

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التربية الوطنية  
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT *Genie Civil*

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

# PROJET DE FIN D'ETUDES

## SUJET

*SEAGER*  
*Systeme expert d'aide à la*  
*gestion de l'entretien routier*

Proposé par :

*M. K. SILHADI*

Etudié par :

*KEDDAM Karim*

*MEZOUER Nourredine*

Dirigé par

*M. K. SILHADI*

PROMOTION  
*Juillet 1993*

Dedicaces



A ma très chère mère,  
A mon très cher père,  
A tous mes frères et soeurs,  
A tous mes amis, en particulier,  
Toufik, Nouredine, Souhil.

Karim.

A ma très chère mère,  
A mon très cher père,  
A ma grand-mère,  
A mes deux frères Layachi et Hakim,  
A mes soeurs,  
A ma belle soeur,  
A mon neveu et mes nièces,  
A ma tante d'Alger,  
A mes amis et tous ceux qui me sont chers.

Nouredine.

Remerciements

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHÈQUE  
École Nationale Polytechnique

Ce travail a été réalisé sous la direction de Mr K. Silhadi, maître assistant au département de génie civil de l'E.N.P.A.

Nous exprimons notre sincère reconnaissance à Mr. K. Silhadi pour son aide si précieuse, ses encouragements et ses conseils bénéfiques.

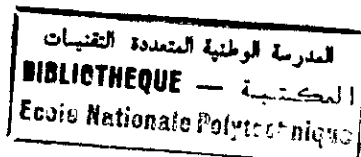
Nous tenons à remercier Mr Belahlou, chef de département Entretien au sein du C.T.T.P. pour son accueil, son aide et sa collaboration lors de l'acquisition des connaissances.

Que Mr le président du jury ainsi que les membres du jury trouvent, ici, l'expression de nos vifs remerciements pour l'honneur qu'ils nous font d'accepter de faire partie de notre jury.

Nous tenons à remercier vivement nos amis pour leur aide et leurs encouragements.

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

# S O M M A I R E



Dedicaces

Remerciements

INTRODUCTION .....	1
<u>PARTIE I : ENTRETIEN ROUTIER</u> .....	3
1. Enjeux et objectifs de l'entretien .....	4
2. Dégradations des chaussées.....	5
2-1. Pourquoi les chaussées se dégradent-elles?.....	5
2-1-1. Le trafic.....	5
2-1-2. Le rôle de l'eau.....	5
2-1-3. Les défauts de réalisation.....	6
2-1-4. Le gel-dégel.....	6
2-2. Différents types dégradations.....	7
2-2-1. Déformations.....	7
2-2-2. Fissures.....	8
2-2-3. Arrachements.....	9
2-2-4. Remontées.....	10
3. Indicateurs d'état : " indices de dégradations ".....	11
4. Principes généraux de la surveillance.....	13
4-1. Recueil des données.....	13
4-2. Archivage des données.....	14
4-3. Evaluation de l'état du réseau.....	15
5. Auscultation des chaussées.....	17
5-1. Définition et objectifs de l'auscultation des chaussées.....	17
5-2. Mesures d'auscultation des chaussées.....	17
5-2-1. Auscultation du réseau principal de niveau 1 "RP1".....	18
5-2-2. Auscultation du réseau principal de niveau 2 "RP2".....	19
5-2-3. Auscultation du réseau secondaire "RS".....	19

6. Règles d'entretien.....	20
7. Complexité du problème - nécessité d'informatiser.....	23
8. Système de gestion de la base de données routières en Algérie ( S.E.D).....	24
 <u>PARTIE II : LE SYSTEME EXPERT</u> .....	 29
1. Les systèmes experts.....	30
1-1. Introduction.....	30
1-2. Qu'est ce qu'un système-expert?.....	30
1-3. Composante de base d'un système-expert.....	30
1-4. Principe de fonctionnement d'un système-expert.....	32
1-5. Qualités d'un système-expert.....	32
1-6. Exemples de système-expert dans le Génie-civil.....	32
 2. Conditions favorables à l'élaboration d'un S.E d'aide à la gestion de l'entretien routier.....	 35
2-1. Experts reconnus et motivés.....	35
2-2. Pas de solutions algorithmiques.....	35
2-3. Connaissances par parties intuitives.....	35
2-4. Connaissances non consignées dans les manuels.....	35
2-5. Informations qualitatives et quantitatives plus souvent incomplètes ou imprécises.....	36
2-6. Evolution rapide des connaissances.....	36
2-7. Expertise partagée entre plusieurs personnes.....	36
 3. Etude de quelques S-E de gestion de l'entretien routier....	 
3-1. ERASME.....	45
3-2. SEVADER.....	45
3-3. SCEPTRE.....	45
3-4. PUMA MW ( TCHECOSLOVAQUIE ).....	46
 4. Synthèse sur les différents systèmes.....	 48
Conclusion.....	51

**PARTIE III : APPLICATION: DESCRIPTION DE SEAGER**

1. Introduction.....	53
2. Selection du problème et des interets      systèmes experts	53
3. Acquisistion des connaissances.....	54
3-1. Acquisition des connaissances en vrac.....	54
3-2. Tri des connaissances - identification des éléments clés.	55
3-3. Représentation sous forme branches d'arborescence.....	55
3-4. Choix du formalisme de représentation et écriture de la base de connaissance.....	58
3-5. Validation auprès de l'expert.....	59
4. Architecture générale de SEAGER et choix du moteur d'inference.....	60
5. Structure de la base de connaissance de SEAGER.....	62
5-1. Base de faits.....	62
5-2. Base de règles.....	66
6. Critiques du système SEAGER.....	71
6-1. Critiques de la base de données.....	71
6-2. Saisie des informations.....	73
6-3. Planification et organisation des stratégies d'entretien.	73
CONCLUSIONS ET SUGGESTIONS.....	75
BIBLIOGRAPHIE.....	78
ANNEXES :	
ANNEXE A : CALCUL DES INDICATEURS D'ETAT Q, V, S.....	84
ANNEXE B : FORMULAIRES DE GESTION DES DONNEES ROUTIERES.....	88
ANNEXE C :	
BASE DE REGLES " Entretien courant ".....	112
BASE DE REGLES " Entretien poussé ".....	119
BASE DE REGLES " Entretien particulier ".....	135

INTRODUCTION

L'entretien des chaussées a pour objectif de maintenir ou d'améliorer, si nécessaire, leur niveau de service.

Ayant pris conscience de l'importance de l'enjeu économique que représente la conservation de l'état des chaussées, l'Algérie a mis en place des systèmes de gestion qui apportent à cette activité une aide précieuse.

Mais, les systèmes de gestion ne sont encore, aussi perfectionnés soient-ils, que des outils bien imparfaits : en particulier, la complexité des problèmes, principalement, quand on commence à s'intéresser de près à une section de chaussée, limite fortement le recours à des procédures algorithmiques.

C'est ainsi que l'on a pensé au développement du système expert d'aide à la gestion d'entretien routier.

Dans le cadre de notre projet, nous allons élaborer un système expert destiné à déterminer la nature des travaux d'entretien à réaliser sur une section de chaussée.

Après nous être familiarisés avec les pathologies des chaussées et les techniques d'entretien, nous avons réalisé une étude bibliographique étendue sur le développement actuel dans le domaine des travaux de maintenance routière, en particulier, quelques systèmes experts d'aide à la gestion de l'entretien routier.

Après, nous avons été amenés à examiner la méthode du guide de l'entretien routier algérien relatif à la surveillance et à l'évaluation du réseau routier.

Cette examination nous a conduit à la nécessité de programmer les tâches d'entretien tout en déterminant leur nature, le lieu et le temps de leur réalisation.

Enfin, on a réalisé les bases des règles et la structure des bases de faits, en donnant l'architecture du système expert.

Ce système expert a été baptisé " S E A G E R " .



PARTIE I  
ENTRETIEN ROUTIER

## I. ENJEUX ET OBJECTIFS DE L'ENTRETIEN ROUTIER

Une chaussée est définie comme étant une surface aménagée pour assurer, en permanence, la circulation des véhicules. Elle peut comporter des accotements, un terre plein central, des équipements de sécurité, etc...

Sitôt construite et ouverte au trafic, elle subit les effets de celui-ci en particulier par intervention des phénomènes d'usure et de fatigue. Ces derniers engendrent la diminution de son niveau de service.

L'entretien routier vise à : (1)

- préserver le capital constitué par le réseau routier;
- permettre des conditions de circulation acceptables en toute saison pour éviter de gêner la vie économique du pays;
- offrir une circulation à l'utilisateur avec de bonnes conditions de confort et de sécurité.

L'entretien routier représente une activité économique importante et sa gestion vise à obtenir un rendement optimal des fonds publics qui lui sont consacrés.

Ceci est possible par: (1)

- de meilleures chances de prendre de bonnes décisions;
- une amélioration de l'efficacité et de l'utilisation de la technologie d'entretien;
- la formation et l'entraînement du personnel.

La recherche de rationalisation constitue une démarche globale qui s'articule sur deux aspects différents: d'une part, sur un plan technique, par la définition des tâches les mieux adaptées et la recherche de leur réalisation la plus efficace, d'autre part, sur un plan organisationnel, par la détermination judicieuse des tâches à réaliser, leur planification et la mise en oeuvre efficace des différents moyens.

## 2. DEGRADATIONS DES CHAUSSEES

### 2-1. Pourquoi les chaussées se dégradent-elles?

Les dégradations peuvent se produire de deux façons différentes : (2)

- progressivement avec le temps en entraînant, notamment, une perte d'adhérence, des ornières, une fissuration de la couche de roulement;
- rapidement et quelques fois brusquement, en des points localisés, en donnant lieu par exemple, à des nids de poules, des bosses ou des affaissements.

Les facteurs principaux d'usure et de dégradation peuvent être classés de la façon suivante:

#### 2-1-1. Le trafic

Sitôt mise en service, la structure de la chaussée subit des agressions au passage des véhicules. La durée d'application de la charge des essieux, la vitesse des véhicules, les véhicules munis de pneus à crampons, entraînent l'apparition et l'évolution des dégradations.

Les principaux défauts engendrés sont :

- la fissuration par fatigue;
- l'usure par arrachement ou par pollissage de granulats;
- les déformations;
- l'enfoncement des granulats dans un support en enrobé.

#### 2-1-2. Le rôle de l'eau (3)

Généralement, tous les sols sont sensibles à l'eau, c'est-à-dire que leur portance diminue lorsqu'ils sont infiltrés. Le corps de la chaussée aussi, constitué de plusieurs couches de matériaux, résiste essentiellement aux charges appliquées par frottement des grains. Lorsque l'eau s'infiltré dans le corps de la chaussée, sa résistance chute et des désordres apparaîtront. L'infiltration de l'eau dans le sol se fait :

- soit par le dessus (infiltration de la pluie à travers la couche de roulement);
- soit par les côtés (infiltration par les accotements);
- soit par le dessous (par capillarité).

### 2-1-3. Les défauts de réalisation

Des erreurs lors de la conception ou lors de la mise en oeuvre des travaux ont une influence directe sur la tenue de la chaussée. (2)

#### \* Au niveau de la conception

Il est évident qu'une chaussée sous-dimensionnée par rapport au trafic, compte tenu du sol support, est propice au développement des dégradations. Les raisons d'un tel sous-dimensionnement peuvent-être:

- structure mal calculée;
- mauvaise connaissance du support;
- croissance du trafic.

#### \* Au niveau de la mise en oeuvre

Une mauvaise qualité de la réalisation des travaux a les mêmes effets que le sous-dimensionnement.

Des exemples de ces défauts:

- non respect de la composition théorique des matériaux;
- manque de compactage;
- défauts de raccordement entre deux bandes d'enrobés.

### 2-1-4. Le gel-dégel

Lorsqu'il gèle en profondeur, l'eau intersticielle se transforme en glace en provoquant une migration de l'eau des zones non gelées vers les zones gelées.

En période de gel, l'eau sous forme de glace augmente donc, dans la chaussée et dans le sol support.

Au dégel, cet excès d'eau fait perdre toute résistance mécanique

tant que l'excès d'eau n'est pas éliminé par une migration inverse due à la gravité seule ou à la capillarité.

Ceci est la raison des interdictions de trafic sur certaines routes gelées tant que la partie supérieure des sols reste gorgée d'eau.(3)

## 2-2. Différents types de dégradations

### 2-2-1. Déformations

- \* Affaissement: Dépression très prononcée et souvent assez étendue se localisant, soit en rive, soit en plein largeur.

#### Causes possibles:

- Sous-dimensionnement du corps des chaussées;
- tassement des couches inférieures;
- présence d'eau dans le corps de chaussée (drainage insuffisant, nappe phréatique trop haute);
- pollution du corps de chaussée;
- chaussée non calée sur les rives.

- \* Bourrelet: Renflement d'enrobés accompagnant, généralement, un ornièrage ou une autre déformation de chaussée.

#### Causes possibles:

- Tassement des couches inférieures de la chaussée;
- fluage de l'enrobé;
- efforts horizontaux importants (zones de freinage, virages);
- enrobé plastique (température élevée, bitume trop mou).

- \* Flaches: Dépression localisée de la surface de la chaussée, généralement, de forme arrondie.

#### Causes possibles:

- Compacité insuffisante de la couche de base et de la couche de roulement en un point;
- drainage inexistant;

- tassement de matériaux ayant servi à reboucher un trou de la chaussée;
  - pollution du corps de chaussée.
- ★ Ornièrage: Déformation transversale de petit ou grand rayon apparaissant sous le passage des roues concernant l'ensemble du corps de chaussée.

Causes possibles:

- Fluage de l'enrobé;
- sous-dimensionnement du corps de chaussée;
- circulation lourde et lente;
- présence d'eau dans les couches inférieures de la chaussée.

2-2-2. Fissures

- ★ Fissures longitudinales de la fatigue: Fissures fines, parallèles à l'axe de la chaussée.

Causes possibles:

- Rupture ou tassement des couches inférieures;
  - mauvais accrochage de la couche de roulement sur la couche de base;
  - fatigue de la chaussée.
- ★ Fissures longitudinales d'épaulement: Fissure rectiligne apparaissant en rive, au niveau de la jonction de l'épaulement ou de l'élargissement avec l'ancienne chaussée.

Causes possibles:

- Elargissement sous-dimensionné ou mal exécuté;
  - chaussée non calée sur les rives: accotement non rechargé.
- ★ Fissures transversales de retrait: Fissures transversales périodiques, d'espacement variable (5 à 20m).

Causes possibles:

- Retrait des couches traitées aux liants hydrocarbonés;
- efforts horizontaux importants.

- \* Faiçonnage: Ensemble de fissures plus ou moins rapprochées formant un maillage.

Causes possibles:

- Dégradation des couches inférieures;
- mauvais accrochage entre la couche de base et la couche de roulement;
- remontées d'eau dues à la différence de perméabilité entre couches de base et de roulement;
- couche de roulement rigide sur couche de base très déformable.

2-2-3. Arrachements

- \* Décollement: Rupture de l'adhésion entre revêtement et corps de chaussée.

Causes possibles:

- Imprégnation ou couche d'accrochage mal effectuée;
- gonflement ou retrait de la couche de base.

- \* Désenrobage: Enlèvement de la pellicule de liant enveloppant partiellement ou totalement les granulats.

Causes possibles:

- Mauvaise adhésivité liant-granat;
- action de l'argile (granulats pollués);
- actions mécaniques des véhicules;
- action de l'eau;
- érosion éolienne.

- \* Glaçage: Usure de la couche de roulement par arrasement progressif des gravillons.

Causes possibles:

- Usure de revêtement (enduits, enrobés);
- gravillons de dureté insuffisante.

\* Pelade: Arrachement de roulement par plaques.

Causes possibles:

- Tapis d'enrobés trop mince localement;
- mauvaise adhésivité entre couche de roulement et support;
- perméabilité de la couche de roulement supérieure à la perméabilité de la couche de base.

\* Plumage: Arrachement des gravillons à la partie supérieure d'une couche de roulement.

Causes possibles:

- Mauvaise adhésivité liant-granulat;
- granulats sales ou pollués;
- mauvaise exécution de l'enduit.

\* Nid de poule: Cavité à la surface de la chaussée due à des départs de matériaux.

Causes possibles:

- Pelade localisée du revêtement sous l'effet mécanique;
- évolution finale des déformations et des fissurations;
- forte proportion d'eau dans la chaussée, combinée avec le passage d'essieux lourds.

2-2-4. Remontées

\* Remontées de boue: Argile provenant des couches inférieures et apparaissant en surface au niveau des défauts de la couche de roulement (fissures, faiengage, plâtre,..).



Causes possibles:

- Perte de cohésion de la partie supérieure de la couche traitée;
- couche de roulement perméable;
- sous-dimensionnement de la couche de roulement.

- \* Remontées de liant (resssuages): excès de liant apparaissant en surface dans une zone plus ou moins localisée.

Causes possibles:

- Surdosage en liant;
- liant inadapté (bitume trop mou);
- température élevée dans le revêtement.

**3. INDICATEURS D'ETAT : " INDICES DE DEGRADATIONS "**

Le relevé visuel des dégradations de la chaussée, sans véritable quantification, reste très subjectif. Afin de pouvoir prendre des décisions pertinentes en matière d'entretien routier, il est plus aisé d'avoir recours à des indicateurs d'états ou "indices de dégradations" dont les valeurs peuvent être comparées aux valeurs de références établies, au préalable, par le maître de l'ouvrage et permettent un classement de travaux par ordre de priorité.

Les indicateurs d'état pris en compte sont : (1)

- \* La déflexion: C'est le déplacement vertical exprimé en  $1/100^{\text{ème}}$  de mm, d'un point de la surface de la chaussée, sous une charge verticale.

C'est un indicateur global traduisant l'aptitude d'une chaussée à recevoir des charges de valeur déterminée pendant une durée et dans des conditions déterminées:

- C'est un indicateur de mauvaise qualité des chaussées à des déflexions élevées.
- C'est un bon reflet du comportement du sol support.

La mesure de la déflexion est réalisée à l'aide d'un appareil à grand rendement qui est le déflectographe.

- \* L'uni: Il représente les défauts de planités transversale et longitudinale de la chaussée caractérisée par sa longueur d'onde et son amplitude ou par sa flèche verticale.

L'uni caractérise aussi bien le niveau de sécurité que le niveau de confort et l'état de la surface.

L'appareil de mesure de l'uni est l'analyseur de profil en long APL25. Le résultat est un coefficient calculé tous les 25m de chaussée (CAPL).

- \* Les dégradations: Le repérage des dégradations et leur quantification peut s'effectuer par: (5)

- Identification directe: effectuée par un ou plusieurs techniciens de D.T.P. parcourant la route à pied, ceux-ci identifient, localisent et déterminent les surfaces dégradées.

- Identification photographique automatique: Le relevé automatique par le GERPHO complète l'inspection directe sur le terrain.

Le procédé consiste à filmer par bande de 4.6m à l'aide d'une caméra fixée sur le toit d'un véhicule. L'image est ensuite traitée par un logiciel de reconnaissance des formes.

- \* L'adhérence: C'est un indicateur représentatif de l'état de la couche de roulement et du niveau de sécurité. L'adhérence implique une interaction complexe des facteurs concernant la chaussée, les pneus des véhicules et la conduite automobile. Néanmoins, beaucoup de progrès ont été accomplis dans la compréhension de ce phénomène et dans le développement des techniques de mesure et des modes d'évaluation. L'adhérence peut être mesurée par l'appareil SCRIM (mesure de frottement transversal).

La comparaison des indicateurs d'état aux valeurs de référence permet de cerner les zones à problèmes et pour celles-ci, d'apprécier le niveau des dégradations.

Afin de pouvoir élaborer un diagnostic et mettre au point une stratégie d'entretien, d'autres données sont nécessaires. Ce sont des indicateurs complémentaires, ils concernent notamment: (6)

- les caractéristiques géométriques de la route (tracé, profil en travers, tracé en plan,...);
- le trafic et les accidents;
- la structure de la chaussée;
- l'historique des travaux;
- les conditions d'environnement.

#### 4. PRINCIPES GENERAUX DE LA SURVEILLANCE

La surveillance du réseau (constitution de la banque de données routières de wilaya) consiste en le recueil, l'archivage et l'exploitation périodiques d'un ensemble de données routières, de manière à permettre une connaissance parfaite des itinéraires et une appréciation rationnelle de l'état des ouvrages routiers. (7)

##### 4-1. Recueil des données

La méthode d'inspection distingue quatre types de recueils en fonction de la nature des données:

a) La collecte des données "permanentes" ou invariables, c'est-à-dire les données du réseau qui ne changent qu'exceptionnellement.

Il s'agit d'un inventaire complet des routes avec une identification parfaite des itinéraires et une description détaillée des diverses caractéristiques de l'ensemble des éléments qui forment la route.

L'inventaire est mené section par section et, en principe, il est effectué une fois pour toute. Néanmoins, des inventaires

ultérieurs, même partiels et effectués à titre de contrôle ou de vérification, peuvent s'avérer utiles afin de réduire jusqu'à éliminer les éventuelles erreurs commises lors du premier inventaire.

Les sections sont de longueurs limitées et doivent être homogènes autant que possible vis à vis du trafic, du sol support et de la géométrie.

- b) Le relevé des dégradations qui affectent la structure ou qui entravent le bon fonctionnement des principaux ouvrages de la route. Ces ouvrages sont: la chaussée, les accotements, les fossés, les ouvrages de drainage et les équipements de sécurité. Le relevé peut être effectué manuellement suivant un canevas standard, ou automatiquement, à l'aide de machines électroniques adaptées.
- c) Les mesures d'auscultation de chaussée qui sont l'uni longitudinal, la déflexion et l'adhérence.
- d) Les données sur la circulation qui portent sur le comptage du trafic et sur les statistiques des accidents.

#### 4-2. Archivage des données

Dans la mesure où on a toujours besoin de résumer et de se référer aux informations brutes pour mener différents types d'analyse et de traitements, l'utilité des systèmes informatiques pour l'archivage et la mise à jour des données s'impose de façon évidente.

Le Système de Gestion de Base de Données (S.G.B.D.) qui est retenu pour constituer la base de données est un produit national élaboré par le "C.T.T.P."

#### 4-3. Evaluation de l'état du réseau

L'évaluation est effectuée par type d'ouvrage routier et par section à l'aide d'un programme informatisé élaboré par le "C.T.T.P.". Cette évaluation est réalisée à partir d'indices d'état de la chaussée, des accotements, des fossés et des drains.

#### ORGANISATION DE LA SURVEILLANCE DU RESEAU

L'organisation retenue est de type mixte; elle se présente comme suit:

- a) Au niveau central, la "D.E.E.R" (\*) prend en charge la planification des moyens de mesures à grand rendement ainsi que la formation et la coordination nécessaires pour la mise en place et le fonctionnement du système de surveillance.
- b) Au niveau de la "D.T.P." (\*\*), les activités ci-après incombent aux "S.E.E.R." (\*\*\*):
  - l'archivage des données et leur exploitation sous forme de schémas itinéraires, de cartes, de traitements statistiques, etc...
  - les comptages du trafic;
  - les statistiques des accidents de la route.
- c) Au niveau de la subdivision, une équipe doit être formée et spécialisée dans la surveillance du réseau pour effectuer:
  - l'inventaire du réseau;
  - le relevé des dégradations.

La circulation de l'information se fait dans les deux sens, de bas en haut et inversement.

En particulier, les données échangées entre la "S.E.E.R" et la "D.E.E.R." sont transmises sur des supports informatisés pour alimenter la banque de données routières nationale (BDR-N).

- (\*) "D.E.E.R": Direction de l'Exploitation et de l'Entretien Routier .
- (\*\*) "D.T.P.": Direction des Travaux Publics, au niveau des wilayate
- (\*\*\*) "S.E.E.R.": Service de l'Exploitation et de l'Entretien Routier , au niveau de la "D.T.P."

## 5. AUSCULTATION DES CHAUSSEES

### 5-1. Définition et objectifs de l'auscultation des chaussées

On désigne par auscultation des chaussées, la détermination des propriétés des couches de chaussées par des mesures effectuées sur ces chaussées. On distingue la détermination des propriétés fonctionnelles, directement liées à la qualité de service que la chaussée offre à l'utilisateur et des propriétés structurelles non directement sensibles à l'utilisateur mais, qui conditionnent le comportement futur de la chaussée.

L'objectif de l'auscultation de la chaussée est d'apporter des éléments d'information nécessaires aux décisions à prendre en matière d'entretien et de remise en état, à savoir: quand et où faut-il faire des opérations d'entretien et quelles opérations d'entretien faut-il faire? (8)

### 5-2. Mesures d'auscultation des chaussées (7)

Trois méthodes peuvent être utilisées pour chacune des mesures retenues qui sont la déflexion sous une charge de 13 tonnes, l'uni longitudinal des chaussées et, éventuellement, l'adhérence pour caractériser la rugosité des revêtements.

Les méthodes sont:

- \* La méthode en continu où l'appareil de mesure couvre toute la longueur du réseau routier.
- \* La méthode d'échantillonnage où l'on choisit de couvrir un pourcentage donné du linéaire total du réseau.
- \* La méthode sélective qui consiste à faire passer les appareils de mesure sur des sections préalablement choisies en fonction de certains critères.

Par exemple, on se base sur l'uni pour sélectionner les tronçons où l'on doit mesurer la déflexion, ou sur les dégradations pour choisir les sections qui devront subir les mesures d'uni et/ou de déflexion, etc...

L'idéal serait de procéder avec la première méthode mais, l'insuffisance des moyens de mesure ne permet pas de l'utiliser

seule sur l'ensemble du réseau.

La démarche retenue consiste à composer avec les deux premières méthodes en fonction de la classe des routes. La troisième méthode servira pour la programmation des tronçons prioritaires d'une année sur l'autre.

#### 5-2-1. Auscultation du réseau principal de niveau 1 "RP1"

Ce réseau de base où converge la majorité des activités socio-économiques du pays doit être maintenu dans de bonnes conditions de sécurité, de confort et de portance des structures de chaussées.

Pour ce faire, il devra faire l'objet d'une surveillance détaillée qui, en matière d'auscultation à grand rendement, sera traduite par les mesures en continu de déflexion, de l'uni et, si possible, de l'adhérence.

La périodicité des mesures doit être normalement compatible avec la vitesse d'évolution de chaque paramètre. Mais, en l'absence d'une étude mettant en évidence la durée de validité de ces mesures dans le contexte algérien, on se contentera des fréquences de mise à jour ci-après et qui sont, généralement, indiquées dans la littérature internationale:

- \* FREQUENCE des mesures de déflexion 4 ans.
- \* FREQUENCE des mesures d'uni 2 ans.
- \* FREQUENCE des mesures d'adhérence 2 ans.

Les mesures de déflexion devront intervenir après les périodes de pluie où la portance des sols est, généralement, minimale.

A l'inverse, il est recommandé de restreindre les mesures d'adhérence aux saisons sèches (mai/octobre).

Pour permettre à la direction de l'exploitation et de l'entretien routier " DEER " de programmer les interventions des appareils à grand rendement au niveau national, les services de l'exploitation et de l'entretien routier " SEER " devront arrêter, à la fin du troisième trimestre de chaque année, la tranche annuelle des routes ou tronçons de routes devant subir les mesures l'année suivante.



Les tranches annuelles prioritaires seront sélectionnées en se basant sur les indicateurs d'état de chaussée déjà disponibles. Si de tels indicateurs n'existent pas, on se référera au trafic.

Les routes ou tronçons de route destinés aux mesures de déflexion seront sélectionnés après examen de l'uni et/ou des dégradations d'origine structurelle de l'ensemble du réseau. On retiendra le quart (1/4) du réseau le plus dégradé pour le programmer chaque année.

De même, les programmes d'uni et d'adhérence seront établis après examen des dégradations d'origine superficielle de l'ensemble du réseau. La moitié (1/2) du réseau sera programmée chaque année.

#### 5-2-2. Auscultation du réseau principal de niveau 2 "RP2"

On effectuera aussi pour ce réseau les mesures de déflexion, d'uni et d'adhérence.

La déflexion sera mesurée sur un échantillon représentant 50% de la longueur totale du réseau. Pendant 4 ans, l'échantillonnage et les tranches annuelles prioritaires seront déterminés en examinant l'état du réseau à l'aide des indicateurs d'uni et/ou dégradations d'origine structurelles.

L'uni et l'adhérence seront mesurés en continu avec une fréquence de 2 ans et les tranches prioritaires seront identifiées en fonction des dégradations d'origine superficielle.

#### 5-2-3. Auscultation du réseau secondaire "RS"

Ce réseau est le plus important, linéairement mais, de moindre importance économiquement.

Son auscultation grand rendement est tributaire de l'acquisition de nouveaux appareils pour renforcer ceux qui existent déjà.

Sous cette réserve, il est proposé d'effectuer les mesures d'uni par

échantillonnage sur la moitié du réseau, pendant 2 ans.

La sélection des échantillons et des tranches annuelles sera effectuée en se basant sur les dégradations d'origine superficielle.

- \* Classe " RP1 " : réseau principal de niveau 1.
- \* Classe " RP2 " : réseau principal de niveau 2.
- \* Classe " RS " : réseau secondaire.

## 6. REGLES D'ENTRETIEN DES CHAUSSEES

Un système de gestion de l'entretien doit fournir des réponses aux deux questions fondamentales suivantes : (1)

- Quelles sont les méthodes d'auscultation à employer afin de détecter ce dont la chaussée souffre?
- Telle activité d'entretien est-elle réalisée de la façon la plus économique et la plus efficace possible pour assurer à la chaussée le niveau désiré de service?

Pour cela il, faut planifier, organiser, diriger les programmes d'entretien de façon à assurer un niveau de service donné et évaluer les méthodes et les matériaux utilisés de façon à développer une rentabilité économique.

Lorsque la décision de faire un entretien a été prise par les services gestionnaires de la route, il est primordial pour l'ingénieur ou le laboratoire chargé de l'étude de bien poser le problème.

L'analyse doit se dérouler comme suit :

- 1\_ Poser le problème (structure de la chaussée, trafic à écouler, date des derniers travaux,....).
- 2\_ Effectuer des constatations (relevé des dégradations).
- 3\_ Etablir le programme d'expérimentation en fonction du problème à résoudre (auscultation non destructive: déflexion et uni, sondages,..).

#### 4- Chercher les besoins d'entretien.

Généralement, un choix judicieux des besoins d'entretien aboutit aux types suivants de solutions :

- suivre la surveillance normale de la chaussée;
- entretien courant et périodique;
- réhabilitation de la chaussée;
- renforcement de la chaussée;
- protection contre le gel.

Lorsque l'état de la chaussée est bon, c'est-à-dire que la structure et la surface se portent bien et répondent au niveau de service souhaité, aucune intervention n'est nécessaire, il suffit de suivre la surveillance normale de la chaussée.

L'entretien courant est un ensemble de petits travaux réalisés tout au long de l'année, la subdivision intervient dans ce cadre en fonction de l'apparition des dégradations plus ou moins inopinées afin d'assurer le maintien du niveau de service de la chaussée.

Parmi les tâches de l'entretien routier, on cite :

- bouchage des nids de poule;
- bouchage des pelades;
- reprofilage et déflachages localisés;
- arrasement des bouelets;
- dégagement des fossés de tout dépôt;
- colmatage des fissures.

Lorsque l'état de service chute et que les dégradations se généralisent, le subdivisionnaire ne peut plus intervenir. La direction des travaux publics (DTP) adopte un autre type d'organisation, c'est l'entretien de réhabilitation. L'intervention dans ce genre d'entretien doit être programmée et l'auscultation doit être poussée afin de détecter les anomalies possibles et d'y remédier.

Parmi les tâches de réhabilitation des chaussées :

- refaire la couche de roulement;
- reprofilage dans les ornières;

- remaniement de la couche de base;
- amélioration de drainage;
- refaire une partie de la chaussée.

Lorsque l'état de la chaussée devient inacceptable, faute de sous-entretien durant des années ou d'un accroissement de trafic que la chaussée ne peut plus supporter, alors, un renforcement est nécessaire.

Une fois la décision de renforcer est prise, des études de dimensionnement sont indispensables pour déterminer la hauteur nécessaire à rajouter à l'ancienne chaussée.

En période de gel, surtout lorsque les températures demeurent inférieures à zéro (0) degré celsius pendant plusieurs semaines, il faut protéger la chaussée contre les cycles de gel-dégel.

Il suffit de mettre des barrières de dégel qui sont soit de limiter le poids des véhicules sur la chaussée, soit de mettre cette dernière hors service pendant la période de gel.

Le gel n'affecte pas en général le réseau national sauf quelques routes en montagnes du nord.

## 7. COMPLEXITE DU PROBLEME-NECESSITE D'INFORMATISER

Les opérations d'entretien routier sont très variées. Chaque tâche nécessite une organisation spécialisée, de la part des services concernés.

L'identification du réseau consiste à repérer chaque section par le code de la wilaya, nom de la route, numéro de la section (début et fin), ainsi que le nom de la subdivision.

Pour chaque section de chaussée, il faut disposer d'un grand nombre de données telles que: le trafic, date des derniers travaux d'entretien, nature des couches de base, de fondation et du sol support, état des dépendances, etc...

Ces données seront éventuellement complétées par des mesures à l'aide d'appareils à grand rendement qui permettront de mesurer l'Uni, la déflexion et l'adhérence.

Le réseau routier algérien était d'un linéaire total de 81 200 Km en 1986, dont 59.2 % revêtus. (9)

Il est découpé en sections de 100 ms. Son suivi, ainsi que le recueil des données sur chaque section, s'avèrent très compliqués. Cette complexité est due au nombre important d'informations à gérer, concernant tout le réseau composé de 480 000 sections de chaussées revêtues, soit en moyenne 10 000 sections par wilaya.

Pour pouvoir décider d'une stratégie d'entretien, on doit disposer de toutes les données nécessaires à l'élaboration d'un diagnostic afin d'attribuer des notes d'état (V.S.Q.) à chaque section ce qui permettra de les trier.

Ainsi, le décideur aura du recul qui lui permettra de déceler les sections suspectes.

Une évaluatuin rationnelle du réseau routier qui prend le mieux en compte les différentes tâches d'entretien, nécessite un système de gestion de base de données capable d'assimiler la grande quantité de données qu'elles génèrent.

## 8. SYSTEME DE GESTION DE LA BASE DE DONNEES ROUTIERES EN ALGERIE

### S. E. D.

Les linéaires de routes par wilaya sont importants et leur suivi avec des procédés traditionnels tels que: les fichiers manuels, tableaux de stockage d'informations, devient obsolète et insuffisant pour des réseaux de plus en plus denses. L'application des moyens informatiques s'avère nécessaire et positive. Cette expérience se trouve synthétisée dans le logiciel S.E.D. et diffusée sur tout le territoire national, au niveau des D.T.P. de wilaya.

Les différentes tâches d'entretien que S.E.D. prend en charge peuvent être formulées sous forme de :

- Mise à jour d'une base de données routière.
- Evaluation des indicateurs d'état (Q,V,S) (voir annexe A).
- Estimation des quantités défectueuses (voir annexe B)

La gestion de la base de données est ouverte à travers l'option BASE. L'identification des sections et l'introduction de sections nouvelles ainsi que des données sur ces sections, est au menu de BASE.

Pour enregistrer une section, il faut la faire connaître au logiciel par :

- Code de la wilaya.
- Nom de la route.
- Numéro de la section (P.K. début, P.K. fin).
- Subdivision.

D'autres données choisies pour caractériser les chaussées seront nécessaires. Ces éléments sont récapitulés dans le tableau suivant:

ELEMENTS DE LA ROUTE	NATURE DES DONNEES	
	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES
CHAUSSEE	GEOMETRIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longueur de section.</li> <li>- Largeur de la chaussée.</li> <li>- Nombre de voies.</li> <li>- Nombre de virages de courbures moyennes.</li> <li>- Longueurs cumulées de trancions de pente moyenne.</li> </ul>
	STRUCTURE DE LA CHAUSSEE (revêtement, couche de base, couche de fondation, sol support).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nature des couches.</li> <li>- Epaisseur des couches.</li> <li>- Age.</li> <li>- Carrières</li> <li>- Entreprises réalisatrices.</li> </ul>
ENVIRONNEMENT.		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altitude moyenne.</li> <li>- Pluviométrie moyenne.</li> <li>- Terrassement (déblais, remblais)</li> </ul>
OUVRAGES DE DRAINAGE	TYPE D'OUVRAGE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dallot.</li> <li>- Ponceau.</li> <li>- BUSE.</li> </ul>
	LOCALISATION	- Abscisse centre ouvrage.
	DIMENSIONS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longueur.</li> <li>- Largeur.</li> <li>- Hauteur.</li> <li>- Diamètre.</li> </ul>
		- Béton

	NATURE DES MATERIAUX	- Béton armé. - Maçonnerie.
ACCOTE - MENTS.	NATURE DES MATERIAUX	- Tout venant d'oued. - Tout venant de mer. - Tuf. - Autres.
	LARGEUR	- < 1 m. - 1 m <.. < 2 m.2 - > 2 m.
FOSSES	TYPES DE FOSSES	- Revêtus. - En terre.
	LOCALISATION	- Abscisse début. - Abscisse fin.
	POSITION	- Côté droit. - Côté gauche.

Pour plus de détails voir annexe .B.

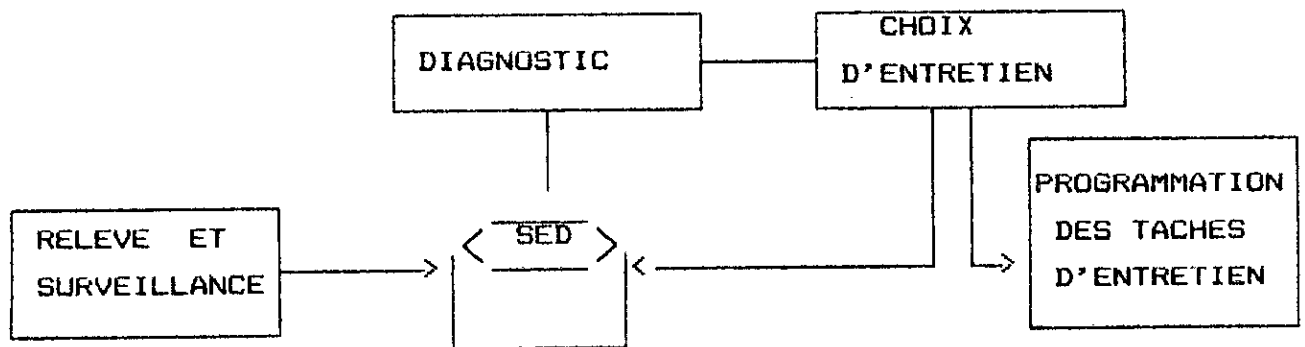
L'introduction des données relatives aux dégradations, leur ampleur, leur étendues sert à évaluer les indicateurs d'état de chaque section du réseau tous fait sous l'option PARAMETRES.

Pour l'instant, dans S.E.D., il est prévu 17 attributs décrivant les dégradations et figurant sur le tableau suivant :



FAMILLES DE DEGRADATIONS	NOM DE DEGRADATION	CODE
DEFORMATIONS	Affaïssement de rive. Orniérage. Flaches. Tole ondulée.	AFF ORN FLA TO
FISSURATIONS	Fissures longitudinales. Fissures transversales. Fiengage à mailles fines. Faiengagé à mailles larges.	FL FT FMF FML
ARRACHEMENTS	Nids de poule. Pelade. Déseñrobage. Plumage. Glaçage.	NP PEL DES PLU GLA
AUTRES	Epaufures. Ressuage. Emplois partiels. Remontées fines.	EPAU

Le système de gestion S.E.D. s'inscrit dans une chaîne d'actions qui conduit du relevé de l'information à la programmation des tâches d'entretien.



### Rôle de S.E.D. dans le cycle de l'entretien

S.E.D. supprime la complexité due au grand nombre de données liées aux différentes sections composant le réseau routier de wilaya.

Il permet d'avoir une synthèse sur le réseau : il détermine les sections présentant des problèmes, il spécifie la nature de ces problèmes (surface, structure, dépendances) et il affecte une note globale de qualité à chaque section.

Mais, il laisse le gestionnaire sur sa faim pour ce qui concerne le choix des solutions; ce qui constitue une lacune.

Pour palier ce problème, il faut faire appel aux spécialistes expérimentés du domaine pour prendre des décisions dans le choix des remèdes à adopter.

Seulement, ces décisions ne sont pas toujours efficaces et rentables, étant donné le grand nombre de sections défectueuses (supérieur à 5000 sections en moyenne par wilaya).

On a du mal à diagnostiquer au plus juste et choisir des solutions optimales.

Pour éviter les interventions inutiles, tout en agissant rapidement et efficacement, il faut développer des outils d'aide à la décision à ce niveau, pour lever cette décision en nombre.

PARTIE II  
LE SYSTEME EXPERT

## SYSTEMES EXPERTS

### 1-1. INTRODUCTION

L'intelligence artificielle s'intéresse à tous les cas où le traitement de l'information ne peut être ramené à une méthode simple, standard, algorithmique.

Les domaines d'activité de l'I.A. sont variés : traitement des langages naturels, reconnaissance des formes, jeux, systèmes experts, etc...

Les systèmes experts correspondent à la première application vraiment opérationnelle de l'I.A.

Le génie est l'un des domaines d'application, par excellence, des systèmes experts dans la mesure où dans la majorité des spécialités qu'il recouvre, les connaissances restent assez pragmatiques et que la notion de savoir-faire de l'expert en structures, en mécanique des sols, ou en infrastructures des transports y prend tout son sens (11).

### 1-2. QU'EST CE QU'UN SYSTEME EXPERT ?

Un système expert est un logiciel (programme informatique) conçu pour simuler le savoir-faire d'un spécialiste dans un domaine bien précis.

Il doit contenir tout le savoir et le savoir-faire de tous les experts d'un domaine bien défini, il faut que ce système suive un chemin conduisant à la solution similaire au raisonnement que feraient les experts humains du domaine.

Un tel système informatique va raisonner plutôt que calculer, manipuler des faits symboliques plutôt que des données numériques, être plutôt déclaratif que procédural (12).

### 1-3. COMPOSANTE DE BASE D'UN SYSTEME-EXPERT

Un système-expert comprend, essentiellement, trois parties: (13)

a) Un langage d'expression des connaissances

Les langages naturels (anglais, français,..) sont plus commodes pour la communication avec un système-expert d'un utilisateur humain.

b) Base de connaissances

Le mot connaissance recouvre l'ensemble des informations relatives au domaine expertise. On distingue:

★ base de faits : dite connaissances assertionnelles.

Elle contient des données décrivant des situations considérées comme établies ou à établir. Il s'agit d'une mémoire de travail à court terme qui s'enrichira de faits nouveaux.

★ base de règles : dite connaissances opératoires.

Elle constitue la mémoire à long terme, c'est le savoir-faire qui permet d'utiliser les faits précédents pour générer de nouveaux faits.

- Représentation de la connaissance : (14)

★ Les règles de production: Le principe de programmation en règles de production est que chaque règle est un élément indépendant de connaissances, c'est-à-dire qu'elle contient toutes les conditions de son application.

Chaque unité élémentaire de connaissance prend la forme d'une règle logique du type:

Si	condition	Alors	conclusion
	(situation)		(action)

où conclusion n'est exécutée que si condition correspond à un instant donné à l'état du système (faits établis).

★ les réseaux sémantiques: Un réseau sémantique est un graphe dont les noeuds représentent des entités, des individus, des relations et dont les arcs représentent les relations qui existent entre les noeuds.

\* représentation orientée-objet (les frames): Elle est proposée pour pallier aux inconvénients des deux représentations précédentes. Un frame contient à la fois un savoir déclaratif et un savoir procédural.

Donc l'avantage de cette représentation est l'intégration des traitements procéduraux dans la description de l'objet.

c) Moteur d'inférence :

C'est un programme qui met en oeuvre des mécanismes de combinaisons assertionnelles (faits) et des connaissances opératoires (règles).

Son rôle est de faire des inférences : passer d'une proposition vraie à une autre jugée telle, en raison de son lien avec la première. Ce lien apparait dans la règle appliquée.

CONCLUSION : Un système-expert est constitué par un moteur d'inférence exploitant des unités de savoir-faire, sujettes à évolution, séparées, concernant un domaine particulier d'expertise (12).

#### 1-4. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME-EXPERT

Le moteur d'inférence est le coeur du S.E., c'est lui qui construit le raisonnement, décide quelles sont les règles à déclencher et dans quel ordre, pour des faits établis.

Le moteur d'inférence entraîne des cycles de travail comportant chacun deux phases: (13).

\* PHASE EVALUATION : le moteur détermine s'il existe dans la base des règles, des règles à déclencher en vue de la base de faits.

\* PHASE EXECUTION : si les règles évaluées dans la première phase existent, le moteur déclenche ces règles et d'autres faits venant enrichir la base de faits.

Le moteur d'inférence peut s'arrêter en phase d'évaluation s'il n'existe pas de règles déclenchables en vue de l'état de la

base de faits ou bien en phase d'exécution par ordre de l'une des règles déclenchées.

L'arrêt des cycles est fonction du mode de raisonnement utilisé.

- Chaînage Avant : Le moteur d'inférence part des faits pour arriver à la conclusion. Il sélectionne les règles dont les conditions de la partie gauche sont vérifiées (phase sélection, filtrage), choisit les règles à appliquer et exécute, ce qui entraîne une mise à jour de la base de faits.

Le processus est réitéré jusqu'à ce qu'il n'ait plus de règles applicables ou que le but soit atteint.

La raison qui fait que le S.E. doit raisonner en chaînage avant est que : on part d'un certain nombre de faits et on ne sait pas le but que l'on veut atteindre.

- Chaînage Arrière: Par contre, si on a un ou plusieurs buts à atteindre ou à vérifier, ou on a des informations incomplètes sur le domaine, auquel cas le S.E. doit pouvoir demander un complément d'informations, alors le raisonnement par chaînage arrière est plus intéressant.

Donc, le moteur d'inférence part du but qu'il devra prouver, il examine l'ensemble des conclusions de chaque règle (partie droite) et vérifie si elles sont présentes dans la base de faits. Lorsque la règle est déclenchée, de nouveaux problèmes définis par la partie condition de la règle sont introduits dans la base de faits. Le processus d'inférence s'arrêtera lorsque les buts sont atteints ou bien, quand il n'y a plus de règles applicables.

- Chaînage Mixte: Lorsque des faits de la base de faits sont considérés établis (faits), d'autres à établir (problèmes), le chaînage mixte (combinaison des deux raisonnements avant et arrière) est plus adéquat.

#### 1-5. QUALITES D'UN SYSTEME-EXPERT (15), (16)

Les S.E. reposent sur une grande base de connaissances et un moteur d'inférence. La manière dont cet ensemble de connaissances doit être représenté est capitale pour la conception de tels systèmes.

Il est important de séparer la base de connaissances d'un système qui doit être capable de croître et de changer, de sa partie de programme (moteur d'inférence) qui doit être aussi stable que possible car les mêmes structures de déduction s'appliquent parfois à plusieurs domaines de connaissances.

Les systèmes experts sont capables de dialoguer en langages naturels ou quasi-naturels pour être compris par le spécialiste et au besoin, expliquer et justifier son raisonnement.

#### 1-6. EXEMPLES DE SYSTEMES-EXPERTS DANS LE GENIE-CIVIL (11)

- PROSPECTOR : Système de diagnostic pour tirer la présence ou non d'un certain nombre de minerais dans le sous-sol.

- SACON et TITUS : Aider les utilisateurs à l'aide d'un code de calcul de structure dans la mise en forme des données de leur problème.

- CESSOL : L'objectif est de planifier des campagnes de reconnaissances géotechniques pour la construction des bâtiments.

- EXPORT : Conception de digues d'avant-port.



## 2. CONDITIONS FAVORABLES A L'ELABORATION D'UN S.E. D'AIDE A LA GESTION DE L'ENTRETIEN ROUTIER

### 2-1. Experts reconnus et motivés

On est, en effet, en présence d'un grand nombre d'experts chevronnés et de connaissances expertes dans le domaine de l'entretien routier.

Le centre technique des travaux publics C.T.T.P. abrite la majorité de ces experts dans le département de l'entretien routier.

### 2-2. Pas de solutions algorithmiques

Les connaissances utilisées dans le choix de stratégies d'entretien sont purement expertes. Néanmoins, des algorithmes de calcul d'aide au diagnostic et des modèles d'optimisation des tâches d'entretien sont utilisés.

### 2-3. Connaissances par partie intuitives

Au cours de leur vie, les ingénieurs s'occupant de l'entretien routier acquièrent une expérience dont ils n'ont, le plus souvent, pas conscience. Cette expérience leur permet d'être plus efficaces et plus rapides en faisant le moindre effort possible.

### 2-4. Connaissances non consignées dans les manuels

Très peu d'éléments sont détaillés dans les manuels tels que les dégradations définies et classées dans des catalogues, les essais et leur réalisation mais, l'essentiel de l'entretien n'est jamais consigné dans les manuels tels que: l'interprétation des essais, la recherche des causes des dégradations, comment y remédier et aux causes, et aux effets des dégradations, quand et où il faut remédier, etc...

## 2-5. Informations qualitatives et quantitatives plus souvent incomplètes et imprécises

On est en présence de synthèses complexes dans lesquelles un grand nombre de données est à manipuler (identifications, relevés des dégradations, recherches des causes, essais complémentaires...) et dont certaines peuvent être absentes, partielles ou imparfaites tel que le comportement de corps de la chaussée ou encore la date des derniers travaux d'entretien ...

## 2-6. Evolution rapide des connaissances

On est en présence d'une mise à jour habituelle des données (évolution des dégradations, augmentation trafic, ...) et d'une mise en oeuvre, en permanence, d'une logique de compromis entre les objectifs hiérarchisés et des contraintes techniques.

## 2-7. Expertise partagée entre plusieurs personnes

La connaissance approfondie de la gestion de l'entretien routier repose sur une masse importante de connaissances accumulées au fil des années et sur l'expérience.

Chaque expert s'intéresse, plus particulièrement, à certains problèmes plutôt qu'à d'autres. Leur réunion cernera très bien le domaine de l'entretien et c'est le but du S.E. réunissant des experts généralistes, spécialistes et d'autres qui interviennent pour critiquer.

## 3. ETUDE DE QUELQUES S.E. DE GESTION DE L'ENTRETIEN ROUTIER

### 3-1. ERASME (1), (17)

ERASME est un système multi expert destiné à déterminer la nature des travaux d'entretien à réaliser sur un tronçon de la chaussée.

Il est développé par la C.E.T.E. d'Aix en Provence et composé de 20 spécialistes coopérant grâce à un superviseur.

ERASME propose à l'utilisateur:

- les différents diagnostics possibles à partir des défauts observables et des mesures d'autres paramètres (trafic, âge,...);
- les solutions d'entretien optimum pour chaque diagnostic;
- les tests supplémentaires dans le cas échéant (déflexion, carottage, ...);
- l'évaluation des coûts entraînés par un report dans le temps des travaux d'entretien (prédiction).

a) Evaluation des dégradations

ERASME raisonne au niveau des sections homogènes (une section est dite homogène si tous les paramètres très significatifs du problème sont suffisamment semblables pour l'ensemble de cette section).

Ces paramètres significatifs sont:

- La mesure de déflexion.
- La structure de la chaussée.
- La nature et les dates des travaux d'entretien.
- Le trafic.
- L'âge de la couche de roulement.
- Le drainage.
- Les problèmes de gel-dégel.

Les dégradations retenues par ERASME sont les suivantes:

- Ressuage.
- Plumage.
- Pelade.
- Orniérage.
- Nids de poule.
- Glacage.
- Flache.
- Fissuration longitudinale.
- Faiençage.

Cette évaluation s'appuie sur des mesures visuelles (fissuration, orniérage, ...) et des mesures physiques (mesure de déflexion,

mesure de l'uni, adhérence, ...).

D'autres paramètres permettant l'évaluation des dégradations sont retenus tels que: trafic, âge de roulement, date et nature des travaux de réparation, ...

#### b) Diagnostic

Il aide l'ingénieur à préciser puis à identifier les problèmes que connaît la chaussée. Dans la plupart des cas (quand les données en entrée sont assez précises), on obtient une unique solution de diagnostic du genre:

- chaussée sous-dimensionnée;
- fatigue de la couche de roulement;
- chaussée sous-dimensionnée et fatigue de la couche de roulement.

ERASME reproduit le raisonnement d'un spécialiste en posant des questions orientées vers l'essentiel et il peut prononcer plusieurs diagnostics, résultats d'un travail interactif entre les différents experts.

#### c) Barrières de dégel

ERASME traite le problème de protection des chaussées vis à vis des cycles de gel-dégel.

Il examine si la chaussée est protégée pour l'hiver de référence et si le dernier hiver a causé une partie des dégradations observées et propose des barrières de dégel pour l'hiver courant et l'hiver de référence.

ERASME est capable d'évaluer le degré de protection apporté par la solution qu'il recommande.

Les barrières de dégel consistent à limiter le tonnage et la vitesse des véhicules admis à circuler sur la route.

#### d) Conception

Après le diagnostic, ERASME propose des solutions pour corriger les dégradations constatées.

L'utilisateur précisera les contraintes que doivent respecter les

solutions envisagées par ERASME.

e) Prédiction

ERASME est lié à un module de prédiction : MEDITER, ce module permet de:

- prédire l'évolution des chaussées souples;
- évaluer l'augmentation des coûts de maintenance dûs à un délai dans la remise en état ou la reconstruction;
- demander des tests supplémentaires, si nécessaires.

Les fondements du modèle de prédiction MEDITER sont les suivants:

- analyse mécanique des chaussées souples (contraintes horizontales et verticales agissant sur la chaussée);
- deux types principaux de dégradations à retenir :
  - fissuration,
  - déformation.

Ces deux types de dégradations sont décrits par:

- \* l'étendue : exprimée en % de longueur ou de surface;
- \* l'importance des dégradations : (longueur cumulée des fissures par rapport à la surface fissurée, la profondeur des ornières).
- introduction de concept de variabilité des sections homogènes;
- évaluation des dégradations qui dépend :
  - \* de la structure de la chaussée;
  - \* des facteurs d'environnement (gel, drainage,...).

En dernier point, l'art de la gestion de la maintenance routière est d'apporter une réponse aussi précise que possible à la question :

" << Si je ne fais pas les travaux, quel est le risque que je prend ? >> ", et cette fonctionnalité fait d'ERASME un outil sans équivalent dans la gestion des réseaux routiers.

\* Caractéristiques d'ERASME :

- ERASME est un système multi expert composé d'une collection de systèmes experts réunis dans une structure leur permettant de collaborer d'une façon intelligente.

- ERASME possède deux types de connaissances:
  - 1<sup>ère</sup> - connaissance faisant appel à un processus de classification, ce sont des connaissances mal formalisées dites encore connaissances "de surface" (pathologie des enduits).
  - 2<sup>ème</sup> - connaissance faisant appel à la modélisation : sont des connaissances où les méthodes algorithmiques ou déductives permettent de bâtir des modèles que l'on compare à l'objet évalué afin de juger le bien fondé des hypothèses retenues; elles sont encore dites connaissances "profondes" (structure, trafic, ...).
  
- ERASME possède un raisonnement non monotone (remettre en cause certains faits) et un raisonnement sur le raisonnement (consulter les arbres de raisonnement de ses collègues).
  
- ERASME utilise, quand il en a besoin, des logiciels de calcul tels que :
  - \* ECDROUTE : calcul de contraintes et déformations dans une structure multi couches élastique.
  - \* ORNIER : calcul de profondeur d'ornière résultant du fluage des couches bitumineuses.
  - \* GEL : calcul de la propagation du gel dans les couches de la chaussée et le sol de fondation.
  - \* FISSTHERM : calcul de la fissuration due aux effets du vieillissement du bitume.

### 3-2. SEVADER (18) , (19).

SEVADER est un système-expert en voiries urbaines pour l'aide du diagnostic et le conseil en réparation.

Il est un outil très précis, composé de deux grandes phases :

- Diagnostic (dresser un bilan de santé).
- Choix d'un remède en fonction du bilan de santé.

a) Description du segment de voirie

Cette description est caractérisée par :

- une description structurelle et géométrique;
- les dégradations et auscultations;
- l'environnement et la sollicitation de la voirie.

Le segment étudié est ainsi caractérisé par 65 indicateurs dont 60 % sont obligatoirement documentés.

b) Objectifs du gestionnaire

Six objectifs majeurs traduisent l'orientation du maître de l'ouvrage : sécurité - pérenité - bruit - confort - facilité d'entretien et économie avec une notation pondérée de 0 à 5.

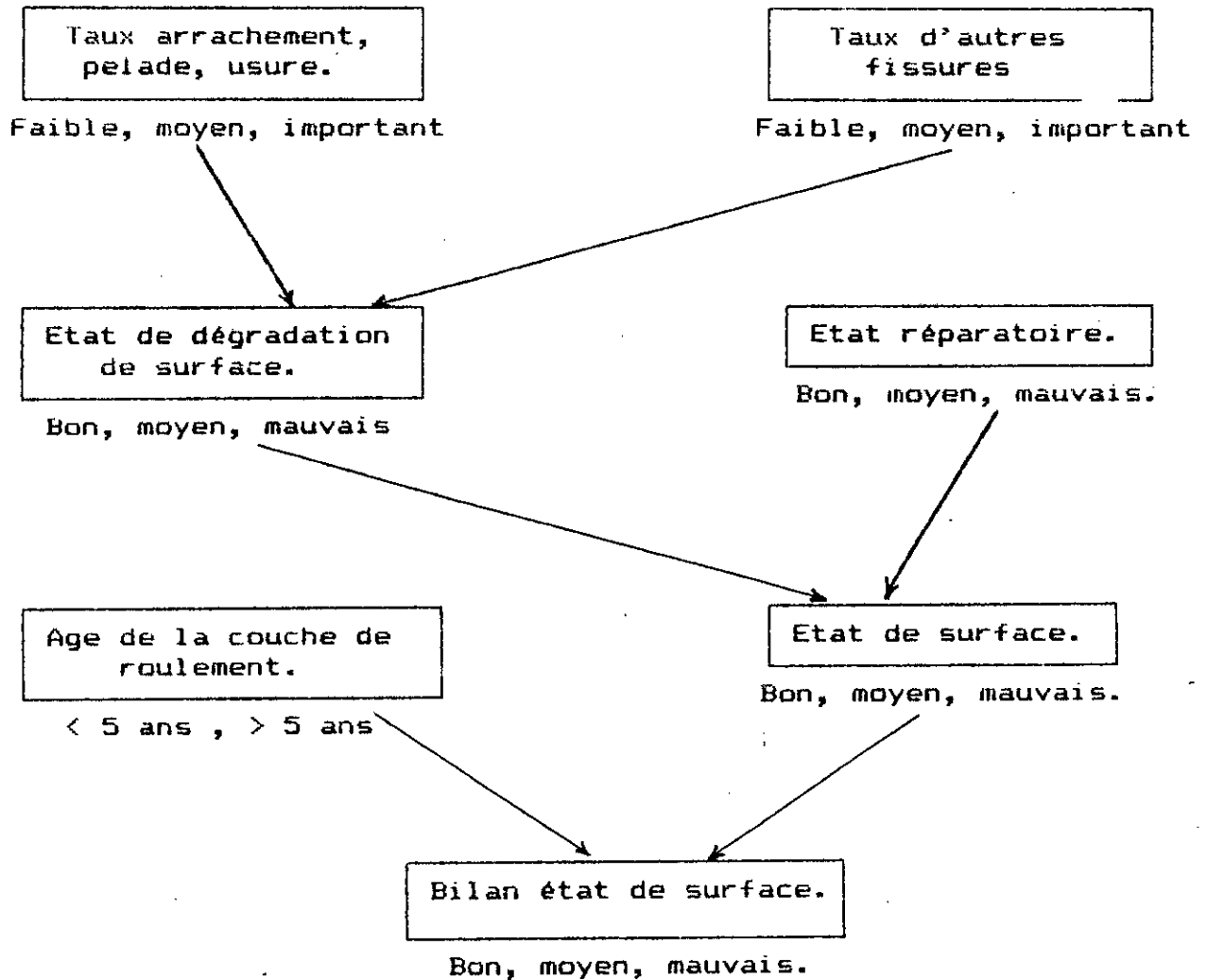
c) Bilan de santé

Il conditionne le degré de certitude des propositions des travaux proposés au choix du maître de l'oeuvre (technicien). C'est une opération complexe qui nécessite de mener la démarche en plusieurs sous bilans.

Pour les chaussées souples, par exemple:

- sous bilan trafic lourd, trafic total subi;
- sous bilan structurel (dégradation, déflexion, ...);
- sous bilan uni-déformation;
- sous bilan état de surface (dégradation de surface, réparation,...);
- sous bilan caractéristiques de surface (adhérence, rugosité,...);

Exemple pour le sous bilan état de surface



d) Conseils d'action

La logique mise en oeuvre consiste à:

- évacuer les segments sans problèmes;
- déterminer ce que permettent de faire les contraintes économiques et techniques;
- déterminer le minimum à faire pour satisfaire à des objectifs de pérenité moyenne;
- exploiter et comparer ce qui est techniquement et économiquement faisable avec le minimum nécessaire.



Les typologies de solutions dégagées sont de deux natures:

- les rechargements (revêtement mince, très mince, enduits avec reprofilage partiel ou total, ...);
- les fraisages rechargement.

e) Sélection et tris des revêtements adoptés

La base de revêtement comprend environ 60 produits.

Un certain nombre de propriétés (adhérence, sécurité, ...) est qualifié par un système de notation de 1 à 6.

L'enchaînement du raisonnement se fait comme suit:

- 1\_ Sélection des revêtements appartenant à la typologie des solutions par le gestionnaire.
  
- 2\_ Elimination successive du 1<sup>er</sup> degré en comparant les propriétés de chaque revêtement (contrainte admissible) aux propriétés de chaque segment (trafic lourd, déflexion, ...).
  
- 3\_ Elimination du 2<sup>ème</sup> degré en utilisant des règles concernant les caractéristiques de surface, des délais de remise en service, d'environnement, d'activité riveraine, ...

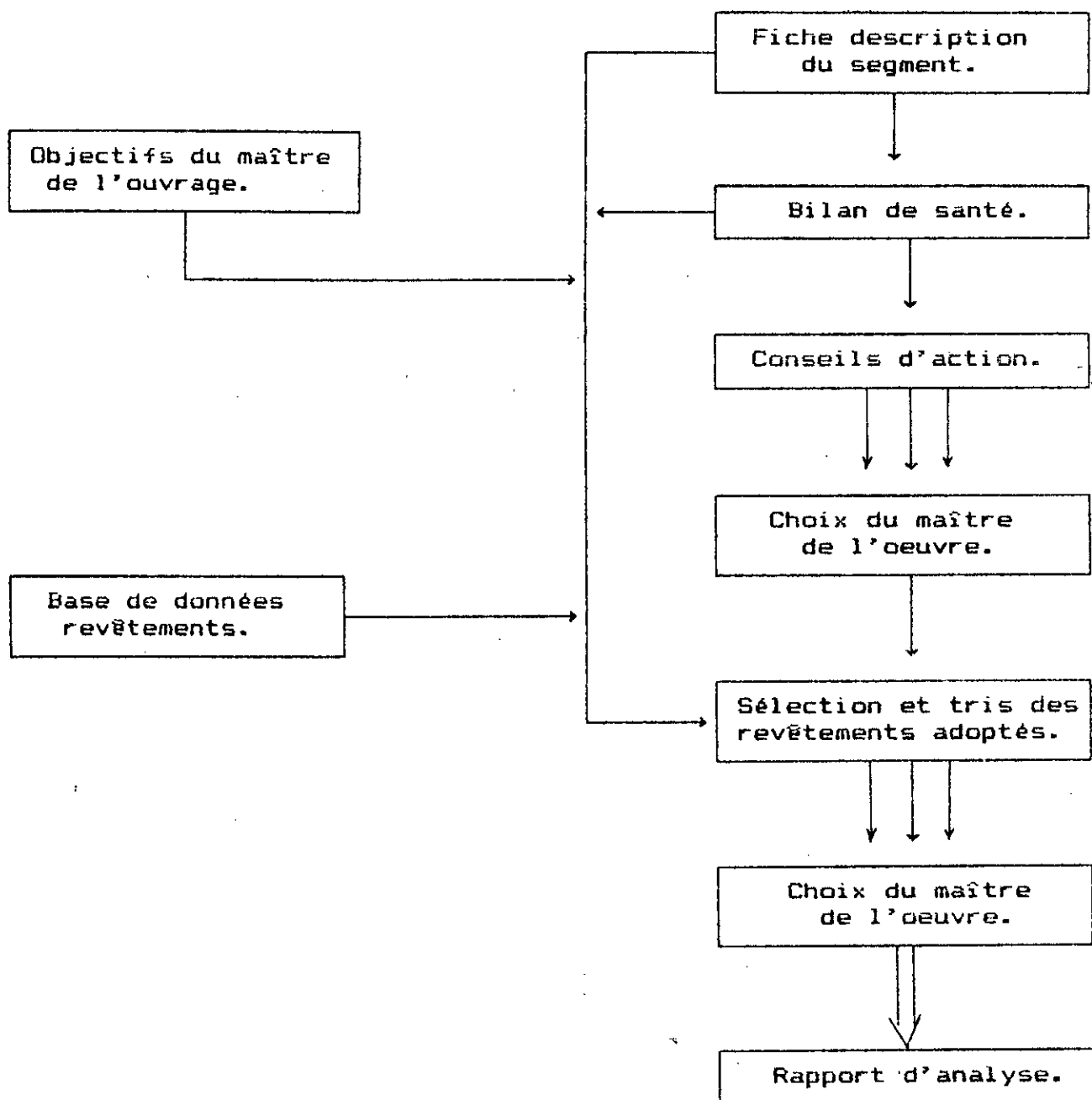
\* Caractéristiques de SEVADER

- SEVADER est un outil plus précis qui permet d'affirmer le diagnostic et d'aider au choix des solutions techniquement et économiquement les mieux adaptées.
  
- SEVADER traite des revêtements des voiries urbaines.  
Il est ancré dans la dimension urbaine et sa complexité.  
L'analyse intègre, outre les raisonnements classiques au plan de la faisabilité géométrique, durabilité, stabilité, étanchéité, coût, ..., des questions plus spécifiques comme: la maniabilité, la durée de mise en service, l'esthétique, la réparabilité, l'environnement et la population riveraine et ses contraintes en matière de bruit et de confort.
  
- SEVADER contribue au dialogue: décideur - techniciens - usager

- SEVADER contribue à la formalisation des connaissances, au transfert du savoir-faire et à la formation de nouveaux experts.

- SEVADER possède trois bases de connaissances principales:

- \* Diagnostic.
- \* Conseils d'action.
- \* Revêtement.



### 3-3. SCEPTRE (1) , (20)

#### a) Prestation globale du système

Les agences de l'état de WASHINGTON ont développé le système-expert SCEPTRE pour la gestion de l'entretien des chaussées. SCEPTRE propose les résultats suivants:

- dix diagnostics possibles à partir des dégradations relevées et les mesures des paramètres décrivant la chaussée (trafic, âge,...);
- plusieurs stratégies pour chaque segment en donnant la durée de vie minimale de chacune d'elles;
- la probabilité pour dépasser la durée de vie minimale pour chaque stratégie;
- le coût détaillé pour chaque stratégie.

#### b) Evaluation des dégradations

SCEPTRE raisonne pour des segments qui sont homogènes en terme de l'état de surface et de la géométrie.

Les paramètres significatifs pris en considération lors d'un choix de section homogène sont:

- confort;
- sécurité;
- dégradations de surface;
- dégradations à l'intérieur de la chaussée;
- la structure de la chaussée.

SCEPTRE retient les dégradations suivantes:

- fissuration longitudinale;
- fissuration transversale;
- orniérage;
- faïençage;
- ressuage.

L'évaluation des dégradations se fait d'une manière visuelle, en donnant pour chaque dégradation la gravité et le pourcentage de celle-ci.

c) Elaboration d'un diagnostic

En combinant le pourcentage et la gravité des dégradations pour chaque segment, SCEPTRE élabore son diagnostic, en proposant l'une des dix stratégies d'entretien existant dans le système. L'élaboration d'une stratégie d'entretien provient de l'utilisation de la base de connaissances qui contient les règles et les faits. Ces dernières ont été construites à partir de l'expertise de deux spécialistes des chaussées et de l'expérience acquise par l'état de WASHINGTON en matière d'entretien routier.

d) Représentation des connaissances

Les règles sont représentées de la manière suivante:

IF condition THEN action.

Lorsque la condition de la règle est déclarée vraie par le moteur d'inférence, l'action de la règle est aussi déclarée vraie. SCEPTRE contient 140 règles dans sa base de connaissances.

e) Présentation des résultats

SCEPTRE traite seulement les chaussées souples (par opposition aux chaussées rigides) dont la surface est faite de bitume. Les stratégies proposées par SCEPTRE concernent seulement la couche de roulement et non l'intérieur de la structure de la chaussée.

3-4. PUMA MW ( TCHECOSLOVAQUIE ) (21)

a) Présentation globale du système

Le système-expert PUMA donne à l'utilisateur :

- un diagnostic pour chaque segment;
- les stratégies d'entretien dont les coûts sont les moins élevés;
- les données nécessaires pour la préparation d'un plan de maintenance.

#### b) Evaluation des dégradations

PUMA MW utilise la notion d'homogénéité des sections pour le choix des trançons.

Il utilise 25 types de dégradations et une base de données qui contient toutes les informations concernant la chaussée à traiter.

#### c) Elaboration d'un diagnostic

La banque de données contient les renseignements suivants :

- données administratives (région, ville, autoroute n° );
- paramètres de chaussée (structure, section, drainage,..);
- paramètres variables (dégradations, uni, déflexion,..);
- catalogue des dégradations comprenant les différents types de dégradations avec leurs causes probables;
- données concernant le trafic des véhicules, le trafic des poids lourds et l'estimation du trafic futur;
- catalogue de toutes les technologies de maintenance standard. Ce catalogue peut être élargi par de nouvelles technologies, peut aussi enlever les mauvaises technologies.

Cette base de données des chaussées possède deux fonctions, d'une part, elle trie les données rentrées pour la procédure de décision du S.E. et d'autre part, elle contient les données qui servent de réponses aux questions posées par l'utilisateur concernant les paramètres individuels, la composition de la chaussée, le drainage, etc...

En utilisant une base de connaissances qui contient des règles formulées sur la base des formules et des lois connues sur les chaussées, le moteur d'inférence donne les opérations de maintenance de base qui sont les suivantes:

- 1- Pas d'opération de maintenance.
- 2- Maintenance de routine.
- 3- Maintenance continue.
- 4- Reprofilage.
- 5- Prolonger la durée de service de la chaussée.
- 6- Changement total de la couche de roulement.

#### d) Représentation des connaissances

PUMA MW utilise le langage PROLOG comme langage de programmation; il utilise aussi le IF - THEN, pour les règles.

IF condition THEN action

#### e) Présentation des résultats

Le S.E. PUMA MW utilise un moteur d'inférence qui comporte deux phases.

La première phase consiste à inférer une opération de maintenance de base (B.M.O) à travers les données concernant le type de dégradation et son pourcentage .

La deuxième phase consiste à proposer la solution dont le coût est le moins élevé en utilisant la base de données.

PUMA MW utilise le chaînage arrière comme mode de fonctionnement de son moteur d'inférence. Il propose aussi le matériel nécessaire pour chaque opération de maintenance choisie.

PUMA MW explique à l'utilisateur son raisonnement concernant le choix de la stratégie de maintenance.

#### 4. SYNTHESE SUR LES DIFFERENTS SYSTEMES

Dans toutes les méthodes d'entretien, l'expérience et l'habitude entrent en jeu, pour une bonne partie, lors de l'entretien des chaussées.

Les méthodes demandent :

- Une rigueur technique et scientifique (connaissance des lois d'évolution des revêtements).
- Une fréquence annuelle du relevé des dégradations.
- Une fréquence annuelle d'essais complémentaires (déflexion, Uni, ...).
- Une fréquence annuelle du diagnostic.

Le principe des méthodes est commun, il repose sur la définition d'un indice de santé pour chaque type de dégradation, ce qui permet d'établir un ordre de priorité des travaux et donc de faciliter la gestion du réseau routier.

Les mesures de base communes des systèmes cités comme exemple sont, en général :

- Cartographie (situation, découpage en sections, ...).
- Structure si elle est connue.
- Trafic (classe de la route, flux des véhicules et surtout le taux des poids lourds).
- Déflexion : si le relevé visuel ne suffit pas et que le diagnostic n'est pas affiné pour proposer une stratégie d'entretien .
- Dégradation (reconnaissance visuelle et classification).
- Date et nature des travaux d'entretien.

#### a) Evaluation des dégradations

La plupart des systèmes raisonnent au niveau des sections homogènes et les différentes dégradations communes, retenues par chaque système sont:

- Ressuage.
- Plumage.
- Pelade.
- Nids de poule.
- Orniérage.
- Affaissement.
- Fissurations longitudinale et transversale.
- Faiengage.

#### b) Elaboration d'un diagnostic

ERASME, SEVADER et SCEPTRE élaborent, tous, un diagnostic en se basant sur des notes de services de la chaussée ou des indices de dégradations et chaque système procède d'une manière propre à lui, différente des autres dont nous avons peu d'informations.

Il existe d'autres systèmes non mentionnés tels que : HODOMETRIC ne conduisant pas à l'élaboration d'un diagnostic, seules des données

de cartographie et relevés de dégradations, sans connaître leur sévérite, sont présentes.

#### c) Modèle de prédiction

Seul ERASME possède un modèle de prédiction (prédire l'évolution des chaussées souples, évaluer l'augmentation du coût de maintenance dû au retard des travaux d'entretien), d'où l'optimisation des coûts d'entretien et l'efficacité des tâches d'entretien.

SEVADER qui s'intéresse aux voiries urbaines ne développe pas un modèle de prédiction vu que le réseau urbain est très complexe et l'évolution du réseau très difficile à les modéliser.

Les systèmes n'élaborant pas de diagnostic, ils ne sont donc pas en mesure de faire des prédictions d'évolution.

En effet, celles-ci se basent sur un diagnostic précis et sur l'évolution des dégradations en l'absence d'entretien.

#### d) Présentation des résultats

ERASME présente les résultats du traitement sous forme de programmes d'entretien structurés avec des ordres de priorité que l'utilisateur peut comparer en fonction des investissements et des crédits disponibles.

SEVADER présente les résultats sous forme de conseils d'actions et retient, à la fin, deux sortes de travaux principaux : rechargement et fraisage rechargement avec une sélection minutieuse des revêtements en fonction de ce qui est, techniquement et économiquement, nécessaire.

PUMA MW a aussi la capacité d'expliquer à l'utilisateur son raisonnement concernant le choix de la stratégie de maintenance. Cette qualité d'explication est une caractéristique de tous les systèmes-experts d'aide à la gestion de l'entretien routier (SEVADER, ERASME, ...).



## CONCLUSION

La grande majorité des systèmes de gestion de l'entretien comme conseils d'aide, un nombre important de solutions aux problèmes détectés, ce fait est certainement dû au manque de renseignements (adhérence, étanchéité, atténuation du bruit, ...), un nombre plus important de contraintes aurait eu pour résultat de réduire le nombre de possibilités.

Pour optimiser les coûts d'entretien, ce qui est le but de la gestion, il faut tenir compte de deux aspects primordiaux:

- une meilleure expertise;
- le passage à la maintenance prédictive.

Le problème de l'expertise est qu'il faut le savoir-faire d'un grand nombre d'experts en la matière pour affiner le diagnostic et sélectionner la stratégie d'entretien, seulement, ces experts sont rares et leur engagement est cher.

Le problème de l'aspect prédictif est d'essayer de connaître l'évolution future de la chaussée, pour cela il faut utiliser des modules contenant les lois d'évolution des chaussées. Seulement, le comportement d'une chaussée d'une part, dépend d'un grand nombre de paramètres tels que : la mécanique des matériaux multicouches, le climat, le trafic,..... qu'il faut cerner pour dégager des solutions représentatives, d'autre part, chaque chaussée a un comportement particulier même si l'on retrouve certaines constantes dans chaque classe de paramètres.

Pour dévier ces problèmes, il faut aller vers une gestion plus rationnelle et plus efficace de l'entretien.

La solution ne peut être, à l'heure actuelle, qu'un système-expert, surtout que toutes les conditions favorables à son élaboration sont présentes.

PARTIE III

APPLICATION : DESCRIPTION DE SEAGER

## 1. INTRODUCTION

Après avoir réussi à mémoriser et gérer les informations décrivant le réseau par S.E.D., on retombe sur un autre problème qui est la complexité en nombre de décisions à prendre pour les travaux d'entretien car, si on suppose que, au moins, la moitié du réseau est dégradée, cela signifie en moyenne 5000 sections par wilaya à entretenir.

Ce problème peut être résolu grâce à un système-expert.

Dans cette partie, on présentera le système-expert SEAGER destiné à aider les gestionnaires de l'entretien routier, en général, et les subdivisionnaires, en particulier, à déterminer la nature des travaux d'entretien à réaliser sur une section de chaussée souple.

## 2. SELECTION DU PROBLEME ET INTERETS DES SYSTEMES-EXPERTS

La gestion de l'entretien routier n'est pas seulement de mémoriser le grand nombre de données liées au réseau, c'est aussi de déterminer les travaux à réaliser, leur lieu et leur moment.

Ces tâches dépendent du savoir-faire et de l'expérience des services qui s'en occupent et des crédits disponibles à leur réalisation.

Au niveau des subdivisions, les experts sont rares.

Pour choisir le traitement à prescrire, les gestionnaires peuvent s'appuyer sur des guides d'entretien, ou bien se contenter de leur savoir. C'est une tâche très lente et compliquée vue le grand nombre de sections à remettre en bon état et les différentes dégradations dont les causes ne sont pas évidentes à expliquer.

Pour faire simple et vite, nous proposons un système-expert d'aide au choix des actions d'entretien, capable d'expliquer le pourquoi et d'éviter l'inutile.

S.E.D. constitue la source de notre base de faits, il comporte toutes les données nécessaires pour faire un diagnostic afin de définir les travaux d'entretien à effectuer.

S.E.D. affecte à chaque section une note globale correspondant à un axe d'entretien. A partir de cette note, on peut sélectionner les sections à étudier par un système-expert qui raisonnera à partir de tous les faits stockés dans S.E.D. pour déterminer les causes probables des dégradations et y remédier en conséquence, tout en rentabilisant les frais d'intervention.

### 3. ACQUISITION DES CONNAISSANCES

Qu'elle soit extraite directement auprès d'un expert ou tirée des travaux de recherche et des livres, le problème central de l'acquisition des connaissances est celui du transfert de l'expertise dans la base de connaissances. (22)

L'acquisition des connaissances est souvent conduite par un spécialiste appelé, généralement, "Ingénieur de la Connaissance" ou encore, "Cogniticien". Son rôle est d'écouter l'expert en vue de détecter les noeuds du raisonnement et d'identifier les objets de travail. Dans ce but, il faut faire parler l'expert qui doit pouvoir s'exprimer le plus librement possible.

Pour cela, tous les moyens sont bons: entretien, questionnaire, observation, écriture, etc... Ce qu'il est important de noter ce sont ses retours arrières, ses hésitations car, derrière, peuvent se cacher des indicateurs qui permettront de trouver une représentation de ses connaissances.

#### 3-1. Acquisition des connaissances en Vrac

Nous avons utilisé deux sources d'acquisition des connaissances, à partir des travaux de recherche publiés par des laboratoires d'étude de l'entretien routier, en l'occurrence: le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) (8), (11), le C.E.T.E. (23), SETRA (24), le Centre du Contrôle Technique des Travaux Publics (C.T.T.P.) (6), (7) et Laboratoire Methodes-INSALYON ( 1 ).

De même, nous avons pu enrichir ces connaissances auprès d'ingénieurs expérimentés chargés de l'entretien routier en Algérie

et en particulier, Mr BELAHLLOU, le chef de département Entretien au U.T.T.P.

L'extraction des connaissances a été conduite par Mr SILHADI avec qui nous avons joué le rôle de cognitiviciens.

### 3-2. Tri des connaissances - Identification des éléments clés

Les connaissances extraites en vrac vont être traitées afin d'adapter une structure homogène.

Pour cela, nous avons cherché à déterminer les éléments clés qui influent sur le choix des stratégies d'entretien.

Ces éléments concernent notamment:

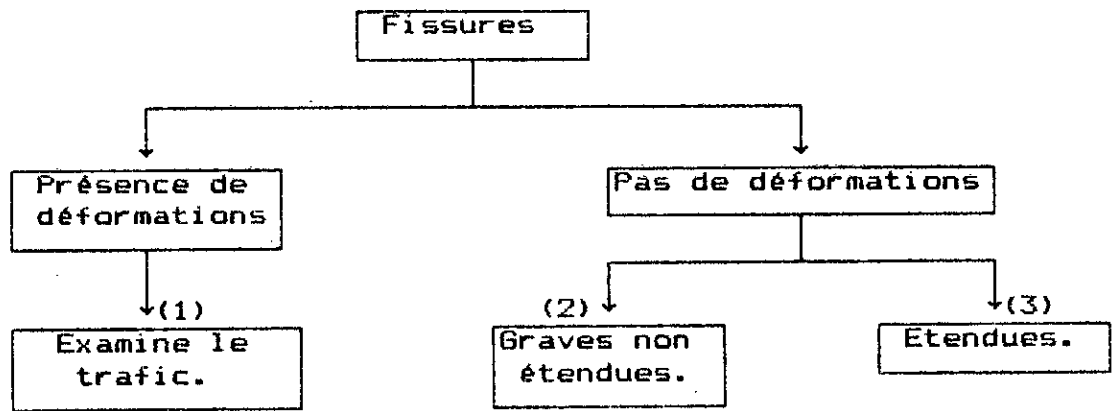
- les types de dégradations;
- la combinaison des dégradations;
- l'influence du fonctionnement du drainage;
- l'influence du trafic;
- les essais d'aide à l'auscultation, notamment, les sondages.

### 3-3. Représentation sous forme branches d'arborescence

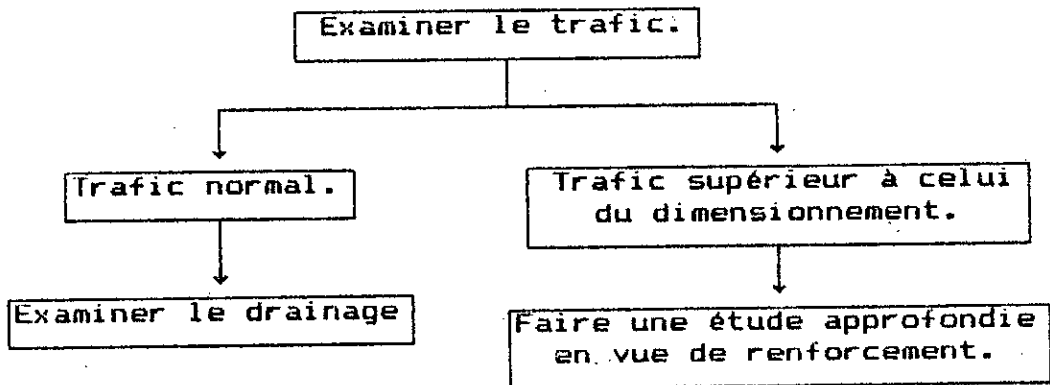
A l'aide des travaux déjà entrepris par les chercheurs (6), (7), (23), (24), nous avons représenté les relations entre les différents éléments clés sous forme d'arbres avant de les transcrire dans la base de connaissances.

#### \* Exemples de branches

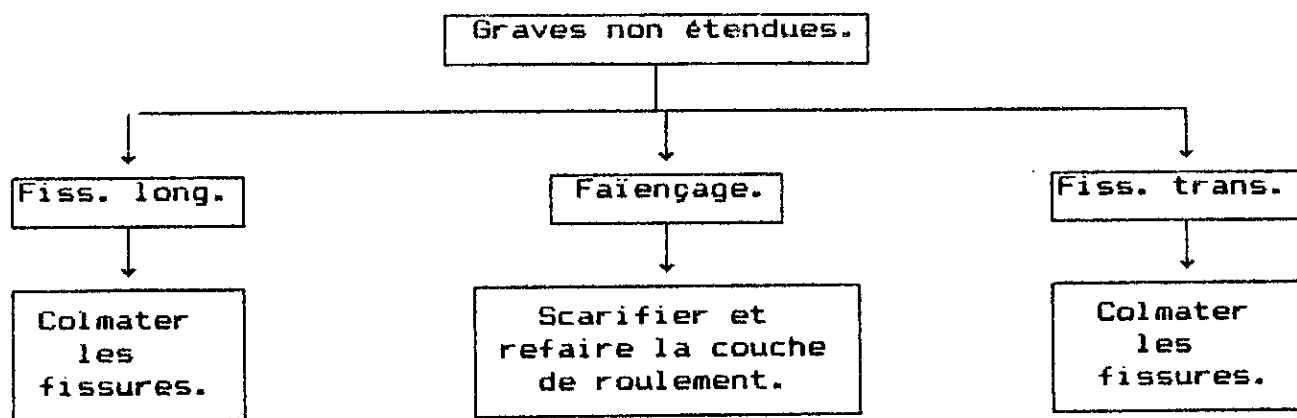
- Exemple 1



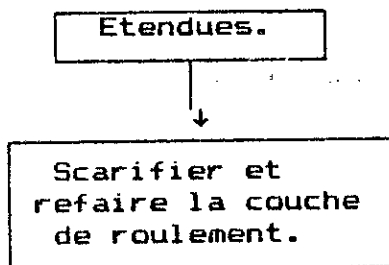
(1)



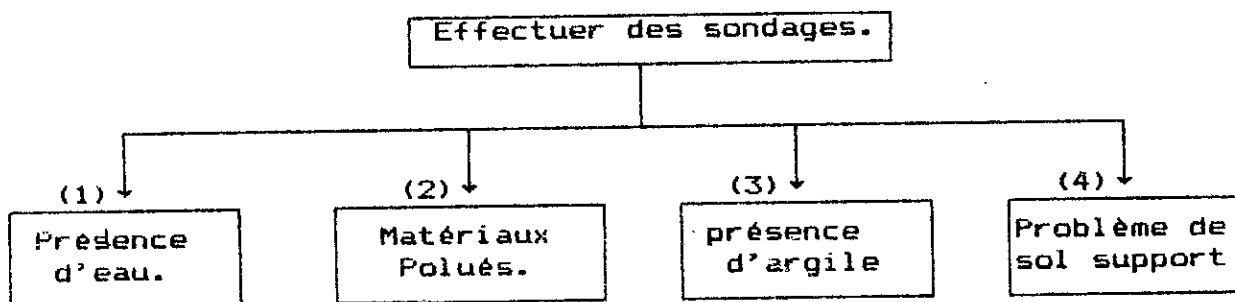
(2)

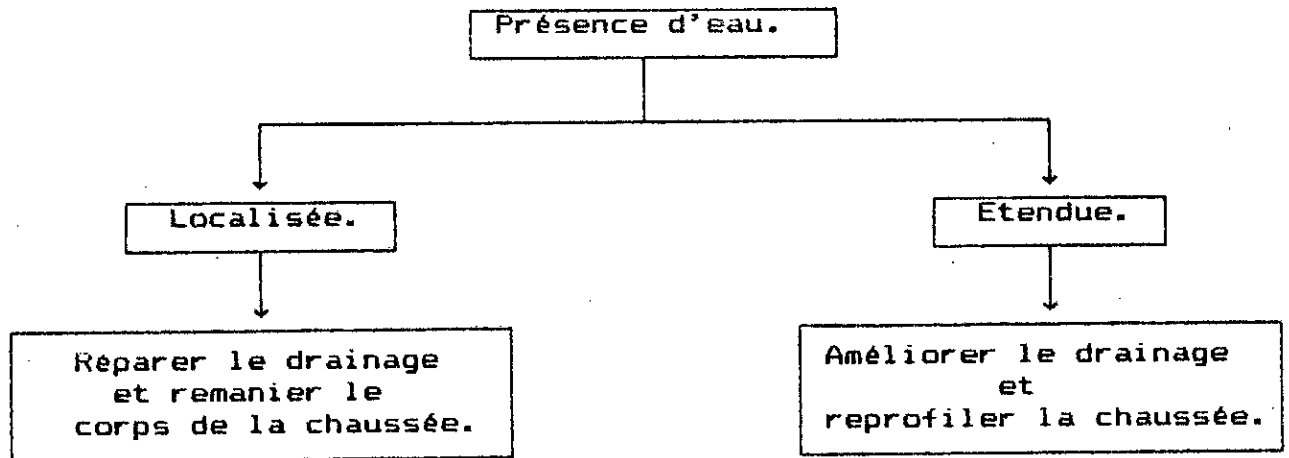


(3)



- Exemple 2





### 3-4. Choix du formalisme de représentation et écriture de la base de connaissance

Le mode de représentation des connaissances acquises, le plus approprié est celui des règles de production. Celles-ci nous permettent de comprendre, aisément, le sens des connaissances. Cependant, un grand nombre de questions se pose concernant la représentation et la gestion des informations décrivant le réseau pour le développement d'une base de faits.

Le problème est dû, essentiellement, aux causes suivantes:

- les informations concernant le réseau évoluent et se transforment dans le temps. Ces informations sont constamment modifiées, supprimées ou complétées.

Ceci demande une grande souplesse du système de gestion des données qui permet une constante mise à jour.

- le grand nombre d'informations par wilaya (complexité en nombre).

Ceci nous a amené à opter pour une structure orientée-objet pour les bases de faits.



Néanmoins, il aurait été préférable de changer la représentation relationnelle de S.E.D. par une représentation orientée-objet. Ainsi, l'utilisation d'interfaces peut être évitée.

Une représentation orientée-objet de S.E.D. permettra, en plus, de porter vers S.E.D. une partie des traitements nécessaires pour maintenir la cohérence que l'on aurait dévolue dans le cas du S.E.D. actuel, à des programmes, à des S.E. ou à l'utilisateur.

L'adoption d'une représentation orientée-objet pour les bases de faits de SEAGER nécessite l'utilisation de plusieurs interfaces.

Chaque connaissance opérative traduisant un savoir-faire de l'expert est représentée par une règle de la forme:

SI <Condition> ALORS <Conclusion>

Ces règles sont extraites sur la base de ce que fait S.E.D. jusqu'à présent, ainsi que le raisonnement entrepris par les experts du C.T.T.P.

### 3-5. Validation auprès de l'expert

En phase d'acquisition de connaissances, c'est la compétence de l'expert que nous avons analysée afin de la modéliser.

Au stade de la validation, c'est l'expertise du modèle qui est analysée et non celle du spécialiste.

La validation a pour but de faire en sorte que les connaissances modélisées respectent le contenu réel de l'expertise tel qu'il a été recueilli auprès des experts consultés et des documents utilisés.

Après avoir écrit la base de connaissances du système SEAGER, l'opération de validation a eu lieu, une première fois, auprès de Mr BELAHLOU du C.T.T.P., expert en entretien routier.

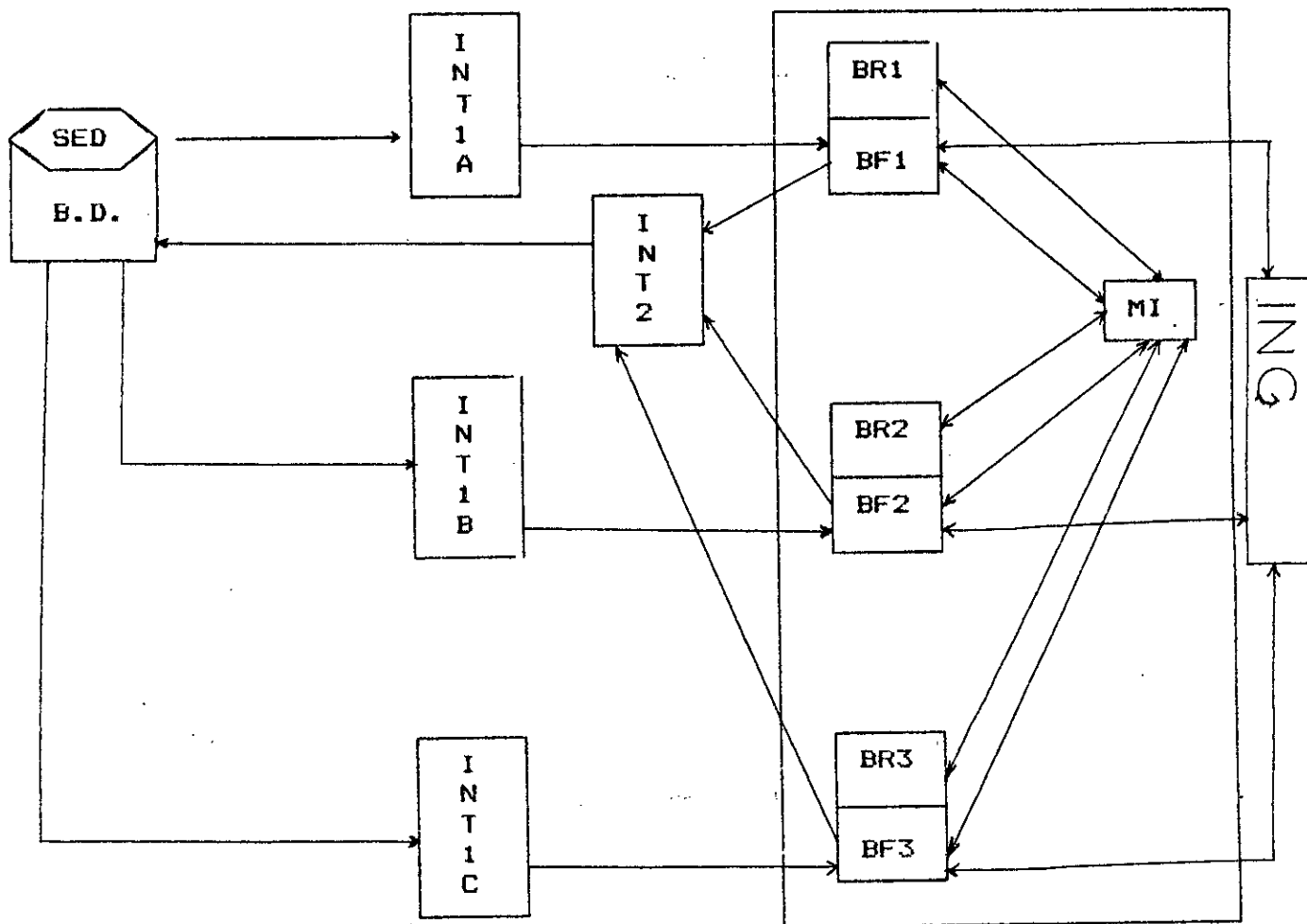
Des ajustements et corrections ont eu lieu au niveau de la base de connaissances qui a été validée, une seconde fois, par des experts du C.T.T.P..

Après validation, certaines règles ont été regroupées en une seule, d'autres ont été supprimées, ce qui a réduit le nombre de règles initiales.

#### 4. ARCHITECTURE GENERALE DE SEAGER ET CHOIX DU MOTEUR D'INFERENCE

Tous les faits, qu'ils soient en entrées ou en sorties du S.E., sont traités par des interfaces qui permettent, soit de les extraire, soit de les transmettre à S.E.D.

La figure suivante schématise l'interfaçage entre S.E.D. et SEAGER, ainsi que l'architecture générale du S.E.



Architecture générale du S.E. SEAGER

Le S.E. SEAGER se compose des parties suivantes:

\* BR1: base de règles 1: Elle contient toutes les règles qui concernent l'entretien courant.

\* BR2: base de règles 2: Elle contient toutes les règles qui concernent l'entretien poussé.

\* BR3: base de règles 3: Elle contient toutes les règles qui concernent l'entretien particulier.

\* BF1: base de faits 1: Elle contient les faits pour lesquels: (S=2 , V=0) ; (S=1 , V=1) ; (S=0 , V=2) ; (S=1 , V=2).

\* BF2: base de faits 2: Elle contient les faits pour lesquels: Q=3 sauf pour (S=1 , V=2) et Q=4 sauf [(S=1 , V=3) ; (S=0 , V=3) ; (S=3 , V=3) ; (S=3 , V=2)].

\* BF3: base de faits 3: Elle contient les faits pour lesquels: Q=4 et [(S=1 , V=3) ; (S=0 , V=3) ; (S=3 , V=3) ; (S=3 , V=2)].

\* INT1A: interface pour stocker les faits dans BF1 en passant de la représentation de S.E.D. à la représentation orientée-objet.

\* INT1B: interface pour stocker les faits dans BF2 en passant de la représentation de S.E.D. à la représentation orientée-objet.

\* INT1C: interface pour stocker les faits dans BF3 en passant de la représentation de S.E.D. à la représentation orientée-objet.

\* INT2: interface pour stocker les informations déduites par SEAGER dans S.E.D., en passant de la représentation orientée-objet à la représentation de S.E.D.

Les interfaces INT1A, INT1B et INT1C permettent de ne sélectionner que les faits dont les sections sont endommagées.

\* M1: le moteur d'inférence est d'ordre 1 car, le déclenchement des règles se fera pour un grand nombre de sections (variable:section).

L'exploitation des trois bases de règles se fera en chaînage avant, avec monotonie, sans coefficient de vraisemblance.

Le chaînage avant consiste à examiner, inlassablement, la partie gauche des règles et à appliquer celles-ci chaque fois que c'est possible. Les conclusions seront inscrites en base de faits.

Le processus s'arrête lorsqu'un passage sur toutes les règles n'a donné lieu à aucun fait nouveau.

Le système détermine le remède à apporter par bloc. Il commence par traiter les sections à état moyen en utilisant la base de connaissances entretien courant, puis il passe aux sections nécessitant un entretien particulier tel que refaire la couche de roulement en utilisant la base de connaissances entretien particulier.

Enfin, il traitera les sections nécessitant un diagnostic et qui n'ont pas été traitées, précédemment, en utilisant la base de connaissances entretien poussé.

## 5. STRUCTURE DE LA BASE DE CONNAISSANCES DE SEAGER

### 5-1. Base de faits

S.E.D. constitue la source de notre base de faits (B.F.). Toutes les sections qui ont un indicateur d'état global égal à 1, c'est-à-dire un bon état, seront ignorées car elles n'ont pas besoin d'entretien.

Les données sont stockées dans S.E.D. sous forme de fichiers et seront transférées dans notre B.F. par des interfaces permettant de les représenter sous forme orientée-objet.

La section représente un objet et toutes les données qui la caractérisent forment les attributs de la section.

Chaque attribut possède des facettes qui peuvent être une valeur, une désignation, un résultat, ...

Les sondages à réaliser, si nécessaire, peuvent représenter un autre objet caractérisé par ses attributs qui sont, nom de sondage, numéro de la section, présence d'eau, présence d'argile, qualité des agrégats, sol support,...

La structure de la base de faits sera de la forme:

OBJET : Section	
ATTRIBUTS	FACETTES
Identification	[    ] [    ] [    ] [    ] [    ]
Q	[    ] ( possibilités : 2, 3, 4 )
V	[    ] ( possibilités : 0, 1, 2, 3 )
S	[    ] ( possibilités : 0, 1, 2, 3, )
Trafic	[    ] ( possibilités : T <sub>0</sub> , T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>5</sub> )
Trafic de référence ( de dimensionnement )	[    ]
Section homogène	[    ] ( son numéro )
Etat des ouvrages de drainage	[    ] ( possibilités : fonctionnels, nonfonctionnels )
Sondages	[    ]

OBJET : Section homogène

ATTRIBUTS	FACETTES
Identification	[ ]
Trafic	[ ] ( possibilités : T <sub>0</sub> , T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>5</sub> )
Trafic de référence	[ ]
Etat des ouvrages de drainage	[ ] ( possibilités : fonctionnels, nonfonctionnels )
Sondages	[ ]
Ensoleillement	[ ] ( possibilités : moyen, important )
Test sur la couche de surface	[ ] ( excès de liant, mauvais liant, bon )

Objet : SONDAGE [ ]

Attributs	Facettes
Numéro du sondage	[ ]
Section	[ ]
Présence d'eau	[ ] ( possibilités : oui, non )
Présence d'argile	[ ] ( possibilités : oui, non )
Présence de matériaux pollués	[ ] ( possibilités : pollués, non pollués )
Portance du sol	[ ] ( possibilités : suffisantes, insuffisantes )

Objet : OUVRAGES DE DRAINAGE

Attributs	Facettes
Section	[ ]
Localisation	[ ] [ ] ( abscisse et ordonnée )
Type	[ ] [ ] 1 <sup>ère</sup> possibilité: D: Dallot, P: Ponceau, B: Buse. 2 <sup>ème</sup> possibilité: BT: béton, BA: Béton Armé, MA: Maçonnerie,
Etat structurel	[ ] ( possibilités : bon, moyen, mauvais )
Etat fonctionnel	[ ] ( possibilités : bon, moyen, mauvais )
Travaux	[ ] ( possibilités : réparés, non réparés )

Objet : Dégradation

Attributs	Facettes
Section	[ ]
Type	[ ] ( possibilités: ORN, AFF, FLA, TO, FL, NP, PEL, GLA DES, FL, FMF, FML, FT, EPAU, RES, REM, EP )
Etendu	[ ] ( possibilités : 0, 1, 2, 3 )
Gravité	[ ] ( possibilités : 0, 1, 2, 3 )
Présence d'argile	[ ] ( possibilités : Oui, Non )
Présence d'autres dégradations super posées	[ ] NON (possibilités:toutes dégradations superposées

Travaux	[ ]
Localisation	[ ] [ ] ( abscisse et ordonnée)

Trois bases de faits seront nécessaires, l'une pour la base de règles "Entretien courant", l'autre pour la base de règles "Entretien poussé" et la troisième pour la base de règles III, qui comprend  $Q = 4$  et  $( S = 1 , V = 3 ) ; ( S = 0 , V = 3 ) ; ( S = 3 , V = 3 ) ; ( S = 3 ; V = 2 )$ .

### 5-2. Base de règles

Chaque granule de connaissance est représentée par une règle de la forme :

SI < CONDITIONS > ALORS < CONCLUSION >

La structure de la base de règles est fonction de ce que fournit S.E.D. Ce dernier identifie le réseau, le divise en sections de 100 m et évalue l'état de chaque section en lui affectant une note globale Q.

- Q = 1, ..... Section en bon état.
- Q = 2, ..... Etat moyen.
- Q = 3, ..... Etat mauvais.
- Q = 4 ..... Etat très mauvais.

\* Lorsque l'état de la chaussée est bon ( $Q = 1$ ), aucun entretien n'est à apporter à la chaussée et on se contente de sa surveillance normale, et ce cas n'est pas concerné par les bases de règles de notre système.

\* Lorsque l'état est moyen ( $Q = 2$ ), c'est-à-dire que la structure se porte bien, seule la surface est affectée. On se contente de faire l'entretien courant qui est réalisé par les subdivisions elles-mêmes.



L'entretien courant se limite à des réparations localisées telles que : colmatage des fissures, remplissage dans les ornières, reprofilage de la chaussée si elle est déformée, remplissage des nids de poule, refaire partiellement la surface de la chaussée, scarification de la chaussée afin de diminuer sa glissance, nettoyage des fossés, emplois partiels au point à temps, ...

Exemples de règles d'entretien courant

1) Si affaissement sur la section X

Si présence d'argile

Si drainage fonctionnel

Alors purge profonde et reprofilage avec des matériaux bitumineux.

Cette règle écrite en langage naturel et traduisant une connaissance, peut être introduite sur machine en langage quasi-naturel, sous la forme:

Si dégradation X

Si X type affaissement

Si X argile : oui

Si X section Z

Si Z drainage fonctionnel

Alors X travaux : " purge profonde et reprofilage avec des matériaux bitumineux ".

2) Si fissures longitudinales sur la section X

Si plus de 2 mm d'ouverture

Si présence d'arrachements.

Alors fermer les fissures avec un coulis bitumineux à chaud.

Cette règle peut être traduite de la manière suivante :

Si dégradation X

Si X type : fissures longitudinales

Si X gravité Y

Si Y > 1

Si X présence d'arrachements : Non

Alors X travaux : " fermeture des fissures avec coulis bitumineux "

\* Lorsque l'état de la chaussée est très mauvais ( $Q = 3$ ), on distingue deux cas :

1<sup>er</sup> cas: La structure est très mauvaise et l'état de surface est bon ou mauvais. Dans un tel cas de figure, il faut envisager un entretien poussé, c'est-à-dire que l'on devra entretenir au niveau de la structure et cette intervention nécessite un diagnostic détaillé des causes de la dégradation.

Un diagnostic rentable commence par analyser les facteurs qui peuvent causer la dégradation et qui ne nécessitent pas un effort considérable ou de grandes dépenses.

Par exemple, si l'on cherche à vérifier le niveau de trafic ou les derniers travaux réalisés, il suffit de voir la banque de données de S.E.D. ou au niveau des attributs de l'objet section de SEAGER. Si à travers les informations disponibles, on ne peut pas trancher pour déterminer la cause de dégradation, il faudra alors procéder à des essais destructifs (carottages, ...) ou à des essais à grands rendement (déflexion ...) qui permettent une analyse plus poussée.

A travers cette dernière, on pourra détecter les causes les plus probables de dégradations.

Dans un tel cas de figure, on parlera d'entretien poussé.

#### Exemple de règles d'entretien poussé

- 1) Si orniérage sur section X  
Si orniérage  
Si trafic supérieur au trafic de référence  
Alors renforcer la section.

Cette règle écrite en langage naturel peut être introduite sur machine sous la forme :

Si dégradation X  
Si X type ORN  
Si X section Z  
Si Z trafic T  
Si Z trafic de référence R  
Si  $T > R$   
Alors X travaux : " Renforcer la chaussée ".

2) Si fissures sur section X  
Si présence de déformations  
Si trafic normal  
Si drainage nonfonctionnel  
Alors améliorer le drainage et reprofiler la chaussée.

Cette règle sera traduite en langage quasi-naturel de la manière suivante :

Si dégradation X  
Si X type Y  
Si Y IN [FL, FT, FMF, FML ]  
Si X section Z  
Si X présence de déformations : OUI  
Si Z trafic T  
Si Z trafic de référence R  
Si  $T < R$   
Si Z drainage nonfonctionnel  
Alors X travaux : améliorer le drainage et reprofiler la chaussée.

2<sup>ème</sup> cas : L'état de la structure est moyen ainsi que l'état de surface. On se contente alors de faire l'entretien courant. Ce cas correspond à  $Q = 3$  et ( $V = 2$ ,  $S = 1$ ).

\* Lorsque l'état de la chaussée est très mauvais ( $Q = 4$ ), on distingue les cas suivants:

1<sup>er</sup> cas : L'état de la surface est très mauvais et l'état de la structure est mauvais, on doit faire un entretien poussé.

2<sup>ème</sup> cas : L'état de la structure est bon ou à la limite, moyen et l'état de surface est très mauvais, on doit alors renouveler la couche de roulement.

Ce cas correspond à  $Q = 4$  et  $(S = 0, V = 3)$  ou  $(S = 1, V = 3)$ .

3<sup>ème</sup> cas : L'état de la structure est très mauvais ainsi que celui de la surface, on propose de faire une étude plus approfondie (déflexion) en vue du renforcement. C'est le cas où  $Q = 4$  et  $(V = 3, S = 3)$  ou  $(V = 2, S = 3)$ .

En conclusion, on distingue trois sortes d'entretien:

- entretien courant,
- entretien poussé,
- entretien particulier.

Ce qui nous a conduit à diviser les connaissances en trois bases indépendantes.

La première : base de règles entretien courant pour les cas suivants

- $Q = 2$ .
- $Q = 3$  et  $(S = 1, V = 2)$ .

La seconde : base de règles entretien poussé par le reste des cas

- sauf:
- $Q = 4$  et  $(S = 1, V = 3)$ .
  - $Q = 4$  et  $(S = 0; V = 3)$ .
  - $Q = 4$  et  $(S = 3; V = 3)$ .
  - $Q = 4$  et  $(S = 3; V = 2)$ .

La troisième : base de règles entretien particulier pour les cas qui sont les exceptions de la deuxième.

## 6. CRITIQUES DU SYSTEME SEAGER

### 6-1. Critiques de la base de données

L'utilisation du système-expert SEAGER s'avère mieux adaptée à des B.D. orientées-objets. Ainsi, l'utilisation d'interfaces ne sera pas nécessaire car, ces dernières se révèlent trop lourdes. Ceci nous amène à recommander la modification de la structure de S.E.D. vers une B.D. orientée-objet.

Les informations nécessaires à SEAGER ne sont pas automatiquement dans S.E.D., cela nous a obligé à ajouter d'autres règles aux bases de règles.

EX: SI état de drainage est mauvais

ALORS le drainage est nonfonctionnel.

Aussi, on propose d'indiquer dans S.E.D. la position en abscisse et en ordonnée des dégradations et des ouvrages de drainage. Ainsi, nous connaissons la position de ces derniers sur une section de chaussée dont la cause probable d'une dégradation est un mauvais drainage.

Cette position permettra de confirmer ou d'infirmer la cause.

Citons quelques exemples sur l'importance de la position des dégradations et des ouvrages de drainage:

EX1 : Si ouvrage de drainage défectueux et voisin d'une dégradation (affaissement, flache,...), on peut affirmer que la cause est le mauvais fonctionnement de l'ouvrage de drainage.

EX2 : Si la section présente une pente, un ouvrage de drainage défectueux se trouve en aval et une dégradation (déformation) se situe plus haut, il est évident que la cause ne peut pas être le mauvais fonctionnement de l'ouvrage de drainage.

EX3 : Si la section présente une pente, un ouvrage de drainage défectueux se trouvant en amont et une dégradation (déformation) se situant plus bas, on pourra affirmer que la cause probable peut être le mauvais fonctionnement de l'ouvrage de drainage.

EX4 : Si deux dégradations sont superposées et que le relevé ne permet pas de distinguer cette superposition, SEAGER proposera deux stratégies d'entretien. Or, si les positions de ces deux dégradations étaient indiquées dans S.E.D., on aurait ajouté des règles qui permettraient de remédier aux causes de la dégradation principale seule.

Concernant les travaux réalisés antérieurement, S.E.D. nous les donne sur une année seulement. Ceci constitue une faiblesse de S.E.D. qui peut être concrétisée par l'exemple suivant:

Soit une chaussée dont la couche de roulement en bitume a été réalisée deux ans avant l'apparition du premier nid de poule. En consultant S.E.D., le décideur recommanderait qu'on remédie au nid de poule.

Alors que si l'historique des travaux était sur une période plus longue, d'une part, on pourrait obliger l'entreprise qui a réalisé la couche de roulement à la refaire gratuitement et d'autre part, on pourrait faire un diagnostic plus pertinent.

De plus, aux bases de faits qu'on a réalisé manquent trois attributs que l'on a jugé indispensable pour la précision de SEAGER.

Ces attributs sont:

- attribut: position des ouvrages de drainage;
- attribut: position des dégradations;
- attribut: superposition des dégradations.

Ces trois attributs ne peuvent être récupérés de S.E.D. pour l'instant, les B.R. ne prévoient pas leur utilisation. Néanmoins, l'évolution des B.R. et de S.E.D. s'avère indispensable pour l'utilisation de ces informations.

Enfin, nous proposerons de stocker les sondages dans S.E.D. car, ils sont importants pour l'adoption des stratégies d'entretien poussé. Ceci pourra se faire conformément à la structure proposée en 5-1. pour l'objet SONDAGE.

## 6-2. Saisie des informations

La saisie manuelle risque d'être compliquée par l'introduction des positions des dégradations (les ouvrages de drainage étant déjà donnés sur plan). Il faudra essayer d'automatiser, au maximum, cette tâche:

- soit par le remplacement des fiches de saisie par des ordinateurs type Note Book, avec clavier, ou même, stylo optique (VICTOR). L'agent qui parcourt le réseau rentrera directement les informations sur l'ordinateur qui stocke sur disquette, ces relevés.

Le contenu de la disquette sera alors transféré, automatiquement, dans S.E.D. à la fin de la tournée de l'agent. Le gain de temps pour le transfert vers S.E.D. compensera la perte de temps au relevé visuel.

- soit \_ et il s'agit là de l'idéal \_ en automatisant complètement à l'aide d'une caméra avec logiciel de reconnaissance de forme en connexion directe avec une B.D. type S.E.D. (25)

D'ailleurs, cette dernière option est en cours d'étude par un chercheur du C.T.T.P. Cette option permettra des relevés détaillés et précis dans un délai raisonnable.

## 6-3. Planification et organisation des stratégies d'entretien

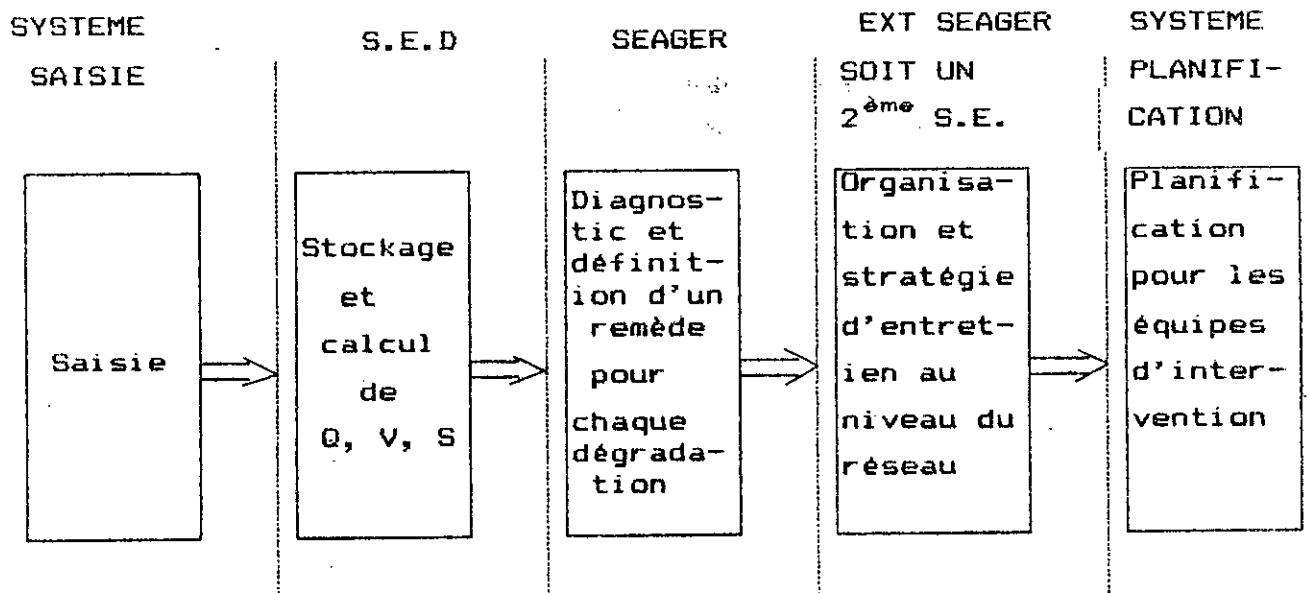
Après avoir effectué la saisie des informations d'une chaussée donnée, ces dernières seront stockées dans S.E.D., ensuite, S.E.D. calculera les coefficients Q, V, S, qui seront utilisés par SEAGER pour diagnostiquer et définir le remède à réaliser pour chaque dégradation.

Pour l'organisation des stratégies d'entretien au niveau du réseau, on propose :

- soit l'extension de la base de connaissance de SEAGER qui permettra d'organiser les stratégies proposées par SEAGER;

- soit un deuxième système-expert qui planifiera et proposera une autre stratégie en fonction des moyens matériels, financiers et humains; ou complètement un logiciel classique qui programmera les tâches et organisera les chantiers de travaux.

Le schéma suivant traduit les différentes phases décrites ci-dessus:



#### LES DIFFERENTES PHASES DU SYSTEME S.E.D. SEAGER

Enfin, SEAGER est un système multi-expert qui manipule plusieurs B.C.

- B.C. entretien courant.
- B.C. des sections très dégradées.
- B.C. des sections moyennes.



C O N C L U S I O N S

E T

S U G G E S T I O N S

Le développement du système-expert d'aide à la gestion de l'entretien routier "SEAGER" n'a pas été une tâche facile à cause des difficultés inhérentes à l'acquisition de l'expertise. Néanmoins, l'aide qui nous a été fournie par Mr BELAHLLOU reste l'élément essentiel qui a permis le bon déroulement de notre travail.

Le domaine de l'entretien routier est très complexe, il est assez exceptionnel de pouvoir donner une explication simple et unique à une dégradation car, elle est à la fois effet mais aussi, cause de nouveaux défauts. Ce phénomène peut se reproduire en cascade.

Chaque cause de dégradation a une action prépondérante mais, temporaire et aléatoire, il convient de rester très prudent quant au poids de chaque influence.

La base de connaissances que nous avons collectée tient compte de cette complexité en élaborant un diagnostic sur l'état de chaque section afin de préciser l'influence de chaque facteur de dégradation.

Il serait souhaitable qu'un tel système puisse prédire l'évolution des dégradations car, la constatation qu'une section de chaussée nécessite des travaux d'entretien n'est pas une raison suffisante pour que leur financement soit obtenu. D'où, la nécessité de répondre à la question : "Si je ne fais pas les travaux, quel est le risque que je prends?"; ce qui signifie que le système-expert puisse définir, non seulement les travaux curatifs à réaliser mais aussi, une stratégie d'intervention.

Il faut lui intégrer ce savoir-faire prédictif.

Le manque de précisions de certaines données dans S.E.D. et leur structure mal hiérarchisée font perdre beaucoup d'informations, ce qui diminue la certitude du diagnostic et accroît le nombre de solutions de remède aux dégradations.

L'évolution préconisée pour pallier à cela serait de détailler le relevé grâce à un dispositif automatique par système de reconnaissance. Nous pensons que le coût d'un tel équipement est

justifié compte tenu des budgets alloués, annuellement, au niveau des wilayate pour l'entretien routier, d'autant plus que ce coût d'équipement serait réduit s'il venait à être conçu en Algérie.

Par ailleurs, nous regrettons de ne pas pouvoir réaliser des essais de notre système. Cela est dû au fait que l'environnement (SHELL) concernant le moteur d'inférence, la base de règles vide et la base de faits vide est encore en cours de développement par les informaticiens.

Cela ne diminue en rien le travail fait jusqu'au stade actuel. La base de connaissances que nous avons proposé sera, d'ailleurs, implémentée dans les mois à venir au sein du prototype opérationnel, il restera alors à réaliser les interfaces avec la base de données S.E.D.

L'intégration de SEAGER au niveau des subdivisions permettra d'améliorer la productivité et la qualité du travail des services concernés. D'autre part, le système-expert à travers les interfaces d'explications pourra jouer un rôle didactique auprès des personnels des subdivisions qui bénéficient ainsi, d'une formation pendant leur travail.

Ce travail nous a été d'un apport considérable concernant l'entretien routier et l'application pilote concernant l'Intelligence artificielle qui sont les Systèmes-Experts.

BIBLIOGRAPHIE

(9) M<sup>me</sup> MURSLI

Cours de route et infrastructures de transport.  
E.N.P. Alger 1993.

(10) C.T.T.P.

Système de gestion des données routières en Algérie (S.E.D).  
Alger 1991; 124p.

(11) R.M. FAURE, J.P. RAJOT, E. CAYEUX, E. MAZERAN.

Systèmes-experts en génie-civil.

Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées.  
N° 147 Jan-Fev, Paris, 1987, pp (41 - 49).

(12) H. FARRENY.

Les systèmes experts : principe et exercices.  
Alger, Berti; 1989; 287p.

(13) H. FARRENY , M. GHALLAB.

Eléments d'intelligence artificielle.  
Paris HERMES, 1987; 365p.

(14) S. PINSON,

Représentation des connaissances dans les systèmes experts.  
Paris CEPADUES; 1987; 248p.

(15) E. RICH

Intelligence artificielle.  
Paris Inter editions, 1987; 332p.

(16) A. BONNET.

L'intelligence artificielle : promesses et réalités.  
Paris inter editions, 1984; 229p.

(17) P. JOUBERT, F. ALLEZ.

ERASME. Revue ROUTE et INFORMATIQUE.  
Paris, 1990; pp (602 - 609).

- (18) G. GOURLET, C; ROUSSEL, J.P. CHRISTORY.  
SEVADER,  
Revue ROUTE et INFORMATIQUE.  
Paris, 1990; pp (516 - 540).
- (19) J.P. CHRISTORY.  
SEVADER.  
Service central informatique et de logistique des services  
extérieurs.  
Centre d'informations et de méthodologie en architecture.  
Les applications de l'intelligence artificielle au ministère de  
l'équipement, des transport et de la mer.  
Paris, 28-Novembre 1989; pp (45 - 50).
- (20) STEPHEN. G. RICHIE  
SCEPTRE.  
Transportation engineering journal.  
U.S.A. 1986; pp (155- 168).
- (21) M. PROCHAZKA, K.UMLAUF.  
PUMA MW.  
Technical university of Prague - CZECHOSLOVAKIA  
Prague, 1986 pp (686 - 694).
- (22) C.L. GROSS.  
Extraction des connaissances.  
AFCET Lyon, 1988; 342p;
- (23) C.E.T.E de l'est de Lyon  
Le système de gestion de l'entretien du réseau routier.  
Département en MEURTHE et MOSELLE.  
Lyon, 1988; 123p.
- (24) S.E.T.R.A.  
L'entretien courant des chaussées - guide pratique.  
Paris 1987; 108p.

(25) P. AUTRET, N. BOUTONNET, H. RODRIGUEZ.

Groupe d'examen routier par photographie, le GERPHO.

Bulletin de liaison de laboratoire des ponts et chaussées.

N° 71, mai - juin Paris, 1974 pp (11 - 21).

## ANNEXES

ANNEXE A : CALCUL DES INDICATEURS D'ETAT, " Q ", " V ", " S " .

ANNEXE B : FORMULAIRES DE GESTION DES DONNEES ROUTIERES.

ANNEXE C : BASE DE REGLES " ENTRETIEN COURANT ",  
BASE DE REGLES " ENTRETIEN POUSSE " .  
BASE DE REGLES " ENTRETIEN PARTICULIER " .



## ANNEXE A

### Indicateur de surface (V)

$V = 0.65 * UNI + 0.35 * DEG V$  , s'il y a mesure de l'UNI.

$V = Deg V$  , sinon.

### Calcul de la note d'UNI

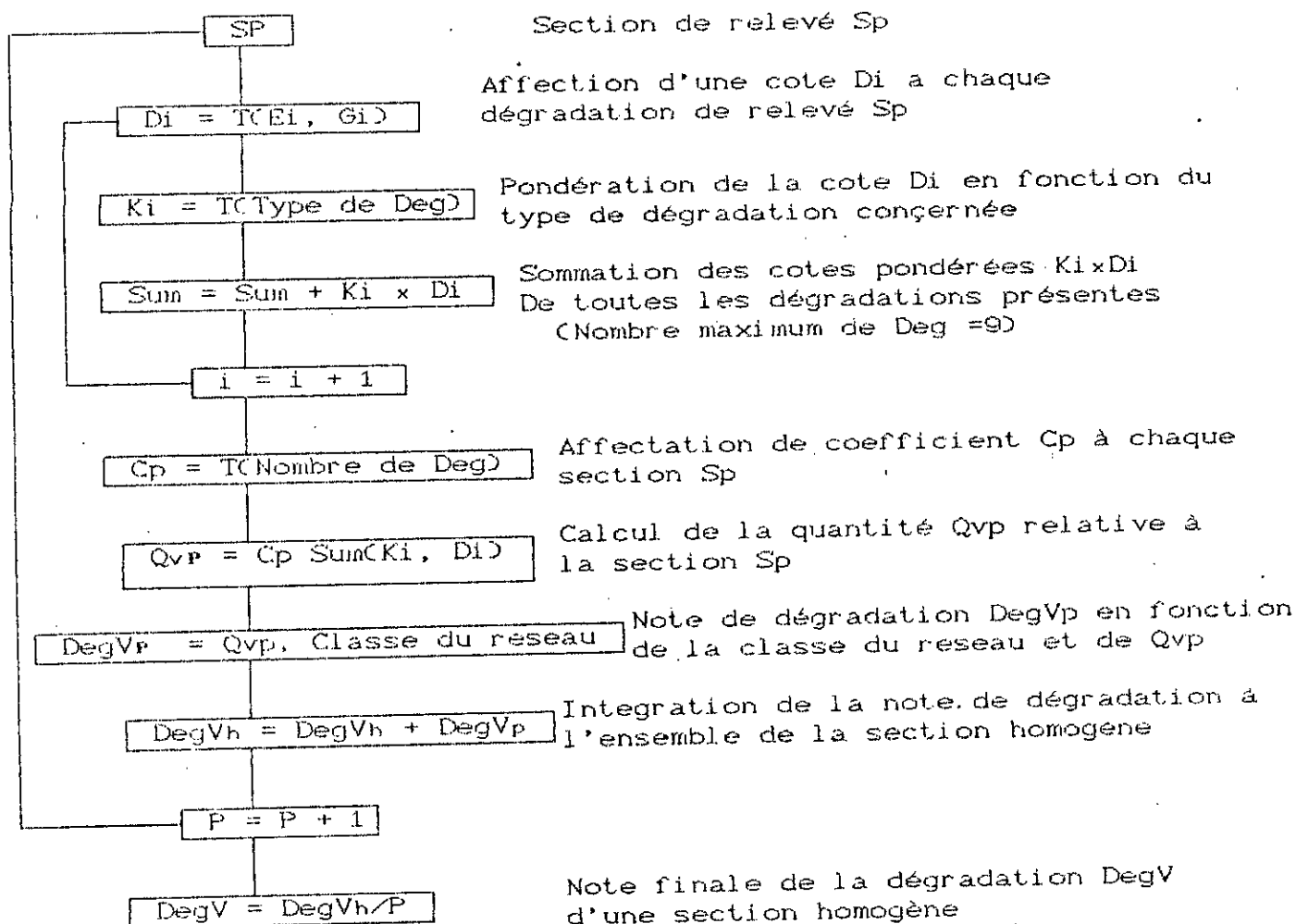
#### a) Cas d'enrobé

Classe du réseau	Seuils d'UNI exprimés en mm / Km.			
RP1	< 2000	2000-2500	2500-4000	> 4000
RP2	< 2500	2500-3500	3500-5000	> 5000
RP3	< 3000	3000-4000	4000-6000	> 6000
Note d'UNI	0	1	2	3

#### b) Cas d'enduit superficiel

Classe du réseau	Seuils d'UNI exprimés en mm / Km.			
RP1	< 2500	2500-3000	3000-4500	> 4000
RP2	< 3000	3000-4000	4000-5500	> 5500
RP3	< 3500	3500-4500	4500-6500	> 6500
Note d'UNI	0	1	2	3

Calcul de la note DegV (DegS)



La séquence de calcul de la note  $DegS$  procède de la même façon que celle de  $DegV$ . La différence se situe au niveau des valeurs fixées pour les pondérations  $K_i$ .

Calcul de Ki :

Type de dégradation de surface	Pondération Ki
- Plumage	0.20
- Tôle ondulée	0.20
- Désenrobage	0.10
- Pelade	0.10
- Nids de poules	0.10
- Ressuage	0.10
- Glaçage	0.10
- Emploi partiel	0.05
- Fissures transversales	0.05

Calcul de Di :

Di	Gravité Gi	Etendu Ei(%)	Di	Gravité Gi	Etendu Ei(%)
0	0	0	2	2	30
1	1	5	2	3	40
1	2	10	3	1	50
1	3	15	3	2	75
2	1	20	3	3	100

Calcul de Ci

Nombre de dégradations présentes dans une même section	Pondération Ci de la section
- 6 - 9 Dégradations	1.0
- 5 dégradations	0.9
- 4 dégradations	0.8
- 3 dégradations	0.7
- 2 dégradations	0.6
- 1 dégradation	0.5

Indicateur de structure (S)

$S = 0.65 \times DEF + 0.35 \times DegS$ , s'il ya mesure de deflexion.  
 $S = DegS$ , sinon

Note de deflexion :

Trafic	Seuils de deflexion (en 1 / 100 mm)			
	< 50	50 - 75	75 - 100	> 100
T <sub>0</sub>	< 50	50 - 75	75 - 100	> 100
T <sub>1</sub>	< 75	75 - 100	100 - 125	> 125
T <sub>2</sub>	< 100	100 - 125	125 - 150	> 150
T <sub>3</sub>	< 125	125 - 150	150 - 200	> 200
T <sub>4</sub>	< 150	150 - 200	200 - 250	> 250
T <sub>5</sub>	< 250	250 - 300	300 - 350	> 350
note deflex	0	1	2	3

Calcul de K<sub>i</sub> :

Degradation structurelle	Ponderation K <sub>i</sub>
- Pavage a mailles fines	0.25
- Pavage a mailles larges	0.20
- Orniere	0.15
- Fissure longitudinale	0.10
- Affaissement en rives	0.10
- Flache	0.10
- Nids de poules	0.10

Indicateur global (Q)

V	S			
	0	1	2	3
0	1	1	2	3
1	1	2	3	3
2	2	3	4	4
3	4	4	4	4

Q = 1 ..... bon

Q = 2 ..... Moyen

Q = 3 ..... Mauvais

Q = 4 ..... Tres mauvais

**ANNEXE B**

WILAYA ..... SUBDIVISION ..... ROUTE .....

SECTION N°: ..... PR DEBUT SECTION ..... PR FIN SECTION .....  
 PK DEBUT SECTION ..... PK FIN SECTION .....

**1-REPERAGE DE LA SECTION :**

REPERES	(*)	DEBUT SECTION	FIN SECTION
* INTERSECTION	[ ]	.....	.....
* BORNE	[ ]	.....	.....
* ENTREE AGGLOMERATION	[ ]	.....	.....
* SORTIE AGGLOMERATION	[ ]	.....	.....
* OUVRAGE D'ART	[ ]	.....	.....
* VOIE FERREE	[ ]	.....	.....
* OUED	[ ]	.....	.....
* AUTRE (preciser)	[ ]	.....	.....

\* : cocher la (les) case(s) correspondante(s) pour indiquer le (les) reperes.

**2-GEOMETRIE :** LONGUEUR SECTION ..... m NOMBRE VOIES .....

INTERVALLES	LARGEUR CHAUSSEE (m)	BORNES EXISTANTES		DISTANCE INTER-BORNES (m)	NOMBRE DE VIRAGES DE COURBURES MOY.			LONG. CUMUL. TRONC. DE PENTES MOYEN.		
		PR	PK		FAIB.	MOY.	FORTE	<5%	5-10%	>10%
1er KM										
2eme KM										
3eme KM										
4eme KM										
5eme KM										

\* : effectuer la mesure au droit des bornes. Si une ou plusieurs bornes manquent ou sont trop éloignées: effectuer une mesure tous les 1000 m.

**3-STRUCTURE DE CHAUSSEE**

COUCHES	NATURE(*)	EPAISSEUR	AGE	CARRIERES	ENTREPRISES REALIS.
REVET. 1ERE C					
2EME C					
3EME C					
BASE 1ERE C					
2EME C					
FONDATION					
SOL SUPPORT		CBR labo ..... CBR estime: <5 5-15 >15			

\* : UTILISER LES CODES CI-APRES POUR INDIQUER LA NATURE DES MATERIAUX :

ENROBE A CHAUD	BB	G. CONCASS.	GH	MACADAM	MA	ALLUVIONS	AL
ENROBE A FROID	EF	G. BITUME	GB	ARGILE	A	SOL ROCHEUX	R
END. SUP. MONOCOUCHE	MO	TUF	TUF	LIMON	L	AUTRE (prec-	AUT
END. SUP. BICOUCHE	BI	T. VENANT O.	TVO	SABLE	S	-iser au versc	

WILAYA : ..... SUBDIVISION : ..... ROUTE : .....

SECTION N° : ..... PR DEBUT SECTION : ..... PR FIN SECTION : .....  
 PK DEBUT SECTION : ..... PK FIN SECTION : .....

1-ENVIRONNEMENT IMMEDIAT DE LA SECTION :

\* ALTITUDE MOYENNE : .....m PLUVIOMETRIE MOYENNE : .....mm/an.

\* TERRASSEMENTS (DEBLAIS/REMBLAIS) :

TYPE DE TERRASSEMENT (*)	LOCALISATION		POSITION (D/G)
	ABSCISSE DEBUT	ABSCISSE FIN	

TYPE DE TERRASSEMENT (*)	LOCALISATION		POSITION (D/G)
	ABSCISSE DEBUT	ABSCISSE FIN	

(\*) : utiliser les codes ci-apres pour preciser la nature des terrassements.  
 D : deblais , R : remblais , M : mixte

1-OUVRAGES DE DRAINAGE :

TYPE OUVRAGE (*)	LOCALIS. (ABSCISSE CENTRE O.)	NATURE MATERIAU (**)	DIMENSIONS			
			LARGEUR (m)	LONGUEUR (m)	HAUTEUR (m)	DIAMETRE (m)

(\*) : considerer les ouvrages suivants , en les indiquant par les codes correspondants ci-dessous :

D : dallot , P : ponceau , B : buse.

(\*\*) : utiliser les codes ci-apres pour preciser la nature des materiaux :

BT : beton , BA : beton arme , MA : maçonnerie ,

LAYA : ..... SUBDIVISION : ..... ROUTE : .....  
 SECTION N° : ..... PR DEBUT SECTION : ..... PR FIN SECTION : .....  
 PK DEBUT SECTION : ..... PK FIN SECTION : .....

**ACCOTEMENTS ET ETAT DES ACCOTEMENTS :**

LOCALISATION		POSITION (D/G)	CLASSE LARGEUR			NATURE MATERIAU (a)	ETAT ACCOTEMENT		DERNIERS TRAV. (d)	
ABSCISSE DEBUT	ABSCISSE FIN		< 1 m	1 a 2m	> 2 m		DEGRAD. (b)	DENIV. (c)	TYP	DATE

**LEGENDE :** utiliser les codes ci-apres pour preciser :

- (a) : la nature des materiaux constituant les accotements :  
 TVO : tout venant d'oued , TVC : tout venant de carriere , TUF : tur-  
 AUT : autre, preciser ici : .....
- (b) : les degradations des accotements  
 BON : bon etat, ELEVA : surelevation , ABAIS : abaissement
- (c) : les denivellements moyennes des accotements / au bord de chaussee :  
 <5 : inferieure a 5 cm , >5 : superieure ou egale a 5 cm
- (d) : la nature des derniers travaux sur accotements :  
 REC : rechargement , NIV : nivellement

**- LOCALISATION ET ETAT DES FOSSES :**

LOCALISATION		POSITION (D/G)	TYPE (*)	ETAT DE FONCTIONNEMENT (**)	DERNIERS TRAVAUX	
ABSCISSE DEBUT	ABSCISSE FIN				NATURE (***)	DATE

**LEGENDE :** utiliser les codes ci-apres pour preciser :

- (\*) : le type du fosse : REV : revetu , TER : en terre.
- (\*\*) : l'etat de fonctionnement du fosse vis a vis de l'ecoulem. des eaux  
 BON : bon etat, MOY : etat moyen , MAUV : etat mauvais
- (\*\*\*) : la nature des derniers travaux de fosses :  
 NOUV : nouveau fosse, CUR : currage et calibrage, BET : betonage

AYA : ..... SUBDIVISION : ..... ROUTE : .....  
 TION N° : ..... PR DEBUT SECTION : ..... PR FIN SECTION : .....  
 PK DEBUT SECTION : ..... PK FIN SECTION : .....

ETAT DES OUVRAGES DE DRAINAGE :

TYPE DE L'OUVRA. (*)	ABSCISSE CENTRE	ETAT OUVRAGE (**)	
		STRUC.	FONCT.

TYPE DE L'OUVRA. (*)	ABSCISSE CENTRE	ETAT OUVRAGE (**)	
		STRUC.	FONCT.

LEGENDE : utiliser les codes ci-apres pour préciser :  
 (\*) : le type de l'ouvrage ; B : buse , D : dallot , P : ponceau  
 (\*\*) : l'état structural et fonctionnel de l'ouvrage ;  
 BON : bon état , MOY : etat moyen , MAUV : etat muvais.

SIGNALISATION HORIZONTALE :

TYPE		LONGUEUR	LARGEUR
LIGNES AXIALES OU DE DELIMITATION DES VOIES	CONTINUES		
	DISCONTINUES		
LIGNES DE RIVES	CONTINUES		
	DISCONTINUES		
AUTRES MARQUAGES <sup>1</sup>	SURFACE EN m2		

SIGNALISATION VERTICALE :

TYPE	TOTAL	A REMPLACER	MANQUANT
A ET B : AVERTISSEMENT DANGER /PRIORITE			
C : INTERDICTION OU RESTRICTION			
D : OBLIGATION			
E : DIRECTION ET LOCALISATION			



AYA ..... SUBDIVISION ..... ROUTE .....  
 ION N°:..... PR DEBUT SECTION ..... PR FIN SECTION .....  
 PK DEBUT SECTION ..... PK FIN SECTION .....

TRAFIC :

RESULTAT DE COMPTAGE : - Année de mesure : 19...  
 - TJMA : .....ven/j  
 - % PL : .....%  
 ESTIMATION DU TJMA EN VEH/J DANS LES DEUX SENS (cocher la case corresp.)

TO [ ]	T1 [ ]	T2 [ ]	T3 [ ]	T4 [ ]	T5 [ ]
--------	--------	--------	--------	--------	--------

ACCIDENTS DE LA ROUTE :

SOURCES DES INFORMATIONS ..... année: 19...  
 STATISTIQUES: - nombre total des accidents .....  
 - nombre des accidents imputables à la route .....  
 - nombre de morts dans les accidents dus à la route.....

DISPOSITIFS DE SECURITE :

DESIGNATION	UNITE	COTE DROIT	COTE GAUCHE	TERRE PLEIN
GLISSIERES	TOTAL	m		
	REMP+MANQ	m		
GARD. CORPS	TOTAL	m		
	REMP+MANQ	m		
BARRIERES	TOTAL	m		
	REMP+MANQ	m		
BALISES	TOTAL	u		
	REMP+MANQ	u		

OBSTACLES NATURELS A LA CIRCULATION :

FREQUENCES : - ensablement ..... /an  
 - enneigement ..... /an

93

FORMULAIRE		DEGRADATIONS VISUELLES DES CHAUSSEES PAVÉES		( WILAYA ALGER )		DATE: ...../...../.....					
WILAYA : .....		SUBDIVISION : .....		ROUTE : .....							
SECTION N° : .....		PP DEBUT SECTION : .....		PP FIN SECTION : .....							
		PP DEBUT SECTION : .....		PP FIN SECTION : .....		N°ordre : .....					
ABSCISSES		DEBUT: .....		1		2		3		4	
VIS	LONGITUDINALES "YL"	E / G									
	TRANSVERSALES "YT"	E / G									
	FAIRCAGE A M. FINES "FAT"	E / G									
	FAIRCAGE A M. LARGES "FAL"	E / G									
DÉFORMATIONS	APPAISS. BN RIVES "ATF"	E / G									
	ORNIÈRES "ORN"	B / G									
	FLACHES "FLA"	E / G									
	TOILES ORCULÉES "TO"	E / G									
ARRÊTES	NIDS DE POULE "NF"	B / G									
	FELADE "FDU"	E / G									
	DESENROEAGE "DES"	E / G									
	FLUNAGE "FLU"	B / G									
	GALCAGE "GLA"	E / G									
AUTRES	BEAUFREUES "BFU"	B / G									
	RESSUAGE "RES"	E / G									
	EMELOI PARTIEL "EP"	E / G									
	REMONTÉES FINES "RFN"	B / G									

NOTA : E = ETENDUE DES DEGRADATIONS. REMPLIR LES CASES DE LA LIGNE SUPERIEURE, EN FACE DE CHAQUE DEGRADATION, PAR LES CODES ( BLANC, 1, 2 ou 3 ) SELON L'ETENDUE DE CETTE DEGRADATION. B = GRAVITE DES DEGRADATIONS. REMPLIR LES CASES DE LA LIGNE INFERIEURE, EN FACE DE CHAQUE DEGRADATION, PAR LES CODES ( BLANC, 1, 2 ou 3 ) SELON LA GRAVITE DE CETTE DEGRADATION.

DONNEES PERMANENTES	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENCE
---------------------	------------------------	--------	---------------	-----------

FORULAIRE A : IDENTIFICATION

N°SECTION =	Le chef du SEER attribuera pour chaque section homogène, un numero séquentiel. Pour une meme route ( RN ou CW ); la numerotation devra etre continue (1 à N) sans tenir compte des limites de subdivisions.	cartes routieres.	section	Definitive
PR, PK DEBUT PR, PK FIN DE LA SECTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>- relever le PR et le PK de la borne coïncidant ou précédant immédiatement le début ou la fin de la section homogène.</li> <li>- remettre a zero le compteur du vehicule.</li> <li>- relever l'indication du compteur au niveau des limites de la section.</li> <li>- porter sur le formulaire les abscisses du début et de la fin de la section : PR + (compteur) PK + (compteur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- un vehicule muni d'un compteur metrique.</li> <li>- un technic.</li> </ul>	section homogene	<ul style="list-style-type: none"> <li>-travaux neufs.</li> <li>-nouveau bornage</li> </ul>
RÉPERES DEBUT, FIN SECTION	<p>preciser, les reperes fixes qui materialisent le debut et la fin de la section :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en cochant la ou les cases correspondant aux reperes parmi ceux listes dans le formulaire, tout en indiquant leurs noms.</li> <li>- si le type des reperes existant en debut et fin de la section ne figure pas dans le formulaire; cocher la case AUTRE et preciser la nature et les noms de ces reperes.</li> </ul>	technicien vehicule	section	travaux neufs

DONNEES PERMANENTES	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENCE
---------------------	------------------------	--------	---------------	-----------

FORMULAIRE A : GEOMETRIE

Largeur de chaussées	<p>Parcourir la section et par intervalle de 1 Km effectuer les mesures et relevés ci-après :</p> <p>- mesurer la largeur de la chaussée (partie revêtue) au droit de chaque borne kilométrique. si les bornes n'existent pas ou si elles sont très équidistantes, faire les mesures tous les 1000m en commençant par le début de la section.</p>	<p>1 technicien 1 véhicule muni d'un compteur métrique</p>	<p>section   1 Km</p>	<p>travaux neufs</p>
Bornage	<p>- mentionner dans la colonne "BORNES EXISTANTES" du formulaire ; les PK et PR des bornes kilométriques rencontrées.</p>		<p>borne kilométr. existante</p>	<p>complète et nouveau bornage</p>
Distances inter-bornes	<p>- relever les distances entre bornes existantes à l'aide du compteur métrique du véhicule.</p>	<p>compteur métrique du véhicule</p>	<p>interval. entre 2 bornes successives.</p>	
Virages	<p>- compter le nombre de virages par intervalle de 1 Km et par classe de courbure. si possible, les courbures sont à relever sur traces en plan. Sinon elles peuvent être estimées sur le terrain visuellement. Dans les deux cas elles seront réparties dans trois classes qui sont :</p> <p>*courbure FAIBLE (faible) Rayon &gt; 600 m. "soit visuellement tous les grands virages pratiquement plats"</p>	<p>plans études d'exécution</p>	<p>1 KM</p>	<p>rectification traces</p>

DONNÉES PERMANENTES	PROCÉDURES DES RELEVÉS	MOYENS	PAS DE MESURE	FRÉQUENCE
---------------------	------------------------	--------	---------------	-----------

FORMULAIRE A : GÉOMÉTRIE (suite)

DONNÉES PERMANENTES	PROCÉDURES DES RELEVÉS	MOYENS	PAS DE MESURE	FRÉQUENCE
Virages (suite)	"courbure MOY. (moyenne) 600 < Rayon > 200m.			
FORMULAIRE A	"soit visuellement tous les virages permettant une conduite facile à vitesse normale"			
Etat des surfaces et du sol	<p>consultar les dossiers des études des courbures FORTE, tra Rayon &lt; 200m, on en a les "soit visuellement dans tous les virages dangereux très accentués".</p> <p>par intervalle de 1 KM, cumuler les longueurs des tronçons dénivelés sans distinguer, entre pentes ascendantes et descendantes, que ces distances seront relevées par classes de pentes soit exactement à partir des plans, soit sur le terrain en estimant les pentes de visu. Les classes de pentes considérées sont :</p> <p>dans l'impossibilité partielle ou en l'absence de sondages de terrain</p> <p>5 - 10 %</p> <p>au début et à la fin de la section.</p> <p>de la nature du sol.</p> <p>ne renseigner auprès des anciens pour ce qui est des carrières et des entreprises.</p>	<p>technicien archives</p> <p>compteur métrique</p> <p>éventuellem. Plans d'étu. d'exécution</p> <p>manouvriers, compresseurs, pelles et</p>	<p>1 KM</p> <p>action</p>	<p>rectific. traces</p>
Pentes et rampes				

DONNEES PERMANENTES	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENCE
FORMULAIRE B : TERRASSEMENTS / DRAINAGE				
Déblais / remblais	<p>parcourir la section, et par type de terrass. (débl. remblais ou mixte) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- localiser le debut et la fin du terrassement, en relevant leurs abscisses par rapport a la borne qui vient juste avant : PR + (compteur)</li> <li>- indiquer la position du terrassement: a droite ou a gauche.</li> </ul>	<p>1 technicien 1 véhicule + compteur metric</p>	<p>tout terrasse. rencontre</p>	<p>Rectific. trace.</p>
Ouvrages hydrauliques drainage	<p>parcourir la section et a la rencontre d'un ouvrage de drainage de type ponceau, dallot ou buse; relever les informations suivantes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- abscisse du milieu de l'ouvrage ,par rapp.a la borne qui vient juste avant : PR + (compteur)</li> <li>- nature du materiau qui constitue l'ouvrage : beton ,beton arme, acier maçonnerie.</li> <li>- dimensions de l'ouvrage : mesurer selon le cas : largeur, longueur ,hauteur et diametre.</li> </ul>	<p>1 technicien 1 vehicule dote d'un compteur metric.</p>	<p>chaque ouvrage</p>	<p>travaux sur l'ouvrage.  rectific. trace</p>

DONNEES VARIABLES	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENCE
<b>FORMULAIRE C : ACCOTEMENTS</b>				
Largeurs —	<p>localiser successivement (par leurs abscisses début et fin) les tronçons des accotements appartenant à une même classe de larg. les classes considérées étant celles-ci :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* classe &lt; 1 m</li> <li>* classe entre 1 et 2 m</li> <li>* classe &gt; 2 m</li> </ul> <p>Pour chaque tronçon on indiquera sa position : droite ou gauche.</p>	1 technicien 1 véhicule + compteur métrique	tronçon de même classe de larg.	Rectific. tracé.
Materiaux des accotement	<p>La nature du matériau des accotements sera identifiée visuellement et précisée à l'aide des codes suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*TV0 : pour tout venant oued</li> <li>*TVC : pour tout venant car.</li> <li>*TUF : pour tur.</li> </ul> <p>pour les autres types de matériaux on utilisera le code AUT tout en notant sur le formulaire le type du matériau rencontré.</p>	"	"	travaux sur acc.
Etat des accotements	<p>on s'intéressera aux dénivellations des accotements par rapport aux bords de la chaussée .</p> <p>Ce paramètre est à relever à droite comme à gauche , par tronçon d'une même classe de largeurs.</p> <p>Il sera caractérisé selon la notation suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>BON : bon état pas de dénivellat.</li> <li>ELEVA : surelevation dénivellat. &gt; 5 cm</li> <li>ABAIS : abaissement dénivellat. &gt; 5 cm</li> </ul>	1 règle	"	1 an 1 an
Derniers travaux sur accotement	<p>On précisera pour cela le type et la date.</p> <p>Ces informations sont en principe disponibles dans les subdivisions.</p> <p>On indiquera simplement s'il s'agit d'un REC (rechargement) ou d'un NIV (nivellement).</p>	"	"	1 an

DONNEES VARIABLES	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENCE
----------------------	---------------------------	--------	------------------	-----------

FORMULAIRE C : FOSSES

Localisation	par type de fosse qui peut être REV (revetu) ou TER ( en terre ) ; on donnera les abscisses debut et fin du fosse, ainsi que sa position : droite / gauche	1 technicien 1 véhicule + compteur metricque	chaque fosse.	Rectific. tracé.
Etat des fosses	L'état du fosse sera estimé par rapport a l'écoulement des eaux selon les appréciations suivantes :  *BON : bon etat de foncti. *MOY : etat de fonct.moyen *MAUV : " " " mauvais	"	"	1 an
Derniers travaux sur fosses	On précisera pour cela le type et la date. Ces informations sont en principe disponibles dans les subdivisions. On indiquera simplement s il s'agit d'un nouveau fosse (NOUV) ,des travaux de curage et de calibrage ou revetement en beton(BET)	"	"	1 an



DONNEES VARIABLES	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENCE
----------------------	---------------------------	--------	------------------	-----------

FORMULAIRE D : ETAT DES OUVRAGES DE DRAINAGE / SIGNALISATION

Etat des ouvrages de drainage	<p>Chaque ouvrage sera inspecte pour estimer son etat fonctionnel et structural.</p> <p>pour l'un ou l'autre des deux etats l'echelle d'appréciation est la meme</p> <p><b>BON - MOYEN - MAUVAIS</b></p>	<p>1 technicien 1 vehicule + compteur metrique</p>	<p>chaque ouvrage</p>	<p>1 an</p>
Signalisation horizontale	<p>Par type de marquage ; on estimera les besoins en peinture , en distinguant les quantites des bandes continues de celles des bandes discontinues. Les quantites sont a exprimer en longueur , largeur, et en m<sup>2</sup>.</p>	<p>"</p>	<p>section</p>	<p>1 an</p>
Signalisation verticale sur fosses	<p>On compte par type de panneau : (A+B), C, D et E ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* le nombre total</li> <li>* le nombre de plaques sales ou endommagees " a remplacer".</li> <li>* le nombre de panneaux qu il faut implanter pour la 1ere fois "manquant"</li> </ul>	<p>"</p>	<p>"</p>	<p>1 an</p>

DONNEES VARIABLES	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENCE
----------------------	---------------------------	--------	------------------	-----------

FORMULAIRE E : CONDITIONS DE CIRCULATIONS

Trafic	<p>*Cas ou la section fait régulièrement l'objet d'un comptage automatique (permanent ou periodique):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- indiquer les informations ci-apres, en consultant le rapport annuel du trafic (edite par le CTPP):               <ul style="list-style-type: none"> <li>. Le TMJA en V/J</li> <li>. Le tPL</li> <li>. année de comptage</li> </ul> </li> </ul> <p>*Cas ou la section n'est pas couverte par le reseau des compteurs automat.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- effectuer un comptage manuel, pendant une semaine, pour estimer l'ordre de grandeur du trafic de la section et le situer dans l'une des classes retenues (T0, T1, T2, T3, T4 ou T5).</li> </ul>	<p>-Technicien -Rapport trafic</p> <p>- 2 agents</p>	section	1 an
Accidents de la route	<p>Les informations demandées dans le formulaire peuvent être obtenues, en exploitant les rapports du DARK EL WATANI.</p>	1 Technicien * rapports des accid.	section	1 an
Dispositifs de securite	<p>On estimera ici le lineaire (en m) des glissieres, des gardes corps et des barrieres ainsi que le nombre des balises qu'il faudrait refaire ou implanter dans le cadre du programme d'entretien de l'annee suivante.</p> <p>On donnera aussi les quantites totales des dispositifs existants</p>	1 Technicien 1 vehicule	section	1 an

Les relevés des dégradations de chaussées sont à effectuer par section élémentaire de :

- \* 100 m pour les routes du Nord,
- \* 200 m pour les routes du Sud .

Pour chaque dégradation , on relève son étendue et sa gravité.

Le technicien chargé du relevé devra parcourir la section à bord d'un véhicule avec une vitesse très réduite qui lui permettra de noter toutes les dégradations et de s'y arrêter pour effectuer les mesures nécessaires.

Les moyens matériels dont il doit disposer pour mener son travail sont :

- \_un véhicule muni d'un compteur métrique,
- \_Les feuilles de route , c.a.d les FORMULAIRE F tirés en un nombre suffisant.
- \_une règle droite de 2m équipée d'un dispositif pour mesurer les profondeurs des déformations.
- \_un calibre pour mesurer les largeurs des fissurations.
- les équipements de signalisation de sécurité.

DONNEES ARIAB.	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENC																			
FISSURES	<p>1) ETENDUE : % de surface affectee</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reperer le debut et la fin de chaque zone atteinte par ce type de fissures.</li> <li>- Estimer la surface fiss. de chaque zone</li> <li>- additionner les surfaces fissurees de toutes les zones atteintes.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code ( 0, 1, 2 ou 3 ) qui correspond a la surface totale ainsi estimee.</li> </ul> <p>Pour cela on se conformera a la table de correspondance suivante :</p> <table border="1" data-bbox="482 667 1005 1025"> <thead> <tr> <th>CODES ETENDUE</th> <th>POURCENTAGE DES SURF. ESTIMEES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>PAS DE FISSURES</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>&lt; 10 %</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ENTRE 10 ET 50 %</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>&gt; 50 %</td> </tr> </tbody> </table>	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DES SURF. ESTIMEES	0	PAS DE FISSURES	1	< 10 %	2	ENTRE 10 ET 50 %	3	> 50 %	<p>1 TECH.</p> <p>1 VEH. MUNI D'UN COMP- TEUR METR.</p>	<p>SECTION ELEMEN- TAIRE.</p>	<p>1 AN</p>									
	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DES SURF. ESTIMEES																					
0	PAS DE FISSURES																						
1	< 10 %																						
2	ENTRE 10 ET 50 %																						
3	> 50 %																						
LONGITUDINALES	<p>2) GRAVITE : largeur moyenne des fissures</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer en plusieurs points de chaque zone fissuree la largeur de la fissure a l'aide d'un calibre.</li> <li>- Calculer la valeur moyenne des mesures effectuees.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code ( 0, 1, 2 ou 3 ) qui correspond a la largeur moyenne trouvee.</li> </ul> <p>On devra se conformer au tableau de correspondance suivant :</p> <table border="1" data-bbox="503 1525 1036 2011"> <thead> <tr> <th>CODES GRAVITE</th> <th>LARGEURS FISSURES</th> <th>FORME DES FISSURES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>LAR &lt; 2 mm</td> <td>UNIQUES</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">1</td> <td>LAR &lt; 2 mm</td> <td>RAMIFIEES</td> </tr> <tr> <td>2 &lt; LAR &lt; 10</td> <td>UNIQUES</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2</td> <td>2 &lt; LAR &lt; 10</td> <td>RAMIFIEES</td> </tr> <tr> <td>LAR &gt; 10 mm</td> <td>UNIQUES</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>LAR &gt; 10 mm</td> <td>RAMIFIEES</td> </tr> </tbody> </table>	CODES GRAVITE	LARGEURS FISSURES	FORME DES FISSURES	0	LAR < 2 mm	UNIQUES	1	LAR < 2 mm	RAMIFIEES	2 < LAR < 10	UNIQUES	2	2 < LAR < 10	RAMIFIEES	LAR > 10 mm	UNIQUES	3	LAR > 10 mm	RAMIFIEES	<p>CALIBRE DE LAR- GEURS</p> <p>FORMUL- AIRE F</p>		
	CODES GRAVITE	LARGEURS FISSURES	FORME DES FISSURES																				
0	LAR < 2 mm	UNIQUES																					
1	LAR < 2 mm	RAMIFIEES																					
	2 < LAR < 10	UNIQUES																					
2	2 < LAR < 10	RAMIFIEES																					
	LAR > 10 mm	UNIQUES																					
3	LAR > 10 mm	RAMIFIEES																					

DONNEES VARIAB.	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENC										
F I S S U R E S	<p>SEULES LES FISSURES DE LONGUEURS SUPERIEURES A 1m SERONT CONSIDEREES.</p> <p>1) ETENDUE : nombre des fissures</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compter le nombre des fissures exist.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code ( 0, 1, 2 ou 3 ) qui correspond au nbre trouve en se conformant a la table suivante :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="480 689 1007 1039"> <thead> <tr> <th>CODES ETENDUE</th> <th>POURCENTAGE DES DES SURF. ESTIMEES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>PAS DE FISSURES</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>&lt; 2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ENTRE 2 ET 10</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>&gt; 10</td> </tr> </tbody> </table>	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DES DES SURF. ESTIMEES	0	PAS DE FISSURES	1	< 2	2	ENTRE 2 ET 10	3	> 10	<p>1 TECH.</p> <p>1 VEH. MUNI D'UN COMPTE- UR MET- RIQUE</p>	<p>SECTION ELEMEN- TAIRE</p>	<p>1 AN</p>
	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DES DES SURF. ESTIMEES												
0	PAS DE FISSURES													
1	< 2													
2	ENTRE 2 ET 10													
3	> 10													
T R A N S V E R S A L E S	<p>2) GRAVITE : largeur moyenne des fissures</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer en plusieurs points de chaque rissure la largeur de celle-ci, a l'aide d'un calibre.</li> <li>- Calculer la valeur moyenne des mesures effectuees.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code ( 0, 1, 2 ou 3 ) qui correspond a la largeur moyenne suivant la table suivante :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="496 1451 1023 1800"> <thead> <tr> <th>CODES GRAVITE</th> <th>LARGEURS DES FISSURES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>PAS DE FISSURES</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>LARGEUR &lt; 2 mm</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2 &lt; LARGEUR &lt; 10 mm</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>LARGEUR &gt; 10 mm</td> </tr> </tbody> </table>	CODES GRAVITE	LARGEURS DES FISSURES	0	PAS DE FISSURES	1	LARGEUR < 2 mm	2	2 < LARGEUR < 10 mm	3	LARGEUR > 10 mm	<p>*DISPO- SITIF POUR MESURE DE LAR- GEURS</p> <p>FORMUL- AIRE F</p>		
	CODES GRAVITE	LARGEURS DES FISSURES												
0	PAS DE FISSURES													
1	LARGEUR < 2 mm													
2	2 < LARGEUR < 10 mm													
3	LARGEUR > 10 mm													

ONNEES ARIAB.	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENCE										
F A I E N C A G E S	<p>1) ETENDUE : % de surface affectee</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reperer le debut et la fin de chaque zone atteinte par ce type de faïencage</li> <li>- Estimer la surface faïencee dans chaque zone.</li> <li>- additionner les surfaces faïencees de toutes les zones affectees.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code ( 0, 1, 2 ou 3 ) qui correspond a la surface totale ainsi estimee.</li> </ul> <p>Pour cela on se conformera a la table de correspondance suivante :</p> <table border="1" data-bbox="411 712 935 1061"> <thead> <tr> <th>CODES ETENDUE</th> <th>POURCENTAGE DES DES SURF. ESTIMEES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>PAS DE FAIENCAGE</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>&lt; 10 %</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ENTRE 10 ET 50 %</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>&gt; 50 %</td> </tr> </tbody> </table>	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DES DES SURF. ESTIMEES	0	PAS DE FAIENCAGE	1	< 10 %	2	ENTRE 10 ET 50 %	3	> 50 %	<p>1 TECH.</p> <p>1 VEH. MUNI D'UN COMP- TEUR METR.</p>	<p>SECTION ELEMEN- TTAIRE.</p>	<p>1 AN</p>
	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DES DES SURF. ESTIMEES												
0	PAS DE FAIENCAGE													
1	< 10 %													
2	ENTRE 10 ET 50 %													
3	> 50 %													
M A I L L E S  F I N E S	<p>2) GRAVITE : largeur moyenne des fissures</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer en plusieurs points de chaque zone faïencee la largeur des fissures a l'aide d'un calibre.</li> <li>- Calculer la valeur moyenne des mesures effectuees.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code ( 0, 1, 2 ou 3 ) qui correspond a la largeur moyenne trouvee.</li> </ul> <p>On devra se conformer au tableau de correspondance suivant :</p> <table border="1" data-bbox="411 1576 935 1921"> <thead> <tr> <th>CODES GRAVITE</th> <th>LARGEURS DES FISSURES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>PAS DE FISSURES</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>LARGEUR &lt; 2 mm</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2 &lt; LARGEUR &lt; 10 mm</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>LARGEUR &gt; 10 mm</td> </tr> </tbody> </table>	CODES GRAVITE	LARGEURS DES FISSURES	0	PAS DE FISSURES	1	LARGEUR < 2 mm	2	2 < LARGEUR < 10 mm	3	LARGEUR > 10 mm	<p>*DISPO- SITIF POUR MESURE DE LAR- GEURS</p> <p>FORMUL- AIRE F</p>		
	CODES GRAVITE	LARGEURS DES FISSURES												
0	PAS DE FISSURES													
1	LARGEUR < 2 mm													
2	2 < LARGEUR < 10 mm													
3	LARGEUR > 10 mm													

DONNEES /ARIAB.	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENCE										
F A I E N C A G E S	<p>1) ETENDUE : % de surface affectee</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reperer le debut et la fin de chaque zone atteinte par ce type de faiencage</li> <li>- Estimer la surface faiencée dans chaque zone.</li> <li>- additionner les surfaces faiencées de toutes les zones affectees.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code ( 0,1, 2 ou 3 ) qui correspond a la surface totale ainsi estimee.</li> </ul> <p>Pour cela on se conformera a la table de correspondance suivante :</p> <table border="1" data-bbox="405 689 928 1048"> <thead> <tr> <th>CODES ETENDUE</th> <th>POURCENTAGE DES SURF. ESTIMEES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>PAS DE FAIENCAGE</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>&lt; 10 %</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ENTRE 10 ET 50 %</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>&gt; 50 %</td> </tr> </tbody> </table>	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DES SURF. ESTIMEES	0	PAS DE FAIENCAGE	1	< 10 %	2	ENTRE 10 ET 50 %	3	> 50 %	<p>1 TECH.</p> <p>1 VEH. MUNI D'UN COMP- TEUR METR.</p>		
	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DES SURF. ESTIMEES												
0	PAS DE FAIENCAGE													
1	< 10 %													
2	ENTRE 10 ET 50 %													
3	> 50 %													
M A I L L E S  L A R G E S	<p>2) GRAVITE : largeur moyenne des fissures</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer en plusieurs points de chaque zone faiencée la largeur des fissures a l'aide d'un calibre.</li> <li>- Calculer la valeur moyenne des mesures effectuees.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code (0,1, 2 ou 3 ) qui correspond a la largeur moyenne trouvee.</li> </ul> <p>On devra se conformer au tableau de correspondance suivant :</p> <table border="1" data-bbox="413 1552 941 1901"> <thead> <tr> <th>CODES GRAVITE</th> <th>LARGEURS DES FISSURES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>PAS DE FISSURES</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>LARGEUR &lt; 2 mm</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2&lt;LARGEUR&lt; 10 mm</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>LARGEUR &gt; 10 mm</td> </tr> </tbody> </table>	CODES GRAVITE	LARGEURS DES FISSURES	0	PAS DE FISSURES	1	LARGEUR < 2 mm	2	2<LARGEUR< 10 mm	3	LARGEUR > 10 mm	<p>*DISPO- SITIF POUR MESURE DE LAR- GEURS</p> <p>FORMUL- AIRE F</p>	SECTION ELEMEN- TAIRE.	1 AN
	CODES GRAVITE	LARGEURS DES FISSURES												
0	PAS DE FISSURES													
1	LARGEUR < 2 mm													
2	2<LARGEUR< 10 mm													
3	LARGEUR > 10 mm													

DONNEES VARIAB.	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENCE										
ORNIERES	<p>1) ETENDUE : % de longueur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reperer le debut et la fin de chaque zone ornieree.</li> <li>- additionner les longueurs des zones ornierees et calculer le % de cette longueur / a la long. de la section.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code ( 0, 1, 2 ou 3 ) qui correspond au % trouve. Utiliser la table de correspondance suivante :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="414 705 941 1052"> <thead> <tr> <th>CODES ETENDUE</th> <th>POURCENTAGE DE DE LONGUEUR AFFAI.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>PAS D'AFFAISSEMENT</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>&lt; 10 %</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ENTRE 10 ET 50 %</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>&gt; 50 %</td> </tr> </tbody> </table>	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DE DE LONGUEUR AFFAI.	0	PAS D'AFFAISSEMENT	1	< 10 %	2	ENTRE 10 ET 50 %	3	> 50 %	<p>1 TECH.</p> <p>1 VEH. MUNI D'UN COMP- TEUR METR.</p>	<p>SECTION ELEMEN- TAIRE.</p>	<p>1 AN</p>
	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DE DE LONGUEUR AFFAI.												
0	PAS D'AFFAISSEMENT													
1	< 10 %													
2	ENTRE 10 ET 50 %													
3	> 50 %													
<p>2) GRAVITE : profondeur moyenne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer en plusieurs points de chaque zone ornieree la profondeur des depressions a l'aide d'une late munie d'un dispositif de mesure des prof.</li> <li>- Calculer la valeur moyenne des mesures effectuees.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code (0, 1, 2 ou 3 ) qui correspond a la profondeur moyenne. On devra se conformer au tableau de correspondance suivant :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="414 1601 941 1948"> <thead> <tr> <th>CODES GRAVITE</th> <th>PROFONDEURS MOYENNES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>PAS DE FLACHES</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>PROFOND. &lt; 2 Cm</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2 &lt; PROFOND. &lt; 4 Cm</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>PROFOND. &gt; 4 Cm</td> </tr> </tbody> </table>	CODES GRAVITE	PROFONDEURS MOYENNES	0	PAS DE FLACHES	1	PROFOND. < 2 Cm	2	2 < PROFOND. < 4 Cm	3	PROFOND. > 4 Cm	<p>1 LATE DE 2 M</p> <p>FORMUL- AIRE F</p>			
CODES GRAVITE	PROFONDEURS MOYENNES													
0	PAS DE FLACHES													
1	PROFOND. < 2 Cm													
2	2 < PROFOND. < 4 Cm													
3	PROFOND. > 4 Cm													



DONNEES ARIAB.	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENCE										
F L A C H E S	<p>1) ETENDUE : nombre des apparitions</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compter le nombre des flaches apparus.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code ( 0,1, 2 ou 3 ) qui correspond au nbre trouve en se conformant a la table suivante :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="419 656 943 1005"> <thead> <tr> <th>CODES ETENDUE</th> <th>POURCENTAGE DE DE LONGUEUR AFFAI.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>ABSENCE</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>&lt; 2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ENTRE 2 ET 10</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>&gt; 10</td> </tr> </tbody> </table>	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DE DE LONGUEUR AFFAI.	0	ABSENCE	1	< 2	2	ENTRE 2 ET 10	3	> 10	<p>1 TECH.</p> <p>1 VEH. MUNI D'UN COMP- TEUR METR.</p>	<p>SECTION ELEMEN- TAIRE.</p>	<p>1 AN</p>
	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DE DE LONGUEUR AFFAI.												
0	ABSENCE													
1	< 2													
2	ENTRE 2 ET 10													
3	> 10													
<p>2) GRAVITE : profondeur moyenne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer la profondeur de chaque flache</li> <li>- Calculer la valeur moyenne des mesures effectuees.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code (0,1, 2 ou 3 ) qui correspond a la profondeur moyenne trouvee.</li> </ul> <p>On devra se conformer au tableau de correspondance suivant :</p> <table border="1" data-bbox="426 1449 956 1803"> <thead> <tr> <th>CODES GRAVITE</th> <th>PROFONDEURS MOYENNES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>PAS DE FLACHES</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>PROFOND. &lt; 2 Cm</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2&lt;PROFOND. &lt; 4 Cm</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>PROFOND. &gt; 4 Cm</td> </tr> </tbody> </table>	CODES GRAVITE	PROFONDEURS MOYENNES	0	PAS DE FLACHES	1	PROFOND. < 2 Cm	2	2<PROFOND. < 4 Cm	3	PROFOND. > 4 Cm	<p>1 LATE DE 2 M</p> <p>FORMUL- AIRE F</p>			
CODES GRAVITE	PROFONDEURS MOYENNES													
0	PAS DE FLACHES													
1	PROFOND. < 2 Cm													
2	2<PROFOND. < 4 Cm													
3	PROFOND. > 4 Cm													

DONNEES VARIAB.	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENCE										
A F F A I S S E M E N T S	<p>1) ETENDUE : % de longueur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Repérer le début et la fin de chaque zone atteinte par les affai. de rives</li> <li>- Estimer la surface faïencée dans chaque zone.</li> <li>- additionner les longueurs des zones affaissées et calculer le % de cette longueur / à la long. de la section.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code ( 0, 1, 2 ou 3 ) qui correspond au % trouvé. Utiliser la table de correspondance suivante :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="411 824 933 1182"> <thead> <tr> <th>CODES ETENDUE</th> <th>POURCENTAGE DE DE LONGUEUR AFFAI.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>PAS D'AFFAISSEMENT</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>&lt; 10 %</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ENTRE 10 ET 50 %</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>&gt; 50 %</td> </tr> </tbody> </table>	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DE DE LONGUEUR AFFAI.	0	PAS D'AFFAISSEMENT	1	< 10 %	2	ENTRE 10 ET 50 %	3	> 50 %	<p>1 TECH.</p> <p>1 VEH. MUNI D'UN COMP- TEUR METR.</p>	<p>SECTION ELEMEN- TAIRE.</p>	<p>1 AN</p>
	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DE DE LONGUEUR AFFAI.												
0	PAS D'AFFAISSEMENT													
1	< 10 %													
2	ENTRE 10 ET 50 %													
3	> 50 %													
E N  R I V E S	<p>2) GRAVITE : profondeur moyenne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer en plusieurs points de chaque zone affaissee la profondeur des depressions a l'aide d'une late munie d'un dispositif de mesure des prof.</li> <li>- Calculer la valeur moyenne des mesures effectuees.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code ( 0, 1, 2 ou 3 ) qui correspond a la profondeur moyenne trouvee. On devra se conformer au tableau de correspondance suivant :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="411 1720 933 2078"> <thead> <tr> <th>CODES GRAVITE</th> <th>PROFONDEURS MOYENNE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>ABSENCE DU DEFAUT</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>PROFOND. &lt; 2 Cm</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2 &lt; PROFOND. &lt; 4 Cm</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>PROFOND. &gt; 4 Cm</td> </tr> </tbody> </table>	CODES GRAVITE	PROFONDEURS MOYENNE	0	ABSENCE DU DEFAUT	1	PROFOND. < 2 Cm	2	2 < PROFOND. < 4 Cm	3	PROFOND. > 4 Cm	<p>1 LATE DE 2 M</p> <p>FORMUL- AIRE F</p>		
	CODES GRAVITE	PROFONDEURS MOYENNE												
0	ABSENCE DU DEFAUT													
1	PROFOND. < 2 Cm													
2	2 < PROFOND. < 4 Cm													
3	PROFOND. > 4 Cm													

DONNEES VARIAB.	PROCEDURES DES RELEVES	MOYENS	PAS DE MESURE	FREQUENC										
N I D S  DE    P O U L E	<p>1) ETENDUE : nombre des NP</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compter le nombre des NP existants.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code ( 0,1, 2 ou 3 ) qui correspond au nbre trouve en se conformant a la table suivante :</li> </ul> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CODES ETENDUE</th> <th>POURCENTAGE DES SURF. ESTIMEES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>PAS DE NP</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>&lt; 2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ENTRE 2 ET 10</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>&gt; 10</td> </tr> </tbody> </table>	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DES SURF. ESTIMEES	0	PAS DE NP	1	< 2	2	ENTRE 2 ET 10	3	> 10			
	CODES ETENDUE	POURCENTAGE DES SURF. ESTIMEES												
0	PAS DE NP													
1	< 2													
2	ENTRE 2 ET 10													
3	> 10													
	<p>2) GRAVITE : profondeur moyenne des NP</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer la profondeur de chaque flache</li> <li>- Calculer la valeur moyenne des mesures effectuees.</li> <li>- Noter sur le formulaire le code (0,1, 2 ou 3 ) qui correspond a la profondeur moyenne trouvee.</li> </ul> <p>On devra se conformer au tableau de correspondance suivant :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CODES GRAVITE</th> <th>PROFONDEURS MOYENNES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>PAS DE NP</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>PROFOND. &lt; 2 Cm</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2&lt;PROFOND. &lt; 4 Cm</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>PROFOND. &gt; 4 Cm</td> </tr> </tbody> </table>	CODES GRAVITE	PROFONDEURS MOYENNES	0	PAS DE NP	1	PROFOND. < 2 Cm	2	2<PROFOND. < 4 Cm	3	PROFOND. > 4 Cm	<p>1 TECH. 1 VEH. AVEC COMPT- EUR METRIQ- UE  FORMUL- AIRE F</p>	<p>SECTION ELEMEN- TAIRE</p>	<p>1 AN</p>
CODES GRAVITE	PROFONDEURS MOYENNES													
0	PAS DE NP													
1	PROFOND. < 2 Cm													
2	2<PROFOND. < 4 Cm													
3	PROFOND. > 4 Cm													

ANNEXE C

BASE DE REGLES : " ENTRETIEN COURANT "

Si dégradation X

Si X type Y

Si Y IN [AFF, FLA ]

Si X présence d'argile : NON

Si X section Z

Si Z drainage fonctionnel

Alors X travaux : " reprofilage avec des matériaux bitumineux "

Si dégradation X

Si X type Y

Si Y [AFF, FLA ]

Si X présence d'argile : NON

Si X section Z

Si Z drainage nonfonctionnel

Alors X travaux : " réparer le drainage et reprofiler " avec des matériaux bitumineux.

Si dégradation X

Si X type Y

Si Y [AFF, FLA ]

Si X présence d'argile : OUI

Si X section Z

Si Z drainage fonctionnel

Alors X travaux : " purge profonde et reprofilage ".

Si dégradation X

Si X type Y

Si Y [AFF, FLA ]

Si X présence d'argile : OUI

Si X section Z

Si Z drainage nonfonctionnel

Alors X travaux : " purge profonde, réparation du drainage et

Si dégradation X

Si X type FL

Si X gravité G

Si G : 1

Alors X travaux : " Néant ".

Si dégradation X

Si X type FL

Si gravité G

Si G > 1

Si X présence d'autres dégradations : NON

Alors X travaux : " Colmater les fissures avec un coulis bitumineux "

Si dégradation X

Si X type FL

Si X gravité G

Si G > 1

Si X présence d'autres dégradations : OUI

Alors X travaux : " Imperméabiliser les fissures ".

Si dégradation X

Si X type Y

Si Y IN [ FL d'épaulement, FL de joint ]

Si gravité G

Si G : 1

Alors X travaux : " Néant ".

Si dégradation X

Si X type Y

Si Y IN [ FL d'épaulement, FL de joint ]

Si X gravité G

Si G > 1

Si X présence d'autres dégradations : NON

Alors X travaux : " Injecter un coulis bitumineux "

Si dégradation X

Si X type Y

Si Y IN [ FL d'épaulement, FL de loint ]

Si x gravité G

Si G > 1

Si X présence d'autres dégradations : OUI

Alors X travaux : " découper la bande deffectueuse et remettre un enrobé "

Si dégradation X

Si X type FT

Si X gravité G

Si G : 1

A lors X travaux : " Néant ".

Si dégradation X

Si X type FT

Si X gravité G

Si G > 1

Si X présence d'autres dégradations : NON

Alors X travaux : " Injecter un coulis bitumineux ".

Si dégradation X

Si X type FT

Si X gravité G

Si G > 1

Si X présence d'autres dégradations : OUI

Alors X travaux : " Scarifier et imperméabiliser la surface ".

Si dégradation X

Si X type NP

Si X gravité G

Si G : 1

Alors X travaux : Néant

Si dégradation X

Si X type NP

Si X gravité G

Si G > 1

Alors X travaux : " purge superficielle et bouchage aux enrobés "

Si dégradation X

Si X type PEL

Si X étendu E

Si E : 1

Alors X travaux : " Néant ".

Si dégradation X

Si X type PEL

Si X étendu E

Si E > 1

Si X présence d'autres dégradations : NON

Alors X travaux : " Bouchage au point à temps ".

Si dégradation X

Si X type PEL

Si X étendu E

Si E > 1

Si X présence d'autres dégradations : OUI

Alors X travaux : " Scarifier et refaire l'enduit ";

Si dégradation X

Si X type PLU

Si X étendu E

Si E : 1

Alors X travaux : " Néant ".

Si dégradation X

Si X type PLU

Si X étendu E

Si E > 1

Alors X travaux : " refaire l'enduit ".

Si dégradation X

Si X type GLA

Si x étendu E

Si E : 1

Alors X travaux : " Néant ".

Si dégradation X

Si X type GLA

Si X étendu E

Si E > 1

Alors X travaux : " Gravillonnage a chaud ".

Si dégradation X

Si X type RES

Si X étendu E

Si E : 1

Alors X travaux : " Brulage par choc thermique ".

Si dégradation X

Si X type RES

Si X étendu E

Si E > 1

Alors X travaux : " gravillonnage à sec ".

Si dégradation X

Si X type bourrelets

Si X étendu E

Si E : 1

Alors X travaux : " Eliminer les bourrelets par simple piochage ".



Si dégradation X

Si X type bourrelets

Si X étendu E

Si  $E > 1$

Alors x travaux : " Eliminer les bourrelets par fraisage automatique et refaire un nouvel enduit ".

BASE DE REGLES 2 : ENTRETIEN POUSSE

Si dégradation X

Si x type Y

Si Y IN [ FL, FT, FMF, FML ]

Si X présence de déformations : OUI

Alors X travaux : " Vérifier le trafic ".

Si dégradation X

Si X type Y

Si Y IN [ FL, FT, FMF, FML ]

Si X présence de déformations : OUI

Si X section Z

Si Z trafic T

Si Z trafic de référence R

Si  $T > R$

Alors x travaux : " renforcer la chaussée ".

Si dégradation X

Si X type Y

Si Y in [ FL, FT, FMF, FML ]

Si X section Z

Si X présence de déformations : OUI

Si Z trafic T

Si Z trafic de référence R

Si  $T < R$

Si Z drainage NIL

Alors X travaux : " Examiner le drainage ".

Si dégradation X

Si x type Y

Si Y in [FL, FT, FMF, FML ]

Si x section Z

Si x présence de déformations : OUI

Si Z trafic T

Si Z trafic de référence R

Si T < R

Si Z drainage nonfonctionnel

Alors X travaux : " améliorer le drainage et reprofiler la chaussé".

Si dégradation X

Si X type Y

Si Y in [FL, FT, FMF, FML ]

Si X section Z

Si X présence de déformations : OUI

Si Z trafic T

Si Z trafic de référence R

Si T < R

Si Z drainage fonctionnel

Si X sondage NIL

Alors X travaux : " effectuer des sondages ".

SI(A) {

- Si dégradation X
- Si X type Y
- Si Y in [FL, FT, FMF, FML ]
- Si X section Z
- Si X présence de déformations : OUI
- Si Z trafic T
- Si Z trafic de référence R
- Si T < R
- Si Z drainage fonctionnel
- Si X sondage U

Si dégradation X

Si x type Y

Si Y in [FL, FT, FMF, FML ]

Si x section Z

Si x présence de déformations : OUI

Si Z trafic T

Si Z trafic de référence R

Si T < R

Si Z drainage nonfonctionnel

Alors X travaux : " améliorer le drainage et reprofiler la chaussé".

Si dégradation X

Si X type Y

Si Y in [FL, FT, FMF, FML ]

Si X section Z

Si X présence de déformations : OUI

Si Z trafic T

Si Z trafic de référence R

Si T < R

Si Z drainage fonctionnel

Si X sondage NIL

Alors X travaux : " effectuer des sondages ".

SI(A) {

- Si dégradation X
- Si X type Y
- Si Y in [FL, FT, FMF, FML ]
- Si X section Z
- Si X présence de déformations : OUI
- Si Z trafic T
- Si Z trafic de référence R
- Si T < R
- Si Z drainage fonctionnel
- Si X sondage U

Si (A)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : NON

Si U présence de matériaux pollués : NON

Si U portance du sol support : insuffisante

Alors X travaux : " Purger et augmenter l'épaisseur de la chaussée ".

Si (A)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : NON

Si U présence d'argile : NON

Si U présence de matériaux pollués : NON

Si U portance du sol support : insuffisante

Alors X travaux : " Augmenter l'épaisseur de la chaussée ".

Remarque :

Four les trois dernières règles, la conclusion est une pratique algérienne. Mais en toute rigueur ( à l'étranger ) si on a un affaissement ou flache sans présence d'eau dans les couches inférieures alors il vaudrait mieux stabiliser le sol support par des liants hydrauliques (ciment, chaux) au lieu d'augmenter l'épaisseur de la chaussée.

Si dégradation X

Si X type Y

Si Y in [ FM, FT, FMF, FML ]

Si X présence de déformations : NON

Si (X type FT) ou (X type FL) ou (X type FML)

Si gravité G

Si  $G > 1$

Si X étendu E

Si E : 1

Alors x travaux : " Colmater les fissures ".

Si dégradation X  
Si X type Y  
Si Y in [ FL, FT, FMF, FML ]  
Si X présence de déformations : NON  
Si (X type FL) ou (X type FT) ou (X type FML)  
Si x étendu E  
Si E > 1  
Alors X travaux : " Scarifier et refaire la couche de roulement".

Si dégradation X  
Si X type Y  
Si Y in [ FL, FT, FMF, FML ]  
Si x présence de déformations : NON  
Si X type FMF  
Alors X travaux : " Scarifier et refaire la couche de roulement".

Si X dégradation  
Si X type DRN  
Si X section Z  
Si Z trafic T  
Si Z trafic de référence R  
Si T > R  
Alors X travaux : " renforcer la chaussée ".

Si dégradation X  
Si X type DRN  
Si X section Z  
Si Z trafic T  
Si Z trafic de référence R  
Si T < R  
Si x gravité G  
Si G : 1  
Alors X travaux : " remplir les ornières avec un enrobé ".

Si (B) { Si dégradation X  
Si X type ORN  
Si X section Z  
Si Z trafic T  
Si Z trafic de référence R  
Si  $T < R$   
Si X gravité G  
Si  $G > 1$   
Si Z drainage fonctionnel

Si X sondage U

Si U présence d'eau : OUI

Si U présence d'argile : NON

Si U présence de matériaux pollués : NON

Si U portance du sol support : suffisante

Alors X travaux : " améliorer le drainage et ramanier ".

Si (B)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : OUI

Si U présence d'argile : OUI

Si U présence de matériaux pollués : P

Si P in [ oui, non ]

Si U portance du sol support : suffisante

Alors x travaux : " améliorer le drainage, purger et remanier ".

Si (B)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : OUI

Si U présence d'argile : NON

Si U présence de matériaux pollués : OUI

Si U portance du sol support : suffisante

Alors X travaux : " améliorer le drainage, purger et remanier ".

Si (B)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : NON

Si U présence d'argile : P

Si P in [ oui, non ]

Si U présence de matériaux pollués : OUI

Si U portance du sol support : suffisante

Alors X travaux : " purger et remanier ".

Si (B)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : NON

Si U présence d'argile : OUI

Si U présence de matériaux pollués : NON

Si U portance du sol support : suffisante

Alors X travaux : " Purger et remanier ".

Si (B)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : OUI

Si U présence d'argile : NON

Si U présence de matériaux pollués : NON

Si U portance du sol support : insuffisante

Alors X travaux : " Améliorer le drainage, purger et augmenter l'épaisseur de la chaussée ".

Si (B)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : NON

Si U présence d'argile : OUI

Si U présence de matériaux pollués : P

Si P in [ oui, non ]

Si U portance du sol support : insuffisante

Alors x travaux : " purger et augmenter l'épaisseur de la chaussée ".



Si (C) { Si dégradation X  
Si (X type AFF) ou (X type FLA)  
Si X section Z  
Si Z drainage fonctionnel

Si X sondage U

Si U présence d'eau : OUI

Si U présence d'argile : NON

Si U présence de matériaux pollués : NON

Si U portance du sol support : suffisante

Alors X travaux : " améliorer le drainage et remanier ".

Si (C)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : OUI

Si U présence d'argile : OUI

Si U présence de matériaux pollués : P

Si P in [ oui, non ]

Si U portance du sol support : suffisante

Alors X travaux : " améliorer le drainage, purger et remanier ".

Si (C)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : OUI

Si U présence d'argile : NON

Si U présence de matériaux pollués : OUI

Si U portance du sol support : Suffisante

Alors X travaux : " améliorer le drainage, purger et remanier ".

Si (C)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : NON

Si U présence d'argile : OUI

Si U présence de matériaux pollués : P

Si P in [ oui, non ]

Si U portance du sol support : suffisante

Alors X travaux : " purger et remanier ".

Si (C)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : NON

Si U présence d'argile : NON

Si U présence de matériaux pollués : OUI

Si U portance du sol support : Suffisante

Alors X travaux : " purger et remanier".

Si (C)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : OUI

Si U présence d'argile : NON

Si U présence de matériaux pollués : NON

Si U portance du sol support : insuffisante

Alors X travaux : " améliorer le drainage et augmenter l'épaisseur de la chaussée ".

Si (C)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : OUI

Si U présence d'argile : OUI

Si U présence de matériaux pollués : P

Si P in [ oui, non ]

Si U portance du sol support : insuffisante

Alors X travaux : " améliorer le drainage, purger et augmenter l'épaisseur de la chaussée ".

Si (C)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : OUI

Si U présence d'argile : NON

Si U présence de matériaux pollués : OUI

Si U portance du sol support : insuffisante

Alors X travaux : " améliorer le drainage, purger et augmenter l'épaisseur de la chaussée ".

Si (C)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : NON

Si U présence d'argile : OUI

Si U présence de matériaux pollués : P

Si P in [ oui, non ]

Si U présence du sol support : insuffisante

Alors X travaux : " purger et augmenter l'épaisseur de la chaussée ".

Si (C)

Si X sondage U

Si U présence d'eau : NON

Si U présence d'argile : NON

Si U présence de matériaux pollués : NON

Si U portance du sol support : insuffisante

Alors X travaux : " augmenter l'épaisseur de la chaussée ".

Si dégradation X

Si X type nide de poule

Si X présente des déformations : OUI

Alors X travaux : " remédier aux déformations présentes ".

Si dégradation X

Si X type nid de poule

Si X présence de déformations : NON

Si X présence de fissures : OUI

Si étendu E

Si  $E > 1$

Alors X travaux : " boucher les nids de poule et refaire la couche de roulement ".

Si dégradation X

Si X type glaçage

Si X étendu E

Si E : 1

Alors X travaux : " scarifier légèrement ".

Si dégradation X

Si X type plumage

Si X étendu E

Si E > 1

Si X gravité G

Si G > 1

Alors X travaux : " refaire la couche de roulement ".

Si dégradation X

Si X type ressuage

Si X section Z

Si X étendu E

Si E > 1

Si Z ensoleillement important

Alors X travaux : " refaire la couche de roulement en utilisant un liant spécial ".

Si dégradation X

Si X type ressuage

Si X selection Z

Si X étendu E

Si E > 1

Si Z ensoleillement : moyen

Si X test sur la couche de roulement : NIL

Alors X travaux : " effectuer des tests sur la couche de roulement ".

Si dégradation X  
Si X type ressuage  
Si X section Z  
Si X étendu E  
Si  $E > 1$   
Si Z ensoleillement : moyen  
Si X test sur la couche de roulement U  
Si U excès de liant : OUI  
Si U mauvais liant : NON  
Alors X travaux : " gravillonnage à sec en temps chaud ".

Si dégradation X  
Si X type ressuage  
Si X section Z  
Si X étendu E  
Si  $E > 1$   
Si Z ensoleillement : moyen  
Si X test sur la couche de roulement U  
Si U excès de liant : (NON) ou (OUI)  
Si U mauvais liant : OUI  
Alors X travaux : " scarifier et refaire la couche de roulement".

BASES DE REGLES 3 : ENTRETIEN PARTICULIER

Si dégradation X.

Si X type Y

Si Y in [ FL, FT, FMF, FML; NP, PEL, CLA, DES ]

Si X S = 1

Si X V = 3

Alors X travaux : " scarifier et refaire la couche de roulement".

Si dégradation X

Si X type Y

Si Y in [ FL, FT, FMF, FML, NP, PEL, GLA, DES ]

Si X S = 0

Si X V = 3

Alors X travaux : " scarifier et refaire la couche de roulement".

Si selection Z

Si Z S = 3

Si Z V = 3

Alors Z travaux : " faire une étude approfondie en vue de renforcement ".

Si section Z

Si Z S = 3

Si Z V = 2

Alors Z travaux : " faire une étude approfondie en vue de renforcement ".

