidérapantes.

Caractérisé le trafic en vue du dimensionnement d'une chaussée c'est en fait déterminé le nombre Neq, trafic cumulé équivalent au trafic devant réellement circuler sur cette chaussée pendant sa durée de vie, telle qu'elle a été conventionnellement Définie. On en déduit ensuite les contraintes et les déformations à ne pas dépasser dans les différents matériaux de la chaussée.

Ce nombre Neq est en fonction:

- du trafic à la mise en service, exprimé en nombre de poids lourds ou en nombres d'essieux.
- De l'agressivité de ce trafic, exprimé en nombre d'essieux standards.
- De la durée considéré est du taux de croissance.

Selon les méthodes, c'est le nombre de cycles Neq ou le trafic à la mise en service qui constitue le paramètre d'entrée dans les méthodes pratique de dimensionnement.

La détermination de Neq nécessite de faire les hypothèses et des choix de l'agressivité du trafic, la durée du service de la chaussée et le taux de croissance. Selon les cas, ces hypothèses et ces choix seront implicites (cas du catalogue du structures-types de chaussées neuves) ou laisser au choix du maître d'ouvrage (cas du manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic).

Le choix et la détermination de ces paramètres caractéristique du trafic appellent quelques commentaires.

a. Trafic à la mise en service

C'est le paramètre qui fait objet de mesure ou de prévision dans les études préalables et c'est donc lui, le plus souvent, qui sera utilisé comme entrée dans les méthodes de dimensionnement des chaussées.

Il savent exprimer en nombre de poids lourds (de charge utile supérieure à 50 KN) mais en peut désormais envisager de l'exprimer en nombre d'essieux équivalents à l'essieu type (130 KN) dans la mesure où les appareils automatiques permettant de déterminer les histogrammes des charges à l'essieu se développent; cela permettra de répondre en compte l'agressivité réelle du trafic.

b. Durée de service et taux de croissance du trafic

Le calcul du trafic cumulé N_{ep} , à partir du trafic à la mise en service et de l'agressivité du trafic, nécessite de se fixer deux paramètre définissant la longévité de la chaussée.

- la durée de service

- Le taux de croissance du trafic

Remarque : leur choix appelle quelques commentaires

. Durée de service

Sans vouloir entrer dans les développements qui sont à la base de ce choix on peut dire que le choix d'une durée de service traduit est une stratégie de dimension , en tenant compte notamment des dépenses que le maître d'ouvrage veut . On peut consacré à la construction d'une part et à l'entretien d'autre part.

La durée du service est en fait la période pendant laquelle on n'aura pas en principe à effectuer d'entretien structurel, les opérations nécessaires étant celles liées aux caractéristiques superficielles (adhérence, uni) il convient d'ajouter que le comportement effectif d'une structure de chaussée est en fonction de la qualité de travaux(épaisseurs, capacités,...), du trafic réellement supporté et constitue de toute façon un phénomène assez dispersé.

Il en résulte que le choix de la durée du service doit se doublé d'hypothèses sur l'état finale de la chaussée à la fin de cette durée, à partir de considération sur le phénomène dispersé que constitue la rupture d'une chaussée.

Le choix du couple durée de service et l'état final traduit en fait le choix d'un coefficient de sécurité ou d'un niveau de risque, que l'on module en fonction du niveau du trafic.

. Taux de croissance du trafic

Le taux de croissance à apprendre en compte doit représenter non seulement l'augmentation probable du trafic poids lourds mais également celle de son agressivité. C'est pour cette raison que la catalogue de structure et le guide de dimensionnement des renforcements ont été établis pour un taux géométrique de 7% car réalisés en 1975 et 1976, ils tenaient compte de résultats antérieurs montrant une progression de agressivité.

Il semble bien qu'aujourd'hui, l'agressivité ne semblant plus progresser, il faudrait plutôt tabler sur un taux de croissance de 4% , mais il est bien difficile d'avancer des prévisions en la matière.

2.2.5. Conclusion

Dans cette conclusion sur le trafic on va traiter la répartition et le calcul du trafic (T.J.M.A) pour l'utiliser au dimensionnement :

La répartition du trafic par voie de dimensionnement de chaussée est celui circulant sur la voie la plus chargée .

A défaut d'information précises à ses sujets on considère les hypothèses suivantes pour répartir se trafic par voie de circulation .

1er cas : Routes bidimensionnelles

* A deux voies de circulation, le trafic est considéré équilibré sur les deux voies

$$T = TJMA / 2$$

* A trois voies de circulation le trafic est pris égale à 50% du TJMA

* A 2x2 voies le comptage se fait sur chaque sens, le trafic est pris égale à 100% de TJMA sur chaque voies de même sens

2ème cas : Routes unidirectionnelles

* Le trafic est pris égal à 100% du TJMA par voie de circulation pour les routes à une voie et 50% du TJMA pour les routes à routes à 2 voies

Dans le cas ou il y a 3 voies, on répartie le trafic en considérant 80% du TJMA voie de circulation .

b. Calcul du trafic.

Trafic PI à la année de mise en service :

$$T_{ms} = (1 + i) n TPL$$

i : Taux d'accroissement annuel
n : Nombre d'année s'écoulant entre l'année de mise en service et l'année de comptage
TPL : Trafic lourds par voie de circulation considérée

Remarque : Dans les études de renforcement est considéré en générale un taux annuel de 5%

Trafic cumulé pour durée de vie estimée

$$T_c = 365 T_{ms} \frac{(1+i)N - 1}{i}$$

N : durée de vie

Remarque : En général en considère des durées de vie de 10 , 15 ou 20 ans .

Classes du trafic de calcul

Les classes de trafic considérées pour le dimensionnement des structures sont celles définies par le trafic cumulé pour la durée de vie escompté Vingt Ans et PI est supérieur à cinq tonnes

Classe de trafic	Trafic cumulé a la fin de la durée de service escomptée en nombre PI est supérieur à 5 tonnes
T0	$T0 < 3,5 \cdot 10^5$
T1	$3,5 \cdot 10^5 < T1 < 7,3 \cdot 10^5$
T2	$7,3 \cdot 10^5 < T2 < 2 \cdot 10^6$
T3	$2 \cdot 10^6 < T3 < 7,3 \cdot 10^6$
T4	$7,3 \cdot 10^6 < T4 < 4 \cdot 10^7$
T5	$T5 > 4 \cdot 10^7$

Tableau (1)

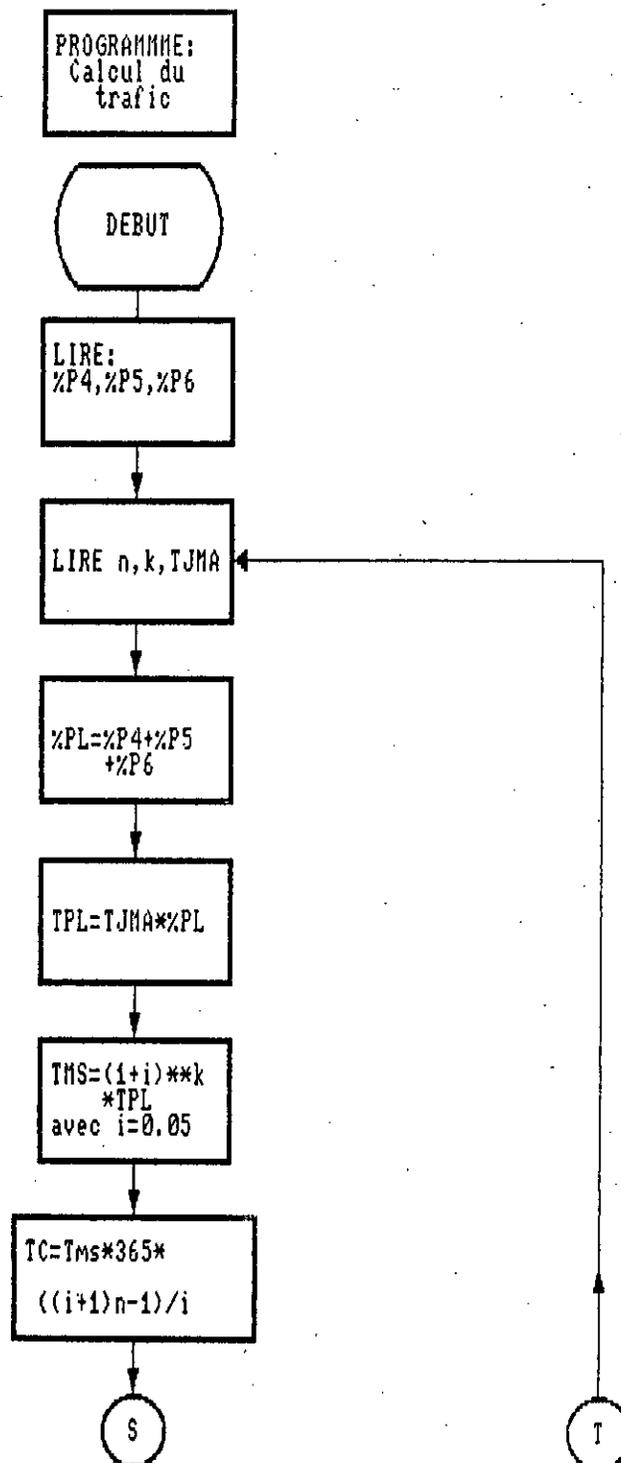
Détermination du trafic cumulé écoulé

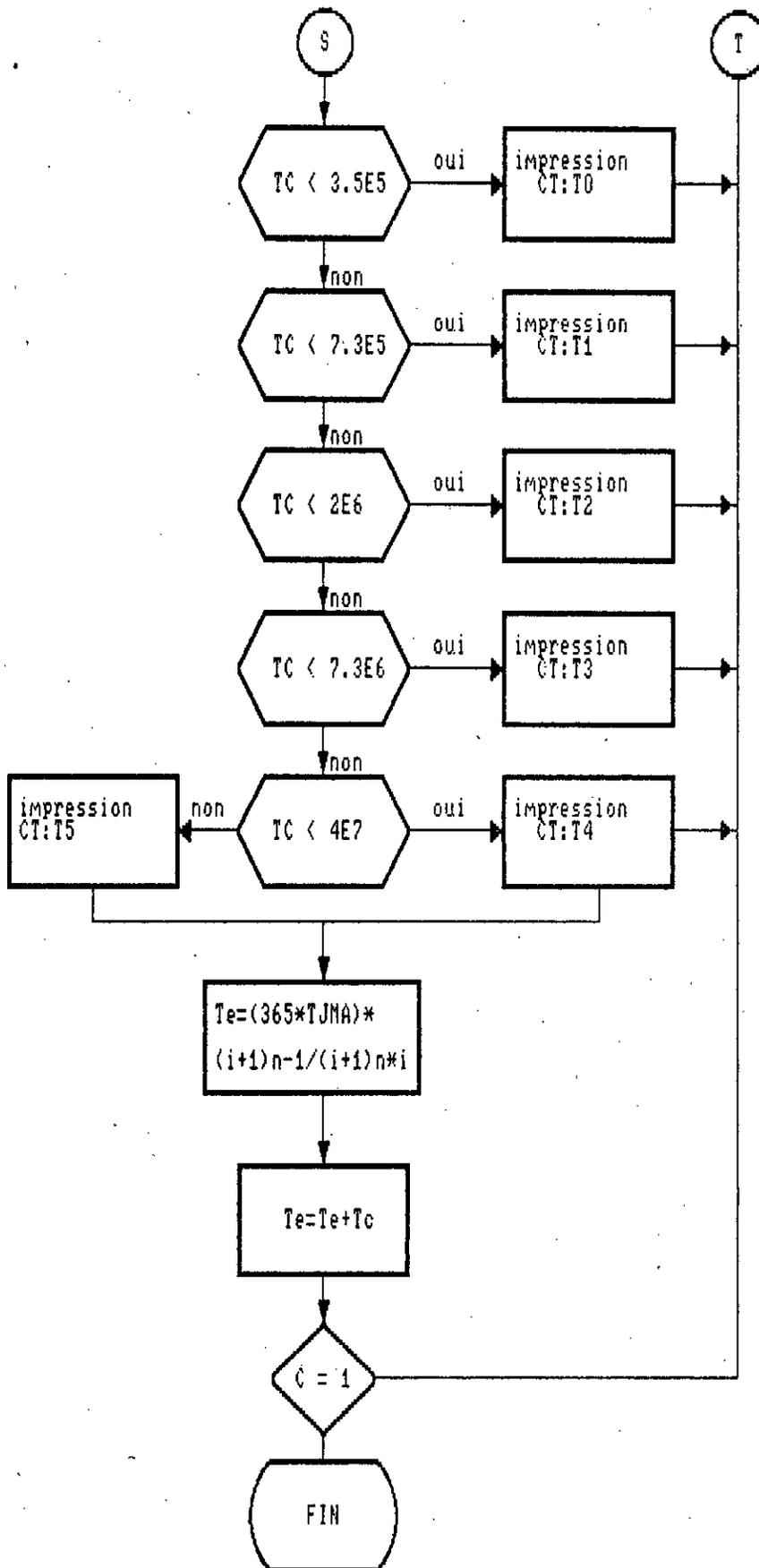
C'est le nombre cumulé de poids lourds de charge utile supérieur ou égal à Cinq tonnes , supporté par l'ancienne chaussée . Il se déterminera sur la voie de circulation la plus chargée.

$$T_e = 365. TJMA \frac{(i+1)^s - 1}{i(i+1)^s}$$

- Te : Trafic lourd cumulé écoulé*
- TJMA : Trafic journalier moyen annuel.*
- i : Taux d'accroissement annuel*
- s : Age en année de la chaussée depuis la construction ou depuis le dernier renforcement quelle a subi jusqu'à l'année ou on a décidé de la renforcé de nouveau.*

2.1.6. L'organigramme de calcul de trafic





2.1.7. Programme calculant le trafic

c

```
trafic cumule ecole lourd
te=365*tjma*((i+1)**s-1)/(i*(i+1)**s)
t=tc+te
write (*,40)
40 format (f9.3)
write(*,*)' '
write (*,*)'tms (trafic de l_annee au mise en service) =',tms
write (10,*)'tms (trafic de l_annee au mise en service) =',tms
write (*,*)'tc (trafic cumule) =',tc
write (10,*)'tc (trafic cumule) =',tc
write (*,*)'te (trafic cumule ecole) =',te
write (10,*)'te (trafic cumule ecole) =',te
write (*,*)'t (trafic total) =',t
write (10,*)'t (trafic total) =',t
write(10,*)' '
write(*,*)' '
write(*,*)' '
write(*,*)' Voulez-vous continuer, Tapez - 1 - '
read(*,*)rep
if(rep.EQ.1) GOTO 100
stop
end
```

2.3 L'Etat de sol

2.3.1 Généralité

Vue l'importance du sol support ou du terrain sous-jacent au soulèvement des charges appliquées sur la chaussée, l'étude du comportement de ce sol devient une nécessité absolue de surplus, on est souvent amené à constituer tout ou une partie de la chaussée par une couche de sol bien choisi naturel ou amélioré.

L'étude des sols intéressée dans non seulement le support de la chaussée mais dans certains cas le corps de la chaussée lui même.

En distingue trois domaines différents de déformation au sol.

- Soit le domaine élastique (déformation proportionnelle aux charges et disparaissant avec elle).
- Soit le domaine plastique : la proportionnalité n'est pas rigoureuse, les charges appliquées sur le sol ne sont proportionnelles aux déformations produite par eux (une transformation permanente du sol dues aux déformations permanentes).
- Soit le domaine des grands glissements, les contraintes instantanée produite dans le sol dépassant celle qui sont compatibles avec l'équilibre interne, définit par la couche intrinsèque.

La démarche logique de la connaissance d'un sol-support de chaussée comporte les étapes suivantes :

- Une identification géotechnique qui permet de connaître le comportement prévisible du sol sur le quel la chaussée sera constitué au comportement général d'une famille connue des sols (classification des sols). Généralement les couches intéressées sont peut profondes, elle sont très exposées à la pénétration du lot superficielle, à l'évaporation et aux variations de températures.
L'identification géotechnique s'appuie essentiellement sur les données relative à la granulométrie, aux limites d'Atterberg et à la propreté. D'autres éléments que les seuls éléments géotechniques cités précédemment sont néanmoins nécessaires pour effectuer l'analyse des contraintes et des déformations dans une structure de chaussées; ces éléments sont issus d'études générales de laboratoire (essais triaxiaux sous chargement répétés par exemple) est de l'observation du comportement du chaussée.
- Une étude des paramètres d'état car pour une famille de sol donné, il existe des paramètres caractéristiques de leur comportement et il est important d'en situé la valeur par rapport à une valeur de référence, on s'appuie ici sur la courbe de Proctor-CBR puisque cette dernière servait à définir la compacité idéale à donner aux différents couches du remblai.
- Une évolution de la portance : on cherche ici à obtenir une évaluation chiffrée de la capacité de portance du sol (l'essai CBR).

2.3.2 Lois de comportement mécanique des sols

La lois de comportement d'un matériau relie l'état de contrainte à l'état de déformation, de ce point de vue le comportement d'un sol peut être analysé en laboratoire, en effectuant certains nombres d'essai pratique, bien définis ou directement sur le terrain.

Les essais en laboratoire (les plus important dans le dimensionnement des chaussées.

a. L'essai triaxial

Dans le cas d'un sol n'est ni homogène ni isotrope, c'est une simplification abusive d'une recherche d'un module d'élasticité qui est définie à partir de l'essai triaxial qui permet de définir quatre modules distincts:

- Le module tangent à l'origine E_0
- Le module tangent pour une valeur intermédiaire de la déformation E_t
- Le module réversible

$$M_R = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\epsilon_R}$$

ϵ_R : déformation réversible

ϵ_p : déformation permanente

- Le module sécant $E_t = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\epsilon}$

σ_1 : La contrainte axiale

σ_3 : La contrainte diamétrale

$$\text{avec } \epsilon = \epsilon_R + \epsilon_p$$

b. l'essai des limites d'Atterberg

Cette essai permet de déterminer la limite de plasticité et la limite de liquidité dans le but d'avoir un aidé sur la teneur en eau sol étudié.

c. l'essai CBR (california bearing ratio)

Cette essai est une essai de poinçonnement empirique imaginé par Porter (california division off highway) en 1938 pour évaluer la portance des supports de chaussées, la portance du sol et déterminé à partir de la détermination de l'indice CBR.

. définition et signification

L'indice portant californien (CBR) est un nombre sans unité et sans dimensions, exprimant en pourcentage le rapport entre les pressions produisant un enfoncement donné dans matériau étudié d'une part, et les pressions produisant le même enfoncement dans un matériau type d'autre part.

Cette notion d'indice portant est purement empirique, elle a été imaginée pour permettre d'évaluer les épaisseurs des couche des terrains qui doivent constituer la fondation d'une chaussée en fonction de la charge maximal appliquée .

. L'essai CBR

L'essai CBR s'effectue sur des échantillons standards, saturés ou non saturés, remanés ou intacts, ainsi que sur le terrain en place . Elle est effectué avec un appareillages normalisé et dans des conditions bien déterminées, elle consiste de la préparation des échantillons séchés ou qui ont une teneur en eau initial connue, de compactage, de l'essai d'imbibition et mesure de gonflement, de poinçonnement et mesure de la teneur en eau après imbibition .

Toutes les mesures effectuées au cours des différents essais précédemment d'écrit sont consignées sur une feuille d'essais dans différents tableaux, elles permettent de calculer les caractéristiques suivantes :

a. Densité sèche du matériau compacté

La densité sèche est déterminée à partir de l'essai de compactage (on peut la déterminer directement par l'essai Proctor), elle est définie par le rapport du poids sec de l'échantillon et le volume du moule CBR diminué de celui de disque d'espacement.

$$D_s = \frac{P_s}{V} \quad \text{et} \quad P_s = \frac{100 P_h}{100 + \omega}$$

P_s : Poids de l'échantillon sec

V : Volume du moule CBR

P_h : Poids humide de l'échantillon

ω : Teneur en eau initiale exprimé en %

b. Durée d'imbibition

Dans l'essai à imbibition complète, on notera la durée de saturation, qui caractérise l'échantillon du point de sa capillarité, elle peut varier de quelques heures à plusieurs semaines.

c. Gonflement linéaire

La différence entre lecture faite au début de l'essai d'imbibition et celle qui est effectuée à la fin de cet essai donne le gonflement linéaire G de l'échantillon, on calcule le gonflement linéaire G relatif en % de la hauteur initiale de l'échantillon :

$$G = 100 \cdot \frac{\Delta l}{l}$$

l : Hauteur initiale de l'échantillon

d. L'indice portant

L'indice portant est le rapport exprimé en % de la pression obtenue sur le terrain étudié à la pression obtenue sur le terrain standard pour un même enfoncement. Pour sa détermination, on relève sur la courbe (poinçonnement - enfoncement) les pressions $P(2.5)$ et $P(5)$ correspondant aux enfoncements de 2.5 mm et 5 mm respectivement, et on divise ces dernières par les valeurs

70 Kg/cm² et 105 Kg/cm², qui présentent les pressions correspondant à ces mêmes enfoncements pour le terrain standard de référence.

Le CBR est défini comme la valeur la plus grande de deux par rapports ci-dessous :

$$\text{CBR} = \text{Max} (P(2.5) / 0.70 , P(5) / 1.05)$$

2.4. Le climat

2.4.1 La prise en compte des conditions climatiques

Les conditions climatiques qui peuvent intervenir dans le dimensionnement et dans le comportement des structures de chaussées sont variées :

- L'abondance des précipitations en liaison avec le drainage
- L'effet des cycles saisonniers de la température sur le comportement des structures de chaussées comportant des couches bitumineuses, donc sensibles aux variations de la température
- L'action du gel et dégel

On n'abordera pas ici le premier point qui est pris indirectement en compte dans le dimensionnement, quand pour calculer une structure de chaussée, on adopte un module pour le sol-support. On peut en fait affiner les modèles de calcul en faisant varier avec la saison le module adopté pour le sol-support du mois si celui-ci est sensible à l'eau. Le problème est en fait assez compliqué, car les interactions, efficacité du réseau de drainage, nature du sol-support, variation de profondeur de la nappe ...

L'étude des deux derniers évoqués nécessite le calcul de la répartition des températures à l'intérieur d'une structure de chaussée, ils nécessitent donc une analyse thermique détaillée.

2.4.2. Comportement des structures bitumineuses: Notion de température équivalente

Les propriétés des matériaux bitumineux étaient largement influencées par la température; cette sensibilité se traduit en particulier par :

- Une réaction élastique aux sollicitations très brèves et à basse température
- Un fluage aux chargements lents et à température élevée

a. Variation du module avec la température

La figure (7) montre la variation du module en fonction de la fréquence de chargement, et ceci pour plusieurs températures, on y constate des variations plus sensibles à la température qu'à la fréquence de sollicitation (du moins dans la gamme explorée).

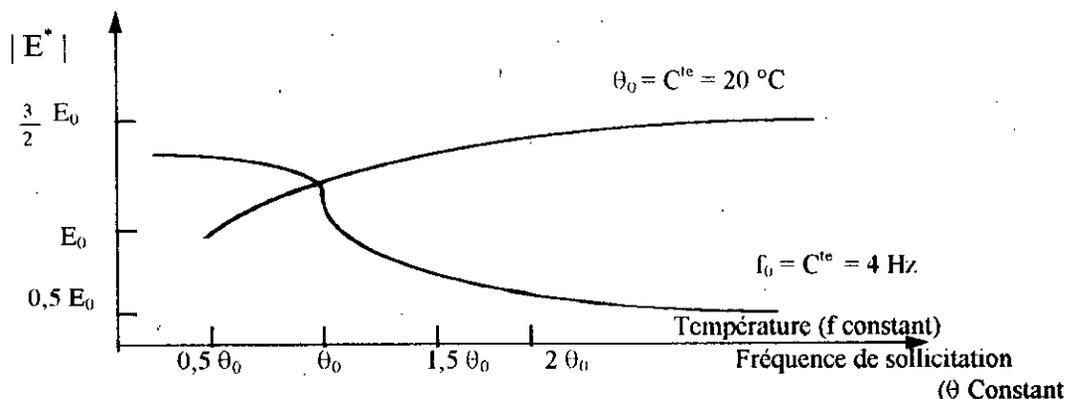


figure (7) : Sensibilité du module d'un enrobé bitumineux à θ et f

Cette variation du module avec la température entraîne pour une structure bitumineuse des comportements différents, aussi bien au niveau de déformations dans les couches ($\epsilon = f(\theta)$) que les paramètres d'auscultation (déflexions, rayon de courbe, vitesse de Rayleigh ...)

Pour le calcul des structures, il y a ce stade une première difficulté quand au choix du module de rigidité à prendre en compte, la seconde apparaît au niveau de la comparaison entre les valeurs calculées et celle du admissible, ces valeurs découlent d'essais en laboratoire et en particulier de l'essai de fatigue du matériau .

b. Essai de fatigue

Les résultats de cet essai sont présentés sous forme de courbe dite courbe de fatigue (l'essai est réalisé à déformation contrôlée et à températures constantes) assimilée à une droite de coordonnées ($\log \epsilon, \log N$).

Lorsque l'essai de fatigue est réalisé à plusieurs température, les courbes correspondantes se déplace dans le diagramme ($\log \epsilon, \log N$) figure (8) plus la température est élevée et plus la déformation permettant d'attendre le nombre de cycles N est grande .

On constate toute fois que ces courbes restants parallèles, ce qui permet de les regrouper en adaptant une échelle réduite pour les déformations .

c. Comportement à la d'une structure bitumineuse :

Si $\epsilon(\theta)$ est la déformation effectivement appliquée dans une couche bitumineuse à une température (θ), le nombre de cycles à la rupture exprimé par :

$$\log \frac{\epsilon(\theta)}{\epsilon_0(\theta)} = -b \log N \quad \epsilon_0: \text{ Est une propriété du matériau variant avec la température } (\epsilon_0(\theta))$$

Le rapport ($\epsilon(\theta) / \epsilon_0(\theta)$) dépend, dans le cas général, de la température et le nombre de cycles à la rupture dépend donc lui aussi de la température par l'expression:

$$N(\theta) = \left[\frac{\epsilon(\theta)}{\epsilon_0(\theta)} \right]^{-1/b}$$

Le sens de variation de ($N(\theta)$) n'est pas unique, il dépend de l'agencement et de la nature des courbes constituant la structure ainsi que du matériau de la couche examinée .

- $\epsilon_0(\theta)$ ne dépend que du matériau
- $\epsilon(\theta)$ dépend du matériau et de l'agencement des couches

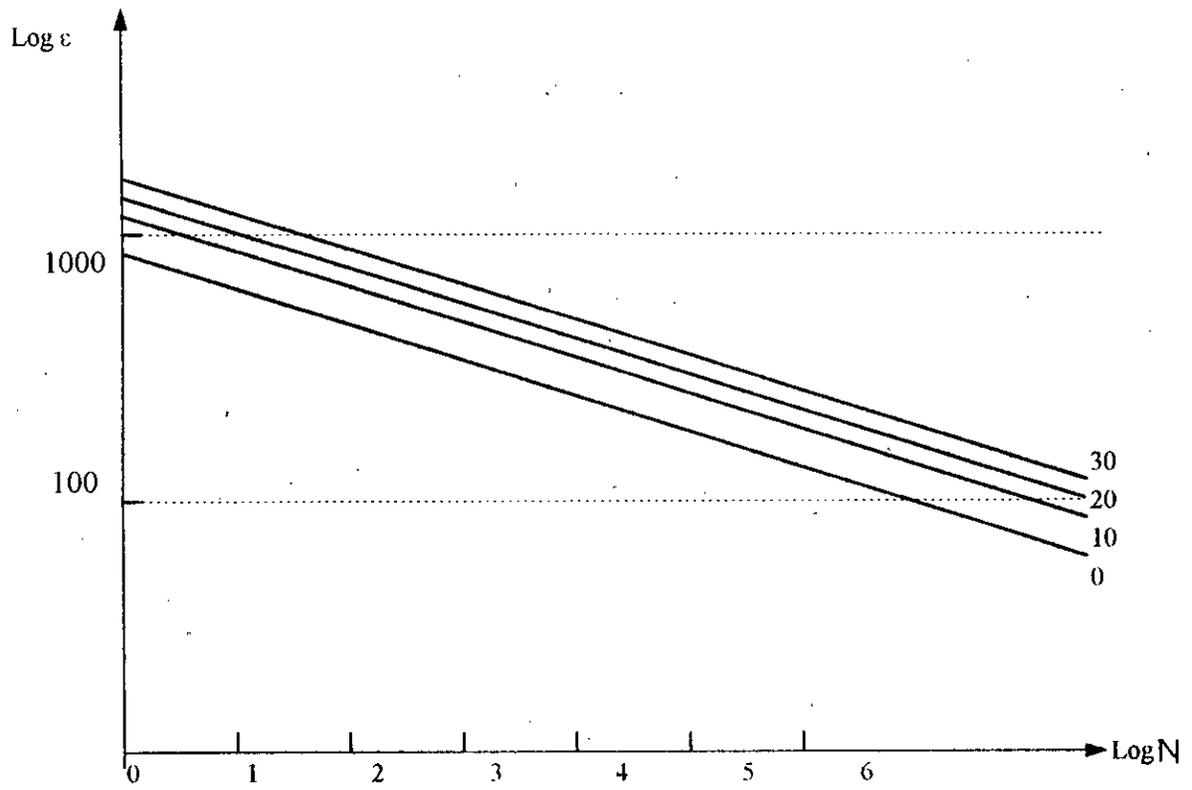


figure (8) : Influence de la température sur la courbe de fatigue

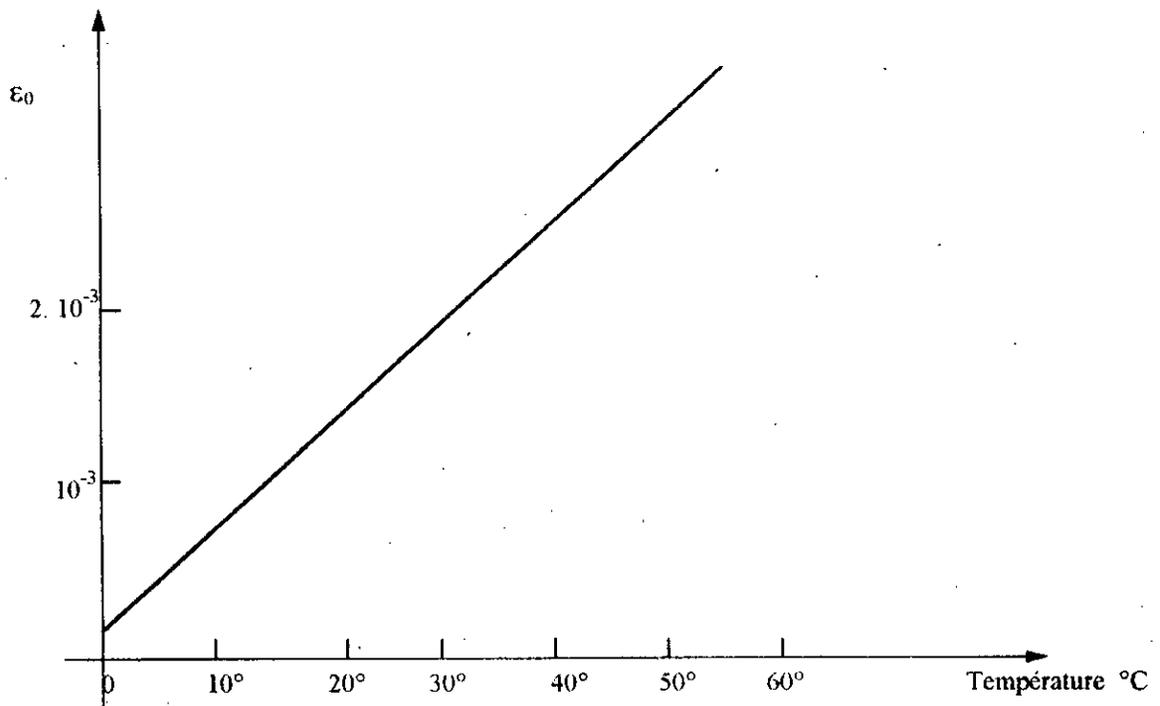


figure (9) : Variation de ϵ_0 en fonction de la température ϵ_0 (*)

2.5 Le mode de rupture (Les matériaux)

2.5.1. Généralité

Cette particularité est un problème fondamental qu'on tenir compte dans le dimensionnement des chaussées, en effet les propriétés des sols support et matériaux de chaussées sur une section donnée de chaussée sont dispersés, la rupture par fatigue d'un matériau est un phénomène aléatoire avec la durée de vie.

On peut fixer conventionnellement la fin de la vie d'une chaussée comme le moment où la proportion de la surface de cette chaussée présente des dégradations (fissure par fatigue).

2.5.2. Les facteurs provoquant la rupture

La rupture peut avoir lieu dans les chaussées souples à partir des deux phénomènes suivants :

a. La fatigue des matériaux constituant la chaussée

Une chaussée souple est constituée à partir de :

- un revêtement hydrocarboné, parfois décomposé en une couche de surface et une couche liaison
- un corps de chaussée, lui même le plus souvent divisé en une couche de base à la partie supérieure et une couche de fondation sous-jacente

Dans le premier cas, le revêtement ne joue qu'un rôle de tapis d'usure et étanchéité, lorsque le revêtement est épais, il assure une répartition importante des charges, sous réserve que sa rigidité soit suffisante et sa résistance soit également suffisante pour qu'il ne fissure pas. La chaussée souple doit être construite avec des matériaux qui à chaque niveau, soient aptes à résister aux efforts qui les sollicitent dans la durée de l'utilisation de cette dernière, elle est définie en prenant compte de la fatigue des matériaux utilisés dans la construction de cette chaussée.

L'application répétée d'un grand nombre de sollicitation sur une pièce peut engendrer sa rupture sans toutefois que la résistance à la rupture instantanée de la pièce ne soit atteinte.

Pour avoir une définition générale du phénomène de fatigue il suffit d'entamer les différents éléments suivants:

. Endommagement

Par définition l'endommagement est la diminution progressive de la résistance à la rupture. La fatigue est un exemple d'endommagement, elle est engendrée par la répétition de sollicitation.

. Courbe de Wohler

L'expérience permettant de mettre en évidence le comportement à la fatigue d'un matériau, consiste à se mettre une éprouvette de matériau à des sollicitation réparties, identiques et à déterminer le nombre de sollicitation entraînant la rupture.

Le graphe suivant représente la variation de la résistance à la rupture en fonction du nombre de cycles

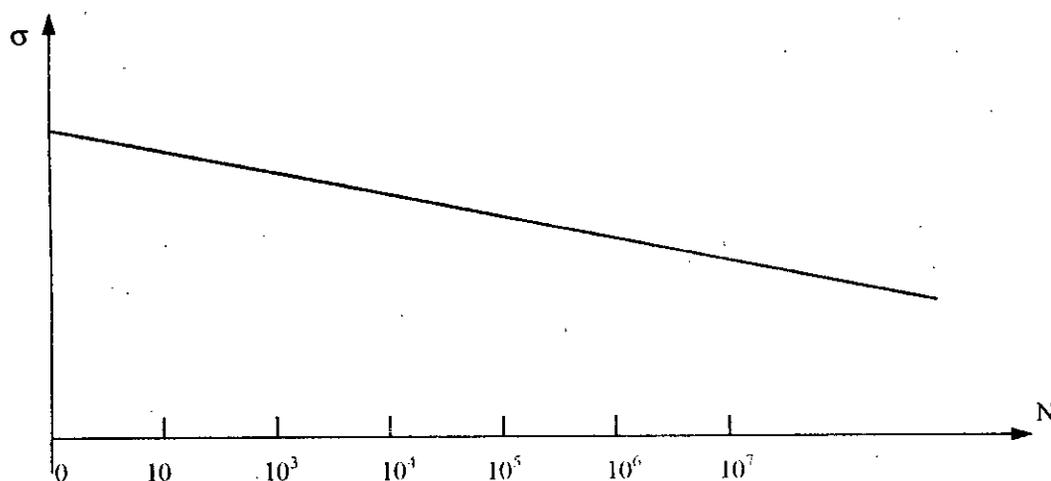


figure (10)

La durée de vie est le nombre de cycles de chargement (N) entraînant la rupture de l'éprouvette.

La relation entre l'amplitude de la sollicitation et la durée de vie est donnée par des équations de la forme suivante

$$\sigma = A \cdot N^{-a} \quad \begin{array}{l} N : \text{nbre de cycles} \\ \sigma : \text{contrainte appliquée sous l'effet des roues} \end{array}$$

(La courbe Wohler est une droite en échelle logarithmique)

$$\sigma = a - b \log N$$

(La courbe est une droite en échelle semi logarithmique)

. Limite de fatigue

La limite d'endurance ou de fatigue représente la valeur de l'amplitude de sollicitation appliquée telle qu'en dessous de cette valeur, on peut l'appliquer un nombre indéfini de fois sans qu'il y ait de rupture.

Pour les enrobés bitumineux, on n'a jamais pu mettre en évidence de limites d'endurance, il se peut donc qu'il y ait rupture par fatigue quelle que soit la valeur de l'amplitude de la sollicitation

Par contre, des courbes de probabilités de rupture sont trouvées par Wohler, ces courbes sont représentées sur la figure suivante :

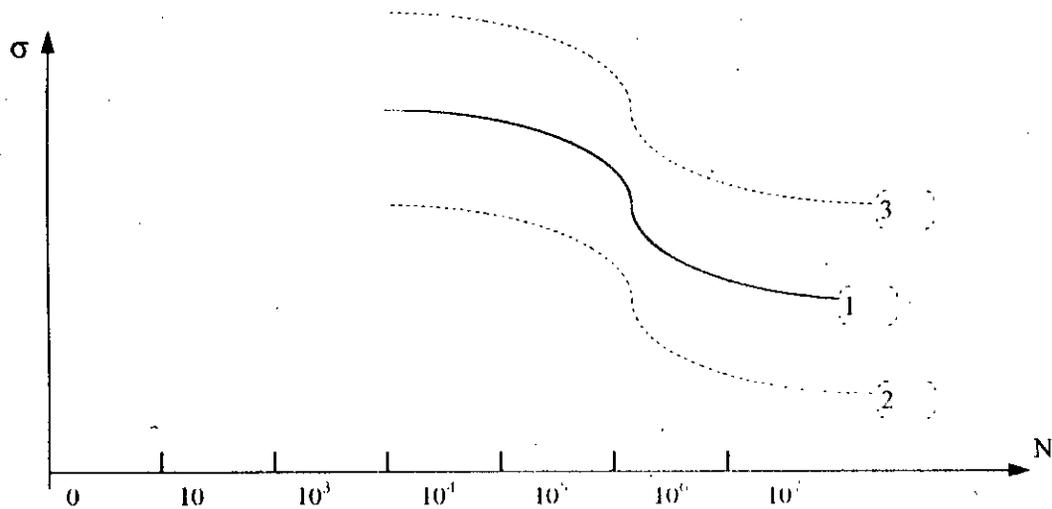


figure (11)

La courbe 1 représente la courbe de Wohler moyenne

La courbe 2 représente la courbe de probabilité de rupture égale à 0.02

La courbe 3 représente la courbe de probabilité de rupture égale à 0.98

. Dispersion des durées de vie

La durée, pour les bétons bitumineux peut aller de 1 à 50 et ce rapport est de 1 à 10 pour les métaux et de 1 à 100 pour les bétons hydrauliques. Cette dispersion des durées du vie à pour conséquence immédiate l'obligation de passer par la méthode statistique pour apprécier la durée de vie ou la résistance à la fatigue pour N cycles.

La méthode statistique nous renseigne sur la durée de vie que l'on a une certaine probabilité de dépasser en fonction de l'amplitude de la sollicitation appliquée.

Cette courbe est d'une importance pratique plus grande que la courbe des durées de dispersée peut être préférable même si la durée moyenne est plus faible.

. Cumul de dommages (loi de Miner)

Les sollicitations de fatigue ne sont en réalité jamais identiques, on considère deux périodes de sollicitation périodiques de niveau différent :

- soit n_1 sollicitations d'amplitude (σ_1)

- soit n_2 sollicitations d'amplitude (σ_2)

On a :

- n_1 inférieur à N_1 ou N_1 est la durée de vie pour l'application de sollicitation d'amplitude unique σ_1

- n_2 inférieur à N_2 ou N_2 est la durée de vie pour l'application de sollicitation d'amplitude unique (σ_2) avec n_2 est le nombre de sollicitation d'amplitude (σ_2) qui conduirait à la ruine.

MINER a approché cette valeur n_1 par la loi :

$$n_1 / N_1 + n_2 / N_2 = 1$$

Avec n_1/N_1 représente les dommages provoqués par n_1 sollicitations .

La loi peut être généralisée à plusieurs amplitudes de chargement (nombre supérieur à 2)

La somme des n_i/N_i varie entre 0.61 et 1.45 $0,61 \leq \Sigma (n_i / N_i) \leq 1,45$

La rupture est atteinte pour $(n_1 / N_1 + n_2 / N_2)$ inférieur à 1, si $\sigma_1 > \sigma_2$ et $(n_1/N_1 + n_2/N_2)$ supérieur à 1 si $\sigma_1 < \sigma_2$.

. *Fatigue des matériaux bitumineux*

Pour un matériau de contrainte fixé, la déformation dépend du temps, le comportement d'un tel matériau est dit viscoélastique . Cette propriété se traduit par la dépendance du module de rigidité à la fréquence d'application de la charge .

Le module est élevé pour une sollicitation rapide et faible pour une sollicitation lente , le module est également dépendant de la température, il est d'autant plus faible que la température est élevée .

. *Rôles de la température et de la fréquence*

L'influence de la fréquence de chargement est plus forte pour les hautes températures que pour les basses . L'influence de la température sur le module est par ailleurs très importante puisque le module est divisé par 10 lorsque la température varie de 10 °c à 40 °c .

On voit donc la température et la fréquence sont importantes;

De ce fait, pour effectuer un module à un matériaux bitumineux il faut choisir une température et une fréquence.

Le choix d'une température se fait à partir de l'analyse des dommages dans les structures sur un cycle annuel de température.

Quant au choix de la fréquence, il se fait à partir de l'étude de la variation de la déformation en un point a dans le temps au passage d'une charge roulante . La fréquence de sollicitation est fonction de la distance entre les deux extrêmes et la vitesse de la charge généralement les calculs sont effectués pour une fréquence de 10 Hz.

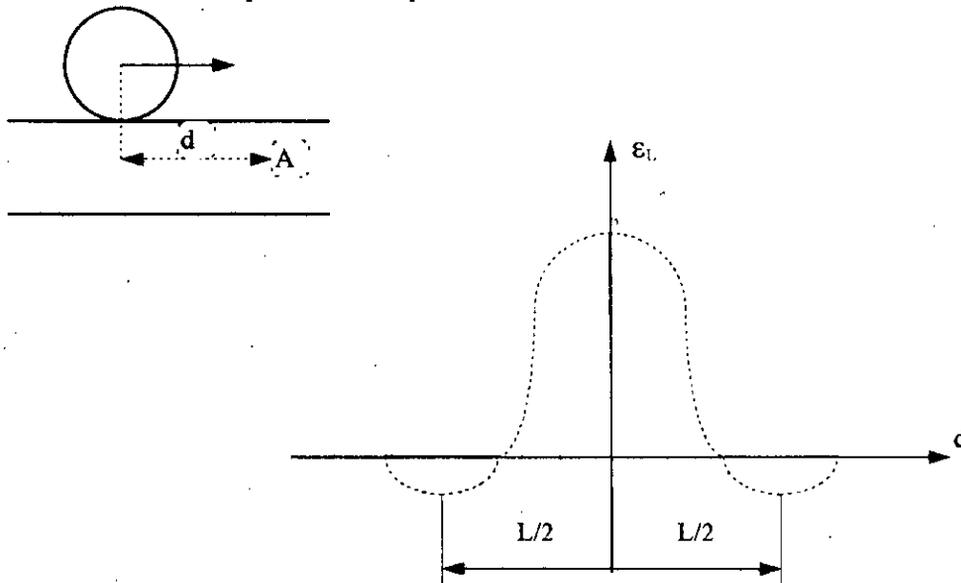


figure (2)

Les propriétés des matériaux bitumineux sont très sensibles à la température, pour cela il est intéressant de savoir comment évoluent les performances à la fatigue en fonction de la variation de la température.

Les études ont montré que la déformation qui conduit à la rupture à 10^6 cycles était en fonction de la température $\epsilon(\theta)$

Si $\theta > 0$ °C, $\epsilon(\theta)$ est une fonction croissante cependant le produit $\epsilon(\theta) \cdot \sqrt{E(\theta)}$ reste à peu près constant.

Pour simplifier les choses on peut illustrer la variation des déformations en fonction de la température.

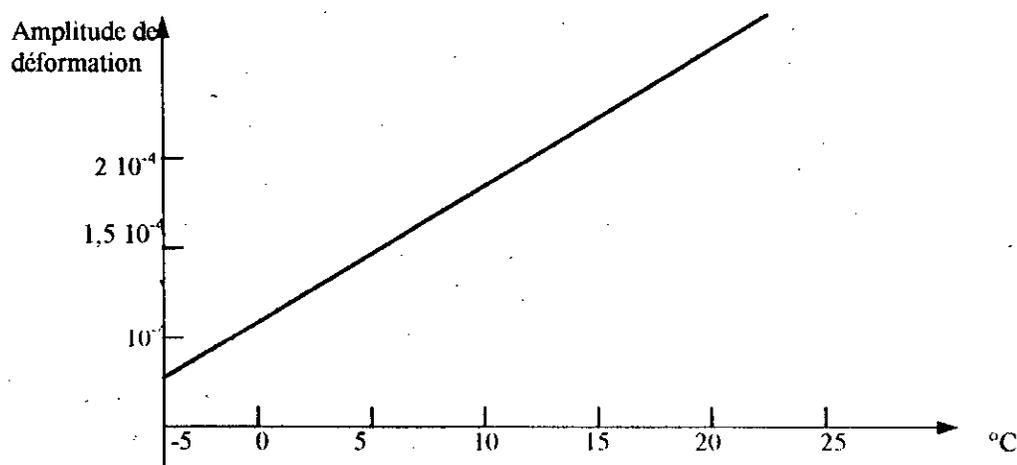


figure (13) : Déformation admissible à $N = 10^6$ cycles en fct de la température

2.4.3. Le Poinçonnement

Le poinçonnement est un phénomène assez rare mais qui se manifeste parfois. Il y a rupture brutale de la chaussée qui s'enfonce en partie dans le sol sous-jacent et est en partie refoulée de part et d'autre de la charge. Il s'agit là d'une insuffisance d'épaisseur et de qualité des matériaux constituant la chaussée.

Le poinçonnement est observé en quatre figures différents:

- Le poinçonnement brutal d'une chaussée par un DC 7
- Le poinçonnement qui apparaisse sous formes des fissurations d'un revêtement épais placé sur une chaussée trop déformable (faïençage).
- Le poinçonnement qui apparaisse sous formes des ornières dans une couche de base de mauvaise qualité.
- La rupture provoquée par le poinçonnement est une rupture par fissuration longitudinale.
- Le poinçonnement qui provoque un glissement d'un revêtement dû à un défaut d'accrochage (cisaillement sous les pneumatiques).

3. Différentes méthodes de dimensionnement de chaussées

3.1. Dimensionnement des chaussées souples

La démarche du dimensionnement des chaussées n'est pas différente de celle du dimensionnement des autres structures (ouvrages d'arts, bâtiments, ...) par ce que elle sert à déterminer les contraintes et les déformation provoquées par les charges appliquées sur la chaussée .

Les méthodes s'appuient sur une appréciation de la force portante du sol, soit par un essai mécanique (poinçonnement, triaxiales, ...), ou soit par l'identification des caractéristiques géotechniques (limites d'Atterberg, ...). Cette force portante devra être apprécié dans les conditions existantes après l'exécution de la chaussée.

On distingue trois approches dans le dimensionnement des chaussées souples :

3.1.1 L'approche empirique

Dans cette approche on observe le comportement des chaussées sous le trafic réel ou expérimental , en fixant d 'abord un critère pour définir la fin de vie d'une chaussée en suite on détermine la durée de vie des sections observées sur cette population des sections expérimentales.

On établit en général par des méthodes statistiques de régression, des relations entre cette durée de vie et les caractéristiques géométriques des structures, ainsi que les propriétés mécaniques des structures des chaussées, ou bien entre la durée de vie et la mesure globale des propriétés mécaniques de la structure de chaussée et du sol support .

Tant que cette approche est purement empirique , elle présente plusieurs inconvénients :

- 1- Pour connaître l'influence de nombreux paramètres comme les épaisseurs des différentes couches et les propriétés mécaniques, il faut un nombre important de sections, expérimentales ce qui revient à un coût très élevé .
- 2- Le temps de réponse est très long car il n'y a pas d'effet d'accélération du trafic , et les extrapolation sont hasardeuses .
- 3- Enfin les relations obtenues par cette voie d'analyse statistique par régression ne s'appliquent qu'aux matériaux étudiés, conditions d'environnement de l'expérimentation et sols supports rencontrés dans l'impossibilité de généraliser .

3.1.2 L'approche théorique

Dans cette approche il faut établir un modèle de chaussées reproduisant le plus près possible le fonctionnement mécanique de la structure .

A l'aide de ce modèle , on détermine les sollicitations que subissent les matériaux de chaussées et le sol support sous l'effet du trafic . Ces sollicitations sont en suite comparées aux sollicitations admissibles .

Il s'agit donc d'une approche utilisant une branche particulière de la mécanique des milieux continus dite « mécanique des chaussés » .

A l'aide d'un modèle mathématique dérivé du modèle précédant on peut déterminer les contraintes et les déformations dans les matériaux de chaussées et le sol-support.

La modélisation du comportement des matériaux de chaussées et du sol-support pose actuellement bien plus de problèmes, de même que celle des sollicitations mécaniques et des conditions d'environnement.

3.1.3 L'approche semi-empirique

Elle combine les résultats de certaines études théoriques et des essais en laboratoire, et conditions faites sur les routes et pistes en service .

Elle est néanmoins évidente que la part de l'empirique dans toute méthode de calcul d'épaisseur des chaussées. Elle est néanmoins évidente que les essais classiques que géotechniques n'ont de rapport direct avec les phénomènes qui interviennent dans une chaussée.

Cette dernière approche est la plus répandue et la plus rationnelle actuellement.

3.2. Méthodes pratiques de dimensionnement

Les méthodes de dimensionnement des chaussées ne sont en fait que les méthodes de vérification de structures de chaussées préalablement établies .

Elles ont comme but la conception de structures à partir de la détermination du meilleur agencement possible des divers matériaux dont on dispose, en teneur compte à leur résistance aux actions du trafic et de l'environnement et de leur particularités en mise en oeuvre .

Ces méthodes sont basées sur les essais AASHO

Les essais AASHO (American Association Of State Highway Officials)

Ces essais réalisées de 1957 à 1961 ont comporté l'étude de 240 sections de chaussées souples, de 271 sections de chaussées rigides et d'une cinquantaine de sections de chaussées avec couche de base stabilisée .

Chacune des sections a reçu l'application d'environ 1 million de charges roulantes, ce qui a permis notamment :

- De fixer des lois d'équivalence entre charges de poids différents
- De relier statiquement les déflexions à la structure de la chaussée
- De définir un indice de qualité de service des chaussées et d'étudier ses variations avec le trafic, en relation avec la structure de la chaussée

Ces méthodes se présentent sous formes :

1° La première forme est basée sur un ensemble d'abaque permettant de faire les déterminations intermédiaire, et le dimensionnement proprement dit, dans des conditions très variables de climat, de matériaux de trafic, une telle présentation est intéressante si l'on vise à certaine universalité et malgré les limitations des valeurs que peuvent prendre les diverses variables, en particulier les caractéristiques de matériaux le volume de telles méthodes est important.

Ces méthodes sont passées sur les essais AASHO

Exemples la méthode de l'ASPHALT INSTITUTE, la méthode de LIDDLE

2° La deuxième forme est un catalogue de structures des chaussée pré calculée établies, pour une gamme restreinte de climats, pour des matériaux standardisés, ce mode de présentation est particulièrement bien adapté au besoin d'une administration routière d'un pays donné, qui a été retenu depuis 1971 par la direction des routes en France pour les routes à fort trafic .

3° La troisième forme porte la vérification d'un cas de dimensionnement donné sous forme d'un programme de calcul informatique, ou d'un ensemble de sous-programme, le problème est considéré à chaque fois comme unique avec son ensemble de données.

L'inconvénient d'une méthode considérée dans la troisième forme est que le nombre à introduire dans le calcul très élevé, et déterminé réellement, spécialement pour le dimensionnement d'une chaussée donnée. L'avantage d'une telle forme de méthode de considérer chaque cas comme un cas unique est donc un fait peu illusoire .

3.3. Méthode origine CBR

3.3.1. Introduction

La méthode CBR fut connue dès 1938 par OI porter du Californie state high departement. A la suite de 14 années d'essais sur les routes californiennes, il trouve qu'une relation empirique existait entre l'indice portant CBR d'un sol et l'épaisseur de chaussée requise qui empêcherait la rupture de se produire par la déformation plastique de ce sol.

Une abaque fut ainsi établie donnant en fonction de CBR l'épaisseur nécessaire du corps de chaussées pour deux catégories de trafic qui sont présentés sur la figure (15)

- La courbe A correspondant a un trafic moyen lourd avec le poids maximal de roue égal a 5,4 tonnes
- La courbe B correspondant a un trafic moyen léger avec le poids maximal de roue égal a 3,1 tonnes

Avec l'avancement des recherches dans ce domaine a l'Amérique, le corps des ingénieurs de l'armée Américaine entreprit l'extrapoler les résultat à des cas de roues plus chargés telles qu'on les rencontre sur les pistes d'aviation en se basant sur les courbes de l'état californien.

En appliquant les théories d'élasticité, le corps des ingénieurs calcule les contraintes de cisaillement sous les roues de 5,4 tonnes, 11,2 tonnes, 17,9 tonnes et de 31,2 tonnes, en supposant le cas d'une empreinte et en considèrent une pression de contact d'environ 4 a 5 kg/cm² figure (14)

Sur la courbe correspondant a la roue de 5,4 tonnes on nota pour différentes valeurs du CBR d'une part l'épaisseur du chaussée requise (d'après la figure 15) et d'autre part les valeurs respectives de contraintes de cisaillement, on prit alors sur l'axe des contraintes ces valeurs limites et on déduit sur l'axe des profondeur, les épaisseurs de chaussées requise pour les autres roues et correspondant à ces mêmes indices CBR, ces épaisseurs furent ensuite guidée a la suite d'essais accélérée dont le but était de les vérifier et le corps des ingénieurs abouti aux abaques de la figure (14)

PELTIER a donné l'expression plus générale de ces courbes

$$e = \frac{100 + 150 P^{1/2}}{CBR + 5}$$

e : épaisseur de chaussée en cm

p : poids de la roue en tonnes

CBR : indice portant du sol support en %

Dans le but de vérifier le bien fondé de la méthode américaine de leur contexte particulier des pays connu l'Angleterre et l'Algérien ont entrepris une étude systématique d'un grand nombre de leur chaussées trouvèrent une bonne concordance entre les épaisseurs théoriques calculées par cette méthode et les épaisseurs réelles, Ainsi sous le climat d'Algérie et la France en se basant sur quelques essais réalisé par le LCPC adopté ce clipère. Le meilleur vérifiant de la méthode CBR correspondant a une densité égale a 95% du Proctor modifié a une teneur en eau voisine de l'optimum a une période d'imbibition de 4 jours

3.3.2. *Abaque du Read Research Laboratory*

Jusqu'au 1960 les abaques du corps des ingénieurs étant largement utilisées en Angleterre. l'incidence de la répétition de trafic était prise en compte de manière très arbitraire en de 20% le poids de la roue maximal considérée

A la suite d'essais réalisés sur les roues britannique le Read Research Laboratory publia de nouvelles abaques (figure (8)) qui font intervenir, dans la méthode CBR, deux facteurs importants :

1° L'effet de la répartition des charges sur l'épaisseur requises obéissent a une loi logarithmique

PELTIER corriges ainsi la première formule qui traduit les courbes du corps des ingénieurs .

$$e_1 = \frac{100 + 150 P^{1/2}}{CBR + 5}$$

En y introduisant la notion du nombre d'application de la charge

$$e_2 = \frac{100 + P^{1/2} (75 + 50 \text{Log} (N/10))}{CBR + 5}$$

Dans laquelle N représente le nombre journalier du camions de plus de 3 tonnes, circulant sur la chaussée entière

Cette formule donne des épaisseurs correspondants sensiblement à celle du Read Research (pour seulement les valeurs supérieur à 15 cm) et pour la roue maximum anglaise de 4,5 tonnes.

2° Le deuxième facteur important réside dans le fait de reconnaître l'effet négligeable des véhicules d'un poids inférieur à 3 tonnes.

Ainsi il doit être possible de préciser la gamme des essieux, qui sont present en considération de leurs poids qui varient entre une tonne et 10 tonnes.

Avec le temps, les recherches dans ce domaine ont menées de trouver une nouvelle édition en 1966 par Read Research Laboratory. Elle considère 6 catégories de trafic (pendant 20 ans) 0 - 45 , 45 - 150 , 150 - 450 , 450 - 1500 , 1500 - 4500 et supérieur de 4500 véhicules/ jour

Le véhicule considéré ayant un poids minimum de 1,5 tonnes

Chacune de ces catégories de trafic sont spécifiées des épaisseurs minimales de couche de base et de couche de revêtement. Ainsi on détermine seulement l'épaisseur requises de la couche de fondation comme nous le montre la figure (8) .

L'importante modification sur l'édition de 1960 est résumée dans l'acceptation définitive de la notion « d'équivalence » des matériaux.

Les coefficients d'équivalence sont les suivants .

Pour la couche de base :

- Grave(concassées bien graduées) 1,00
- Grave stabilisées au ciment 1,00
- Grave stabilisées au bitume 1,34
- Béton bitumineux 1,6

Ce pendant, à moins que le sol de fondation ait une valeur de CBR supérieure à 20(pour les trafics léger ou moyen) ou à 30 (pour les trafics lourds), le Read Research recommande que cette réductions de l'épaisseur de la couche de base soit compensées par une augmentation d'égale valeur de l'épaisseur de la couche de fondations . Ainsi l'épaisseur totale est conservée.

3.3.3. Particularité de la méthode CBR .

La méthode CBR telle qu'elle a été connue par porter et étendus par le corps des ingénieurs et Read Research Laboratory, supposent les conditions suivants .

1. La rupture de la chaussée serait le résultat d'une contrainte de compression sur le sol de fondation supérieur à la contrainte admissible .
2. Le corps de chaussée et le sol de fondation constitue une masse aussi homogène isotope .
3. La méthode a été conçue pour des pressions de contact de pneus ne dépassant pas 5kg/cm^2
4. La répartition du trafic selon le poids correspond à un schéma bien défini . on peut penser qu'il s'agit d'une distribution régulière bien caractérisé.
5. Les 2 méthodes ne considèrent pas les valeurs de CBR Inférieure a 2, en effet l'abaque fondamentale porter indique une épaisseur tendant vers l'infini pou une valeur de CBR d'environ 3.

3.3.4. Les conditions d'application de la Méthode CBR

On peut tender de limiter comme sait les conditions par les qu'elles ces méthodes sont applicables .

1° Le corps de chaussée ne contient aucune couche dont épaisseur et les caractéristiques élastique sont telles qu'une rupture par fatigue soit susceptible de se produire.

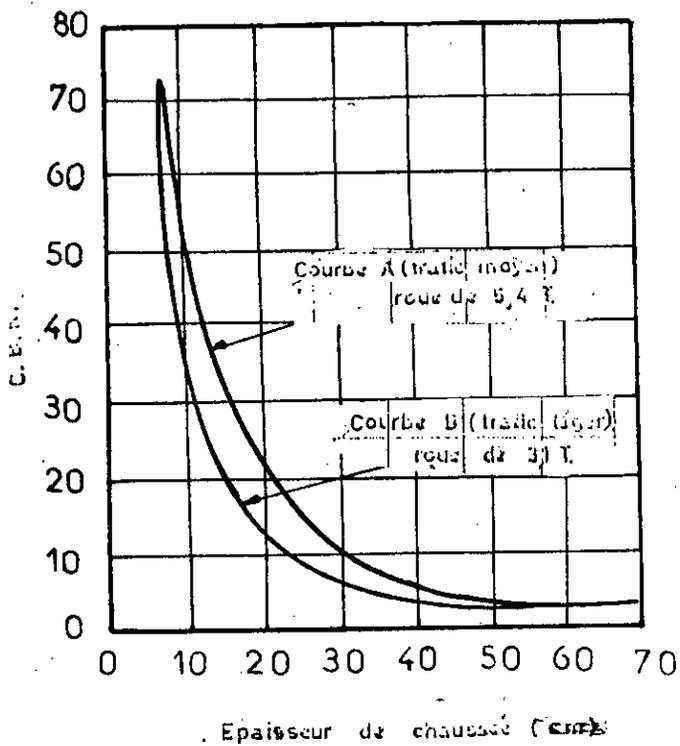
En effet la méthode ne coïncide pas le cas de la rupture due a une contrainte excessive de cisaillement dans la couche de base .

2° La méthode est seulement valable par une chaussée presque parfaitement souple constitués de couches de matériaux tels que le rapport.

3° Le trafic constitué d'essieux comprise entre une tonne et 10 tonne et régulièrement réparti

4° La méthode CBR n'est applicable au cas particulier des sols **de fondation** plastique dont le CBR est inférieur ou égale a 2 .

ABAQUES ORIGINALES C.B.R.



figure(15)

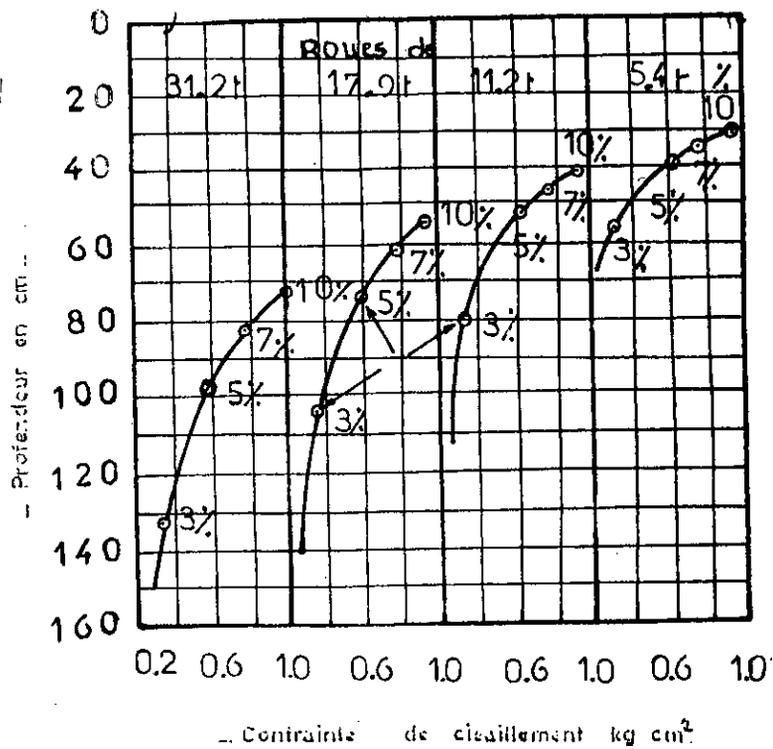


figure (16)

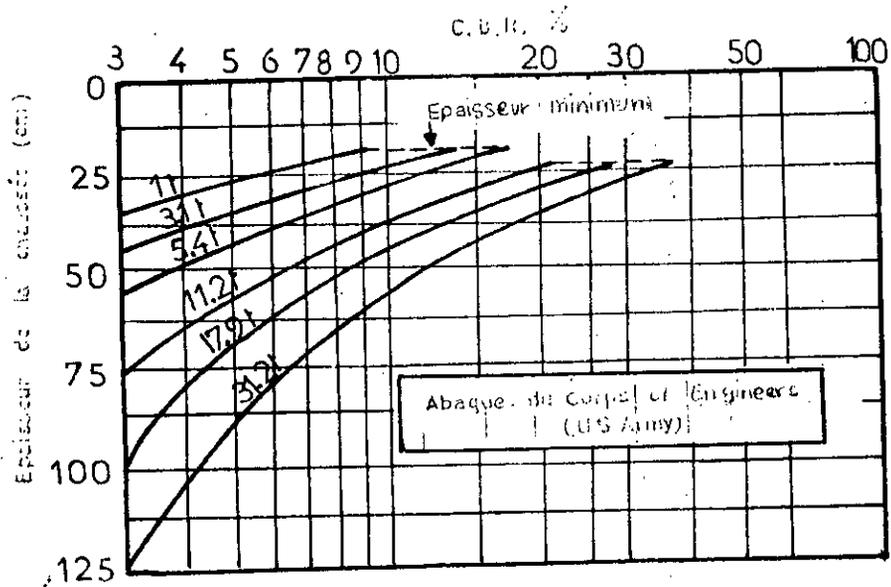


figure (14).

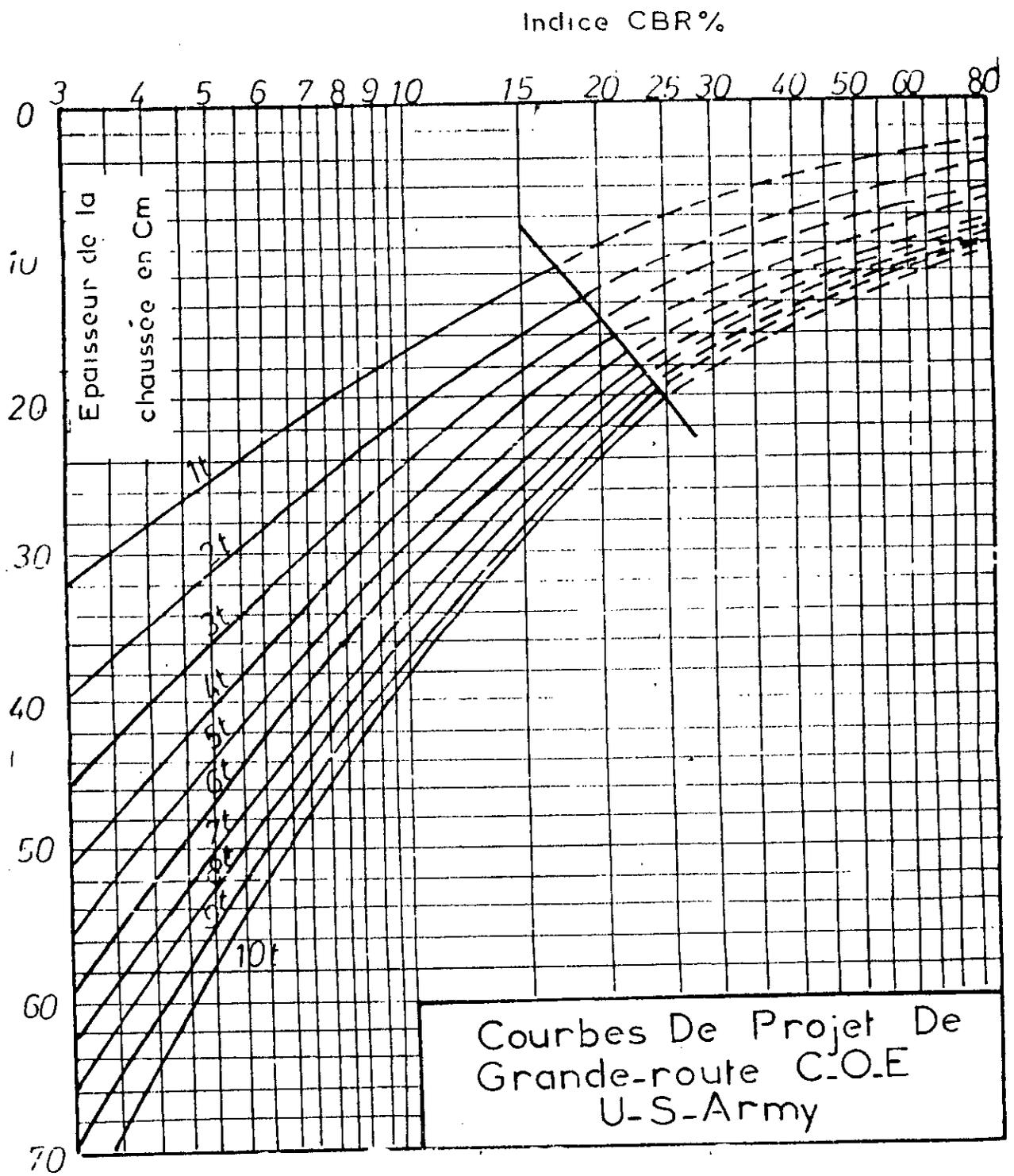
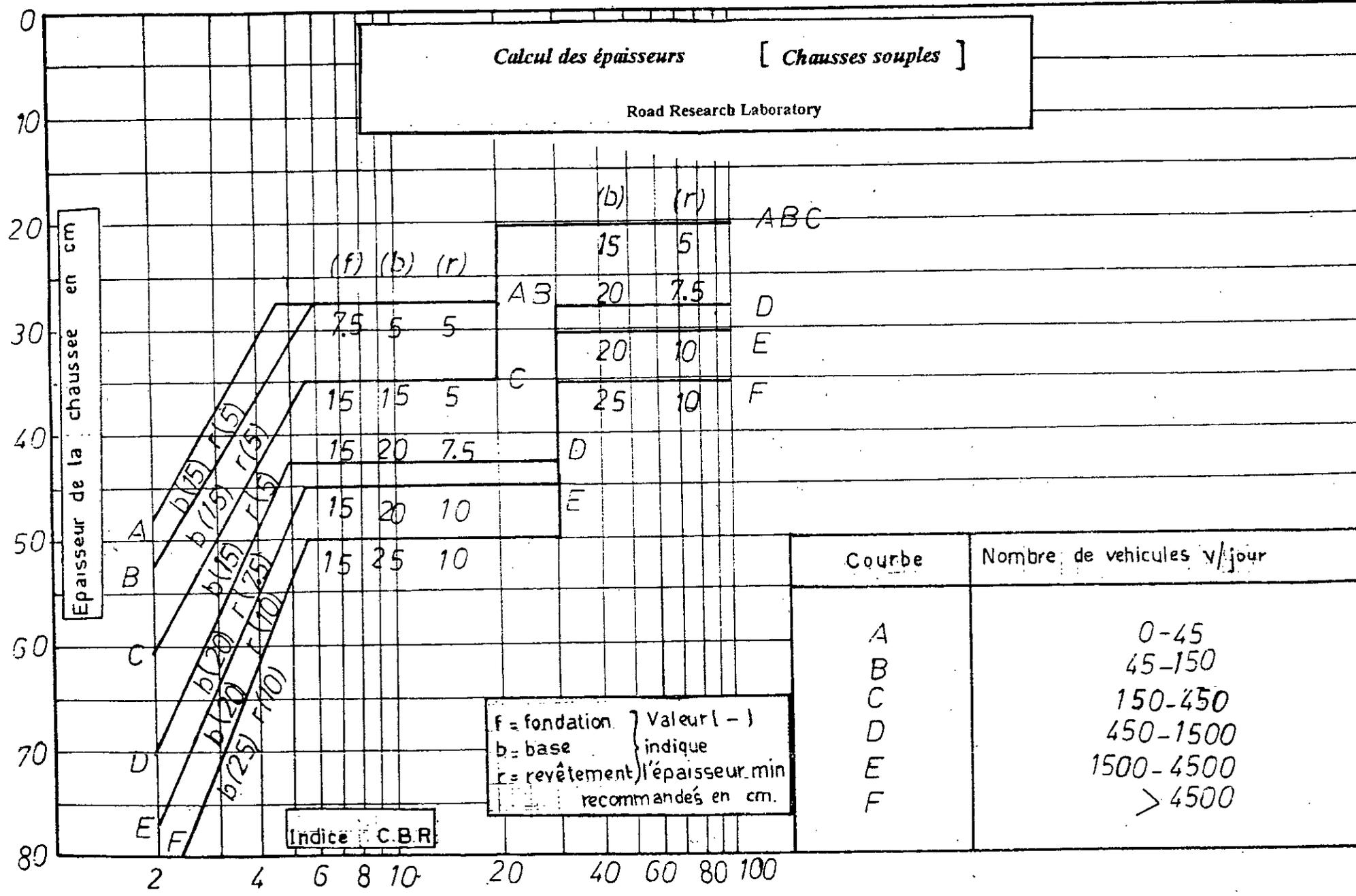


figure (17)

Calcul des épaisseurs [Chaussées souples]

Road Research Laboratory



f = fondation } Valeur (-)
 b = base } indique
 r = revêtement } l'épaisseur min
 recommandés en cm.

Figure 08

3.4. Méthode de Shook fim - Asphalte Institute

3.4.1. Présentation de la méthode

L'asphalte institute a adopté les hypothèses et les modèles mathématiques suivant l'établissement de sa méthode.

1° Indice de viabilité définissant l'état de la chaussée :

- Indice de viabilité initiale égal à 4,2 .
- Indice de viabilité finale égal à 2,5 .

2° Coefficient d'équivalence de matériaux :

Cette méthode ne considère que les matériaux analogues à ceux des sections courantes de l'essai AASHO , c'est à dire:

- Revêtement en béton bitumineux (stabilité marshall moyenne 850 kg) .
- Couche de base en pierres concassées(CBR moyen égal à 100) .
- Couche de fondation en graves sableux(CBR moyen égal à 35) .

Pour ces matériaux il a adopté les coefficients d'équivalence respectifs de 2,1 et 0,75 d'ou épaisseur équivalente :

$$T = 2 D_1 + 1 D_2 + 0,75 D_3$$

Remarque : La valeur de 2 a été adoptée par prudence .

3° Facteur de charge pour le trafic (Facteur d'équivalence):

Le modèle mathématique choisi par l'ASPHALTE INSTITUTE pour représenter l'influence de la charge a aboutit à la relation suivante :

$$F = 10^{0,25(P - 8,15)}$$

F : Facteur de charge ou facteur d'équivalence de la charge *P* considérée
p : poids en tonne de l'essieu simple ou 0,57 fois le poids supporté par l'essieu jumelé .
8,15 : Le poids en tonne de l'essieu de référence (18 Kpa).

Cette relation est exprimée par la figure(19) ou par le programme de ASPHALTE (que nous l'avons élaboré) .

4° Influence de la répétition de la charge :

L'ASPHALTE INSTITUTE a choisi un modèle mathématique qui cadre avec les méthodes utilisées par ailleurs (KENTUKY CALIFORNIE) et qui donne un coefficient de corrélation satisfaisant à certains égards . Le modèle n'est cependant pas très satisfaisant pour ce qui concerne les relations Epaisseurs-Charge appliquée.

L'équation fondamentale reliant l'épaisseur équivalente en nombre de passage *w* de l'essieu de référence de 8,15 tonnes est :

$$T(\text{en pouces}) = 8,50 + 5,53 \log (w) = 2 D_1 + 1 D_2 + 0,75 D_3$$

5° Influence du sol de fondation :

L'ASPHALTE INSTITUT, en se basant sur l'ancienne relation qui liait l'épaisseur totale au CBR (celle-la variant comme la puissance 0,6 de celui-ci) trouve que l'épaisseur équivalente requise pour un sol de CBR égal à X était égale à l'épaisseur équivalente obtenue pour le sol de CBR = 2,5 multiplié par le facteur $\frac{(2,5)^{0,4}}{\text{CBR}}$

Nous avons extrapolé pour des valeurs CBR de 30,50 et 80 élargie la gamme du nombre de répétition de la charge. Nous avons également donné deux échelles du trafic, l'une pour l'essieu de 8,15 tonnes et l'autre pour l'essieu de 13 tonnes.

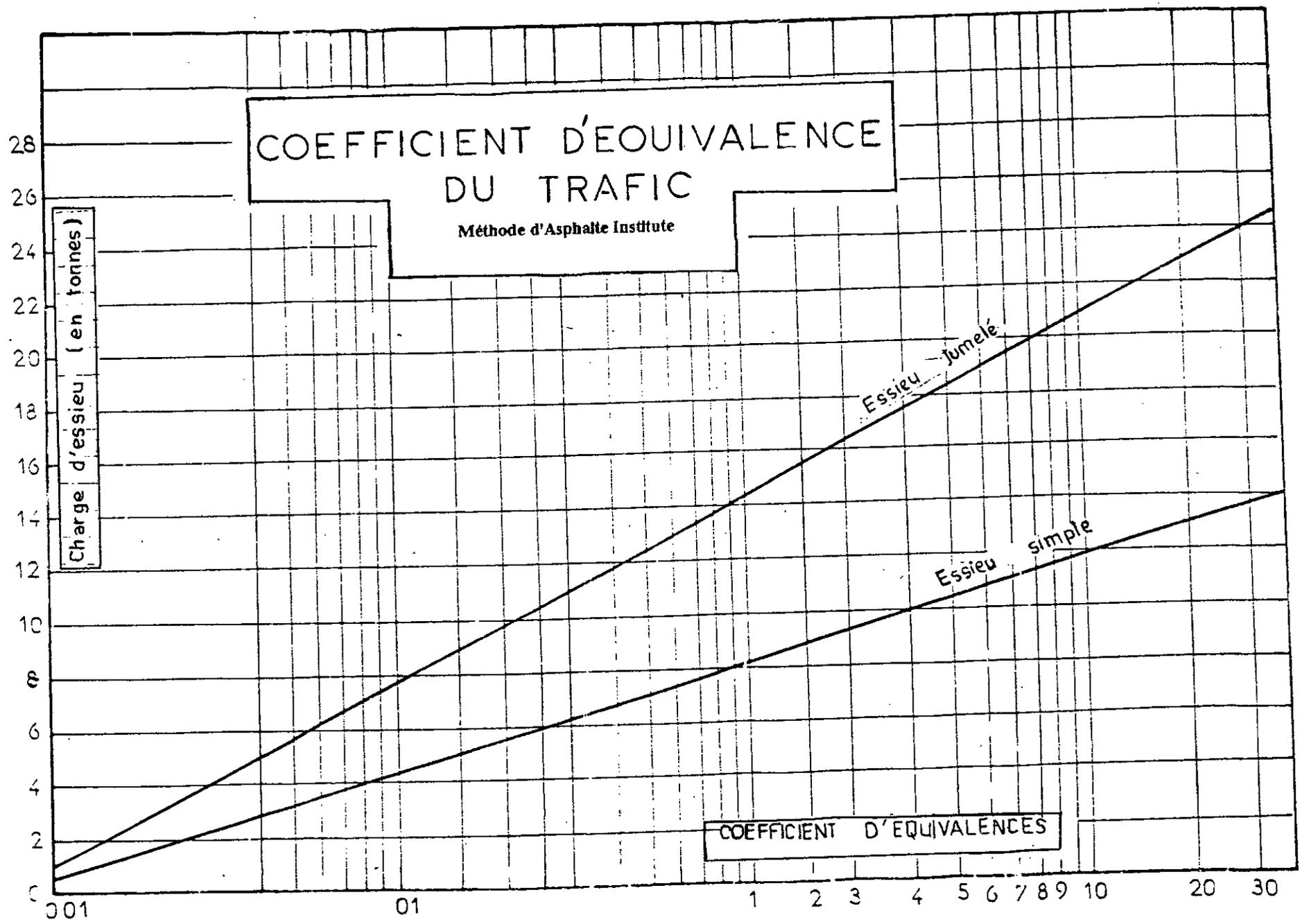
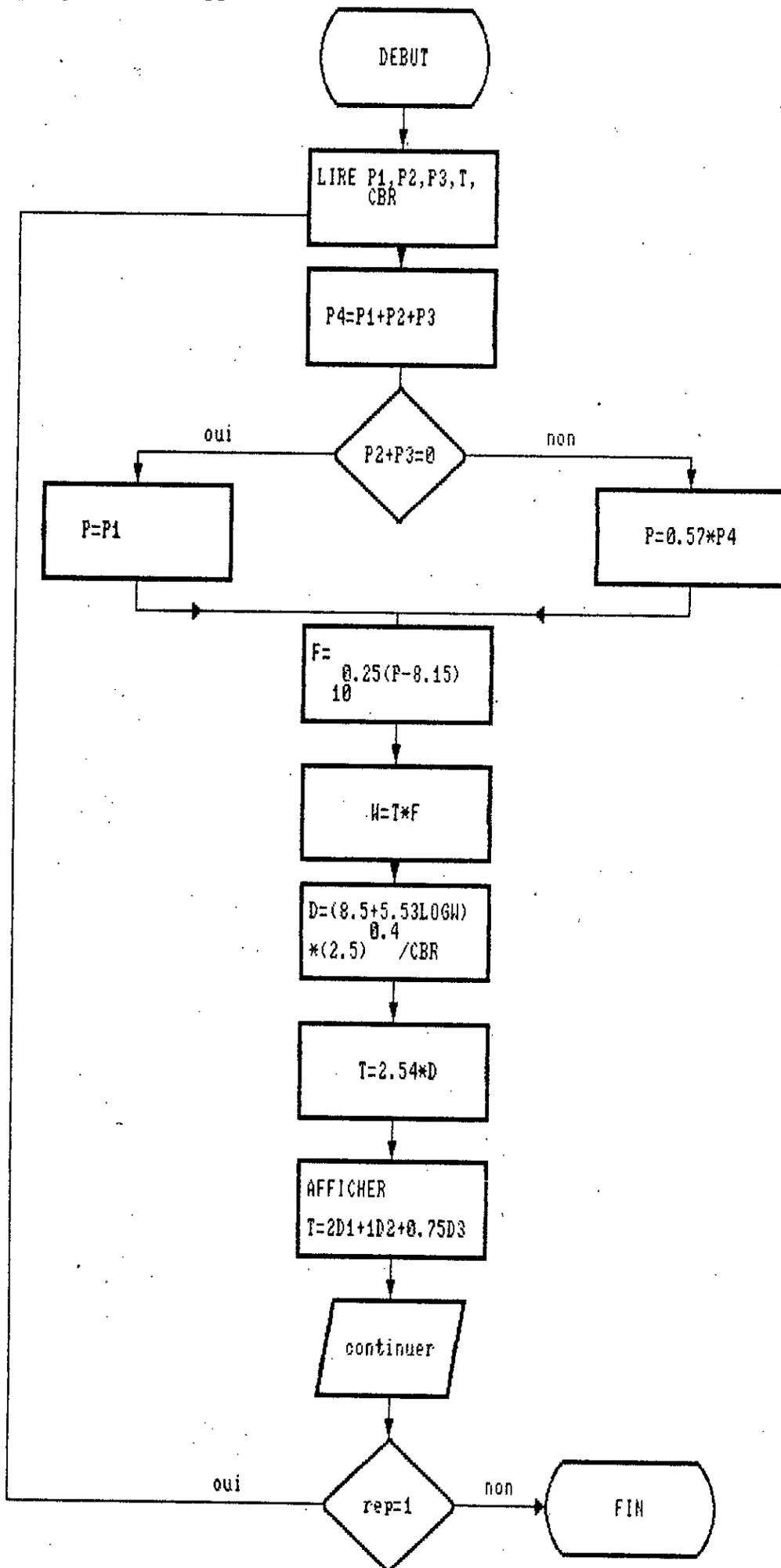


Figure 49

3.4.2. L'organigramme de l'application de la méthode



3.4.3. Présentation de la méthode sous forme d'un programme

```

c *****
c * programme de la methode de l'ASPHALT *
c *****

```

```

OPEN(unit=10,file='Si.DAT',STATUS='NEW')

```

```

write(10,*)' -----* ASPHALT.FOR *-----'
write(10,*)' '

```

```

1 Do 1 i=1,30
  write(*,*)' '
  continue

```

```

c
  write(*,5)
  5 format(' Donner la valeur du premier essieu (en tonne) P1=')
  read(*,*)P1
  write(*,*)' '
  write(*,10)
  10 format(' Donner la valeur du deuxieme essieu (en tonne) P2=')
  read(*,*)P2
  write(*,*)' '
  write(*,15)
  15 format(' Donner la valeur du troisieme essieu (en tonne) P3=')
  read(*,*)P3
  write(*,*)' '
  write(*,20)
  20 format(' Donner la valeur de T (en vih/j) T=')
  read(*,*)T
  write(*,*)' '
  100 write(*,25)
  25 format(' Donner la valeur de CBR (en %) CBR=')
  read(*,*)CBR
  write(10,*)' CBR=',CBR
  write(*,*)' '
  P4=P1+P2+P3
  if((P2+P3).eq.0) then
  P=P1
  else
  P=0.57*P4
  endif
  F=10**(0.25*(P-8.15))
  write(10,*)' F=',F
  W=T*F
  Tep=2.54*(8.50+5.53*log(W))*((2.5)**0.4)/CBR
  write(*,31)F
  write(10,31)F
  31 format(' Facteur equivalence F=',E13.3)
  write(*,30)Tep
  write(10,30)Tep
  30 format(' Epaisseur totale equiv Tep=2D1+D2+0.75D3 =',E13.3)
  write(*,*)' '
  write(*,*)' '
  write(*,*)' '
  write(*,40)
  40 format(' Voulez vous repeter l operation Taper - 1 - ')
  read(*,*)rep
  if(rep.eq.1)then
  go to 100
  else
  stop
  endif
  stop
  end

```

3. 5. Méthode de LIDDLE

3.5.1. Présentation de la méthode

LIDDLE du bureau of public road a essayé de serrer de plus près les résultat de l'AASHO et donc a adapté des modèles mathématique différent de ceux de l'ASPHALTE INSTITUTE .

1° Indice de viabilité:

LIDDLE admet un indice initiale de 4,2 et indice final de 2,5 pour les routes importantes d'ou l'établissement de deux abaqués . Les différences d'épaisseurs correspondant à ces deux indices

ne dépassent pas 5 Cm pour toute valeur du trafic ou du CBR .

2° Coefficient d'équivalence de matériaux « indice d'épaisseur »

LIDDLE emploie la notation d'indice épaisseur .

$$D = SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

Et adopte pour les coefficients a_1 , a_2 , a_3 les valeurs respectives de 0.44, 0.14, et 0.11 trouvées dans les essieux pour les matériaux des sections courantes . Pour d'autre matériaux il suggère les valeurs données dans le tableau (2) .

3° Facteur de charge pour le trafic

Le modèle mathématique choisi, aboutit au facteur de charge suivant:

$$F = \frac{p^{3,83}}{8,15}$$

Ce facteur varie aussi avec l'indice d'épaisseur mais ces variations sont assez faible pour qui une relation unique puisse être établie sans occasionner une erreur appréciable .

Cette relation est illustrée par la figure (20), ce modèle mathématique serre de très près les résultats même essais AASHO

4° L'influence de la répartition de la charge

Le modèle mathématique choisi représente bien les résultats de l'essai AASHO dans le domaine réel de variations des charges et des nombres d'application, LIDDLE la suppose variable pour des nombre d'applications supérieurs à ceux des essais AASHO (10^6) alors qu'il n'est pas conforme aux anciennes méthodes de dimensionnement.

$$1- \quad \text{Log}(w) = 9.36 \text{ Log}(SN + 1) + \frac{\text{Log}(0.63)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}}$$

correspond à un indice de viabilité final 2.5 (pour une route importante)

$$2- \quad \text{Log}(w) = 9.36 \text{ Log}(SN + 1) + \frac{\text{Log}(0.815)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}}$$

correspond à un indice de viabilité final 2.0 (pour une route secondaire)

*W: Nombre d'application de l'essieu de 18 kip (8,15 tonne)
SN: Indice épaisseur en pouces.*

5° Prise en-compte du facteur régional :

LIDDLE introduit un autre facteur régional R qui tient compte de l'état du terrain de fondation au cours des saisons. Ces facteurs tiennent compte du nombre annuel de jours de gel et de dégel du niveau de la nappe phréatique ; et de circonstances défavorables, telles que fortes pentes, zones de virage ou d'arrêt concentrées. Sont capitations demeures assez imprécises.

D'une manière générale, il est compris entre 0.5 et 03. La plus forte valeur représentant le cas le plus favorable.

Ce facteur régional est pris en compte dans le calcul du trafic pondéré par ce facteur qu'il faut considérer dans la détermination de la structure de la chaussée.

$$w_p = R w.$$

w : étant le trafic réel global (exprimé en nombre de passages d'essieu de référence)

6° Influence du sol de fondation

LIDDLE a adopté une échelle arbitraire de « Portance » S. Cette portance est ainsi définie. Il attribue une valeur de portance égale à trois en sol de fondation de base (considéré comme un second sol de fondation de l'essai contient, pour les sections où l'épaisseur de cette couche était suffisamment importante).

Entre ces deux points, il a interpolé en adoptant une échelle logarithmique. Il a ensuite fourni une relation entre cette portance et deux valeurs CBR correspondants chacune à un certain

mode opératoire (10 et 25 coups de dame). le compactage avec le 10 coups de dame correspond sensiblement au (proctor Normal).

Les coefficients d'équivalence évalués par LIDDLE sont présentes dans le tableau ci dessous

Coefficient de conversion de SN en épaisseur

Partie de la chaussée	COEFFICIENT (A) (3)		
	a ₁	a ₂	a ₃
Revêtement			
matériaux enrobée in situ (stabilité faible)	0.20		
béton bitumineux (stabilité forte)	0.40*		
sable enrobé	0.40		
couche de base			
grave		0.07(2)	
pierres concassées		0.14*	
graves traitées au ciment 45,5 Km/cm ² ou plus (650 pa1 ou plus) (1)		0.23(2)	
28 kg/cm ² à 45,5 kg/cm ² (400 pa1 à 650 pa1)		0.20	
Moins de 20kg/cm ² (moins de 400 pa1)		0.15	
graves traitées au bitume		0.30 (2)	
sable enrobé		0.25	
graves traitées à la chaux		0.15-0.30	
couche de fonction			
grave sableuse			0.11*
sable ou argile sable			0.05-0.10

Tableau (2)

(1) résistance à la compression à 7 jour

(2) valeur estimée d'après les résultat de l'essai AASHO, mais avec une précision inférieure a sel des valeurs marquées d'un astérisque.

(3) nous concédèrent que l'utilisateur fait le critère de ses coefficients est leur apportera les modification que son expérience dictera

* d'après l'équation de l'essai AASHO

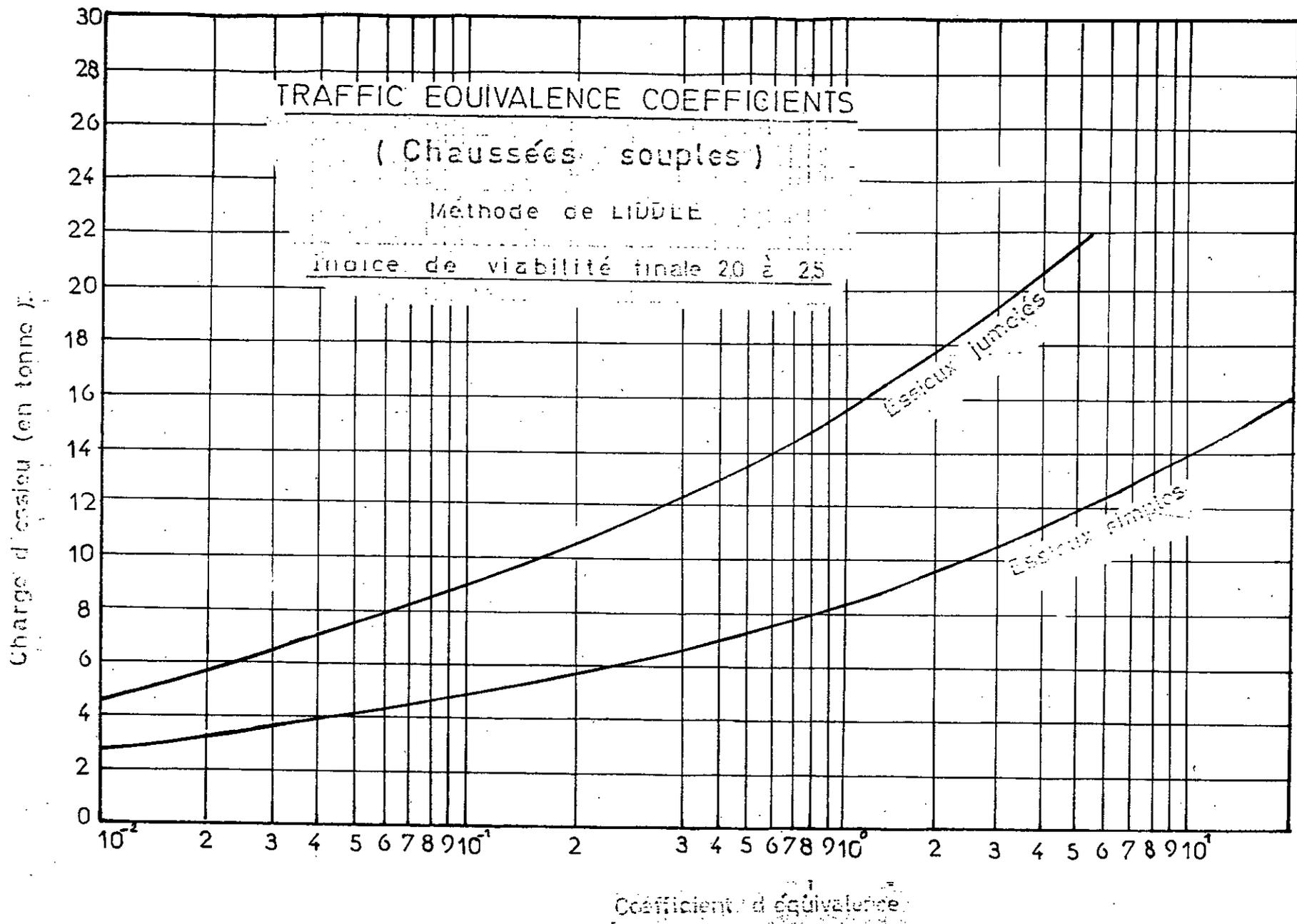
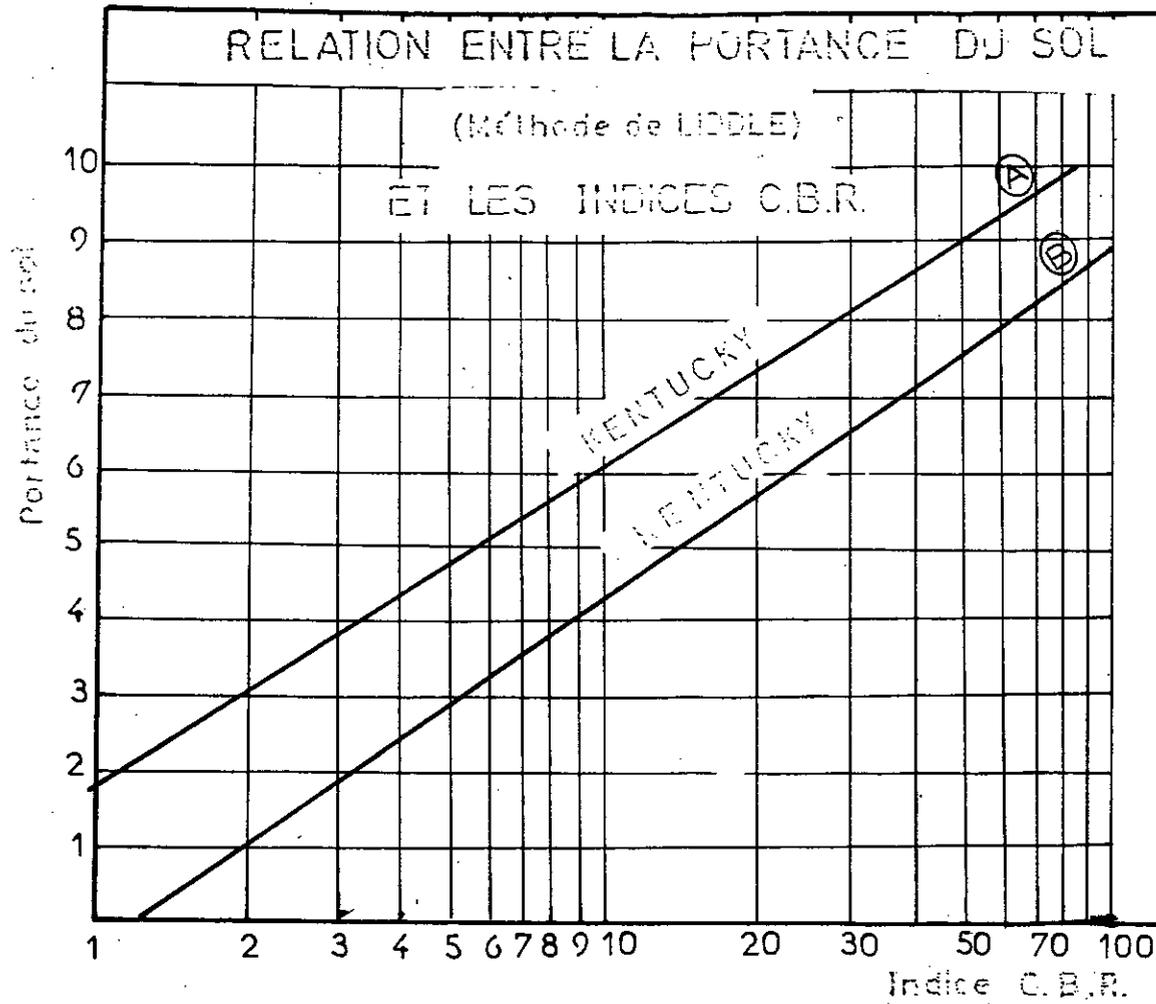


figure (20)

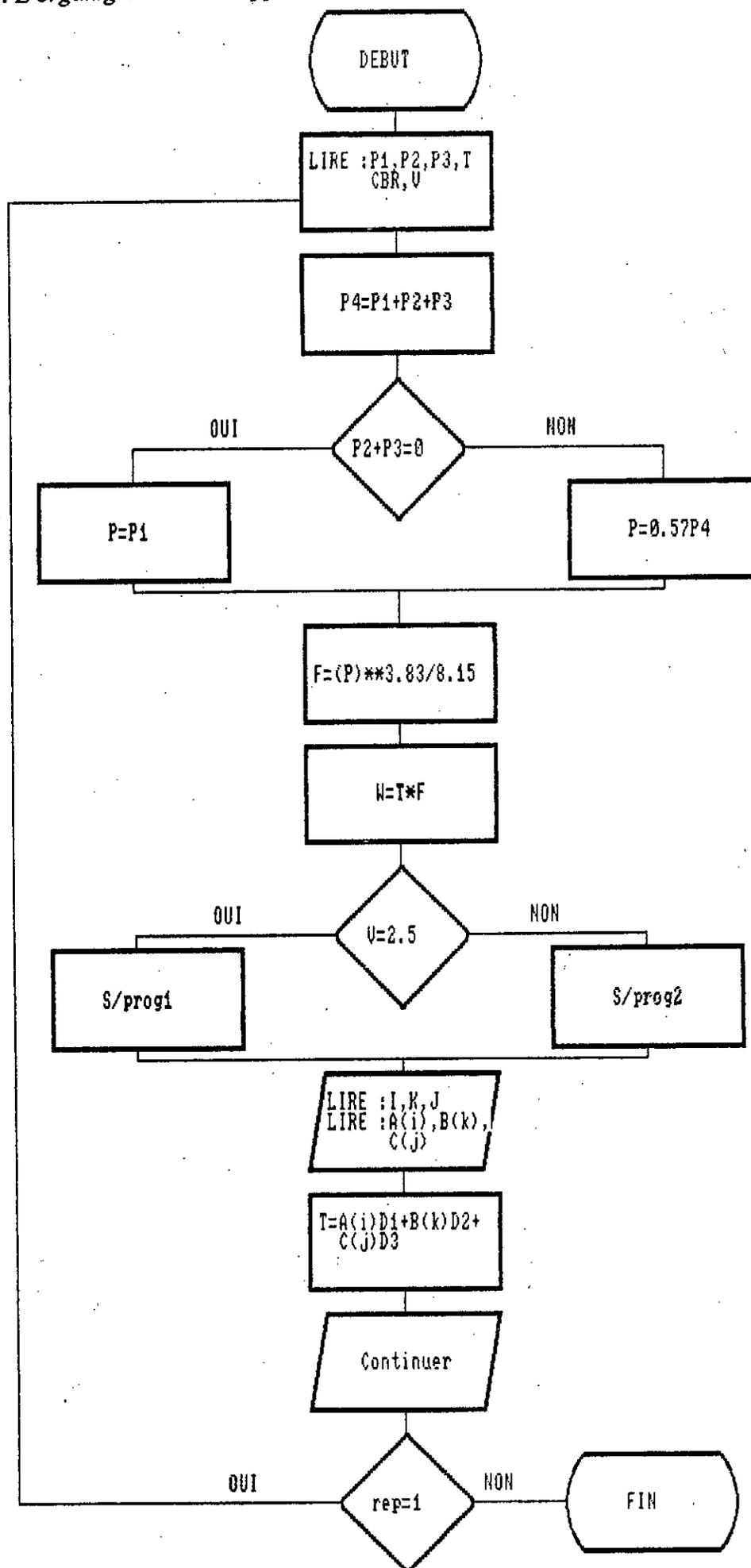


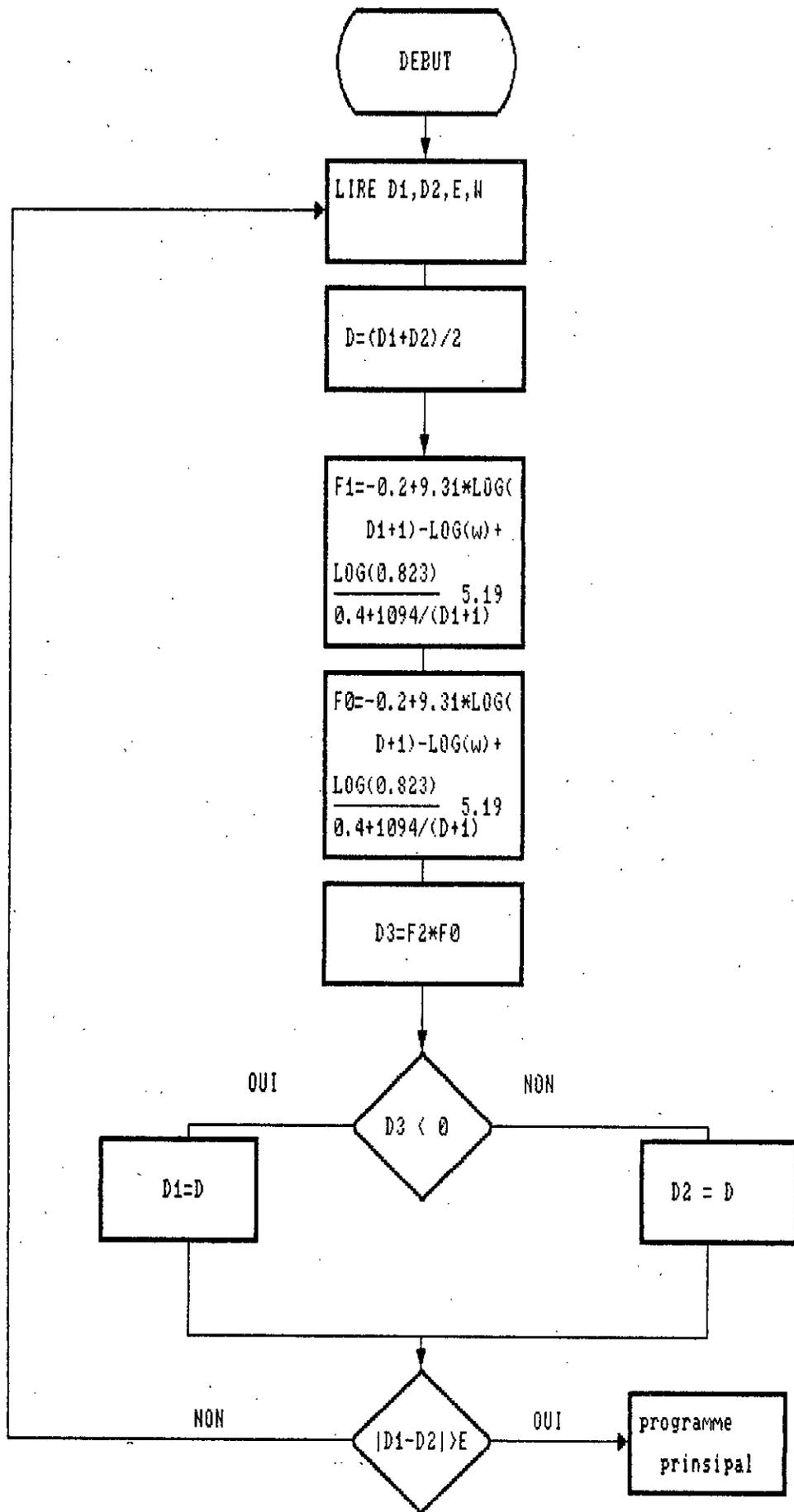
REMARQUES.

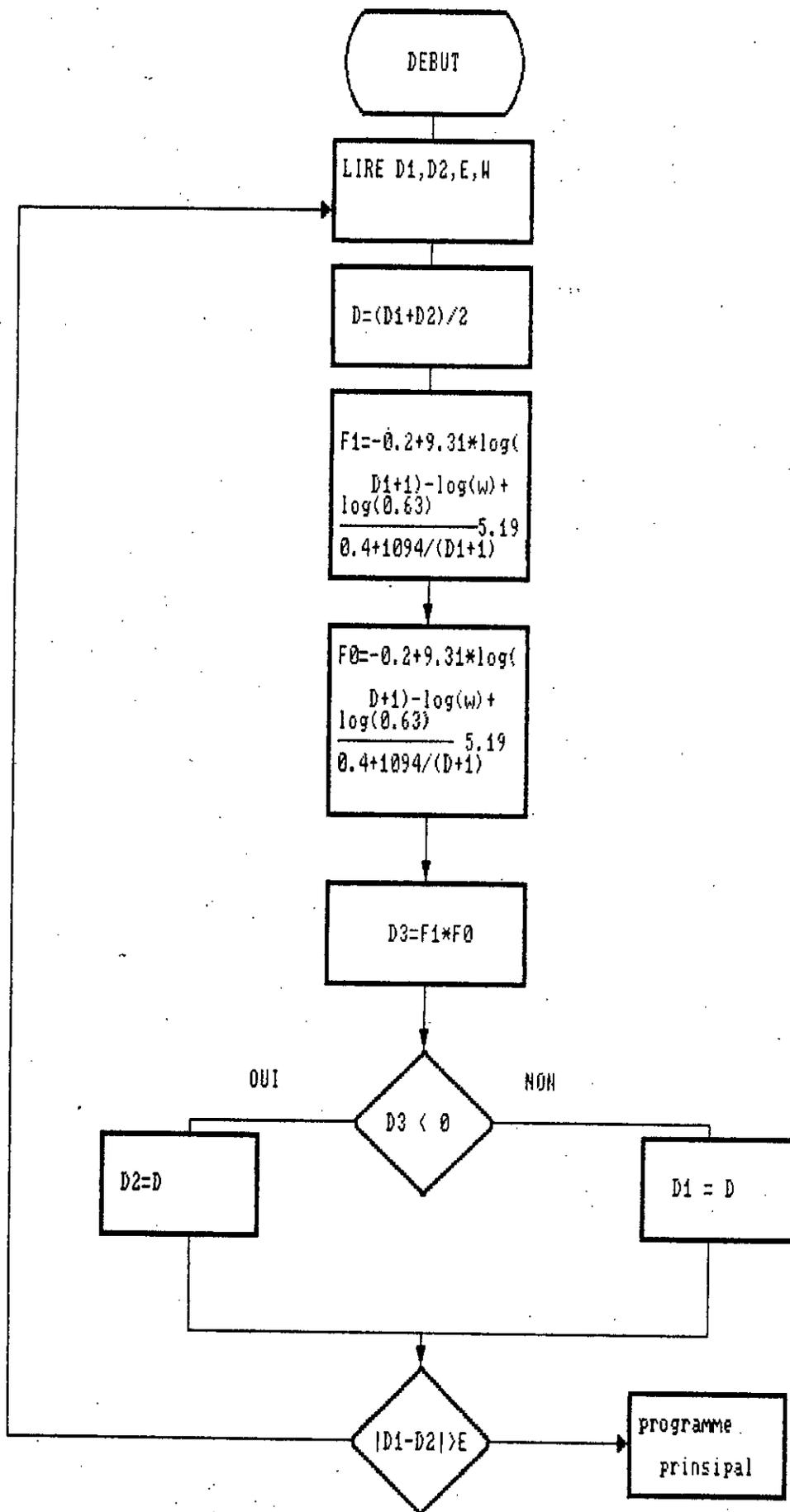
Valeur C.B.R. (A) obtenue à une teneur en eau voisine de l'optimum (Proctor Normal) et à un compactage correspondant à 10 coups de dame Proctor Modifié. Essai réalisé après 4 jours d'imbibition.

Valeur C.B.R. (B) obtenue précédemment mais avec un compactage correspondant à 25 coups de dame.

3.5.2. L'organigramme de l'application de la méthode







3.5.3. Présentation de la méthode sous forme d'un programme

```

Dimension A(50),B(50),C(50)

OPEN(unit=10,file='SiH.DAT',STATUS='NEW')

write(10,*)' -----*          LIDDLE.FOR          *-----'
write(10,*)' '

write(*,1)
1  format(30(/))

write(*,*)' Donner D1 , D2 et E ? '
read(*,*)D1,D2,E

write(*,5)
5  format(/,' donner la valeur du premier essieu (en tonne) P1=')
read(*,*)P1

write(*,10)
10 format(/,' donner la valeur du deuxime essieu (en tonne) P2=')
read(*,*)P2

write(*,15)
15 format(/,' donner la valeur du troisieme essieu (en tonne) P3=')
read(*,*)P3

write(*,20)
20 format(/,' donner la valeur du trafik T=')
read(*,*)T

100 write(*,25)
25 format(/,' donner la valeur de CBR (en %) CBR=')
read(*,*)CBR

write(*,26)
26 format(/,' donner la valeur de f=')
read(*,*)f

write(*,30)
30 format(/,' route importante: lindice de viabilite V=2.5',/,
*' route secondaire:lindice de viabilite V=2')
write(*,35)
35 format(/,' donner la valeur de lindice de viabilite V=')
read(*,*)V

write(*,40)
40 format(/,' le materiau du revetement',/,2x,'i=1:materiaux enrobes
*',/,2x,'i=2:beton bitumineux',/,2x,'i=3:sable enrobe')
write(*,45)
45 format(/,' donner la valeur de i=')
read(*,*)i

write(*,50)
50 format(/,' le materiau de la couche de base',/,2x,'j=1:grave',
*/,2x,'j=2:pierres concassees',/,2x,'j=3:graves traitees au ciment
*45.5 Kg/cm^2',/,2x,'j=4:gtc 28 Kg/cm^2 a 45.5 Kg/cm^2',
*/,2x,'j=5:gtc 20Kg/cm^2',/,2x,'j=6: graves traitees au bitume'
*,/,2x,'j=7:sable enrobe',/,2x,'j=8:graves traitees a la chaux')
write(*,55)
55 format(/,' donner la valeur de j=')
read(*,*)j

```

```

write(*,60)
60 format(//, ' le materiau de la couche de fondation',/,2x,'k=1:
*grave sableuse',/,2x,'k=2:sable ou argile sableuse')
write(*,65)

65 format(/, ' donner la valeur de k=')
read(*,*)k

A(1)=0.20
A(2)=0.44
A(3)=0.40
B(1)=0.07
B(2)=0.14
B(3)=0.23
B(4)=0.20
B(5)=0.15
B(6)=0.30
B(7)=0.25
B(8)=0.22
C(1)=0.11
C(2)=0.07

P4=P1+P2+P3

if((P1+P2).eq.0) then
P=P1
else
P=0.57*P4
endif

F=(P**3.83)/8.15
W=T*F

IF(v.eq.(2.5)) then
CALL RESO1(D1,D2,E,W,D)
else
call RESO2(D1,D2,E,W,D)
endif

write(10,*)' CBR=',CBR
write(10,*)' F =',F
write(*,*)' E =',F
Tep=D*2.54/log(f)
write(*,70)A(i),B(j),C(k),Tep
write(10,70)A(i),B(j),C(k),Tep
70 format(//, ' Tep=',F4.2, 'D1+',F4.2, 'D2+',F4.2, 'D3',/, ' Tep=',E13.5)

write(*,75)
75 format(////, ' Voulez-vous Continuer Tapez - 1 -')
read(*,*)rep

if(rep.eq.1) then
go to 100
else
STOP ' Merci ....'
endif

END

```

SUBROUTINE RESO1(D1,D2,E,W,D)

```
f1=-0.20+9.31*log(D1+1)+log(0.63)/(0.40+1094/  
*(D1+1)**5.19)-log(w)  
f2=-0.20+9.31*log(D2+1)+log(0.63)/(0.40+1094/  
*(D2+1)**5.19)-log(w)  
IF(f1*f2.GE.0) STOP ' Pas de solution dans RESO1 .. ?'
```

200 D=(D1+D2)/2

```
f1=-0.20+9.31*log(D1+1)+log(0.63)/(0.40+1094/  
*(D1+1)**5.19)-log(w)  
f2=-0.20+9.31*log(D2+1)+log(0.63)/(0.40+1094/  
*(D2+1)**5.19)-log(w)  
f0=-0.20+9.31*log(D+1)+log(0.63)/(0.40+1094/  
*(D+1)**5.19)-log(w)
```

IF(ABS(f0).LE.E.AND.ABS(D1-D2).LE.E) THEN

D=(D1+D2)/2

RETURN

ELSEIF(f1*f0.LT.0) THEN

D2=D

GOTO 200

ELSEIF(f2*f0.LT.0) THEN

D1=D

GOTO 200

ENDIF

RETURN

END

SUBROUTINE RESO2(D1,D2,E,W,D)

```
f1=9.31*log(D1+1)+log(0.835)/(0.4+1094/  
*(D1+1)**5.19)-0.2-log(w)  
f2=9.31*log(D2+1)+log(0.835)/(0.4+1094/  
*(D2+1)**5.19)-0.2-log(w)  
IF(f1*f2.GT.0) STOP ' Pas de solution dans RESO2 .. ?'
```

200 D=(D1+D2)/2

```
f1=9.31*log(D1+1)+log(0.835)/(0.4+1094/  
*(D1+1)**5.19)-0.2-log(w)  
f2=9.31*log(D2+1)+log(0.835)/(0.4+1094/  
*(D2+1)**5.19)-0.2-log(w)  
f0=9.31*log(D+1)+log(0.835)/(0.4+1094/  
*(D+1)**5.19)-0.2-log(w)
```

IF(ABS(f0).LE.E.AND.ABS(D1-D2).LE.E) THEN

D=(D1+D2)/2

RETURN

ELSEIF(f1*f0.LT.0) THEN

D2=D

GOTO 200

ELSEIF(f2*f0.LT.0) THEN

D1=D

GOTO 200

ENDIF

RETURN

END

3.6 Méthode des catalogues

3.6.1. Présentation

C'est en septembre 1972, simultanément dans le n° 61 du bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées et dans le n°479 de la revue générale des routes et aérodromes, que MM. CHANTEREAU et LEGER présentaient « le catalogue de structures types de chaussées de la direction des routes et aérodromes, que MM. CHANTEREAU et Léger présentaient « le catalogue de structures types de chaussées de la direction des routes, qui constituait la nouvelle méthode française de dimensionnement des chaussées.

Venant après des méthodes dites rationnelles (Jeuffroy et Bracheler en FRANCE) et d'autres purement empiriques, cette nouvelle méthode faisait, dans une présentation commode pour les ingénieurs, la synthèse des unes et des autres, tout en s'appuyant sur les premières pour le choix des épaisseurs « théoriques » ou plutôt des épaisseurs convenant théoriquement au « matériau idéal » dont sont constituées les éprouvettes de laboratoire, elle évitait, en introduisant d'autres conditions déduites de l'expérience concrète des chantiers, les aberrations auxquelles les méthodes purement rationnelles avaient parfois conduit.

Ces catalogues avaient néanmoins ses limites, qui étaient celle des connaissances de l'époque

- Il tenait assez mal compte du gel.
- Il tenait également mal compte des couches de forme, dont l'utilisation s'est largement développée.
- Les chaussées à trafic très élevé, et de ce fait celles de la plupart des autoroutes de déchargement, étaient exclues du catalogue. Il est cependant à noter que les principes exposés par Mr Sauterey dans Le Bulletin de liaison N°60 (R. Sauterey : Structures de chaussées pour trafic très important) en atténuant les conséquences.

Le nouveau catalogue des structures, approuvé par la circulaire du 5.12.77 du Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire, comble ces différentes lacunes en même temps qu'il tient compte de tous les progrès réalisés depuis 1971 en matière de connaissance du comportement des matériaux et des structures.

Il est excellemment présenté dans l'article qui suit par M. Bouques qui a été un des principaux artisans de cette édition rénovée.

Malgré le progrès très net que représente ce nouveau catalogue, il est clair que nos connaissances doivent encore être améliorées sur un certain nombre de points :

- Connaissance de l'état à long terme des sols sous les chaussées.
- Influence du drainage.
- Mécanique des fissures, qui sont de règle avec certains matériaux modernes.
- Optimisation en matière de conception et de calendrier de travaux d'entretien.
- Conception des chaussées à très faible trafic

Il est donc souhaitable que, malgré l'importance de l'étape qui vient être franchie, l'effort de recherche du LCPC, du SETRA, de CETE et de l'industrie routière se poursuive, et que des progrès décisifs puissent être accomplis au cours des années qui viennent sur ces différents points.

3.6.2. La prise en compte du trafic

Le catalogue 71 conduisait à définir la classe de trafic T_i à partir du trafic total, dans l'hypothèse d'un pourcentage de poids lourds égal à 10 %. Il a paru plus clair, pour le catalogue 77, de faire référence explicitement au nombre de poids lourds (Véhicules de charge utile supérieure ou égale à 5 tonnes), ce qui présente de plus l'avantage de bien mettre en évidence le fait que la fatigue l'évolution structurelle des chaussées résultent des essieux les plus lourds.

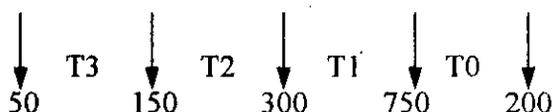
Au delà de 15000V/J limite supérieure de l'ancienne classe T1, le catalogue 71 ne fournissait pas de structures et se contentait de renvoyer à une « étude spéciale » sans d'ailleurs en préciser le contenu. Si à l'époque de sa conception (1970), seule une faible fraction des projets dépassait la limite de 15000V/J, ce fait est devenu suffisamment fréquent à l'heure actuelle pour que l'on introduise une nouvelle classe de trafic nommée TO s'agissant de très forts trafic, et donc souvent de chaussées à grand nombre de voies la notion de trafic sur l'ensemble des voies n'est plus en relation étroite avec les charges réellement supportées par chaque voie.

On est donc arrivé à l'idée de « trafic PL sur la voie la plus chargée »: c'est pour cette voie que le catalogue fournit un dimensionnement les structures des autres voies s'en déduisant par des règles simples. La limite haute adoptée par la classe TO est de 2000PL/j voie à la prise en service; cette valeur est suffisamment proche de la saturation pour qu'il n'y ait pas trop de projets échappant au domaine d'utilisation du catalogue de l'autre côté de la gamme des trafics, l'ancienne classe T4(200 à 750V/j dans les deux sens) n'a pas été maintenue pour deux raisons vraisemblablement étroitement liées.

- Le catalogue 71 n'a pratiquement pas été utilisé en T4, les services ayant donné la préférence à d'autres solutions;

Le principe de standardisation des structures et matériaux n'est pas universel et ne saurait être appliqué économiquement en toutes circonstance: pour les faibles trafics en particulier, on peut se demander si les matériaux et structures du catalogue 71 ne conduisent pas à des solutions trop « luxueuses » (ce qui ne signifie pas « sur dimensionnées ») et s'il n'y a pas place pour des solutions locales bien éprouvées, plus simples et moins coûteuses.

La règle de détermination de la classe T_i est illustrée par la fg suivante:



Dans le cas moyen où les circulants sur les voies les plus chargées représentent 10% du trafic total, on arrive à un rapport de 20 entre trafic tous véhicules (deux sens) et trafic PL (voie la plus chargée). Alors, malgré le changement de définition, les classes T3, T2 et T1 communes aux deux catalogues correspondent au même trafics lourds réels.

Par comparaison avec les résultats du recensement de circulation de 1972, les classes de trafic de catalogue 77 recouvrent les pourcentages suivants du réseau routier en service.

<i>Classe de trafic</i>	<i>Schéma directeur</i>	<i>RN rétrocédées</i>
T3	18,2%	51,6%
T2	39,4%	12,1%
T1	38,0%	2,3%
T0	2,4%	0,1%
Total	98,0%	66,1%

Tableau (3)

Compte tenu de l'évolution de la circulation lourde depuis 1972 l'importance de la classe T0 paraît sous-estimée dans ce tableau, et se situe plus vraisemblablement aux environs de 10% des projets bien entendue, ce tableau ne représente pas le domaine réglementaire d'utilisation du catalogue 77, qui n'est obligatoire que sur le schéma directeur.

3.6.3. La prise en compte du support de Chaussée

La prise en compte du sol et de la couche de forme représente le chapitre le plus volumineux de la notice d'utilisation du catalogue 77. Il s'agit en effet d'une question fort délicate, faisant intervenir plusieurs disciplines, et dont la présentation sous forme d'une règle opérationnelle doit

être simple (sans être simple) mais de portée générale.

- Les classes de sol SK Sont obtenues par un R classement en deux étapes:

- La première étape consiste à définir par des critères d'identification la catégorie géotechnique du sol telle qu'elle résulte de la nouvelle classification géotechnique introduite par la récente recommandation pour les terrassement routiers.
- Ensuite pour chaque catégorie, des critères adaptés à la nature du sol (teneur en eau, degré de saturation,...) permettent d'aboutir à un classement mécanique utilisable pour les besoins du dimensionnement des chaussées, cinq classes ont été définies (S1 à S5).

La classe S5 regroupe les sols susceptibles de se trouver soit au moment de la réalisation de la chaussée, soit au cours de la vie de la chaussée, dans des conditions telles que la portance risque être quasi nulle ou que le chantier n'est pas possible. (zone de transition remblai déblai ; teneur en eau très élevée, etc....), IL se pose donc un problème géotechnique; le sol classé S5 pourtant se trouver à court ou long terme dans un état extrême, la solution doit être chercher n'ont pas

dans une épaisseur de chaussée mais sans une opération de terrassement ou de drainage. C'est la raison pour laquelle le catalogue 77 renvoie le projeteur, dans tel cas, à une étude géotechnique ayant pour objectif de définir les moyens nécessaires acceptable (par référence à ce qui permet de classer un sol ou moins en S4), et au moment de la mise en oeuvre des couches de chaussée la possibilité de respect de tolérance de nivellement et de déformabilité mentionnées plus haut.

En règle générale, le sol ainsi amélioré se situera au niveau de qualité d'un sol classé S4. IL sera vraisemblablement assez exceptionnel de pouvoir assimiler à S3 le sol amélioré, les sols S5 correspond donc aux plus mauvais des sols classées S1 par l'ancien catalogue .

Dans les classes S1àS5 se trouvent regroupés les sols au comportement plus favorable, allant d'une portance excellente (S1) jusqu'à une portance faible à long terme mais acceptable (S5).

(On notera la classe S5 n'existe plus).

. Vérification au gel-dégel

En Algerie le gel-degel n'a pas été pris en considération sans le classement .

3.6.4. Application de la méthode

Soit un catalogue de structures des chaussée pré-calculées établi pour une gamme restreinte de climats, pour de matériaux standardisés . Ce mode de présentation est particulièrement bien adapté aux besoins d'une administration routières d'un pays donné.

En Algérie en utilise le catalogue B60-B61 .Ce catalogue de structure de chaussées est applicable aux chaussée de l'Algérie, à l'exemption des chaussées sahariennes .

Ce catalogue concerne :

- * chaussées souples -S-
- * chaussées rigides -R-
- * chaussées mixtes -M-

Pour définir une structure il faut donc effectuer choix 3 .

1° Choix du trafic de référence T_i qui est déterminée par le tableau suivant :

CLASSE DE TRAFIC	Nombre de poids lourds >5t cumule pendant la durée de vie
T0	$T0 < 3,5 \cdot 10^5$
T1	$3,5 \cdot 10^5 < T1 < 7,3 \cdot 10^5$
T2	$7,3 \cdot 10^5 < T2 < 2 \cdot 10^6$
T3	$2 \cdot 10^6 < T3 < 7,39 \cdot 10^6$
T4	$7,39 \cdot 10^6 < T4 < 4 \cdot 10^7$
T5	$T5 > 4 \cdot 10^7$

Tableau (4)

2° Choix du sol de référence c'est en fonction de l'indice CBR

Indice CBR	CLASSEMENT DES SOLS .
CBR < 3	S5
3 à 5	S4
5 à 10	S3
10 à 25	S2
CBR > 25	S1

Tableau (5)

3° Choix des fiches du type catalogue c'est à dire le type de chaussée(R , M ou S)en fonction de :

- *Des conditions locales de disponibilité des matériaux
- *Des avantages ou des inconvénients de chaque type de chaussée .
- *Une comparaison économique du coût .

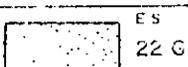
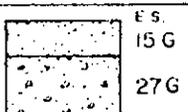
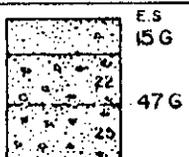
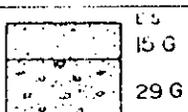
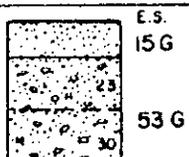
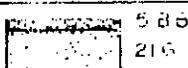
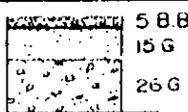
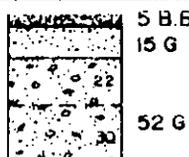
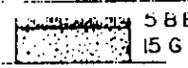
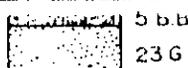
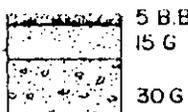
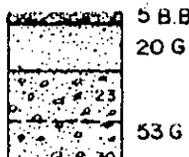
CHAUSSEES NEUVES

Une grave 0/40 mm. es. tolérée en couche de base pour T0-T1-T2

Revêtement: Enduit superficiel (E.S.) ou Béton bitumineux (B.B.)

Base Grave (G)

Fondation Grave (G)

nb. trafic	S1	S2	S3	S4
T0	 E.S. 15 G	 E.S. 22 G	 E.S. 15 G 27 G	 E.S. 15 G 22 25 47 G
T1	 E.S. 15 G	 E.S. 24 G	 E.S. 15 G 29 G	 E.S. 15 G 23 30 53 G
T2	 5 B.B. 15 G	 5 B.B. 21 G	 5 B.B. 15 G 26 G	 5 B.B. 15 G 22 30 52 G
T3	 5 B.B. 15 G	 5 B.B. 23 G	 5 B.B. 15 G 30 G	 5 B.B. 20 G 23 30 53 G
T4				
T5		voir chaussées mixtes ou rigides		

Nota: Les épaisseurs sont indiquées en centimètres

CHAUSSEES NEUVES

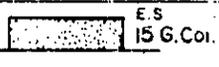
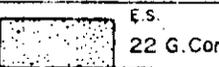
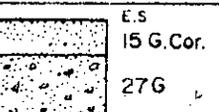
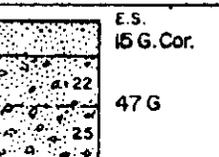
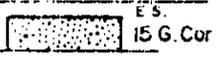
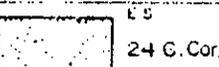
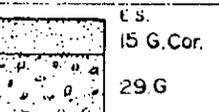
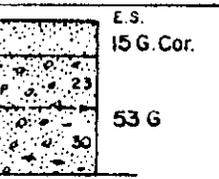
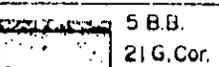
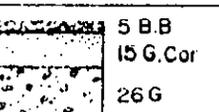
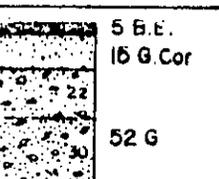
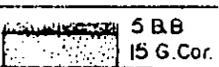
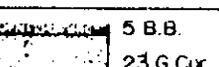
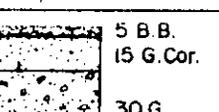
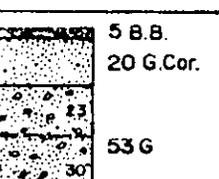
structure	S
riche n°	2

Une grave 0/40 mm. est tolérée en couche de base pour T0-T1-T2

Revêtement : Enduit superficiel (E.S.) ou Béton bitumineux (B.B.)

Base : Grave corrigée (G.Cor.)

Fondation : Grave (G)

SOI / Tratic	S1	S2	S3	S4
T0	 E.S. 5 15 G.Cor.	 E.S. 5 22 G.Cor.	 E.S. 5 15 G.Cor. 27 G	 E.S. 5 15 G.Cor. 22 25 47 G
T1	 E.S. 5 15 G.Cor.	 E.S. 5 24 G.Cor.	 E.S. 5 15 G.Cor. 29 G	 E.S. 5 15 G.Cor. 23 30 53 G
T2	 5 B.B. 15 G.Cor.	 5 B.B. 21 G.Cor.	 5 B.B. 15 G.Cor. 26 G	 5 B.B. 15 G.Cor. 22 30 52 G
T3	 5 B.B. 15 G.Cor.	 5 B.B. 23 G.Cor.	 5 B.B. 15 G.Cor. 30 G	 5 B.B. 15 G.Cor. 23 30 53 G
T4				
T5		voir chaussées mixtes ou rigides		

Nota : Les épaisseurs sont indiquées en centimètres

CHAUSSEES NEUVES

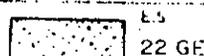
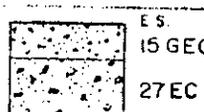
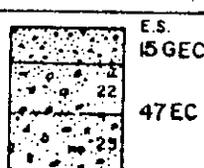
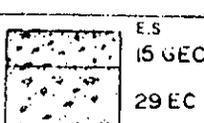
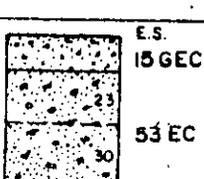
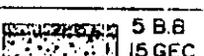
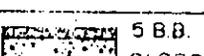
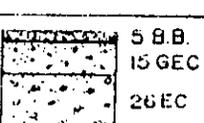
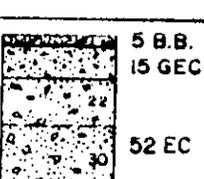
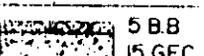
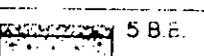
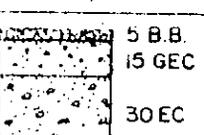
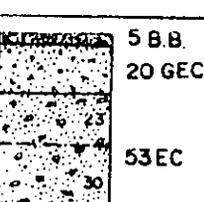
structure	S
fiche n°	3

Une grave 0/40mm est tolérée en couche de base pour T0-T1-T2

Revêtement : Enduit superficiel (ES) ou Béton bitumineux (B.B.)

Base : Grave d'encroutement calcaire (GEC)

Fondation : Grave ou sable d'encroutement calcaire (EC)

sol trafic	S1	S2	S3	S4
T0	 LS 15 GEC	 ES 22 GEC	 ES 15 GEC 27 EC	 ES 15 GEC 22 47 EC 23
T1	 ES 15 GEC	 ES 24 GEC	 ES 15 GEC 29 EC	 ES 15 GEC 23 53 EC 30
T2	 5 B.B. 15 GEC	 5 B.B. 21 GEC	 5 B.B. 15 GEC 26 EC	 5 B.B. 15 GEC 22 52 EC 30
T3	 5 B.B. 15 GEC	 5 B.B. 23 GEC	 5 B.B. 15 GEC 30 EC	 5 B.B. 20 GEC 23 53 EC 30
T4				
T5		voir chaussées mixtes ou rigides		

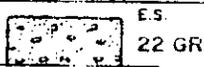
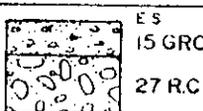
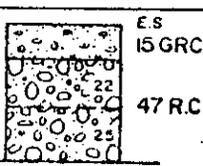
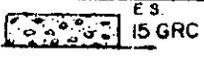
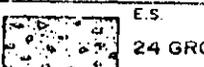
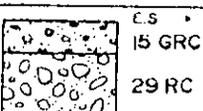
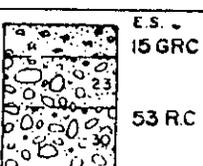
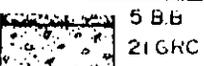
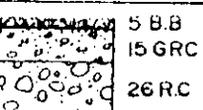
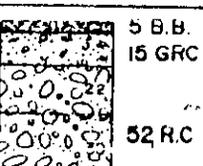
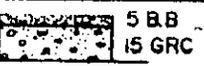
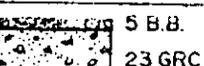
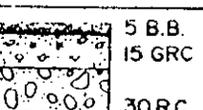
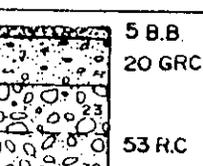
Nota : Les épaisseurs sont indiquées en centimètres

CHAUSSEES NEUVES

structure	S
fiche n°	4

Une grave 0/40 mm. est tolérée en couche de base pour T0-T1-T2

Revêtement : Enduit superficiel (E.S.) ou Béton bitumineux (B.B.)
 Base : Grave de roche carbonatée (GRC)
 Fondation : Roche carbonatée (R.C)

Sol	S1	S2	S3	S4
T0	 E.S. 15 GRC	 E.S. 22 GRC	 E.S. 15 GRC 27 R.C	 E.S. 15 GRC 22 25 47 R.C
T1	 E.S. 15 GRC	 E.S. 24 GRC	 E.S. 15 GRC 29 R.C	 E.S. 15 GRC 23 30 53 R.C
T2	 5 B.B. 15 GRC	 5 B.B. 21 GRC	 5 B.B. 15 GRC 26 R.C	 5 B.B. 15 GRC 22 26 52 R.C
T3	 5 B.B. 15 GRC	 5 B.B. 23 GRC	 5 B.B. 15 GRC 30 R.C	 5 B.B. 20 GRC 23 30 53 R.C
T4	voir chaussées mixtes ou rigides			
T5	voir chaussées mixtes ou rigides			

Nota : Les épaisseurs sont indiquées en centimètres

CHAUSSEES NEUVES

structure	S
fiche n°	5

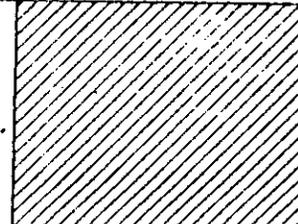
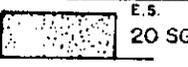
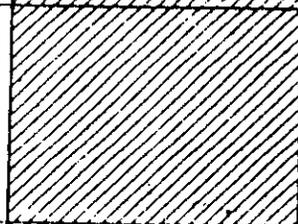
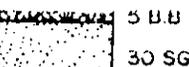
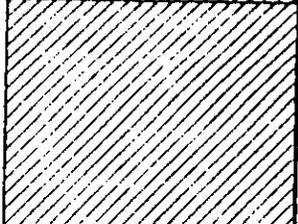
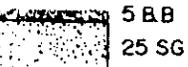
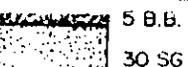
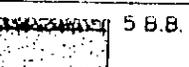
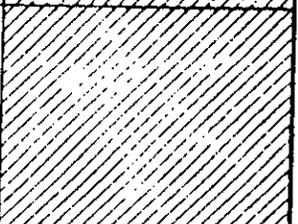
(1) ou sable enrobé si la région est dépourvue de ressources en granulats

non conseillé. prévoir un remblai ou une couche de forme épaisse pour passer en S3 ou S2

Revêtement : Enduit superficiel (E.S.) ou Béton bitumineux (B.B.)⁽¹⁾

Base : Sable gypseux (ou gypsocalcaire) (SG)

Fondation : Sable gypseux (ou gypsocalcaire) (SG)

sol trafic	S1	S2	S3	S4
T0	 E.S. 15 SG	 E.S. 15 SG	 E.S. 20 SG	
T1	 E.S. 15 SG	 E.S. 20 SG	 E.S. 25 SG	
T2	 5 B.B. 20 SG	 5 B.B. 25 SG	 5 B.B. 30 SG	
T3	 5 B.B. 25 SG	 5 B.B. 30 SG	 5 B.B. 40 SG	
T4				
T5		voir chaussées mixtes ou rigides		

Nota : Les épaisseurs sont indiquées en centimètres

4. Application des différentes méthodes

Dans cette application nous aurions traité un exemple réelle d'une chaussée souple sous un trafic journalier moyen annuel donné et suivant certaines conditions imposées dans cette dernière, en la dimensionnant pour des différentes valeurs de CBR donnés .

L'application contient comporte deux calculs essentiels sont les suivants :

- Calcul du trafic .
- Calcul des épaisseurs .

4.1. Calcul du trafic .

Données :

- Type de sol: divers valeur de la portance .
- Type de chaussée: Chaussée à deux voies .
- Durée de vie : $n = 10$ ans .
- Condition du trafic :
 - * TJMA (trafic journalier moyen annuel) égal à 32.237 v/j .
 - * Taux d'accroissement annuel égal à 5%
 - * Classe de type de véhicule
 - * Nombre d'année s'écoulant entre l'année de mise en service et l'année de comptage égal à 2 ($k = 2$) .
 - * Age en années de la chaussée depuis la construction égal à 5 ($s = 5$) .
 - * Le calcul se fait sous une charge de camion dont le poids est de 14 tonnes (poids du 1er essieu = 5t et le poids du 2ème essieu = 9t) .

Type de Véhicule	Poids total (Tonne)	Nbre d'essieux	Poids d'essieu avant (Tonne)	Poids d'essieux arrières (Ton.)	Distribution du trafic (%)
Véhicules légers	1	2	0,5	0,5	15,30
Pick up	2	2	1	1	20,00
Camions (6 roues)	14	2	5	9	15,00
Camions (10 roues)	30	3	10	20	9,70
Camions citerne (6 roues)	22	2	9	13	30,00
Camions citernes (10 roues)	26	2	6	20	10,00

Tableau (6)

Remarque :

Dans le calcul de trafic considéré, on utilise seulement les pourcentages correspondes au poids lourds C'est à dire, on calcul avec le %P4, le %P5, et le %P6 .

En appliquant le programme de caltra, on trouve :

4.1.1. Calcul du trafic poids lourds à la l'année de mise en service :

- On a :
- TJMA = 32.237 v/j
 - i = 0.05
 - k = 2 ans
 - %P4 = 15%
 - %P5 = 9.7%
 - %P6 = 30%

D'ou Tms = 19.50 v/j

Et comme la chaussée est constituée de deux voies Tms sera égal à :

$$Tms = 39 \text{ v/j}$$

4.1.2. Calcul du trafic cumulé pour la durée de vie estimée

On a : - $T_{ms} = 39.00$ v/j
- $n = 10$ ans
- $i = 0.05$

D'ou $T_c = 89253$ véhicules

4.1.3. Calcul du trafic cumulé écoulé

On a : - $T_{JMA} = 32.237$ v/j
- $i = 0.05$
- $s = 5$ ans

D'ou $T_e = 50943$ véhicules

4.1.4. Calcul du trafic total

On a : - $T_c = 89253$ véhicules
- $T_e = 50953$ véhicules

D'ou $T = 140200$ véhicules

4.1.5. Calcul du trafic équivalent à la méthode d'ASPHALTE INSTITUTE.

Le trafic équivalent est obtenu à partir des résultats du tableau ci-dessous, qui nous donne le nombre de passages équivalent de l'ASPHALTE méthode (npa).

Type de Véhicule	nbre de véhicules	Nbre d'essieux et Poids	Coefficient d'équivalence	Nbre de passages	Nbre de passages équivalent
Véhicules légers	21 451	(2) 0,5	0,009	42 902	386
Pick up	28 040	(2) 1	0,013	56 080	729
Camions (6 roues)	21 030	(1) 05	0,163	21 030	3 428
		(1) 09	1,63	21 030	34 279
Camions (10 roues)	13 600	(1) 10	2,9	13 600	39 440
		(2) 20	6,5	27 200	176 800
Camions citerne (6 roues)	30 844	(1) 06	0,29	30 844	8 945
		(1) 09	1,63	30 844	50 276
Camions citernes (10 roues)	36 452	(1) 06	0,29	36 452	10 571
		(2) 20	6,5	72 904	473 876

74,9 x 10⁴ passages

Tableau (7)

4.1.6. Calcul du trafic équivalent à la méthode de LIDDLE

Le trafic équivalent est obtenu à partir des résultats du tableau ci-dessous, qui nous donne le nombre de passages équivalent de LIDDLE méthode (npl)

Type de Véhicule	nbre de véhicules	Nbre d'essieux et Poids	Coefficient d'équivalence	Nbre de passages	Nbre de passages équivalent
Véhicules légers	21 451	(2) 0,5	-	-	-
Pick up	28 040	(2) 1	0,0003	56 080	17
Camions (6 roues)	21 030	(1) 05	0,154	21 030	3 239
		(1) 09	1,46	21 030	3 070
Camions (10 roues)	13 600	(1) 10	2,2	13 600	29 920
		(2) 20	3,6	27 200	97 920
Camions citerne (6 roues)	30 844	(1) 06	0,31	30 844	9 562
		(1) 09	1,46	30 844	45 032
Camions citernes (10 roues)	36 452	(1) 06	0,31	36 452	11 300
		(2) 20	3,6	72 904	262 455

46,26 x 10⁴ passages

Tableau (8)

4.1.7. Résumé

Dans le calcul des épaisseurs réels et équivalents on va utiliser les résultats suivantes qui sont déjà déduites au dessus dans le calcul du trafic :

- Pour les abaques du Corps Of Engineers, on utilisera l'abaque ou il se trouve la courbe correspondance à une charge de 17.9 tonnes .
- Pour les abaques du Road Ressarch, on calcul les épaisseurs souhaitable correspondance à les indices CBR donnés avec un trafic de 39 véhicules/jour .
- On calcul les épaisseurs réels et celle du équivalent dans la méthode ASPHALTE INSTITUTE avec un nombre de passages d'un essieu de 8.15 égal à 74.9 10⁴ passages
- Pour le calcul des épaisseurs réels ou équivalent dans la méthode de LIDDLE, on utilise un nombre de passages d'un essieu de 8.15 tonnes égale à 46.26 10⁴ passages .

4.2. Calcul des épaisseurs par les différentes méthodes

4.2.1. Introduction

Dans le cadre, de bien voir la variation des épaisseurs d'une méthode à une autre pour les méthodes citées au dessus on les calcul pour des différents indices CBR donnés ci dessous :

- CBR = 2.5
- CBR = 5.0
- CBR = 8.0
- CBR = 10.0
- CBR = 15.0
- CBR = 20.0
- CBR = 30.0
- CBR = 45.0
- CBR = 60.0
- CBR = 80.0

Dans le but de trouver les épaisseurs équivalent, on utilise les courbes de la figure (21) pour définir le rapport entre les facteurs de portance de LIDDLE et les indices CBR.

Ce rapport est présenté par le tableau suivant :

CBR	2,5	5,0	8,0	10,00	15,00	20,00	30,00	45,00	60,00
FDP	3,0	4,3	5,2	5,6	6,4	7,8	8,7	9,5	10,10

Tableau (9)

4.2.2. Calcul des épaisseurs

a. Calcul des épaisseurs par la méthode CBR

En utilisant les abaques de Corps Of Engineers et du Road Research Laboratory, on peut tracer le tableau suivant :

CBR	Corps Of Engineers	Road Research Laboratory			
	Epais. Total	Epais. De R	Epais. De CB	Epais. De CF	Epais. Total
2,5	-	5	15	20	40,0
5,0	40	5	15	7,5	27,5
8,0	30	5	15	7,5	27,5
10	27,5	5	15	7,5	27,5
15	22	5	15	7,5	20
20	22	5	15	-	20
30	22	5	15	-	20
45	22	5	15	-	20
60	22	5	15	-	20

Tableau (10)

Ce tableau présente tous les résultats souhaitables sur les épaisseurs totales réelles de la chaussée qui a été dimensionnée par la méthode précédente (Méthode CBR).

b. Calcul des épaisseurs par la méthode de Catalogue

On a trouvé à partir du programme CALTRA le trafic total $T = 140\ 200$ passages de véhicules dont la classe de trafic est T_0

On choisi une chaussée constituée par :

- Couche de revêtement en bétons bitumineux
- Couche de base en graves traitées
- Couche de fondation en graves

A partir de ces dernières données, on peut tracer le tableau suivant qui nous permet d'avoir les épaisseurs totales réels de la chaussée par la méthode de Catalogues

CBR	Catalogue			
	Epais. De R	Epais. De CB	Epais. De CF	Epais. Total
2,5	5	15	50	70
5,0	5	15	47	67
8,0	5	15	27	47
10	5	15	27	47
15	5	15	7	27
20	5	15	7	27
30	5	15	-	20
45	5	15	-	20
60	5	15	-	20

Tableau (11)

c. Calcul des épaisseurs suivant la méthode d'Asphalte Institute

On a : $P_4 = 5$ tonnes

$P_5 = 9$ tonnes

$P_6 = 0$ tonne

Epaisseur équivalente $T = 2 D_1 + D_2 + 0,75 D_3$

Avec D_1 : Epaisseur de couche de revêtement

D_2 : Epaisseur de couche de base

D_3 : Epaisseur de couche de fondation

En utilisant le programme d'Asphalte, qui nous permet d'avoir les épaisseurs totales réelles et celles des équivalentes présentées par le tableau suivant :

CBR	Epaisseur équivalente	Méthode d'Asphalte Institute			
	Epais. Total	Epais. De R	Epais. De CB	Epais. De CF	Epais. Total
2,5	121	10	20	80	110
5,0	60.65	10	20	27	57
8,0	37.82	5	15	17	37
10	30.25	5	10	14	29
15	20.16	5	5	7	17
20	15.10	5	5	-	10
30	10.08	5	-	-	5
45	6.7	-	-	-	-
60	5.04	-	-	-	-

Tableau (2)

Remarque:

Le facteur de charge de l'Asphalte égale à 0,907 pour cette application (donné par le programme d'ASPHALTE) .

d. Calcul des épaisseurs suivant la méthode de LIDDLE

On a : P4 = 5 tonnes

P5 = 9 tonnes

P6 = 0 tonne

Epaisseur équivalente $T = 0,44 D1 + 0,23 D2 + 0,11 D3$

Avec D1 : Epaisseur de couche de revêtement

D2 : Epaisseur de couche de base

D3 : Epaisseur de couche de fondation

On a proposé dans cette application que la chaussée souhaitable est une route importante, elle est constituée à partir des matériaux suivants:

- Couche de revêtement en bétons bitumineux
- Couche de base en graves traitées en ciment
- Couche de fondation en graves sableuses

D'où on a : $i = 2$ $j = 3$ $k = 1$

En utilisant le programme de LIDDLE pour nous pouvons calculer les épaisseurs équivalents et celle des réelles qui sont présentés par le tableau suivant:

CBR	Épaisseur équivalente	Méthode de LIDDLE			
		Epais. Total	Epais. De R	Epais. De CB	Epais. De CF
2,5	18.20	10	20	83	113
5,0	13.71	10	20	42	72
8,0	12.71	10	20	33	63
10	11.60	10	20	23	53
15	10.77	10	15	26	51
20	9.73	10	15	17	42
30	9.24	10	15	23	38
45	8.88	10	10	19	37
60	8.68	10	10	18	37

Tableau (3)

Remarque

Le facteur de charge de LIDDLE égale à 350 pour cette application (donné par le programme de LIDDLE).

4.3 Présentation graphique des résultats obtenues ci dessus

4.3.1 Les anciennes méthodes

A partir des résultats représentées dans le tableau (10) , on peut tracer les courbes correspondants aux résultats des deux anciennes méthodes (Corps OF Engineiers et Read Research labotory), ainsi la courbe moyenne de ses deux dernières .

Ces courbes sont présentées sur la figure (2)

Presentation graphique des resultats

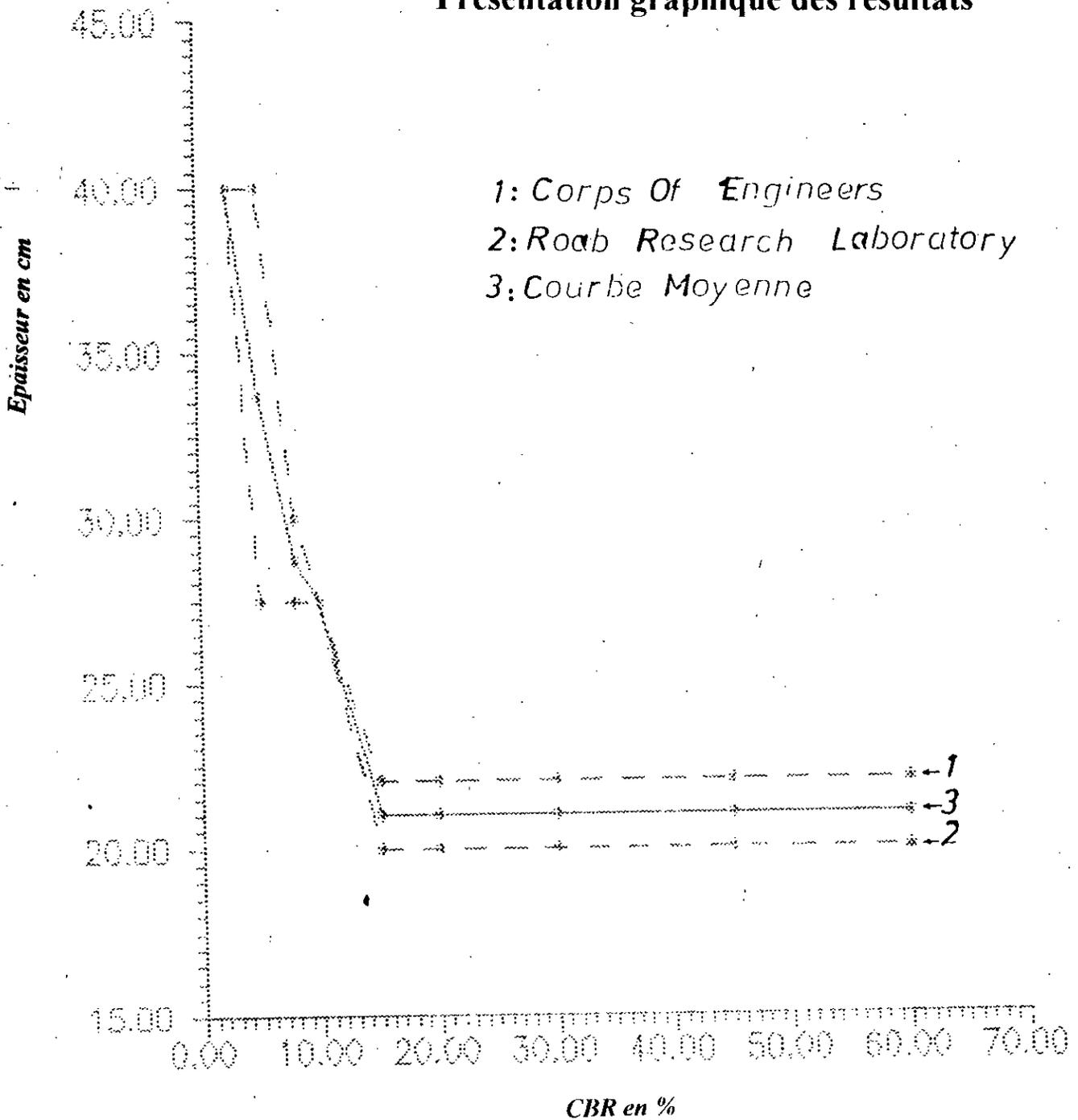


figure (22)

4.3.2 Les nouvelles méthodes

A partir des résultats présentés dans le tableau (), on peut tracer les courbes correspondants aux résultats des deux nouvelles méthodes (Asphalt Institute et Liddle), ainsi la courbe moyenne des deux dernières .

ces trois courbes sont présentées dans la figure (23)

Presentation graphique des resultats

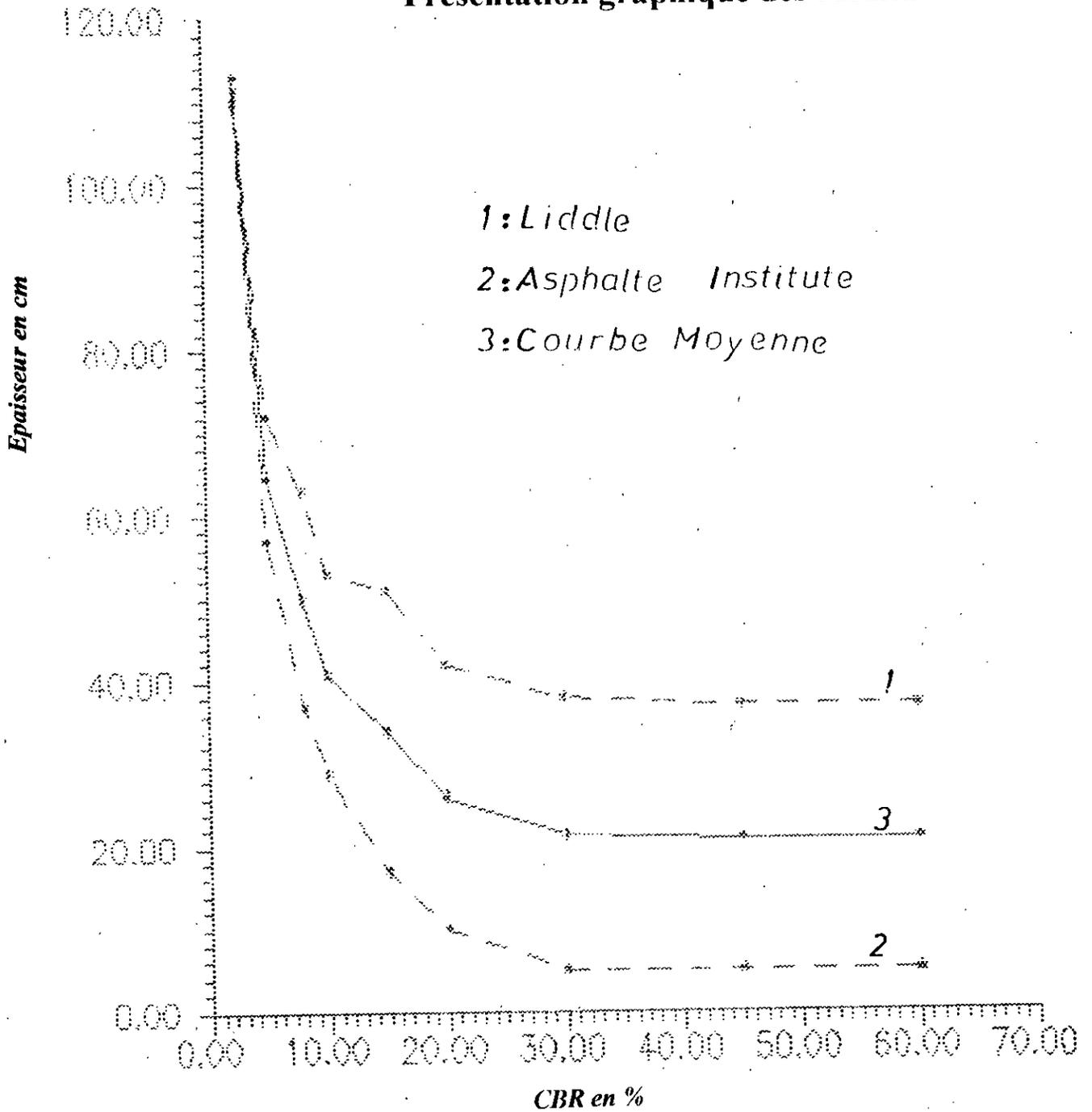


figure (23)

4.3.3 La méthode des catalogues

A partir des résultats représentés dans le tableau (11), on peut tracer la courbe correspondante à la méthode des catalogues.

Cette courbe est représentée dans la figure (24)

Presentation graphique des résultats

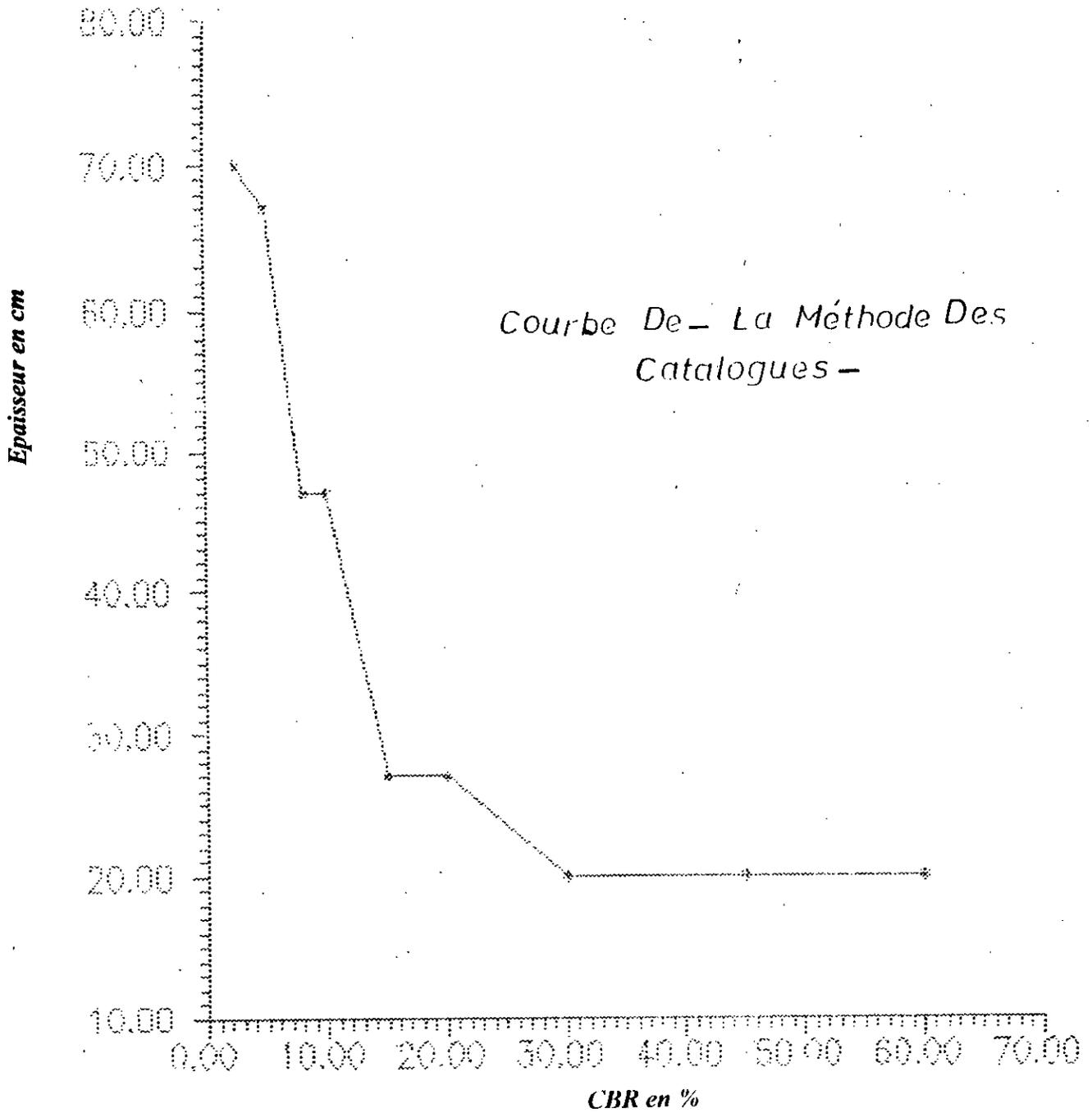


figure (24)

4.3.4 Graphe comparatif des trois gaure de méthodes

A partir des graphes présidants , on peut déduire le graphe comparatif des trois méthodes qui combine tous les résultats obtenues présidamment et il nous permet de voir les choses du prés dans le but de les analysées et faire un jugement réci et logique .

Presentation graphique des resultats

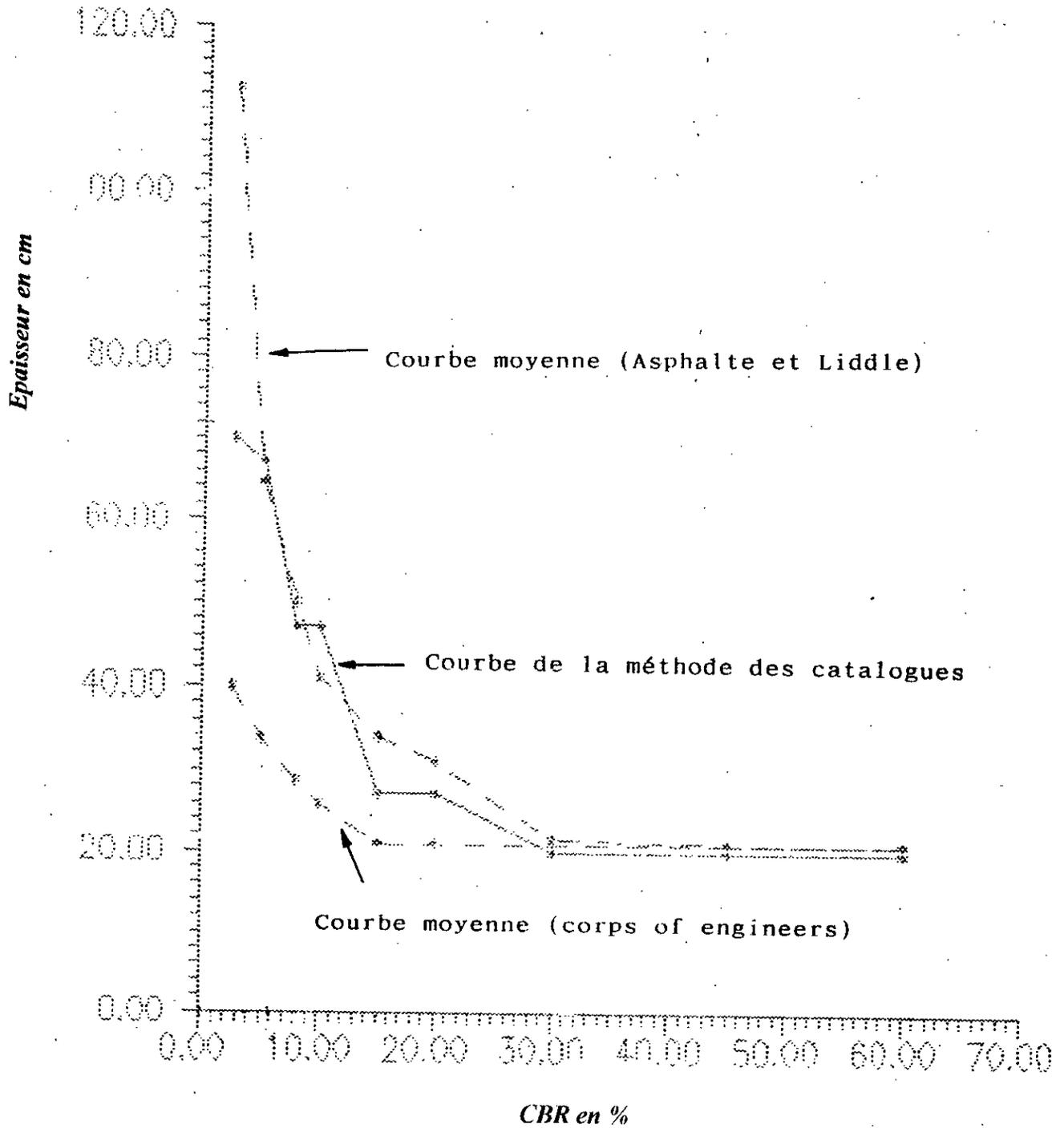


figure Q5)

REMARQUES GENERALES SUR LES METHODES

1° - En vue de ce travail, on remarque que toutes les méthodes font intervenir les principaux facteurs qui sont le trafic et le sol-support, les matériaux n'intervenant que dans certaines entre-elles.

Les facteurs climatiques telle l'influence de température, le gel et le dégel n'entrent pas d'une manière directe dans le dimensionnement des chaussées souples.

2° - Si toutes les méthodes font intervenir le même facteur de l'indice de portance CBR pour prendre en compte la portance du sol elles divergent en ce qui concerne la prise en compte du trafic, ce dernier est à préciser différemment .

Dans certain cas c'est la roue la plus lourde qui prie en compte , d'autre c'est l'influence du trafic cumulé qui est considéré comme étant plus importante (la méthode de LIDDLE et celle du ASPHALTE institute).

3° - Le but de toutes ces méthodes est de dimensionner les chaussées et aussi d'offrir un outil de travail adéquat à l'ingénieur d'où l'importance de la présentation des méthodes , de ce point de vue la méthode des catalogues offre des avantages appréciables .

4° - La méthode CBR peut être utilisée pour un prédimensionnement de chaussées rapide.

ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

En prenant en compte les résultats de l'application précédente nous avons aboutis aux résultats représentés au quatrième graphe , à partir de ce dernier on tire les conclusions suivantes :

- En maintenant le même trafic , les mêmes matériaux (pour les méthodes qui interviennent les matériaux) et en faisant varier l'indice CBR nous obtenons des courbes à partir des différentes méthodes qui ont la même allure générale,c'est à dire de grandes épaisseurs pour les sols de faible portance avec une tendance asymptotique (à 20cm) pour les bons sols,cependant les très faibles valeurs de CBR comprises entre 0 et 20% nous obtenons des différentes valeurs d'épaisseur suivant les méthodes.

- Dans l'intervalle de portance [0,2%],on ne trouve pas des épaisseurs des chaussées représentées sans graphes étudiés,correspondant à ces valeurs de portance parce que de zéro à deux pourcent de CBR,l'épaisseur de chaussées est considérée indéterminée et elle tend vers l'infini,car dans ce domaine là la portance du sol support est très faible à cause de sa forte plasticité.

- Lorsque la portance du sol support est comprise entre 2% et 8% on remarque que les résultats des trois méthodes donne une grande différence de l'épaisseur de chaussées,Pour le même indice CBR car les hypothèses d'études s'éloignent d'une méthodes à une autre,ce dernier intervalle caractérise le sol support comme il est un sol de faible portance dû à sa propriété plastique.Cette propriété engendre un problème théorique complexe qui impose une intervention d'hypothèse incompatible avec la réalité .

- Mais lorsque la portance du sol est comprise entre 8% et 28% la différence d'épaisseur de la chaussée s'atteigne avec l'augmentation de l'indice de portance ;et comme cet intervalle est le plus courant dans la pratique,la méthode des catalogues donne une grande importance à ces valeurs dans leur dimensionnement de chaussées,dans le but d'avoir des épaisseurs les plus proches possibles des épaisseurs idéales recherchés.

- Dans l'intervalle restant de portance l'épaisseur de la chaussée converge vers une même valeur pour les trois méthodes,cette convergence s'explique par le fait que l'hypothèse prise est relativement réelle.

- Les courbes correspondant à la méthode des catalogues et celle de la nouvelle se superposent dans l'intervalle 8% à 28% et donne des épaisseurs de chaussées supérieures à la méthode origine CBR pour les mêmes valeurs CBR car dans les deux intervient dans leurs calculs des épaisseurs de trafic cumulé et les matériaux ainsi elle traite les problèmes de dimensionnement comme étant le corps de chaussée indépendant totalement du sol support.

- La méthode CBR considère le corps de chaussée et le sol de fondation comme masse homogène isotope, ce qui a amené l'épaisseur de chaussée à des valeurs relativement faible comparée à celle obtenues en utilisant les deux autres méthodes.

- En générale les seules épaisseurs de chaussées relativement réelles sont données par la méthode des catalogues, car cette dernière est basée sur des données statistiques du trafic et prend en considération les matériaux utilisés dans le corps de chaussée.

CONCLUSION

Les problèmes posés dans le premier intervalle peuvent être résolu d'une manière pratique :

- Soit en adoptant un tracé qui passe par un meilleur sol (ce qui règle les problèmes techniques et économiques au même temps)
- Soit si la première solution ne pas être retenue; en adoptant rigide.

Dans le domaine 8% à 22% de portance se trouve les problèmes de dimensionnement de chaussée de chaussées souples, l'épaisseur varie de simples à doubles suivant les méthodes utilisées, sans oublier que seuls les facteurs principaux sont intégrés dans ces méthodes (trafic, sol, matériaux)

Ces méthodes sont des méthodes pratiques de dimensionnement, elles se sont inspirées de comportement théoriques de chaussées et également et surtout de comportement pratique de chaussée mises en observation, soit en laboratoire soit sur champs ce qui impose un climat, des matériaux donnés et une façon de réalisation, ce qui nous amène à poser le problème de l'utilisation en ALGERIE.

5. Conclusion générale

Dans le cadre du projet de fin d'étude nous avons procédé à la recherche des méthodes de dimensionnement de chaussées utilisées dans les entreprises nationales de travaux publics.

Ces méthodes sont :

- Méthodes anciennes (CBR)
- Méthodes nouvelle (ASPHALTE INSTITUTE et LIDDLE)
- Méthode des catalogues.

Toutes les méthodes citées ci-dessus ne sont pas algériennes ce qui a motivé les recherches du CTP concernant la dernière méthode qui prochainement développera un catalogue des chaussées neuves et qui permet d'avoir un dimensionnement de chaussées économiques et compatibles avec les caractéristiques de la mécanique du sol algérien, en tenant compte de tous les facteurs réels propre à l'Algérie qui interviennent directement ou indirectement dans le dimensionnement des chaussées souples.

Nous avons alors penser à analyser ces trois méthodes et les représenter dans le but d'informer sur certains de ses avantages ainsi que ses inconvénients reliés au trafic.

On a trouvé que certaines méthodes négligent l'influence des matériaux utilisés dans le corps de chaussées et malgré cette négligence elles restent utilisées en Algérie (CBR), d'autres tentent d'introduire des coefficients d'équivalence qui tiennent compte des matériaux utilisés dans la structure du corps de chaussées; Il est à remarquer que ce procédé ne peut être généralisé à tous les matériaux; d'autres tentent de standardiser les matériaux, elles se présentent sous forme de catalogue, ces méthodes choisissent les matériaux souhaitables à partir des facteurs techniques cités précédemment, mais tiennent compte des facteurs économiques qui sont assez importants pour les déterminer, car la quantité de matériaux mis en jeu est importante le long de la chaussée, ce qui oblige à une utilisation optimale des ressources locales (ou régionales) en liants et en granulats.

De cette brève analyse on peut dire que le traitement du comportement des assises de chaussées ainsi que l'analyse de son mode de dégradation sous l'effet du trafic et de l'environnement est essentiel pour choisir les matériaux qui composent le corps d'une chaussée proposée pour la dimensionnée d'une façon rigoureuse et économique.

En définitive, l'ingénieur appelé à concevoir une chaussée devra :

- Connaître l'importance de la circulation, la nature et l'intensité de la circulation lourde ;
- Etre renseigné sur le climat, le régime et le type des nappes, les possibilités de drainage, le bilan évaporation, précipitation ainsi les risques du gel;
- Faire procéder in-vitro à l'identification du terrain, déterminer les conditions du compactage optimum pour l'essai proctor et calculer sa portance où le nombre d'échantillons à faire analyser varie avec l'hétérogénéité du terrain étudié (15 à 20 prélèvements par un km de route) .Dans le but de choisir le meilleur sol support dans la mesure du possible.
- Avoir une idée sur les matériaux disponibles au niveau régional et national qui sont utilisables aux assises des chaussées pour faire le dimensionnement de chaussées.
- Prendre en considération l'aspect économique dans ses jugements et ses décisions pour la construction des assises de chaussées, sans oublier l'entretien et ses avantages dans la durée de vie de la chaussée.

D'après le thème, on remarque bien que c'est un sujet très récent d'où le manque de données, ce qui ouvre aux futures ingénieurs ou chercheurs (MAGISTER) d'approfondir cette étude et comparer les résultats trouvés à ceux présentés dans notre étude afin que nous puissions avoir un catalogue propre à nos sols ; un catalogue algérien rigoureux et économique.

C'est à la lumière de ces renseignements et non pas par une application des formules qu'il faudra déterminer l'épaisseur à donner à la chaussée qui peut d'ailleurs varier localement.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- G. JEUFFROY , R. SAUTEREY Dimensionnement des chaussées ISBN 2-85978-160-9
2eme édition revue et corrigée 1991
- 2- PELTIER Manuel du laboratoire routier
Dunod Paris 1965
- 3- G. JEUFFROY Conception et construction des chaussées
tome 1 et 2 Eyrolles Paris 1983
- 4- R. COQUAND Circulation - Tracé - construction
tome 1 et 2 Eyrolles Paris 1985
- 5- G. ARQUIE , J.C. ROUDE Route
tome 1 ENTPE Velin 1985
- 6- P. HERSCHKORM Couches de roulements
L'école nationale des ponts et chaussées Paris 1985
- 7- CLAUDE REGIS Assises de chaussées
L'école nationale des ponts et chaussées Paris 1985
- 8- I. PETITPAS Tous les revêtements de sol du parquet de chêne
en matières plastiques
Dunod Paris 1961
- 9- CCPC Directive pour la réalisation des assises de chaussées
en sable traités aux liants hydrauliques
CCPC Paris 1985