

Royaume du Maroc

**Ministère des Travaux Publics
De la Formation Professionnelle
Et de la Formation des Cadres**

**MANUEL DE RENFORCEMENT
DES CHAUSSEES REVETUES**

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE

SOMMAIRE

PRESENTATION	3
ORGANIGRAMME D'UNE ETUDE DE RENFORCEMENT.....	5
CHAPITRE I RECUEIL DES DONNEES	6
I.1/ TRAFIC :	6
I.2/ DONNEES GENERALES :	9
I.3/ DONNEES GEOTECHNIQUES ET D'AUSCULTATION :	9
I.4/ DETERMINATION DES ZONES HOMOGENES :	13
CHAPITRE II CHOIX DES ACTIONS.....	14
II.1/ MAINTIEN DE LA ZONE DANS LE CADRE DES ETUDES NORMALES :	14
II.2/ CHOIX DES ACTIONS DE REMISE EN ETAT DE LA CHAUSSE :	14
CHAPITRE III PROPOSITION DE TRAVAUX SUR LA CHAUSSE EXISTANTE	17
III.1/ R.C.S : RENOUELEMENT DE COUCHE DE SURFACE :	17
III.2/ R.C.B : RENOUELEMENT DE COUCHE DE BASE :	17
III.3/ R.F.S : RENFORCEMENT DE STRUCTURE :	17
II.4/ SPECIFICATION DES MATERIAUX :	18
CHAPITRE IV PROPOSITION DE TRAVAUX SUR LES ACCOTEMENTS ET LE DRAINAGE ET POUR LA REALISATION D'ELARGISSEMENT.....	23
IV.1/ TRAVAUX CONCERNANT UN ELARGISSEMENT D'UN ANCIEN ELARGISSEMENT :	23
IV.2 PROFILS EN TRAVERS TYPES :	23
ANNEXE.....	33
NOTE 1 ORGANISATION D'UNE CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE IN-SITU	33
NOTE 2 ETAT VISUEL, ORIGINE DES DEGRADATIONS ET DIAGNOSTIC DE COMPORTEMENT.....	36
NOTE 3 CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX	43
NOTE 4 RETRAITEMENT DES CHAUSSES EN PLACE	47
NOTE 5 LES TECHNIQUES DE REPROFILAGE.....	52
NOTE 6 DOCUMENTS DE PRESENTATION DE DONNEES GEOTECHNIQUES, DE RELEVÉ VISUEL ET D'AUSCULTATION	53

MANUEL DE RENFORCEMENT DES CHAUSSEES REJETUES

PRESENTATION

Le manuel de renforcement des chaussées est composé :

- d'une méthode de détermination des travaux de remise en état de la chaussée et de ses annexes,
- d'une série de documents.

La méthode de détermination des travaux de remise en état s'articule comme indiqué dans l'organigramme ci-dessous.

1° activité : recueil des données

2° activité : choix des actions

3° activité : proposition de travaux sur la chaussée existante

4° activité : proposition de travaux sur les accotements et le drainage et pour la réalisation d'élargissement.

ANNEXES

Des documents sont annexés à la présente méthode :

Note 1 : Organisation d'une campagne de reconnaissance IN-SITU

Note 2 : Etat visuel, origine des dégradations et diagnostic de comportement

Note 3 : Caractéristiques des matériaux

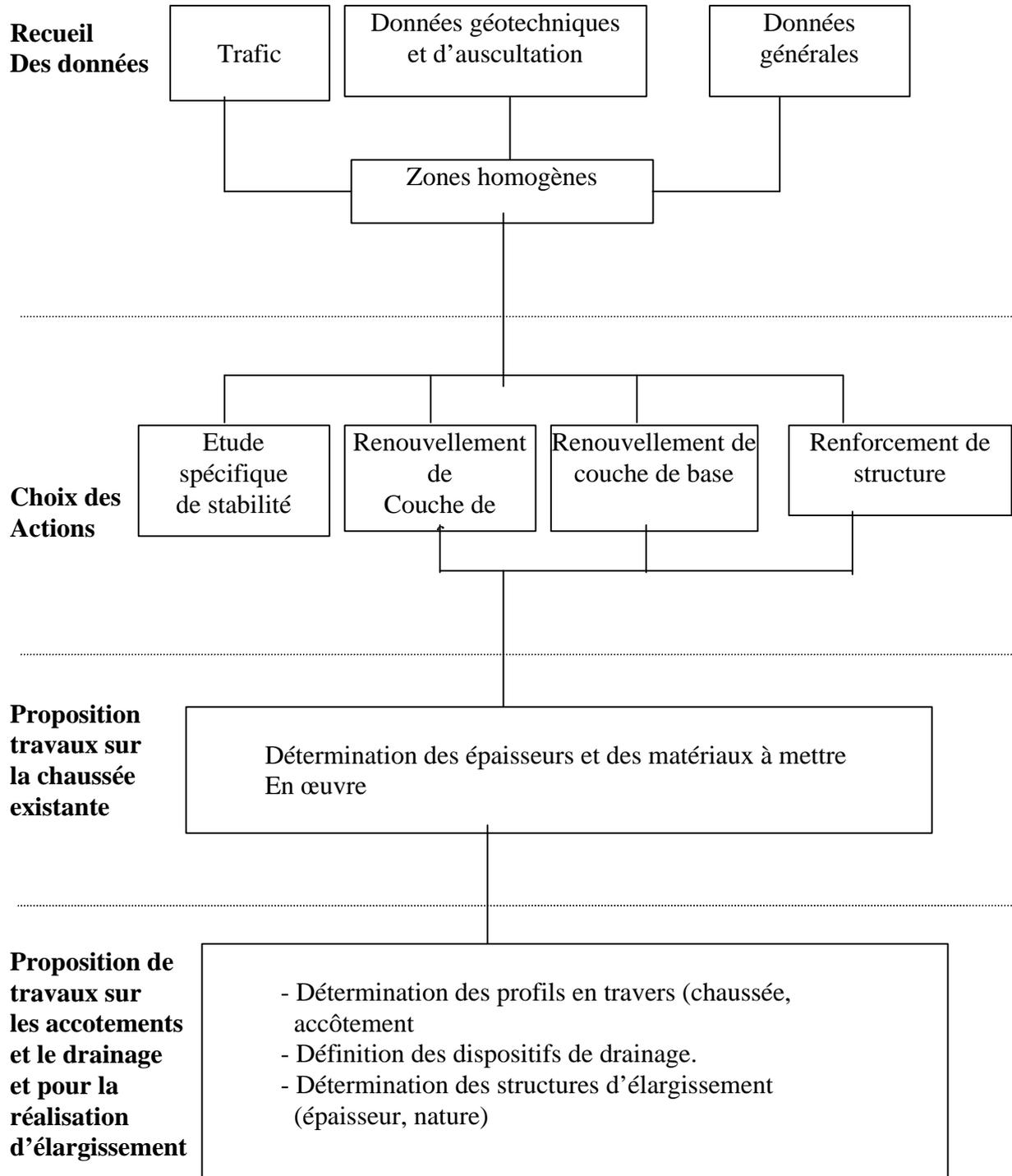
Note 4 : Retraitement des chaussées en place

Note 5 : techniques de reprofilage

Note 6 : Documents de présentation de données géotechniques, de relevé visuel et d'auscultation

- schéma itinéraire
- résultats de Laboratoire
- Essais Proctor et essais CBR
- Identification

ORGANIGRAMME D'UNE ETUDE DE RENFORCEMENT



CHAPITRE I

RECUEIL DES DONNEES

Les données à recueillir sont de trois ordres :

- des données concernant le trafic et les hypothèses concernant son évolution durant la période du projet (cas habituel du manuel : 10 ans).
- Des données géotechniques et d'auscultation recueillies :
 - au cours campagnes de reconnaissance par observation visuelle, sondages et essais in-situ et en laboratoire
 - par des campagnes de mesures systématiques de déflexions et d'uni
- des données générales :
 - concernant l'environnement climatique et hydraulique
 - concernant l'historique de la chaussée (travaux anciens et derniers entretiens)
 - concernant les normes relatives aux matériaux de corps de chaussée

A partir de l'ensemble de ces données, on aboutit à un zoning de la section de route à étudier.

Chaque zone est définie par une homogénéité de l'ensemble des paramètres identifiés.

I.1/ TRAFIC :

I.1 -1 Données de trafic

Les données de trafic à recueillir se composent des éléments suivants :

- NI = nombre de véhicules journaliers dans les deux sens à l'année i (trafic global)
- X = pourcentage des poids lourds dans le trafic global (PL de PTC supérieur à 1,5 t.)
- Tg = taux d'accroissement du trafic global
- Tp = taux d'accroissement du trafic poids lourds

Ces données sont généralement rencontrées dans les recueils des données numériques sur les comptages routiers (édités par la D.R.C.R) ou par enquête locale sur le trafic.

I.1 – 2 – Détermination du trafic à prendre en compte

Le trafic à prendre en compte pour l'évaluation du renforcement sera celui estimé à l'année de mise en service (P) il est calculé à partir des données ci-dessus recueillies ou d'hypothèses sur les éléments du trafic non connus.

a) Actualisation du trafic global à l'année p

$$N_p = N_i \times k$$
$$K = (100 + t_g / 100)^{p-i}$$

(t_g) taux d'accroissement du trafic global entre l'année i (donnée de trafic) et l'année p (début de mise en service).

b) Coefficients correcteurs

Différents coefficients correcteurs doivent être appliqués à ce trafic global N_p pour déterminer le trafic final à prendre en compte.

b.1 – Largeur de chaussée : C1

Largeur de la chaussée	≥ 6 m	4 A 6 m	< 4 m
Coefficient correcteur C1	1	1,5	2

b.2 – Agressivité du trafic : C2

Réseau	RP et RS (N _p ≥ 200) et *	RS (N _p < 200) Et CT
Coefficient correcteur C2	1	0,66

(*) Cas du trafic minier ou très agressif)

b.3 – Pourcentage de poids lourds : C3

Soit x le pourcentage de poids lourds dans N_p supposé égal à celui dans N_i
C3 = x/35

b).4 – Taux d’accroissement des poids lourds : C4

Accroissement	3 %	4	5	6	7	8
C4	0.86	0.91	0.95	1	1.05	1.10

c) Trafic corrigé à prendre en compte : Ncp

$$N_{cp} = N_p \times C_1 \times C_2 \times C_3 \times C_4$$

I.1 – 3 – Détermination de la classe de trafic Ti

A partir de la valeur Ncp ainsi déterminée, on définit la classe de trafic, suivant le tableau :

Classe Ti	*T ₅	T ₄	T ₃ ⁻	T ₃ ⁺	T ₂	T ₁ ⁻	T ₁ ⁺	T ₀
Ncp	0 à 50	50 à 200	200 à 400	400 à 750	750 à 2000	2000 à 3500	3500 à 4500	4500 à 6500

(*) s'il y a plus de 5 véhicules de charge à l'essieu supérieure à 8 T :
classe T4

1.2/ DONNEES GENERALES :

Un ensemble de données générales doit être collecté.

I.2 –1- Climat et régime hydraulique

Zone climatique	Aride	Non Aride
Pluviométrie annuelle	< 250 mm	> 250 mm

Régime hydraulique	Bon	Mauvais
Nappe et zone d'irrigation	Pas de nappe Pas d'irrigation	Nappe entre 0 et 2m ou (et) zone irriguée

I.2 – 2 – Historique

Des données concernant l'historique de la chaussée, on doit faire ressortir :

- la fréquence et l'importance des entretiens dans le passé
- la date du dernier renouvellement de surface (à comparer avec l'état actuel)
- des interventions plus lourdes (renforcement, rechargement, réparation ponctuelle.)

I.2 – 3 – Normes relatives aux matériaux de corps de chaussée

Il s'agit de rappeler les éléments suivants :

- Normes relatives aux couches de roulement et couches de base (voir C.P.C.) en fonction du trafic et de la structure.
- Normes relatives aux matériaux hors normes C.P.C (voir note 3).

I.3/ DONNEES GEOTECHNIQUES ET D'AUSCULTATION :

I.3 – 1 – Environnement : Evi

Par observations visuelles, on doit porter un jugement sur la stabilité géotechnique de l'environnement (voir note 2).

On aboutit ainsi à trois décisions :

EV0 = section sur laquelle aucune instabilité n'est décelée

EV1 = section sur laquelle des points particuliers limités d'instabilité sont observés.

EV2 = section à instabilité dominante qui conditionne l'état de la chaussée

I.3 – 2 – Type de profil en travers : pi

On classera la chaussée suivant l'un des 4 profils suivants :

P1 = chaussée sans élargissement ni épaulement

P2 = chaussée sans élargissement (xm de large) et sans épaulement

P3 = chaussée sans élargissement (xm de large) et avec épaulement de ym de large

P4 = chaussée sans élargissement avec épaulement de ym de large

I.3 – 3 – Revêtement et couche supérieure liée : Ri

A partir des sondages effectués, on classera le revêtement en :

R1 = revêtement en enduit superficiel ou en enrobés de faible épaisseur (< 8 cm).

Pour les enrobés, ne sont pas prises en compte, pour le calcul de l'épaisseur, les couches d'enrobés désagrégées ou totalement faïencées.

R2 = revêtement en enrobés sains de plus de 8 cm d'épaisseur ou couche de grave bitume avec enrobés.

I.3 – 4 – Qualité de la couche de base : Bi

Les matériaux rencontrés sous le revêtement et faisant donc office de couche de base, seront classés à l'aide du tableau suivant, permettant de juger de leur convenance en fonction de la classe de trafic.

Evaluation de la qualité de la couche de base

Nature de la Couche de base	Conformité aux Prescription ou état	TRAFIC							
		T5	T4	T3	T3	T2	T1	T1	T0
G.B.B	Bon état								
	Décohésionnée								
G.N.A	C.P.C								
G.N.B	C.P.C								
G.N.C	Ic ≥ 30 LA+M DE ≤ 65								
G.N.D LA+MDE < 75	Ic ≥ 30								
	Ic < 30								
Pierre cassée *	Roche dure et * Non polluée								
	Tendre et/ou Polluée								
M.H.N	Voir note 3								

(*) : suivant estimation L.P.E.E

B1: couche de base conforme

B2: couche de base non conforme (non satisfaisante).

La pierre cassée doit présenter en couche de base une épaisseur supérieure ou égale à 12 cm. La dureté est estimée en fonction de l'état d'évolution du matériau en place.

I.3-5- Etat visuel de la chaussée : Vi

L'état de la chaussée est relevé par une reconnaissance sur le terrain. La note 2 indique les moyens d'effectuer ce relevé.

Il y est indiqué notamment comment décrire, quantifier et qualifier les dégradations observées et enfin il est proposé une classification Vi (V1 à V12) de l'état visuel de la chaussée.

A chaque état Vi correspond un ensemble de dégradations avec leur origine probable et les déficiences de comportement auxquelles il convient de remédier.

Le tableau suivant est un résumé de cette note, mais il serait dangereux de n'utiliser que ce résumé pour classer définitivement l'état visuel. Il sert de guide pour la lecture de la note 2, en fonction du premier classement effectué à l'aide du tableau.

REVETEMENT	PROFIL EN TRAVERS	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ETAT VISUEL	ETAT N°
R1 Mince épais	Sans élargissement p.1 et p.4	Déformation faible associée à des Fissurations faibles ou remontées faibles	V1
		Déformation faible avec Arrachements importants.	V2
		Déformation fortes E.S Faiénçage EB important Avec déformations	V3
	avec élargissement p.2 et p.3	Affaissement de rives faible à moyen avec fissures Longitudinales. Partie axiale état V1 ou V2	V4
		Affaissement important en rives Partie axiale état V1	V5
		Affaissement important en rives Avec état V2 ou V3 en partie axiale	V6
R2 Epais En enrobé	Sans élargissement p.1 et p.4	Fissuration faible éventuelle Faible déformation	V7
		Fissuration importante, faible déformation et faible arrachement	V8
		Fissuration importante forte déformation	V9
	Avec élargissement p.2 et p.3	Faible affaissement avec fissure à la jonction. Partie axiale état V7 maximum	V10
		Fort affaissement en rive avec fissures jonction et faiénçage. Partie axiale état V7	V11
		Fort affaissement en rives partie axiale état V8 ou V9.	V12

I.3 – 6 – Evaluation des sols de plate-forme : Si

Les sols de plate-forme sont classés comme dans le catalogue des structures de chaussées neuves à partir de :

- classification L.P.C.
- zone climatique
- régime hydraulique

On a donc les classes S0, S1, S2, S3, S4

I.3 – 7 – Classe de déflexion : Di

Les déflexions mesurées au deflectographe Lacroix sous essieu de 13T permettent d'obtenir par sections homogènes :

- D_m en 1/100 mm déflexion moyenne de la section
- σ écart type autour de D_m

On détermine alors :

- $D_{90} : D_m + 1,3 \sigma$
- Coefficient d'homogénéité = σ/D_m

On classe alors les sections suivant le tableau à partir de la plus élevée des 2 valeurs mesurées (axe ou rive).

D_{90} en 1/100 mm sur la trace la plus élevée	< 100	100 à 150	150 à 200	> 200
Classe Di	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄

- Si $\sigma/D_m > 0,35$, augmenter d'une classe

$$D_i' = D_i + 1$$

De plus la prise en compte de l'effet de bord, permet d'apprécier d'éventuels élargissements ou de défauts de drainage interne.

I.3 – 8 – Classe d'uni : RI i

Il s'agit de mesures d'uni Bump integrator ou à l'APL qui permettent de quantifier cet uni par exemple à l'aide du coefficient RI.

I.3 – 9 – Evaluation des structures en place :

Les structures en place sont évaluées en fonction de leur épaisseur par un numéro de structure variant de 1 à 11, en prenant les zones climatiques (aride et non aride) et ceci en fonction du trafic.

Trafic	Zone climatique	Epaisseur de chaussée granulaire en (cm) ou en SN* équivalent						
		SN<0,9	0,9 à 1,35	1,35 à 1,80	1,80 à 2,25	2,25 à 2,70	2,70 à 3,15	>3,15
		≤20	21 à 30	31 à 40	41 à 50	51 à 60	61 à 70	>70
T1	non aride	1	2	3	4	5	6	7
	aride	2	3	4	5	6	7	7
T2	non aride	3	4	5	6	7	7	7
	aride	4	5	6	7	7	7	7
T3	non aride	4	5	6	7	7	7	7
	aride	5	6	7	7	7	7	7
T4 et T5	non aride	8	9	10	11	11	11	11
	aride	9	10	11	11	11	11	11

(*) SN : Structural Number avec coefficient d'équivalence $a_i = 0,12$

1/ - Les épaisseurs de grave bitume et d'enrobé sains ou peu fissurés sont multipliés par 2.

Dans le cas de fortes fissurations multiples ou de fort faïençage, on prend l'épaisseur réelle.

2/ - L'épaisseur des couches granulaires (blocage particulièrement) pollués n'est pas prise en compte.

I.4/ DETERMINATION DES ZONES HOMOGENES :

A partir de l'ensemble des données recueillies, la section de route à l'étude, doit être découpée en zones pour lesquelles les différents éléments évoqués ci-dessus sont homogènes.

Il est très important que cette activité soit accompagnée d'une réflexion sur la compatibilité des informations en particulier confrontation entre :

- état visuel et date du dernier entretien,
- déflexion (valeur et période de mesure) et épaisseur de la chaussée et sol de plate-forme (classe et état).
- Etat visuel et profil en travers (cas des élargissements sous dimensionnés et des pièges à eau),
- Etat visuel de la chaussée et de ses annexes (accotement dénivelé, stagnation d'eau, etc...).

Ce n'est qu'après cette analyse que sont définitivement choisies les zones homogènes et leurs paramètres caractéristiques à utiliser pour la suite de l'étude.

CHAPITRE II CHOIX DES ACTIONS

Pour chacune des zones homogènes définies précédemment, on doit en fonction des éléments caractéristiques recueillies, définir l'action de remise en état de la chaussée.

La première étape consiste à décider pour chaque zone si celle-ci doit être maintenue ou non dans le cadre des études normales en fonction de la stabilité de la plate-forme (classe Ei).

Pour les zones maintenues, on a le choix entre trois types d'actions :

- 1°/ renouvellement des couches de surface : R.C.S.
- 2°/ renouvellement des couches de base : R.C.B.
- 3°/ renforcement de structures : R.F.S.

II.1/ MAINTIEN DE LA ZONE DANS LE CADRE DES ETUDES NORMALES :

Trois cas ont été considérés :

EV₂ : zone à instabilité dominante :

- des études géotechniques de stabilisation de plate-forme et de sites peuvent être entreprises. Ces études ne rentrent pas dans le cadre normal des études de renforcement,
- une remise en état de la chaussée peut cependant s'avérer indispensable pour offrir un niveau de service minimal à l'utilisateur. Les travaux ne peuvent être déterminés par le présent catalogue, mais les techniques de reprofilage (tableau a) de renouvellement de couche de surface (tableau 3) exposées dans ce manuel, pourront être utilisées avec profit.

EV₁ : zone à instabilité ponctuelle limitée :

- des études géotechniques de stabilisation doivent être entreprises en dehors de l'étude de renforcement.

Les travaux confortatifs préconisés devront être exécutés de préférence avant la remise en état de la chaussée.

- l'étude de remise en état de la chaussée est poursuivie, abstraction faite, des dégradations liées aux instabilités ponctuelles dont le traitement a été prévu ailleurs.

EV₀ : l'étude de remise en état de la chaussée s poursuit.

II.2/ CHOIX DES ACTIONS DE REMISE EN ETAT DE LA CHAUSSE :

Le choix des actions à entreprendre pour la remise en état de la chaussée pour chacune

des zones maintenues dans le cadre des études normales, est effectué à partir de l'évaluation de la couche de base.

C'est ainsi que :

- a) pour les zones où la couche de base est jugée insatisfaisante (B2), on utilisera le tableau n° 1 pour le choix des actions à entreprendre, il s'agit d'un renouvellement de couche de base (R.C.B.). Cependant pour les trafics les plus élevés, il sera nécessaire de vérifier si un éventuel déficit structurel (R.F.S) n'amènerait pas à une structure avec couche de base d'épaisseur supérieure à celle préconisée par le seul renouvellement de la couche de base.
- b) Pour les zones où la couche de base est jugée satisfaisante (B1), on utilisera le tableau n°2 pour le choix des actions à entreprendre.

Il s'agit soit d'un renouvellement de couche de surface (R.C.S) soit d'un renforcement de structure (R.F.S).

Dans certains cas, le choix définitif ne pourra être fait qu'après vérification d'éventuel déficit structurel (R.F.S).

TABLEAU N° 1

Type de travaux sur chaussée à couche de base non satisfaisante : B₂

Revêtement Ri	T ₅	T ₄ et T ₃	T ₂ – T ₁ ⁻	T ₁ ⁺	T ₀
R ₁	R.C.B voir tableau 4		R.C.B	voir tableau 4 ou	
R ₂		(1)l'enrobé est considéré comme une couche de base satisfaisante B ₁		R.F.S Tableau 6,7	

(1) pour les trafics T₄ et T₃ cas très peu probable.

TABLEAU N° 2

Type de travaux sur couche de base satisfaisante : B₁

- Etat visuel		R.C.S. (tableau 3)	R.F.S. (tableau 5,6,7)	Reprofilage (tableau 9)
V1				
V2	T < T ₂			Eventuellement nécessaire
	T ≥ T ₂			Nécessaire pour RCS et renforcement en EB ou GBB
V3				Nécessaire en cas de renforcement en EB ou GBB
V4				Si nécessaire en rives uniquement
V5	T < T ₁			Reprofilage en rives ou reconstruction de l'élargissement
	T ≥ T ₁			Nécessaire en cas de renforcement en EB ou GBB
V6				Nécessaire en cas de renforcement en EB ou GBB
V7				Si nécessaire
V8				Nécessaire avec R.C.S Nécessaire pour renforcement GBB ou EB
V9				Nécessaire pour renforcement GBB ou EB
V10				Reprofilage en rives uniquement
V11*				Reprofilage en rives pour R.C.S Reprofilage en rives pour renforcement En E.B ou G.B.B
V12				Nécessaire pour renforcement E.B ou GBB

Ne convient pas

Convient

(*) Quand les 2 actions. R.C.S et R.F.S conviennent, cela signifie qu'il est nécessaire de vérifier l'éventuel déficit - structurel à l'aide des tableaux 5, 6 ou 7.

CHAPITRE III

PROPOSITION DE TRAVAUX SUR LA CHAUSSE EXISTANTE

Compte tenu des actions de remise en état des chaussées définies au chapitre II, il reste à déterminer la nature des matériaux à mettre en œuvre et leur épaisseur dans chacun des cas et pour chacune des zones homogènes.

III.1/ R.C.S : RENOUELEMENT DE COUCHE DE SURFACE :

Le tableau 3 indique en fonction du trafic, la technique de renouvellement de couche de surface à utiliser.

A noter que pour les trafics T1 et T0 l'utilisation d'enrobés bitumineux comporte un certain apport structurel qui n'est pas pris en compte en tant que tel.

III.2/ R.C.B : RENOUELEMENT DE COUCHE DE BASE :

Le tableau 4 indique en fonction du trafic, les différentes natures de couches de base que l'on peut utiliser, les épaisseurs à mettre en œuvre et le revêtement à prévoir.

La technique retraitement en place fait l'objet d'une note annexe n° 4.

III.3/ R.F.S : RENFORCEMENT DE STRUCTURE :

Les tableaux 5,6,7, indiquent la nature et l'épaisseur des structures de renforcement à adopter :

- Tableau 5 pour les faibles trafic T5, T4
- Tableau 6 pour trafics T3, T2, et T1-
- Tableau 7 pour trafics T2, T1, et T0-

Le tableau 5 permet en fonction du sol et de la structure en place, de définir les structures de renforcement granulaire.

Le tableau 6 utiliser les mêmes paramètres, mais est utilisable pour les trafics plus importants et conduit à des structures granulaires, non liées ou liées avec du ciment.

Le tableau 7 permet en fonction de la déflexion et du trafic, de définir les renforcements en enrobés et grave bitume + enrobés.

Le tableau 9 indique les techniques de repriflage à utiliser suivant l'état visuel de surface et le trafic.

II.4/ SPECIFICATION DES MATERIAUX :

Des indications concernant les spécifications à retenir pour les différents matériaux sont évoquées dans la note 3. Il faut signaler que certaines dérogations aux normes du C.P.C sont proposées dans certains cas pour les matériaux classiques (RS – EB – GBB – GNA – GNB).

D'autre part, des matériaux proposés à titre expérimental dans le Catalogue des Structures de Chaussées Neuves, sont repris dans cette note (GE – GAC).

Enfin de nouvelles spécifications sont proposées pour des matériaux non utilisés à ce jour :
GNC – GND – MHN – GVC – GBE.

Tableau 3

Renouvellement de couche de surface R.C.S

TRAFFIC	TECHNIQUE UTILISABLE
T5	Enduit superficiel monocouche
T3	Enduit superficiel monocouche ou bicouche, suivant l'état d'usure du revêtement en place
T3 + et T2	Enduit superficiel bicouche
T1	1/ Enduit bitumineux (durée de vie limitée : 5 à 7 ans)
	2/ Enrobé bitumineux (durée de vie : 10 ans) <ul style="list-style-type: none">• 5 cm si D1• 7 cm D2 au delà voir renforcement tableau 7
	3/ Enrobé bitumineux souple à expérimenter épaisseur de 5 à 8 cm quelque soit la déflexion
T0-	Enrobé - bitumineux (durée de vie : 10 ans) <ul style="list-style-type: none">• 7 cm si D1• 10 cm si D2 au delà voir renforcement tableau 7

Tableau 4

Renouvellement de couche de base R.C.P

Classe de trafic Couche de base	T ₅	T ₄ et T ₃ ⁻	T ₃ ⁺	T ₂	T ₁ ⁻	T ₁ ⁺	T ₀
A éléments Granulaire non liés	RS (monocouche) + 15 MHN ou GND	RS (bicouch) + 15 GNB ou GNC	RS (bicouch) + 15 GNB	RS (bicouch) + 15 cm GNA	RS (bicouche) + 5 EB Souple après 6 mois A 2 ans sur		
	12 pierre cassée + bicouche				20 GNA	20 GNR	
Retraitement en place							
Grave avec ciment	RS (bicouche) + 15 GVC		RS (bicouche) + 20 GAC				
Grave émulsion			RS (bicouche) + 12 GE				
Enrobé et grave bitume ou grave bitume enrichie					10 GBB+RS	12 GBB+RS	12 GBB + 5EB
					10 GBE	12 GBE	

 Ne convient pas

Tableau 5

Renforcement de structure R.F.S pour trafic T₅ et T₄

Structure en place	Sol	S ₀	S ₁ - S ₂	S ₃ - S ₄
8		A	B	C
9		B	C	
10		C	Retraitement en place et	
11		Renouvellement de couche de surface		

Travaux	Trafic	T ₅	T ₄
a		25 GNC ou GND ou GVC ou MHN + RS	20 GNB + RS 25 GNC ou GVC + RS
b		20 GNC ou GND ou MHN ou GVC + RS	15 GNB + RS 20 GNC ou GVC + RS
c		15 GNC ou GND ou MHN ou GVC + RS	15 GNB ou GNC ou GVC + RS
		Retraitement en place sur 20 cm	

RS = monocouche généralement, mais éventuellement bicouche si la surface de la couche de base est trop ouverte (MHN ou GVC).

Tableau 6

**Renforcement de structure R.F.S pour trafic T3 T2 T1-
Couche granulaire et grave + ciment avec bicouche**

Structure En place	Classe de sol				
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
1	Etude de redimensionnement avec aménagement de la plate-forme et du drainage interne			20 GAC + RS 20 GNA + RS 25 GNA + RS	20 GAC + RS 20 GNA + RS
2				20 GAC + RS 20 GNA + RS 25 GNA + RS (2) (+5 EB)	20 GAC + RS 15 GNA + RS
3	30 GNA + RS ou 20 GNF+15GNA+RS	25 GNA + RS 20 GNA + RS ou (2) (+ 5 EB)	20 GNA + RS 20 CAC + RS	15 GNA + RS 20 GAC + RS	
4	25 GN + RS (1)	20 GN + RS (1)	15 GN + RS (1) 20 GAC + RS	- Pour trafic T3 : RS après reprofilage (voir tableau 9) - pour trafic T2 et T1 - : voir tableau 7 (EB et GBB)	
5	20 GN + RS (1)	15 GN + RS (1) 20 GAC + RS			
6	15 GN + RS (1)				
7					

(1) choix de GN

(2)

Trafic	T ₃ ⁻	T ₃ ⁺	T ₂ et T ₁
GN	GNB-GNC-GVC	GNB	G.N.A

(1) (+ 5 EB) – pour trafic T₁⁻ il est conseillé de différer la pose de la couche d'enrobé de 5 cm nécessaire pour combler le déficit structurel à :

- 1 ou 2 ans pour permettre les premières adaptations de la structure
- ou 5 ou 7 ans lors du renouvellement de la couche de surface.

COMMENTAIRES :

L'étude de redimensionnement doit respecter le Catalogue Marocain des Structures des Chaussées Neuves.

La valeur résiduelle de la chaussée est estimée suivant son état de dégradations.

Cas d'un sol So :

- La chaussée existante peut éventuellement être assimilée à une couche de forme.
- Nécessité de surélever la ligne rouge de la chaussée en cas de proximité de la nappe ou de zone inondable.
- La ligne rouge du projet après surélévation sera à 1,50m du niveau maximum de la nappe.
- En l'absence de surélévation de la ligne rouge, les solutions aux enrobés bitumineux sont à éviter. Dans ce cas, il est primordial de drainage de la plate-forme et du corps de chaussée en grave non traitée.

Cas d'un sol S1 et S2 :

- La chaussée existante peut éventuellement être assimilée à une couche de fondation. Dans ce cas, les autres couches à mettre en place sont données par le Catalogue Marocain des Chaussées Neuves.
- Pour le sol S1 le drainage de la plate-forme et de la grave non traitée du corps de chaussée est nécessaire.

TABLEAU 7

**Renforcement de structure R.F.S pour trafic T2 T1 et T-0 avec enrobé (EB)
En grave bitume (G.B.B) ou grave bitume enrichie (G.B.E)**

Trafic					
Déflexion Lacroix D 90 (1/100mm)		T2	T1-	T1+	T0-
D1	< 100	5 EB	6 EB	7 EB 10 GBB+RS 10 GBE	10 EB
D2	100 à 150	6 EB	7 EB 10 GBB+RS	10 EB 12 GBB+RS 10 GBE	12 GBB+5EB
D3	150 à 200	7 EB	10 EB 12 GBB+RS	10 GBB+5EB 12 GBB+RS 12 GBE	12 GBB+7EB
D4	> 200	Structure granulaire (voir tableau 6)		12 GBB+5EB 15 GBE	15 GBB+7EB

La valeur de déflexion prise en compte pour le dimensionnement doit avoir fait l'objet d'une analyse comparative avec les autres données concernant la structure de la chaussée et la nature et l'état du sol de plate-forme. Doivent aussi être prises en considération les informations concernant les effets de bord et le profil en travers.

TABLEAU 9

Techniques de reprofilage

	R₁					R₂
	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	
Scarification et réglage de pierre cassée ancienne sur blocage ou sol de plateforme		Sauf sous E.B et GBB			Sauf sous E.B et GBB	
Scarification et réglage de tout-venant en place ou pierre cassée et tout-venant		Sauf sous E.B			Sauf sous E.B	
Enrobés bitumineux à chaud ou à froid						
Réfection complète de l'ancien élargissement				Uniquement Si $T \leq T_2$ et si épaisseur faible (30 à 40cm)		

Ne convient pas

Convient

CHAPITRE IV

PROPOSITION DE TRAVAUX SUR LES ACCOTEMENTS ET LE DRAINAGE ET POUR LA REALISATION D'ELARGISSEMENT

IV.1/ TRAVAUX CONCERNANT UN ELARGISSEMENT D'UN ANCIEN ELARGISSEMENT :

Dans le cas de recalibrage ou de changement de standards géométriques, on peut être amené à procéder, en plus des travaux sur la chaussée actuelle, à un élargissement de chaussée revêtue.

D'autre part ; on a vu qu'une solution par décaissement d'un ancien élargissement peut être retenue en cas d'affaissements importants en rives avec le reste de la chaussée en état acceptable. (R1 – V5 du tableau 2).

1/ - Détermination de l'épaisseur «e » de renforcement par le catalogue des structures de chaussée neuve à

l'aide de T_i , S_i et des données climatiques.

2/ - Comparaison avec l'épaisseur e_1 de la chaussée en place.

a) si $e > e_1 + 5$ cm, on adopte la structure du catalogue.

b) si $e > e_1 + 5$ cm, on prévoit une surépaisseur x de la couche de fondation ou une couche drainante pour à $e + x \geq e_1 + 5$ cm.

Dans tous les cas (a ou b) la couche inférieure de l'élargissement doit drainer le corps de chaussée ancien en place.

3/ - Cas des élargissements accompagnant un renforcement de structures :

a) la couche de renforcement doit constituer la couche de roulement de l'élargissement (enrobé) ou la couche de base et le revêtement de l'élargissement.

Dans ce cas on compense l'éventuelle sous-épaisseur de la couche de base de l'élargissement par une surépaisseur au niveau des couches inférieures.

b) Dans tous les cas, les règles définies en 2 doivent être respectées.

IV.2 PROFILS EN TRAVERS TYPES :

Dans ce qui suit, sont présenté 17 profils en travers types numérotés de 1 à 15 (avec 8 bis et 9 bis) : Le choix du profil en travers type est fonction de plusieurs paramètres (type de travaux, trafic, sols, structures existantes). Pour guider ce choix, on présente les profils en travers types à utiliser suivant les propositions de travaux retenus au chapitre III et au chapitre IV.1 (élargissement).

IV.21 – Renouvellement de couche de surface

Dans le cas où est prévu un rechargement d'accotement (facultatif pour les enduisages), on choisira le profil en travers type selon les paramètres suivants :

Profil en travers existant pti	TRAFIC	
	T1 – T0	T5 – T2
P 1 - p 2	Profil n° 1	Profil n° 2
P 3 - p 4	Profil n° 3	Profils n° 6 ou 7

IV – 2 – 2 – Renforcement de chaussée ou renouvellement de couche de base

Trois actions peuvent être prévues :

- rechargement des accotements dans tous les cas,
- drainage de plate-forme et de corps de chaussée pour sols S1 et S2,
- drainage des couches de base granulaires non liées (dans tous les cas)

Le profil en travers choisi doit être une combinaison des trois actions.

a) Rechargement d'accotement

Ce chargement doit être prévu dans tous les cas, on choisi le profil en travers type selon les paramètres suivants :

Profil en travers existant	TRAFIC	
	T0 – T1	T5 – T2
P 1 - p 2	Profil n° 1	Profil n° 2
P 3 - p 4	Profil n° 3 et 4	Profils n° 3 ou 4

b) Drainage de plate-forme et de corps de chaussée.

Ce drainage est à prévoir dans les cas où les sols de plate-forme sont du type S1 et S2 (très sensibles à l'eau). Cependant, pour être efficace et éviter qu'il ne provoque l'effet contraire (imbibition au lieu de drainage), il est essentiel que le drainage par fossés et exutoires fonctionne de façon très satisfaisante, c'est le cas des reliefs, des remblais et des zones plates avec fossés très profonds (c'est dans ce dernier cas que les risques les plus grands sont courus d'un mauvais fonctionnement).

Type	Profil en travers Existant	TRAFIC	
		T1 – T0	T5 – T2
Tapis drainant	Tous profils	Profil 10+ Profil 1	Profil 10+ Profil 2
Drains arête de poisson	P 1 - p 4	Profils 11+1	Profils 11+2
	P 2 - p 3	Profils 12+1	Profil 2 ou p. 11+2

c) Drainage des couches de base granulaires non liées.

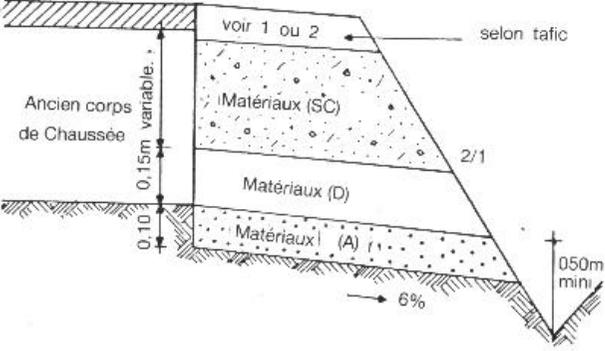
Le drainage des couches de base granulaires non liées (tout venant et tout venant amélioré au ciment à l'exclusion des pierres cassées) est un élément important de leur bon fonctionnement et donc de leur durée de vie. Il se réalise par la pose d'une couche suffisamment drainante sur toute la largeur de l'accotement.

Profil en travers existant pti	TRAFIC	
	T1	T5 à T2
P 1 - p 2	Profil n° 13	Profil n° 13
P 3 - p 4	Profil n° 15	Profils n° 14

IV.2-3- Elargissement (nouveau ou reprise d'élargissement)

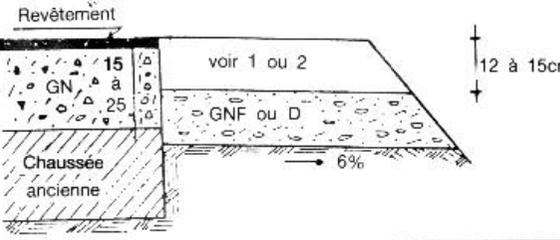
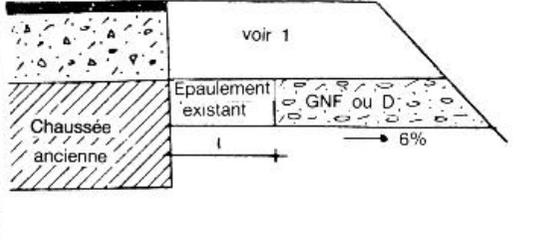
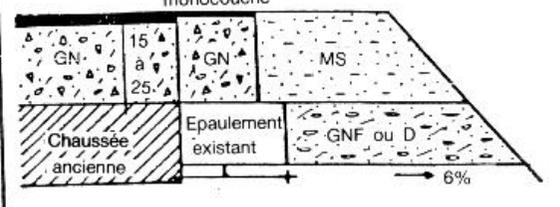
Dans le cas de la construction ou reconstruction d'élargissement accompagnée ou non d'un renforcement de la chaussée centrale, une reprise complète des accotements doit être prévue afin d'assurer le drainage de la chaussée ancienne et de l'élargissement.

Travaux sur la chaussée centrale	TRAFIC	
	T1 – T0	T5 – T2
Renforcement	Profil n° 9	Profil 9 bis
Rien ou renouvellement de surface	Profil n° 8	Profil 8 bis

Travaux	Profil en travers existant	Cas	Schéma type	Profil en travers type n°
Drainage plateforme et corps de chaussée par tapis drainant	tous profils	Renforcement S1 ; S2	 <p> Le schéma illustre un profil en travers de chaussée renforcée. À gauche, une section hachurée représente l'ancien corps de chaussée. À droite, une nouvelle structure est ajoutée, incluant un 'voir 1 ou 2' (selon trafic) au-dessus de 'Matériaux (SC)'. Cette couche est surmontée d'une couche de 'Matériaux (D)' et d'une couche de 'Matériaux (A)'. La pente de la nouvelle structure est indiquée comme étant de 2/1. La largeur de la plateforme est de 0,15 m variable, et la largeur de la base est de 0,10 m. Une pente de 6% est indiquée à la base, et une profondeur minimale de 0,050 m est notée au point de drainage. </p>	10

Travaux	Profil en travers type existant	Cas	Schéma type	Profil en travers type n°
<p>Drainage plateforme et corps de chaussée par drain en arête de poisson</p>	<p>p 2 p 3</p>	<p>Sol $S_1 - S_2$ T1, T0</p> <p>Renforcement</p>	<p>Plan view labels: fossé accot, chaussée, accot, fossé, Axe de la chaussée, Elargissement, 20m, 0,40m, sens de la plus grande pente.</p> <p>Coupe a - a sur drain labels: élargissement existant, 25%, 4%, Ancien corps de chaussée conservé, 20cm G ciment, voir 1, Matériaux drainant D, Couche anticontaminante.</p> <p>Coupe b.b entre les drains labels: élargissement existant, 2,5%, 4%, Ancien corps de chaussée conservé, corps de l'élargissement, Ancien accotement conservé, 2/1.</p>	<p>12</p>
<p>T₅ à T₂</p>			<p>Rien ou profil 11 jusqu'au niveau du fond de l'élargissement.</p>	<p>2 ou 11</p>

Travaux	Profil en travers type existant	Cas	Schéma type	Profil en travers type n°
<p>Drainage plateforme et corps de chaussée par drain en arête de poisson</p>	<p>p 2 p 3</p>	<p>Sol $S_1 - S_2$ T1, T0</p> <p>Renforcement</p>	<p>Plan view: fossé accot, chaussée, accot, fossé, Axe de la chaussée, Elargissement, 0,40m, sens de la plus grande pente.</p> <p>Coupe a - a sur drain: Ancien corps de chaussée conservé, 20cm G ciment, Matériaux drainant D, Couche anticontaminante, voir 1, 25%, élargissement existant, 4%.</p> <p>Coupe b.b entre les drains: Ancien corps de chaussée conservé, corps de l'élargissement, Ancien accotement conservé, voir 1, 2,5%, élargissement existant, 4%, 2/1.</p>	<p>12</p>
<p>T₅ à T₂</p>			<p>Rien ou profil 11 jusqu'au niveau du fond de l'élargissement.</p>	<p>2 ou 11</p>

Travaux	Profil en travers type existant	Trafic	Cas	Schéma type	Profil en travers type n°
Drainage des couches de bases granulaires par couche drainante sur toute la largeur de l'accotement	p1 p2	T_5 à T_1	Renforcement		13
	p3 p4	T_1	Renforcement		15
		T_5 à T_2	Renforcement		14

**SCHEMA 1 PAGE 31 DU DOCUMENT
PAPIER**

**SCHEMA 2 PAGE 32 DU DOCUMENT
PAPIER**

ANNEXE

NOTE 1

ORGANISATION D'UNE CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE IN-SITU

En dehors des campagnes de mesures déflectométriques et d'uni (ou rugosité) une étude de renforcement nécessite une campagne de reconnaissance in – situ composée :

- de sondages et essais in – situ
- d'essais de Laboratoire sur prélèvements
- d'observations visuelles concernant l'état de la chaussée et de ses annexes et les problèmes d'environnement.

Ce dernier point fait l'objet de la note 2.

Pour les deux premiers points, on présente une méthodologie qui détaille celle décrite dans le guide pour les études de géotechniques routière – volume II, en complément du C.P.C pour les études routières.

On reprend le découpage en activités utilisé dans ce guide.

ACTIVITE 1/ Recueil des données existantes :

Avant la reconnaissance in-situ, il est nécessaire d'avoir exploité les données existantes en particulier :

- a) Les données géologiques (cartes). Ceci permet d'avoir une idée des différentes formations traversées par la section de route et de faire une estimation des sols de plate-forme rencontrés et des problèmes d'environnement qui pourraient surgir.
- t) Les mesures déflectométriques et d'uni (et autres données disponibles dans la Banque de Données Routières) pour procéder à un premier découpage de la section en tronçons homogènes en comportement structurel.

C) Les données des graphiques routiers comportant les différentes actions (renforcement, élargissement, renouvellement de couche de surface, fréquence d'intervention du point à temps, ouvrages de stabilité créés, etc...).

Ceci conduit à un nouveau tronçonnage éventuel ou à attirer l'attention sur les problèmes éventuels d'affaissement en rive (élargissement), d'aspect de surface (renouvellement récent de couche de surface).

A partir de cet ensemble de tronçonnage, on peut déjà prévoir le nombre minimal de sondages à exécuter et les tronçons qui doivent être représentés par au moins 1 sondage.

ACTIVITE 2/ Etablissement du programme de reconnaissance

2.a) Tronçonnage de la section

A l'appui du premier travail d'interprétation des données, l'ingénieur réalise une visite sur le terrain pour visualiser les tronçons précédemment définis. D'autre part, il réalise le relevé visuel de l'état de la chaussée (voir Note 2) et une identification visuelle des sols le long du tracé. Il opère alors à un nouveau tronçonnage de la section compte tenu de ces relevés visuels. Il a enfin les tronçons élémentaires devant faire l'objet de sondages.

2.b) Cadence des sondages

Un sondage doit être exécuté pour chacun des tronçons identifiés précédemment, mais de plus on doit prévoir 1 sondage par kilomètre ou au minimum tous les 2 kilomètres.

2.c) Nature des sondages

Le sondage consiste généralement en une tranchée transversale à l'axe de la route pénétrant d'au moins 70cm sur la partie revêtue et 50 cm dans l'accotement. Sa profondeur est telle qu'elle permet de reconnaître toutes les couches d'assise et le sol de plate-forme sur au moins 50cm.

Dans le cas de chaussée à revêtement lié épais (grave bitume + enrobé ou différentes couches d'enrobés), on peut avoir intérêt à multiplier la reconnaissance de ces couches par carottage sur l'épaisseur liée, on peut avoir alors une idée sur l'état des couches (désagrégation éventuelle) et l'état des liaisons entre couches (collées ou non collées).

ACTIVITE 3/ exécution du programme de reconnaissance

a) Coupe de sondages

Le sondage permet de déterminer la coupe de la chaussée, de son éventuel élargissement ainsi que celle de l'accotement et de l'éventuel épaulement.

Chaque couche fait l'objet d'une mesure d'épaisseur et de la description visuelle des matériaux constitutifs (natures, angularité, dimension, état de pollution, état de compacité, état de désagrégation, etc...).

Les matériaux de couche de base sont prélevés de façon à posséder un échantillon de chaque nature de matériau.

Les matériaux de sol de plate-forme sont prélevés systématiquement à chaque sondage.

Sur la plate-forme, on procède à une densité in-situ et à une prise pour détermination de la teneur en eau à 1 ou 2 niveaux et à 1 ou 2 emplacements dans le profil en travers, surtout dans le cas d'élargissement (effet de baignoire).

b) Essais de Laboratoire

Pour chaque sol de plate-forme, on procède à une identification (granulométrie, limites d'Atterberg ou équivalent de sable) et la dureté (Los Angeles ou Micro Deval en présence d'eau).

c) Présentation des résultats

Les coupes de sondages et les résultats des essais d'identification des sols, ainsi que leur classification sont présentés sur le schéma itinéraire.

Les résultats de Laboratoire sont présentés sous forme de graphique (identification et Proctor (C.B.R) joints en annexe.

NOTE 2 ETAT VISUEL, ORIGINE DES DEGRADATIONS ET DIAGNOSTIC DE COMPORTEMENT

1/ ORGANISATION DU RELEVÉ VISUEL DES DEGRADATIONS :

Pour une étude de renforcement, l'ingénieur géotechnicien doit effectuer un relevé visuel des dégradations. Pour cela, il doit parcourir la section à très faible vitesse pour relever les différentes dégradations observables visuellement.

Ce relevé comporte

- une identification de la dégradation
- une quantification de son importance et de son étendue
- une localisation de la dégradation tant dans le profil en travers que sur le linéaire

Pour la présentation de ce relevé visuel, on utilise un schéma itinéraire.

2/ FAMILLE DE DEGRADATION ET QUANTIFICATION :

2.1 – Dénomination

Les dégradations sont groupées en 4 familles à savoir :

- déformations
- fissures
- arrachements
- remontées de matériaux

2.1 – 2 – Déformations

- **Bourrelet** : renflement de la surface sur une longueur généralement limitée.
- **Affaissement** : déformation affectant les rives et caractérisée par un abaissement plan du niveau.
- **Orniérage** : dépression longitudinale de faible rayon généralement située dans les traces de roues.
- **Profil en W** : altération du profil en travers ayant l'allure générale d'un W.
- **Ondulation** : dépression du profil en long de forme répétitive
- **Flache** : dépression localisée à la surface de la chaussée

2.1 – 2 – Fissuration

- **Fissure longitudinale** : déchirure du revêtement parallèle à l'axe de la chaussée, peut accompagner une déformation.
- **Fissure transversale** : déchirures du revêtement perpendiculaire à l'axe de la chaussée.
- **Fissure ramifiée** : déchirures multiples autour d'une fissure principale, soit longitudinale, soit transversale.
- **Faïençage** : ensemble de fissures formant un maillage large ou serré.

2.1 – 3 – Arrachements

- **Peignage** : arrachement longitudinal des agrégats d'un enduit superficiel.
- **Pelade** : arrachement par plaque de l'enrobé ou de l'enduit superficiel

- Plumage : arrachement ponctuel des agrégats
- Nid de poul : arrachement du revêtement provoquant une cavité dans la chaussée et pouvant atteindre la couche de base.

2.1 – 4 – Remontées

- Ressuage : excès de liant bitumineux à la surface du revêtement
- Remontées de boues et d'eau : remontées d'eau à travers le revêtement entraînant des fines des couches inférieures laissant un aspect boueux en bord des lèvres.

2.2 – Quantification

Deux aspects sont pris en compte :

- l'étendue de la dégradation
 - la gravité ou importance de la dégradation
- ❖ Pour l'étendue, il convient de définir la section sur laquelle cette étendue est caractérisée. Il s'agit généralement d'une section de 200 mètres ; mais si un phénomène changeait de caractéristique très nettement à l'inférieur de ces 200 mètres, on peut alors créer une limite propre à ce phénomène dans ces 200 mètres.

L'étendue de la dégradation est jugée en fonction de la longueur de section (de 200m) affectée par le défaut :

- moins de 10% - étendue faible
 - de 10 à 50% - étendue moyenne
 - plus de 50% - étendue forte
- ❖ Pour la gravité, elle est spécifique des défauts :

-/ Pour les déformations, il s'agit de profondeur de la déformation. Elle sont qualifiées d'importantes au delà de 5cm.

-/ Pour les fissurations on distingue entre les fissures et les faïençages.

- **Fissures** : - le type de fissures (simple, multiple)

- l'ouverture des lèvres (fines – ouvertes)

- **Faï ençage** : - le type de faïençage : maille large ou serrée

- l'ouverture des lèvres (fines – ouvertes)

On peut dans les deux cas rencontrer des dépôts de revêtement aux lèvres des fissures.

On peut pour les fissures longitudinales parler de fissures paraboliques lorsqu'on observe une telle forme de la fissure.

- Pour les arrachements : la profondeur des nids de poule peut être précisée.

2.3 – Grille de qualification

Afin de faciliter l'exploitation de ces données, on utilisera la grille de qualification suivante, pour chacune des dégradations.

Etendue	1	2	3
importance			
faible	faible	faible	Important Ou fort
forte	faible	Important Ou fort	Important Ou fort

3/ CLASSIFICATION DE L'ETAT VISUEL DE LA CHAUSSE :

A partir de ce relevé visuel, on a regroupé l'ensemble des dégradations pour décrire les états visuels généralement rencontrés.(*).

(*) Si un état visuel ne correspond pas à un cas décrit ci-dessus on l'assimilera au cas le plus proche en tenant compte de la gravité des dégradations et de leur origine probable.

3.1 – Etat de chaussée avec revêtement mince R1

Les états V1 à V3, correspondent à des chaussées sans élargissement (p 1 et p 4) les états V4 à V6 à des chaussées élargies (p 2 et p 3).

ETAT V1

Déformations faibles, associées à des fissurations faibles et à des arrachements ou remontées faibles.

Les déformations peuvent être des ondulations (cas des couches de base en pierre cassée) ou des profils en travers en W (cas des couches de base en tout-venant) ou des affaissements en rives dus à des butées défaillantes ou à un élargissement faible (dans ce cas voir V4).

Les arrachements peuvent n'intéresser que la surface (plumage) mais être importants, par contre, si on observe des nids de poules et des épaufrures, celles-ci doivent rester faibles.

Cet état est rencontré :

- Dans les chaussées anciennes dont l'entretien du revêtement offre un certain retard ou souffre d'une exécution déficiente,
- Pour les chaussées plus récentes, il peut provenir d'une mauvaise qualité d'accrochage entre couche de base et revêtement ou même d'une mauvaise qualité de la couche de base (manque d'angularité (et ou) de propreté par exemple).

ETAT V2

Déformations faibles avec un état de superficie (arrachements) plus dégradé. Les déformations sont identiques à celles décrites à l'état V1.

Les arrachements au niveau d'un enduit superficiel, sont des nids de poule importants et fréquents ou de tout autre type. Pour les enrobés, on peut avoir des désenrobages ou des pelades accompagnées de fissures simples peu ouvertes.

Cet état est rencontré :

- dans les chaussées anciennes pour les mêmes raisons que pour l'état V1. C'est seulement le degré d'usure du revêtement ou l'importance de l'arrachement du revêtement qui est supérieur.
- Dans les chaussées récentes. Ce sont aussi les mêmes raisons qu'en état V1, mais l'état des arrachements et fissuration est beaucoup plus marqué,
- Dans le cas des renouvellements de surface en enrobés, les déformations restent très faibles, mais l'état de fissuration indique un début de fatigue lié à des conditions de travail de l'enrobé défavorables

ETAT V3

Etat très dégradé, caractérisé soit :

- par des déformations fortes (orniérage, affaissements ou profil en W) surtout pour les chaussées à revêtement en enduit superficiel, accompagnées de fissures et surtout d'arrachements (nids de poules) ou de nombreuses réparations,
- par des faïençages à maille fine et lèvres ouvertes pour les revêtements en enrobés accompagnés par des déformations et des arrachements qui peuvent être moyens à importants.

C'est le cas des chaussées fatiguées et présentant un déficit structurel ou une qualité défailante au niveau de la couche de base ou du revêtement en enrobés.

Ces phénomènes peuvent être accélérés par la présence d'épaulement non revêtus créant des conditions d'imbibition des sols de plate-forme.

ETAT V4

Cet état est caractérisé par un affaissement de moyenne importance (1 à 2cm) sur 1 ou 2 rives ; il accompagne un élargissement de chaussée.

Il est aussi fréquent de rencontrer une fissuration longitudinale simple ou parfois ramifiée (et même un léger faïençage dans le cas des enrobés) à la jonction élargissement – ancienne chaussée. Le reste de la chaussée peut être décrit par un état type V1 ou V2.

L'ancienneté de l'élargissement (historique de la chaussée) permet d'estimer si la consolidation de l'élargissement peut être considérée comme terminée ou non.

ETAT V5

Cet état est caractérisé par un fort affaissement en rives (1 ou 2 rives). Il accompagne toujours un élargissement.

L'état du reste de la chaussée peut être décrit par un état V1 ou même un état encore plus satisfaisant. Le problème principal est donc celui de l'instabilité de l'élargissement qui peut être aggravé par la présence d'un épaulement perméable alimentant en eau la plate-forme sous l'élargissement.

Cet état est aussi souvent rencontré avec des reflachages en rives qui montrent que le phénomène est ancien et semble ne pas être stabilisé.

ETAT V6

Comme pour V5, l'affaissement de rives au niveau de l'élargissement est important. La fissuration ou le faïençage qui l'accompagne est aussi bien développé (lèvres ouvertes) et de plus l'état du reste de la chaussée est du type V2 ou V3. La chaussée ancienne est elle aussi atteinte de fatigue.

L'état de fatigue de la chaussée axiale (hors élargissement), indique un sous - dimensionnement de l'ensemble chaussée et élargissement.

3.2 – Chaussée à revêtement épais R2

Les états V7 à V9 correspondent aux chaussées sans élargissement (p 1 et p 4) et les états suivants V10 à V12 aux chaussées élargies (p 2 et p3).

ETAT V7

Cet état est caractérisé par une fissuration faible et peu étendue, éventuellement un début de faïençage à lèvres non ouvertes. Les déformations sont inexistantes ou très peu importantes. On peut noter quelques ressuges ou pelades très localisées.

La perte d'imperméabilité du revêtement est la conséquence la plus néfaste de ces défauts, il convient d'empêcher la pénétration des eaux les couches de chaussée et jusqu'à la plate-forme.

ETAT V8

L'état de fissuration est important, souvent caractérisé par un faïençage à maille fine, mais à lèvres ouvertes, parfois accompagné d départ d'agrégats.

On peut aussi rencontrer des fissures longitudinales ramifiées avec ou sans fissures transversales.

D'autres défauts (ressuage, pelade, etc...), peuvent aussi être présents, mais les déformations restent faibles.

La chaussée dénote une fatigue de son revêtement (et éventuellement d'autres couches du corps de chaussée). C'est le cas des chaussées bien structurées nécessitant un renforcement structurel ou un renouvellement de couche de surface, suivant le déficit structurel dû à l'accroissement du trafic.

ETAT V9

L'état V9 est caractérisé par un état de fissuration identique à celui décrit en V8, mais on note de plus des déformations (flache, orniérage, profil en W). Si ces déformations sont limitées aux rives, il faut vérifier l'existence possible d'un élargissement (voir états V10 à V12).

Cet ensemble de dégradations peut être aggravé par la présence d'épaulements non imperméabilisés créant des apports d'eau néfastes à la chaussée et à la plate-forme.

La fatigue de la chaussée est générale (revêtement et corps de chaussée). Le déficit structurel est patent et le renforcement impératif.

ETAT V10

Cet état est caractérisé par un affaissement de rives, son importance peut aller de faible à moyennement forte.

Ce défaut est pratiquement le seul visible sur la chaussée avec une fissuration longitudinale à la jonction élargissement - chaussée centrale restant fine.

L'état du reste de la chaussée est très satisfaisant, à la rigueur un état V7.

Cet état peut se rencontrer sur des chaussées récemment élargies avec des structures semi-rigides (grave bitume - enrobé).

La consolidation de l'élargissement - ancienne chaussée.

ETAT V11

L'affaissement de rives est d'importance notable et est accompagné de faïençage sur l'élargissement ou (et) de fissures longitudinales à la jonction élargissement - chaussée centrale.

Des arrachements peuvent même être notés sur l'élargissement. L'état du reste de la chaussée est du type V7.

Ce stade avancé de dégradation est une évolution de l'état V10. Les déformations au niveau de l'élargissement sont incompatibles avec les enrobés et (ou) grave - bitume en place. Une évaluation du déficit structurel (niveau élargissement) est indispensable pour définir les travaux à entreprendre.

ETAT V12

L'affaissement en rives est du type décrit en V11, accompagné des même dégradations.

Par contre, ici l'état du reste de chaussée axiale est plus dégradé, type V8 à V9.

Ici l'ensemble de la chaussée est fatigué, le renforcement est à prévoir sur toute la chaussée. Il suffit de vérifier que ce renforcement permette au niveau de l'élargissement de combler le déficit structurel évident.

4/ DEGRADATIONS LIEES A L'ENVIRONNEMENT :

Parmi les dégradations relevées, certaines peuvent être le signe d'instabilité de l'environnement. Il convient de savoir les repérer et de les isoler des dégradations affectant la structure (voir 3).

4.1 – Tassements de remblai

Des tassements de remblai sur ouvrage d'art (buses, ponceaux) sont accompagnés de déformation type flache affectant tout ou partie de la chaussée. On peut noter aussi de fréquents entretiens par rechargement.

Dans le cas de grands remblais affectés par une instabilité de fondation ou même de corps de remblai, on observe des ondulations souvent irrégulières.

4.2 – Instabilité de remblai en profil mixte ou de talus de remblai

Les instabilité de remblai en profil mixte ou des talus de remblai, peuvent être repérées par la présence :

- d'un affaissement en rive, soit uniquement sur l'accotement, soit même parfois jusqu'à la chaussée ;
- d'une fissure longitudinale de forme parabolique simple ou parfois multiple dans les cas les plus graves.

On peut observer seulement l'affaissement ou l'affaissement associé à la fissuration.

On aura intérêt à pousser l'investigation et inspecter les pieds de remblai pour déceler une éventuelle déstabilisation par érosion de pied ou observer un léger renflement indiquant un glissement important.

On portera son attention sur les sorties d'ouvrages où l'eau peut avoir provoqué des érosions importantes.

Enfin, les parois des talus peuvent faire l'objet d'érosion importante mettant en danger l'accotement ou même la chaussée.

4.3/ - Instabilité de déblais

L'instabilité de déblai peut entraîner :

- des obstructions des fossés de pied de déblai et une dérivation des eaux sur la chaussée avec ses conséquences
- des imbibitions de corps de chaussée en pied de déblai avec des bourrelets importants dans la chaussée
- des bourrelets de pied de surface de glissement en pied de déblai qui peuvent affecter la chaussée.

4.4/ - Instabilité de site

Des instabilités de site sur lequel est tracé la route entraînent :

- des décrochements plus ou moins importants aux lèvres de la section de glissement par le plan de la route
- des destructions de la surface de la chaussée nécessitant des rechargements ponctuels :
- des destructions au niveau des ouvrages d'assainissement.

NOTE 3

CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

Les caractéristiques des matériaux à utiliser en renforcement concernent les couches de roulement et les couches de base. Les caractéristiques présentées ici, sont pour une part celles figurant dans le Catalogue des Structures de chaussées neuves (et ne seront pas reprises), d'autres part, des spécifications concernant des matériaux hors normes ou nouveaux.

Pour ces derniers, on s'est appuyé sur l'expérience internationale pour définir les limites des spécifications. Il est évident qu'une période probatoire avec suivi de comportement sera la meilleure voie pour le jugement de la valeur des spécifications préconisées.

1/ COUCHE DE ROULEMENT

1.1 – Enrobé bitumineux (E.B)

- voir catalogue des structures de chaussées neuves et CPC.
- Une recherche est à effectuer sur les formules souples à poser sur les G.N.A et G.N.R (note technique réalisation des enrobés pour couche de surface de chaussées souples en projet du SETRA et hot rolled asphalt du T.R.R.L.)

1.2 – Enduit superficiel (R.S)

- voir catalogue des structures de chaussées neuves.
- Un aménagement de spécifications concernant la dureté des matériaux est souhaitable pour les faibles
Trafics T4 : LA < 30, MDE < 25
T5 : LA < 35, MDE < 30

2/ COUCHE DE BASE AVEC LIANTS HYDROCARBONES

2.1 – Grave bitume (G.B.B)

voir catalogue des structures de chaussées neuves et C.P.C.

2.2 – Grave bitume enrichie (G.B.E)

Il s'agit ici aussi de nouvelles formules qui nécessiteraient une expérimentation (voir documents du SETRA-LCPC et du TRRL).

2.3 – Grave émulsion (G.E)

On peut adopter les spécifications suivantes :

Granulométrie 0/20 (10 à 12 cm)

Propreté ES > 60

Dureté LA < 30.MDE < 25

Indice de concassage > 30

La teneur en bitume résiduelle comprise entre 3 et 4%.

Les performances L.C.P.C sont :

Compacité L.C.P.C en % > 85

Résistance à la compression simple

Bitume immersion - compression > 0,55

Dans une première phase, leur utilisation pourrait se limiter aux trafics T3 + et T2.

3/ COUCHES DE BASE AVEC LIANT HYDRAULIQUE

3.1 – Grave améliorée au ciment (G.A.C)

Telle que définie dans les chaussées expérimentales du catalogue des structures de chaussée neuve.

Cette technique peut être abordée par l'analyse des caractéristiques (Rt, E) résistance à la traction et module de déformation) ainsi qu'indiqué dans le Manuel de chaussée à faible trafic du SETRA-LCPC.

Il semble cependant, que la pose d'un bicouche soit conseillée en première étape, un tapis en enrobé bitumineux peuvent être posé par la suite suivant le comportement du revêtement superficiel. Tout en conservant l'esprit exposé dans le catalogue, il semble que cette technique puisse être développée avec profil dans le cas :

- des graves légèrement polluées
- des graves de dureté inférieure à celles des GNA : LA < 35 et même 40 pour les faibles trafics (T3).
- des graves d'angularité faible provenant de ballastière à faible pourcentage de cailloux.

3.2 – Grave valorisée au ciment (G.V.C)

Il s'agit d'un traitement de graves plastiques, roulées assez tendres permettant dans le cas des trafics faibles d'utiliser matériaux naturels hors normes par diminution de la sensibilité à l'eau et à l'attrition par neutralisation des éléments plastiques et agrégation des éléments tendres.

Les graves valorisées au ciment sont utilisées dans les gammes de trafic les plus faibles (T5 à T3).

Elles peuvent être étudiées en se référant aux normes utilisées par le T.R.R.L. (voir Road Note 31).

4/ COUCHE DE BASE EN GRAVES NON TRAITEES

4.1 – Matériau G.N.R

Le matériau type G.N.R a été défini pour la classe T1 de trafic dans la note de la Direction des Routes Division Technique d'Octobre 1981. C'est une grave non traitée recomposée à partir de fractions granulaires séparées et humidifiées en centrale.

Granularité 0/2

Granularité passant au tamis de m/m									
□ %	31,5	20	10	5	2	1	0,5	0,2	0,08
Minimum	100	85	56	38	23	16	11	7	4
maximum	--	100	84	66	46	34	24	14	8

- **Propreté**

- Indice de plasticité : IP non mesurable.
- Equivalent de sable sur la fraction 0/2 ramenée à 10% de fines supérieur à 50

- **Résistance Mécanique**

- Dureté Los Angeles LA inférieur à 25
- Micro Deval en présence d'eau (MDE) inférieur à 20

Un écart maximum de 5 points sur l'une ou l'autre de ces valeurs de base est toléré s'il est compensé par une réduction correspondante de l'autre valeur (ex = LA < 30 et MDE < 15) (ou LA < 20 et MDE < 25)

- **Frottement interne**

- Indice de concassage (IC) = 100%
- Coefficient d'aplatissement (C.A) inférieur à 30.

4.2 – Matériau G.N.A et G.N.B

Les matériaux G.N.A (couche de base pour T2 et T1) et G.N.B (couche de base pour T3 et T4) sont définis dans le Catalogue des Structures de Chaussée Neuve et dans le CPC.

4.3 – Matériau G.N.C et G.N.D

Compte tenu des expériences étrangères (Manuel des Chaussées neuves à faible trafic du S.E.T.R.A-L.C.P.C et Road Note 31 du T.R.R.L), il est apporté certains amendements aux spécifications ci-dessus (G.N.B) pour constituer deux classes de matériau en graves naturelles pour couche de base type C et type D.

- **G.N.C pour trafic T3 et T4**

- Angularité : IC > 30
- LA < 35 et MDE < 30 avec règle de compensation permettant un écart maximum de 5 points par rapport à ces valeurs.
- Propreté : IP < 6 en zone non aride et IP < 12 en zone aride

- **GND pour trafic T5**

a) Granulométrie

- Courbe continue 0/31 – 0/40
- Angularité : matériau roulé

b) Dureté

- LA < 40 et MDE < 35 avec règle de compensation et écart maximal de 5 points.
- La valeur M.D.E n'est pas retenue en zone aride.

c) propreté

- IP < 6 zone non aride
- IP < 12 zone aride

4.4 – Matériau hors normes (M.H.N)

Pour les plus faibles trafics T5 sous charge maximale d'essieu de 8,2 T, on peut adopter des critères expérimentés sous de telles charges (Road Note 31).

- granulométrie D max : 20 à 40.

Dimension du tamis 20 Aux normes britanniques	Pourcentage passant			
	Dimension nominale maximale			
	37,5 mm	20 mm	10 mm (1)	5 mm (1)
37,5 mm	100	--	--	--
20 mm	80 – 100	100	--	--
10 mm	55 – 80	80 – 100	100	--
5 mm	40 – 60	50 – 75	80 – 100	100
2,36 mm (N0.7)	30 – 50	35 – 60	50 – 80	80 – 100
1,18 mm (N0.14)	--	--	40 – 65	50 – 80
600 µ m (N0.25)	15 – 30	15 – 35	--	30 – 60
300 µ m (N0.52)	--	--	20 – 40	20 – 45
75 µ m (N0.200)	5 - 15	5 - 15	10 - 25	10 - 25

(1) A ces matériaux 0/10 et 0/5 mm on peut ajouter jusqu'à 35% de matériaux 10/40 ou 5/40 selon le cas quelque soit leur granulométrie.

- angularité ; peuvent être en partie concassés pour être réduit à 0/40
- propreté : IP < 6 zone non aride
IP < 12 zone aride
- dureté non spécifiée, mais on peut adopter ; LA < 40
- éviter les matériaux altérés peuvent se désagréger
- C.B.R supérieur à 80, après 4 jours d'immersion à 100% de L'O.P.N (95% de l'O.P.M).

4.5 – Pierres cassées

Les matériaux type d/D (pierres cassées) peuvent être utilisés jusqu'au trafic T4 soit réalisés selon la technique du Macadam à l'eau avec matériau d'agrégation propre (0/6,3mm) arrosé et cylindré soit à sec avec sable de concassage (0/5) vibré et cylindré.

NOTE 4
RETRAITEMENT DES CHAUSSES EN PLACE

1/ DEFINITION :

Le retraitement des chaussées en place est une opération qui consiste à récupérer tout ou partie d'un corps de chaussée existant pour créer une nouvelle couche d'assise de chaussée.

Ceci peut être réalisé avec ou sans apport de matériau et avec ou sans apport de liant hydraulique.

2/ TYPOLOGIE DES CHAUSSEES EN PLACE :

Les chaussées en place susceptibles d'une opération de retraitement sont caractérisées par :

- un revêtement en enduit superficiel ou enrobé de faible épaisseur ($e \leq 4$ cm) dans un état de faïençage développé.
- Des couches de base en pierre cassée ou en tout-venant granulaire ou lié.

Ces chaussées ont été regroupées en 5 catégories, en tenant compte de la nature des matériaux constitutifs et de l'épaisseur des couches supérieures.

TABLEAU 1

Catégorie	Nature des matériaux constitutifs			Couche de surface
	fondation	Couche de base	renforcement	
1		Pierre cassée	--	Enduit superficiel ou
2	Blocage	Pierre cassée	--	enrobé bitumineux
3	Assise non liée	Pierre cassée	--	faïencé de faible
4 a	Assise non liée ($e < 20$ cm)		--	épaisseur $e \leq 4$ cm
4 a	Assise non liée ($e < 20$ cm)		--	
5 a	Blocage	Pierre cassée	Assise non liée ($e < 20$ cm)	
5 b	Blocage	Pierre cassée	Assise non liée ($e < 20$ cm)	

a) Les pierres cassées

Les pierres cassées de granulométrie générale 40/70 peuvent être :

- traitées en semi pénétration par un liant bitumineux et sa désagrégation, fournira un matériau pierreux très pauvre en fines.
- Traitées en macadam et contenir une matière d'agrégation 0/6 à 0/10 généralement sableuse ou légèrement plastique. Sa désagrégation fournira un matériau à granulométrie discontinue (manque d'éléments 10/40 en général).

Elles sont constituées de matériau dur à semi dur, leur fragmentation peut donc nécessiter des énergies non négligeables (concasseur mobile pour les plus durs ou unité de malaxage puissant pour les semi durs).

b) Les blocages

Les blocages sont généralement constitués d'éléments de grosses dimensions 100/200 à 150/300.

Leur dureté est l'élément essentiel à apprécier pour l'évaluation de la technique à employer :

- concassage pour les plus durs
- simple malaxage pour les plus tendres pour lesquels la désagrégation au ripper a déjà produit une certaine évolution granulométrique.

c) Les assises granulaires non liées

Les éléments à connaître pour l'utilisation ultérieure en retraitement sont :

- la granulométrie
- la dureté
- la propreté

On est généralement limité à un d_{max} inférieur à 60 mm, ce qui correspond à la plupart des matériaux granulaires rencontrés.

La dislocation des couches granulaires est généralement aisée à l'aide des engins classiques.

3/ TECHNIQUES DE RETRAITEMENT :

Le retraitement est une suite d'opérations élémentaires dont toutes ne sont pas indispensables et dépendent du type de matériau et de l'objectif poursuivi.

3.1- Opération de dislocation (ou désagrégation)

Elle consiste à détruire la chaussée ancienne sur une épaisseur limitée par les moyens d'une part et par les matériaux rencontrés d'autre part.

L'engin le plus simple est la niveleuse équipée d'un ripper.

Dans le cas de faible épaisseur de pierre cassée reposant sur des blocages et dans chaussées à profil très altéré, l'opération de dislocation de la seule pose d'une couche de base sus-jacente.

3.2- Opération de concassage ou réduction granulaire

La réduction granulaire peut s'effectuer en place au moyen d'un casseur de pierre de type agricole pour les matériaux calcaires tendres ou par un concasseur mobile à percussion ou en centrale fixe pour les matériaux durs.

Une élimination manuelle des plus gros blocs après les opérations en place peut être prévue pour les petits chantiers.

Cette opération est essentiellement prévue dans le cas des blocages pour les opérations courantes.

La réduction granulaire des pierres cassées dures impose des concasseurs puissants à réserver aux opérations les plus nobles (renforcement).

3.3– Opération d’apport de matériaux

L’apport de matériaux est prévu pour compenser une fraction manquante ou pour compléter une quantité de matériau insuffisante à la réalisation d’une couche d’épaisseur satisfaisante.

L’opération est généralement liée à celle du malaxage, notamment dans le cas où cet apport de matériau est complété par un apport de liant.

Il s’effectue par approvisionnement sur la chaussée préalablement disloquée (ou voir 3.6).

3.4–Opération d’apport de liant

Le procédé le plus archaïque consiste à jeter régulièrement les sacs sur la chaussée. Sous l’effet du choc ils éclatent, il suffit ensuite d’éliminer l’emballage et de répartir le contenu à la pelle ou à la niveleuse.

Cette technique lente et éprouvante pour le personnel est réservée aux petits chantiers.

Il est aussi possible d’utiliser des engins spécifiques appelés épanduses (ou voir 3.6).

3.5– Opération de malaxage

Dans le cas de non utilisation de liant, on peut effectuer le malaxage par des procédés simples allant des charrues à disques aux malaxeurs à axes verticaux avec reprise à la niveleuse en cordons.

Dès qu’un liant est prévu, l’homogénéité du mélange devient prépondérante. Les engins légers (charrues à disques, malaxeurs à axes verticaux) ne peuvent efficacement travailler que sur des épaisseurs faibles (10 à 15 cm foisonnes) et nécessitent généralement de travailler en 2 couches, Les engins à axe horizontal type « pulvimixer rotobèche » donnent de bons résultats sur des épaisseurs plus fortes en limitant les matériaux à un d_{max} de 60 mm (exclusion des blocages).

3.6 – Machines regroupant plusieurs opérations

Enfin des machines plusieurs de ces opérations ont été mises au point.

Un procédé utilise une fraiseuse qui défonce, fragmente et mélange les matériaux sur 33 cm avec un épandage préalable du liant devant la machine par un distributeur asservi à la vitesse d’avancement de la machine.

Un autre procédé utilise 2 machines séparées. La première défonce et concasse, elle a une masse de 76 T et une largeur de 16m.

La deuxième tractée par la précédente assure l’apport de liant et d’eau et assure le malaxage. La correction par apport de matériau se fait par approvisionnement en cordon calibré sur la chaussée soit devant la première, soit devant la seconde machine.

3.7 – Opération de compactage

L’opération de compactage vient terminer la mise en œuvre, on utilise :

- des rouleaux lourds lisses sur les pierres cassées (cas des reprofilages)
- Des rouleaux vibrants et des compacteurs à pneus lourds pour les autres matériaux à courbe continue avec ou sans liant. L’intensité du compactage et le poids des engins est fonction de l’épaisseur des couches.

3.8– Type de retraitement

En fonction des opérations ci-dessus décrites, on peut classer le retraitement des chaussées en place en 6 types.

TABLEAU 2
TYPE DE RETRAITEMENT RTi

Opération Type	Dislocation	Concassage ou tri à La main	Malaxage		Apport matériau	Apport liant	Compactage nivellement
			engins simples	engins puiss.			
RT 1	Pour mémoire		a	b			Pour mémoire
RT 2			a	b			
RT 3			a	b			
RT 4			a	b			
RT 5				b			
RT 6				b			



Opération non nécessaire ou inefficace

4/ - ACTION UTILISANT LE RETRAITEMENT EN PLACE :

Les actions utilisant les techniques du retraitement en place sont les suivantes :

- Les reprofilages avant pose de couche de base nouvelle,
- Les reconstitutions de couches de base dont les caractéristiques étaient défaillantes (propreté, granulométrie, dureté).
- Les renforcements de structure par augmentation d'épaisseur (apport de matériaux) et (ou) des caractéristiques mécaniques (apport de matériau plus performant, apport de liant).

Le tableau 3, indique en fonction de la catégorie de route quel type de retraitement il convient d'utiliser pour chacune de ces 3 actions.

On a supposé ici que les malaxages étaient effectués avec des engins simples de puissance moyenne.

L'utilisation d'engin plus puissant ou même de machines complexes (voir 3.6) peut permettre d'étendre le domaine de ces actions sur des routes recevant un trafic plus élevé.

Le principe du choix des techniques en fonction des actions reste cependant le même.

TRAVAUX REALISES SUIVANT LE TYPE DE RETRAITEMENT RTI
TABLEAU 3

Catégorie de chaussée	NATURE DES TRAVAUX REALISES		
	Reprofilage	Reconstitution de couches De base défaillantes	Renforcement de structure par Augmentation d'épaisseur et de Caractéristiques mécaniques
1	RT1a sur $e \leq e_{pc}$	RT2a-b (sol sableux sous jacents + Pierre cassée : $e > e_{pc}$) RT3a-b	RT4a-b
2	RT1a sur $e \leq e_{pc}$	RT5b et RT6b en utilisant le blocage ou RT3b sans utiliser le blocage Ou avec blocage tendre	RT6b en utilisant le blocage en place Ou RT4b sans utiliser le blocage Ou avec blocage tendre
3 et 5a	RT1a sur $e \leq e_{TV} + e_{pc}$	RT2b et RT3b Épaisseur minimale 15 cm	RT2b RT3b (minimum 10cm de matériau d'apport)
4 a	RT1a sur $e \leq e_{TV}$ Avec 15 cm min	RT2a-b si épaisseur minimale de 15 cm possible RT3b épaisseur finale d'au moins 20 cm	RT4b avec épaisseur finale d'au moins 20 cm
4b et 5b	RT1a.-b sur $e = 15$ à 20 cm	RT2a-b sur 15 cm d'épaisseur RT3b sur 20 cm d'épaisseur	RT2b sur 20 cm d'épaisseur

e_{pc} = épaisseur de la pierre cassée en place

e = épaisseur du retraitement

e_{TV} = épaisseur de tout-venant en place

NOTE 5
LES TECHNIQUES DE REPROFILAGE

1/ SCARIFICATION ET REGLAGE DE PIERRE CASSEE ANCIENNE :

Cette technique est réservée aux chaussées très déformées qui doivent recevoir un renforcement avec couche de base granulaire non liée.

Cette opération consiste à une scarification de la chaussées en place avec son revêtement d'épaisseur inférieure à 4 cm. Dans le cas où la pierre cassée repose sur un blocage, on évitera de disloquer ce dernier lors de la scarification.

Le produit de la scarification est renivelé et compacté à l'aide d'un rouleau à pneus ou d'un cylindre lourd.

L'épaisseur scarifiée peut varier de 8 à 15 cm suivant la structure en place.

2/ SCARIFICATION ET REGLAGE DE TOUT-VENANT EN PLACE :

Cette technique est aussi utilisée pour les chaussées très déformées à revêtement de faible épaisseur. Elle peut être utilisée comme préparation d'assise pour toute solution de renouvellement de couche de base ou de renforcement à l'exception de la pose directe d'une couche d'enrobé.

L'opération de scarification se fait sur une profondeur de 15 à 20 cm suivant les moyens mis en œuvre.

Le récompactage se fera avec des rouleaux à pneus ou des rouleaux mixtes après éventuellement, correction de teneur en eau.

Elle s'applique aux chaussées en place constituées par :

- des tout-venant à granulométrie continue d'épaisseur supérieure à 15 cm
- des tout-venant à granulométrie continue sur des pierres cassées d'épaisseur totale de 15 à 20cm.
- des pierres cassées reposant sur des tout-venant à granulométrie continue d'épaisseur totale d'au moins 15 cm

3/ ENROBES BITUMINEUX :

Les enrobés bitumineux pour reprofilage sont généralement utilisés pour les volumes limités de reprofilage ou dans le cas des chaussées à revêtement épais (R2).

Les enrobés peuvent de fabrication à chaud ou à froid. Aucune spécification particulière n'existe à ce jour, aussi adopte-t-on généralement les mêmes spécifications que pour les enrobés bitumineux pour revêtement.

NOTE 6
DOCUMENTS DE PRESENTATION DE DONNEES
GEOTECHNIQUES, DE RELEVÉ VISUEL ET
D'AUSCULTATION

- 1°/ Identification des matériaux et état in-situ
- 2°/ Essai Proctor et essais C.B.R
- 3°/ Schéma itinéraire

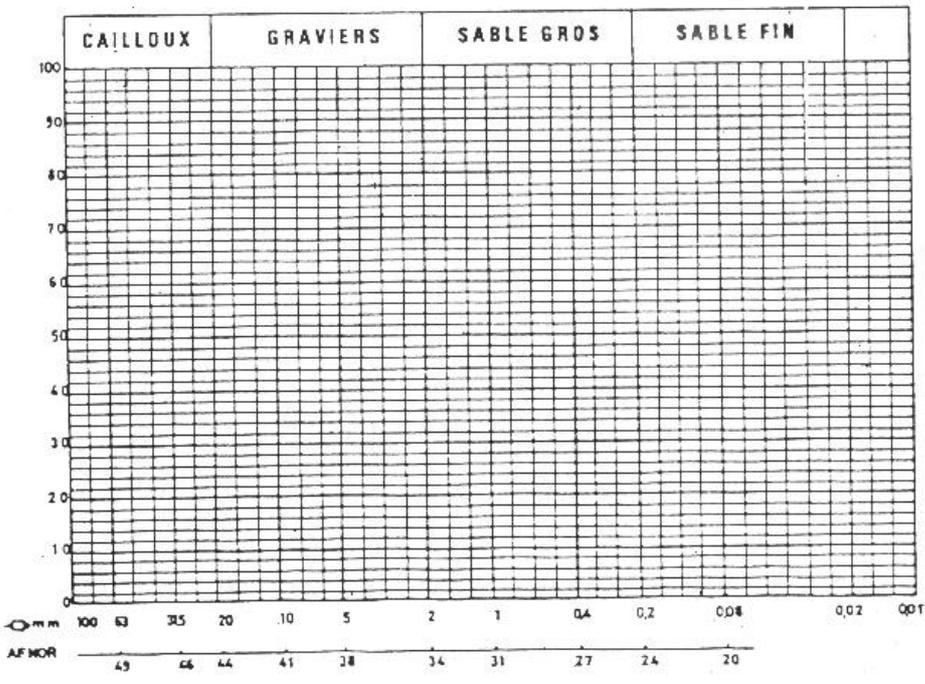
LPEE

Dossier N

ROUTE :

PLATEFORME - EMPRUNT

Situation	Prof. (m)	Nature du matériau	Granulométrie				Limites		ES	Etat Naturel			Clas. Usces L.P.C.
			20 mm	2 mm	0,4 mm	0,08	WL	IP		α_d	Wnat	IC	



<p>CERIT</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin: 10px 0;"> <p>SCHEMA-ITINERAIRE</p> </div> <p>Dossier N° : DPE : Route : Section : Date :</p>	<p>LPEE</p>	<p>1</p>	<p>Repérage</p>	<p>Distances réelles</p> <p>Repères principaux</p>																							
			<p>2</p>	<p>Environnt</p>	<p>Végétation</p> <p>Profil géologique</p>																						
			<p>3</p>	<p>Géométrie</p>	<p>Largeur Accotements</p> <p>Largeur Chaussée</p> <p>Tracé en plan</p> <p>Profil en long</p> <p>Profil en travers</p>																						
			<p>4</p>	<p>Etat</p> <p>Visuel</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px; text-align: center;">CHAUSSEE</td><td>Revêtement</td></tr> <tr><td></td><td>Petits Entretien</td></tr> <tr><td></td><td>DEFORMATIONS</td></tr> <tr><td></td><td>FISSURES</td></tr> <tr><td></td><td>ARRACHEMENTS</td></tr> <tr><td></td><td>REMONTEES</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">ANNEXES</td><td>Accotement droit</td></tr> <tr><td></td><td>Accotement gauche</td></tr> <tr><td></td><td>Assainissement droit</td></tr> <tr><td></td><td>Assainissement gauche</td></tr> <tr><td></td><td>Talus</td></tr> </table>	CHAUSSEE	Revêtement		Petits Entretien		DEFORMATIONS		FISSURES		ARRACHEMENTS		REMONTEES	ANNEXES	Accotement droit		Accotement gauche		Assainissement droit		Assainissement gauche		Talus
CHAUSSEE	Revêtement																										
	Petits Entretien																										
	DEFORMATIONS																										
	FISSURES																										
	ARRACHEMENTS																										
	REMONTEES																										
ANNEXES	Accotement droit																										
	Accotement gauche																										
	Assainissement droit																										
	Assainissement gauche																										
	Talus																										
<p>ECHELLE: km</p>			<p>5</p>	<p>Coupes de</p> <p>Chaussée</p>																							
<p>1) Repères principaux</p> <p>■ borne repere † intersection</p> <p>□ ouvrage ▭ agglomeration</p>																											
<p>3) Géométrie :</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-right: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>→ rectiligne</p> <p>→ courbes larges</p> <p>→ courbes a petit R</p> <p>→ plat</p> <p>↘ rampes courantes</p> </td> <td style="width: 50%; padding: 2px;"> <p>↘ fortes pentes</p> <p>R en remblai</p> <p>D en déblai</p> <p>M mixte</p> <p>T/N à niveau</p> </td> </tr> </table>			<p>→ rectiligne</p> <p>→ courbes larges</p> <p>→ courbes a petit R</p> <p>→ plat</p> <p>↘ rampes courantes</p>	<p>↘ fortes pentes</p> <p>R en remblai</p> <p>D en déblai</p> <p>M mixte</p> <p>T/N à niveau</p>																							
<p>→ rectiligne</p> <p>→ courbes larges</p> <p>→ courbes a petit R</p> <p>→ plat</p> <p>↘ rampes courantes</p>	<p>↘ fortes pentes</p> <p>R en remblai</p> <p>D en déblai</p> <p>M mixte</p> <p>T/N à niveau</p>																										
<p>4.A : ETAT VISUEL CHAUSSEE</p> <p>— Nature dégradation :</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-right: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>BRL : bourrelet</p> <p>AFF : affaissement</p> <p>ORN : ornièrage</p> <p>PTW : profil en W</p> <p>OND : ondulation</p> </td> <td style="width: 50%; padding: 2px;"> <p>PET : poignage</p> <p>JLL : jalonn</p> <p>PLU : plumage</p> <p>HOP : nid de poule</p> </td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>FIL : fissure longitudinale</p> <p>FIT : fissure transversale</p> <p>FIR : fissure ramifiée</p> <p>FAT : fatiçage</p> </td> <td style="padding: 2px;"> <p>RES : ressuage</p> <p>BOU : remontée de boue</p> </td> </tr> </table> <p>— Fréquence dégradation :</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center; padding: 2px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: white; margin: 0 auto;"></div> <p>aff</p> </td> <td style="width: 70%; padding: 2px;"> <p>moins de 10 %</p> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: #cccccc; margin: 0 auto;"></div> <p>aff</p> </td> <td style="padding: 2px;"> <p>entre 10 et 50 %</p> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: #999999; margin: 0 auto;"></div> <p>aff</p> </td> <td style="padding: 2px;"> <p>plus de 50 %</p> </td> </tr> </table> <p>— Importance dégradation :</p> <p>AFF : important</p> <p>aff : faible</p>			<p>BRL : bourrelet</p> <p>AFF : affaissement</p> <p>ORN : ornièrage</p> <p>PTW : profil en W</p> <p>OND : ondulation</p>	<p>PET : poignage</p> <p>JLL : jalonn</p> <p>PLU : plumage</p> <p>HOP : nid de poule</p>	<p>FIL : fissure longitudinale</p> <p>FIT : fissure transversale</p> <p>FIR : fissure ramifiée</p> <p>FAT : fatiçage</p>	<p>RES : ressuage</p> <p>BOU : remontée de boue</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: white; margin: 0 auto;"></div> <p>aff</p>	<p>moins de 10 %</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: #cccccc; margin: 0 auto;"></div> <p>aff</p>	<p>entre 10 et 50 %</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: #999999; margin: 0 auto;"></div> <p>aff</p>	<p>plus de 50 %</p>															
<p>BRL : bourrelet</p> <p>AFF : affaissement</p> <p>ORN : ornièrage</p> <p>PTW : profil en W</p> <p>OND : ondulation</p>	<p>PET : poignage</p> <p>JLL : jalonn</p> <p>PLU : plumage</p> <p>HOP : nid de poule</p>																										
<p>FIL : fissure longitudinale</p> <p>FIT : fissure transversale</p> <p>FIR : fissure ramifiée</p> <p>FAT : fatiçage</p>	<p>RES : ressuage</p> <p>BOU : remontée de boue</p>																										
<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: white; margin: 0 auto;"></div> <p>aff</p>	<p>moins de 10 %</p>																										
<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: #cccccc; margin: 0 auto;"></div> <p>aff</p>	<p>entre 10 et 50 %</p>																										
<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: #999999; margin: 0 auto;"></div> <p>aff</p>	<p>plus de 50 %</p>																										
<p>4-B : ETAT VISUEL DES ANNEXES.</p> <p>○ insuffisant ● préoccupant</p>			<p>6</p>	<p>Données</p> <p>d'auscultation.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px;">Unit</td><td></td></tr> <tr><td>Deflexion</td><td>D.W. Axe</td></tr> <tr><td></td><td>..... rive</td></tr> <tr><td>Date :</td><td></td></tr> </table>	Unit		Deflexion	D.W. Axe	 rive	Date :															
Unit																											
Deflexion	D.W. Axe																										
 rive																										
Date :																											
			<p>7</p>	<p>Identification</p> <p>et Classement</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 80%;">Limites d'Atterberg</td><td style="width: 20%;">W/L</td></tr> <tr><td></td><td>I/P</td></tr> <tr><td>Indice de consistance</td><td></td></tr> <tr><td>Granulométrie (mm)</td><td>PO</td></tr> <tr><td></td><td>2</td></tr> <tr><td></td><td>Ca</td></tr> <tr><td></td><td>OCG</td></tr> <tr><td>Classification USCS-LPC</td><td></td></tr> <tr><td>Profil géotechnique</td><td></td></tr> </table>	Limites d'Atterberg	W/L		I/P	Indice de consistance		Granulométrie (mm)	PO		2		Ca		OCG	Classification USCS-LPC		Profil géotechnique					
Limites d'Atterberg	W/L																										
	I/P																										
Indice de consistance																											
Granulométrie (mm)	PO																										
	2																										
	Ca																										
	OCG																										
Classification USCS-LPC																											
Profil géotechnique																											
			<p>8</p>	<p>Propositions</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 100%; text-align: center;">CHAUSSEE</td></tr> <tr><td>Accotements</td></tr> <tr><td>Assainissement</td></tr> <tr><td>Talus</td></tr> </table>	CHAUSSEE	Accotements	Assainissement	Talus																		
CHAUSSEE																											
Accotements																											
Assainissement																											
Talus																											

Distances réelles									
Repères principaux									
Végétation									
Profil géologique									
Largeur Accotements									
Largeur Chaussée									
Trace en plan									
Profil en long									
Profil en travers									
CHAUSSEE	Revêtement								
	Petits Entretien								
	DEFORMATIONS								
	FISSURES								
	ARRACHEMENTS								
	REMONTEES								
	Annexes	Accotement droit							
		Accotement gauche							
		Assainissement droit							
		Assainissement gauche							
	Talus								
Coupes de Sondage									
Etat In Situ									
Uni									
Deflexion	D50	Axe							
		Rive							
Date:									
Limites d'Atterberg	W/L								
	I/P								
Indice de consistance									
Granulométrie, ϕ mm	20								
	d								
	0,075								
	0,075								
Classification USCB-LPC									
Profil géotechnique									
CHAUSSEE									
Accotements									
Assainissement									
Talus									