

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
People's Democratic Republic of Algeria  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
جامعة الجيلالي بونعاما - خميس مليانة  
University Djilali Bounaâma – Khemis Miliana  
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض  
Faculty of Nature and Life Sciences and Earth Sciences  
قسم علوم الأرض  
Earth Sciences Department



**Polycopié de Cours**

# **Géotechnique Routière**

**Master-2 : Géologie de l'Ingénieur et  
Géotechnique (G.I.G)**

**Dr. Gadouri Hamid**



**Université Djilali Bounaama - Khemis-Miliana, Algeria**  
**hamid.gadouri@univ-dbkm.dz**

**NOV. 2022**

## Avant-propos

Ce polycopié de cours intitulé : « *Géotechnique Routière* » est destiné aux étudiants de 2<sup>ème</sup> année Master spécialisés en « *Géologie de l'Ingénieur et Géotechnique* », « *Voies et Ouvrages d'Art* » et « *Génie Civil* ». Il comporte un ensemble de connaissances théoriques et pratiques qui permettent à l'étudiant de concrétiser les différents objectifs visés par ce cours. En effet, les objectifs généraux de ce cours est de mettre à la disposition du futur ingénieur géotechnicien tous les outils nécessaires pour réaliser des infrastructures routières durables avec un meilleur rapport coûts/sécurité.

Il est à noter que le présent polycopié de cours a été élaboré conformément au programme officiel fixé par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche scientifique (MESRS).

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et à adresser mes vifs remerciements à tous ceux et à toutes celles qui m'ont aidé, de près ou de loin, à sa réalisation.

## Tables des Matières

Avant-propos.....	I
Table des matières.....	II
Liste des symboles et abréviations.....	III
<b>Introduction Générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Trafic Routier et Géométrie des Routes.....</b>	<b>2</b>
<b>I.1 Introduction.....</b>	<b>2</b>
<b>I.1.1 Définition.....</b>	<b>2</b>
<b>I.1.2 Importance des réseaux routiers.....</b>	<b>2</b>
<b>I.1.3 Classification de routes.....</b>	<b>2</b>
I.1.3.1 Classification proposée par BOS Nicolae (1984) .....	2
I.1.3.2 Classification de routes en Algérie selon le B40.....	3
<b>I.2 Choix des itinéraires.....</b>	<b>3</b>
<b>I.2.1 Règles à respecter dans le tracé en plan.....</b>	<b>3</b>
I.2.2 Eléments du tracé en plan.....	4
I.2.3 Environnement de la route.....	4
<b>I.3 Etude du trafic routier.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.1 Analyse des trafics existants.....</b>	<b>5</b>
I.3.1.1 Mesure des trafics.....	6
I.3.1.2 Méthodes de comptages des trafics.....	6
<i>I.3.1.2.1 Les comptages manuels.....</i>	<i>6</i>
<i>I.3.1.2.1 Les comptages automatiques.....</i>	<i>6</i>
<b>I.3.2 Différents types de trafics.....</b>	<b>6</b>
I.3.2.1 Trafic normal.....	6
I.3.2.2 Trafic dévié.....	6
I.3.2.3 Trafic induit.....	7
I.3.2.4 Trafic total.....	7
<b>I.3.3 Calcul de la capacité d'une chaussée.....</b>	<b>7</b>
I.3.3.1 Définition de la capacité d'une chaussée.....	7
I.3.3.2 Calcul du trafic journalier moyen annuel horizon « TJMA <sub>h</sub> ».....	7
I.3.3.3 Calcul du trafic effectif « T <sub>eff</sub> ».....	8
I.3.3.4 Débit de pointe horaire normal « Q <sub>h</sub> ».....	8
I.3.3.5 Calcul de la capacité théorique « C <sub>th</sub> ».....	8
I.3.3.6 Débit horaire admissible « Q <sub>adm</sub> ».....	9
I.3.3.7 Détermination du nombre de voies « N ».....	9
I.3.3.8 Calcul du débit de saturation « Q <sub>sat</sub> ».....	9
I.3.3.9 Calcul de l'année de saturation « n ».....	10
<b>I.4 Profil en long.....</b>	<b>10</b>
<b>I.4.1 Définition.....</b>	<b>10</b>
<b>I.4.2 Eléments composant le profil en long.....</b>	<b>10</b>
<b>I.4.3 Coordination du tracé en plan et du profil en long.....</b>	<b>10</b>

<b>I.4.4 Déclivités</b> .....	10
I.4.4.1 Déclivité minimale.....	11
I.4.4.2 Déclivité maximale.....	11
<b>I.4.5 Raccordements en profil en long</b> .....	11
<b>I.4.6 Détermination pratiques du profil en long</b> .....	11
I.4.6.1 Raccordement en forme convexe.....	11
I.4.6.2 Raccordement en forme concave.....	13
<b>I.5 Profil en travers</b> .....	13
<b>I.5.1 Définition</b> .....	13
<b>I.5.2 Différents types des profils en travers</b> .....	14
I.5.2.1 Profil en travers type.....	14
I.5.2.2 Profil en travers courant.....	15
I.5.3 Eléments géométriques d'un profil en travers.....	15
I.5.4 Eléments d'assainissement de la plate forme d'une chaussée routière.....	16
<b>I.6 Terrassements</b> .....	17
<b>I.6.1 Définition</b> .....	17
<b>I.6.2 Types de terrassements</b> .....	17
<b>I.6.3 Le Blindages des fouilles</b> .....	18
<b>I.6.4 Terrassement en présence d'eau</b> .....	19
<b>I.6.5 Terrassement déblai/remblai</b> .....	19
<b>I.6.6 Travaux préparatoires avant terrassement</b> .....	19
<b>I.6.7 Problème du foisonnement</b> .....	20
I.6.7.1 Définition.....	20
I.6.7.2 Types de volumes causés par un terrassement.....	20
I.6.7.3 Coefficients relatif au terrassement.....	20
<b>I.6.8 Pente des talus</b> .....	21
<b>I.7 Calcul des cubatures</b> .....	22
<b>I.7.1 Rappel « profil en long »</b> .....	22
<b>I.7.2 Rappel « profil en travers »</b> .....	22
<b>I.7.3 Méthodes de calcul des cubatures</b> .....	24
<b>I.7.4 Calcul des cubatures par la méthode des aires moyennes</b> .....	24
I.7.4.1 Volume de remblais total « $V_{rt}$ ».....	24
I.7.4.2 Volume de déblais total « $V_{dt}$ ».....	25
<b>I.8 Conclusion</b> .....	25
<b>Chapitre II : Matériaux, Dimensionnement et Processus de Dégradation des Chaussées Routières</b> .....	26
<b>II.1 Introduction</b> .....	26
<b>II.2 Structures de chaussées routières</b> .....	26
<b>II.2.1 Définition d'une chaussée</b> .....	26
<b>II.2.2 Principe de la constitution d'une chaussée</b> .....	27
<b>II.2.3 Différentes couches de chaussée</b> .....	27
II.2.3.1 Couche de surface.....	27
II.2.3.2 Couche de base.....	27
II.2.3.3 Couche de fondation.....	27
II.2.3.4 Couche de forme.....	27
II.2.3.5 Sol support de chaussée.....	28
II.2.3.6 Stabilité du sol support au poinçonnement.....	28

II.2.3.6.1 Approche $C_{U(R)}-C_{U(SS)}$ .....	28
II.2.3.6.2 Approche $C_{U(R)}-\sigma'_{P(SS)}$ .....	29
<b>II.2.4 Types de chaussées routières</b> .....	29
II.2.4.1 Chaussées souples .....	29
II.2.4.2 Chaussées semi-rigides .....	30
II.2.4.3 Chaussées rigides .....	31
<b>II.3 Matériaux constituant les chaussées routières</b> .....	31
<b>II.3.1 Béton bitumineux « BB »</b> .....	31
<b>II.3.2 Enduit superficiel routier « ES »</b> .....	32
<b>II.3.3 Grave bitumineux « GB »</b> .....	32
<b>II.3.4 Grave laitier (GL)</b> .....	32
<b>II.3.5 Béton de ciment goujonné (BCg)</b> .....	33
<b>II.3.6 Grave non traitée « GNT »</b> .....	34
<b>II.3.7 Tufs Calcaires (TUF)</b> .....	34
<b>II.3.8 Contrôle</b> .....	35
II.3.8.1 Contrôle de fabrication .....	35
II.3.8.2 Contrôle de mise en oeuvre .....	35
<b>II.4 Méthodes de dimensionnement des structures de chaussées routières</b> .....	35
<b>II.4.1 Approches empiriques</b> .....	36
II.4.1.1 Méthode CBR .....	36
II.4.1.2 Method TRRL .....	37
II.4.1.3 Méthode CEBTP .....	37
II.4.1.4 Méthode CTTP .....	38
II.4.1.4.1 Le trafic .....	38
II.4.1.4.2 Détermination des classes de portance des sols .....	38
II.4.1.4.3 Détermination des classes de portance de sols support .....	39
II.4.1.4.4 Zones climatiques .....	39
II.4.1.5 Inconvénients des méthodes empiriques .....	39
<b>II.4.2 Approches semi empiriques et celles dites « rationnelles »</b> .....	40
II.4.2.1 Méthode du catalogue des structures « SETRA » .....	40
II.4.2.2 Détermination de la classe de trafic .....	40
II.4.2.3 Détermination de la classe du sol .....	41
II.4.2.2 Méthode L.C.P.C. ....	41
<b>II.4.3 Approches mécanistiques</b> .....	42
<b>II.5 Processus et causes de dégradation des chaussées</b> .....	42
<b>II.5.1 Définition</b> .....	42
<b>II.5.2 Types de dégradations</b> .....	42
II.5.2.1 Les dégradations structurelles « Type A » .....	43
II.5.2.2 Les dégradations non structurelles « Type B » .....	43
<b>II.5.3 Causes de dégradations par types de chaussée</b> .....	43
II.5.3.1 Cas de chaussées revêtues .....	43
II.5.3.1.1 Chaussées souples .....	43
II.5.3.1.2 Chaussées semi-rigides .....	44
II.5.3.1.3 Chaussées rigides .....	44
II.5.3.2 Cas de chaussées non revêtues .....	45
II.5.3.2.1 Action des véhicules .....	45
II.5.3.2.2 Action de l'eau .....	45
<b>II.5.4 Autres causes de dégradations</b> .....	46
II.5.4.1 Le trafic .....	46
II.5.4.2 Les conditions climatiques .....	46

II.5.4.3 La qualité des matériaux.....	47
II.5.4.4 La mise en œuvre.....	47
<b>II.6 Conclusion.....</b>	<b>47</b>
<b>Chapitre III : Comportement des Chaussées Routières – Principales Familles de Dégradations.....</b>	<b>48</b>
<b>III.1 Introduction.....</b>	<b>48</b>
<b>III.2 Comportement des structures de chaussées routières.....</b>	<b>48</b>
<b>III.2.1 Identification de dégradations et mode de rupture dans les chaussées.....</b>	<b>48</b>
III.2.1.1 Identification des dégradations en surface des chaussées souples.....	48
III.2.1.1.1 Les déformations.....	49
III.2.1.1.2 Les fissurations.....	50
III.2.1.1.3 Les arrachements.....	52
III.2.1.1.4 Les mouvements de matériaux.....	52
III.2.1.2 Identification des modes de rupture dans les chaussées semi-rigides.....	52
<b>III.2.2 Critères et mode d'évaluation de dégradations des chaussées.....</b>	<b>55</b>
III.2.2.1 Critères d'évaluation.....	55
III.2.2.2 Mode d'évaluation.....	55
<b>III.3 Dégradation des chaussées souple et semi-rigides.....</b>	<b>56</b>
<b>III.3.1 Famille des déformations.....</b>	<b>56</b>
III.3.1.1 Ornière à faible rayon.....	57
III.3.1.1.1 Gravité et étendue.....	57
III.3.1.1.2 Les causes probables.....	57
III.3.1.2 Ornière à grand rayon.....	57
III.3.1.2.1 Gravité et étendue.....	57
III.3.1.2.2 Causes probables.....	58
III.3.1.3 Affaissement.....	58
III.3.1.3.1 Gravité et étendue.....	58
III.3.1.3.2 Causes probables.....	59
III.3.1.4 Soulèvement différentiel.....	59
III.3.1.4.1 Gravité et étendue.....	59
III.3.1.4.2 Causes probables.....	59
III.3.1.5 Désordre de profil.....	60
III.3.1.5.1 Gravité et étendue.....	60
III.3.1.5.2 Causes probables.....	60
<b>III.3.2 Famille des fissurations.....</b>	<b>60</b>
III.3.2.1 Fissures transversales.....	60
III.3.2.1.1 Gravité et étendue.....	61
III.3.2.1.2 Causes probables.....	61
III.3.2.2 Fissures longitudinales en piste de roues.....	61
III.3.2.2.1 Gravité et étendue.....	62
III.3.2.2.2 Causes probables.....	62
III.3.2.3 Fissures longitudinales hors piste de roues.....	62
III.3.2.3.1 Gravité et étendue.....	63
III.3.2.3.2 Causes probables.....	63
III.3.2.4 Fissures de gel.....	63
III.3.2.4.1 Gravité et étendue.....	63
III.3.2.4.2 Causes probables.....	64
III.3.2.5 Faiçençage ou « fissures en carrelage ».....	64

III.3.2.5.1 Gravité et étendue .....	64
III.3.2.5.2 Causes probables .....	65
III.3.2.6 Fissures en rive .....	65
III.3.2.6.1 Gravité et étendue .....	65
III.3.2.6.2 Causes probables .....	66
<b>III.3.3 Famille des arrachements .....</b>	<b>66</b>
III.3.3.1 Désenrobage .....	66
III.3.3.1.1 Gravité et étendue .....	66
III.3.3.1.2 Causes probables .....	66
III.3.3.2 Pelade .....	67
III.3.3.2.1 Gravité et étendue .....	67
III.3.3.2.2 Causes probables .....	67
III.3.3.3 Nid-de-poule .....	67
III.3.3.3.1 Gravité et étendue .....	67
III.3.3.3.2 Causes probables .....	68
<b>III.3.4 Les mouvements de matériaux .....</b>	<b>68</b>
III.3.4.1 Ressuage .....	68
III.3.4.1.1 Gravité et étendue .....	68
III.3.4.1.2 Causes probables .....	69
III.3.4.2 Glaçage ou « Indentation » .....	69
III.3.4.2.1 Gravité et étendue .....	69
III.3.4.2.2 Causes probables .....	69
III.3.4.3 Remontée des fines .....	70
III.3.4.3.1 Gravité et étendue .....	70
III.3.4.3.2 Causes probables .....	70
<b>III.3.5 Les dégradations en milieu urbain .....</b>	<b>70</b>
III.3.5.1 Fissuration autour des regards et des puisards .....	70
III.3.5.1.1 Gravité et étendue .....	70
III.3.5.1.2 Causes probables .....	71
III.3.5.2 Dénivellation des regards et des puisards .....	71
III.3.5.2.1 Gravité et étendue .....	71
III.3.5.2.2 Causes probables .....	72
III.3.5.3 Coupe et tranchée .....	72
III.3.5.3.1 Gravité et étendue .....	72
III.3.5.3.2 Causes probables .....	72
<b>III.4 Dégradation des chaussées rigides .....</b>	<b>73</b>
<b>III.4.1 Les fissurations .....</b>	<b>73</b>
III.4.1.1 Description et évolution .....	73
III.4.1.2 Causes probables .....	73
<b>III.4.2 Les épaufrures .....</b>	<b>74</b>
III.4.2.1 Description et évolution .....	74
III.4.2.2 Causes probables .....	74
<b>III.4.3 Les décalages de joint .....</b>	<b>74</b>
III.4.3.1 Description et évolution .....	74
III.4.3.2 Causes probables .....	75
<b>III.4.4 Le pompage .....</b>	<b>75</b>
III.4.4.1 Description et évolution .....	75
III.4.4.2 Causes probables .....	76
<b>III.5 Conclusion .....</b>	<b>76</b>

<b>Chapitre IV : Essais d'identification et méthodes d'évaluation du comportement des chaussées</b> .....	77
<b>IV.1 Introduction</b> .....	77
<b>IV.2 Essais d'identification sur les matériaux utilisés en chaussées routières</b> .....	77
<b>IV.2.1 Essais d'identification</b> .....	78
IV.2.1.1 Essai à la tache ou « Bleu de méthylène ».....	78
IV.2.1.1.1 But de l'essai.....	78
IV.2.1.1.2 Principe de l'essai.....	78
IV.2.1.1.3 Matériels utilisés.....	78
IV.2.1.1.4 Mode opératoire.....	78
IV.2.1.1.5 Expression des résultats.....	79
IV.2.1.1.6 Interprétation des résultats.....	80
IV.2.1.2 Analyse granulométrique.....	80
IV.2.1.2.1 But de l'essai.....	81
IV.2.1.2.2 Principe de l'essai.....	81
IV.2.1.2.3 Matériels utilisés.....	82
IV.2.1.2.4 Mode opératoire.....	82
IV.2.1.2.5 Expression des résultats.....	84
IV.2.1.2.6 Interprétation des résultats.....	84
IV.2.1.3 Limites d'Atterberg.....	85
IV.2.1.3.1 But de l'essai.....	85
IV.2.1.3.2 Principe de l'essai.....	85
IV.2.1.3.3 Matériels utilisés.....	85
IV.2.1.3.4 Mode opératoire.....	86
IV.2.1.3.5 Expression des résultats.....	86
IV.2.1.3.6 Interprétation des résultats.....	87
IV.2.1.4 Essai de propreté ou « équivalent de sable ».....	87
IV.2.1.4.1 But de l'essai.....	87
IV.2.1.4.2 Principe de l'essai.....	87
IV.2.1.4.3 Matériels utilisés.....	88
IV.2.1.4.4 Mode opératoire.....	88
IV.2.1.4.5 Expression des résultats.....	89
IV.2.1.4.6 Interprétation des résultats.....	89
IV.2.1.5 Essai de compactage.....	90
IV.2.1.5.1 But de l'essai.....	90
IV.2.1.5.2 Principe de l'essai.....	90
IV.2.1.5.3 Matériels utilisés.....	91
IV.2.1.5.4 Mode opératoire.....	92
IV.2.1.5.5 Expression et interprétation des résultats.....	94
<b>IV.2.2 Essais de dureté</b> .....	94
IV.2.2.1 Essai Los Angeles.....	94
IV.2.2.1.1 But de l'essai.....	94
IV.2.2.1.2 Principe de l'essai.....	95
IV.2.2.1.3 Matériels utilisés.....	95
IV.2.2.1.4 Mode opératoire.....	95
IV.2.2.1.5 Calcul du coefficient Los Angeles « LA ».....	96
IV.2.2.1.6 Expression et interprétation des résultats.....	96
IV.2.2.2 Essai Micro-Deval.....	97
IV.2.2.2.1 But de l'essai.....	97
IV.2.2.2.2 Principe de l'essai.....	97

IV.2.2.2.3 Matériels utilisés.....	97
IV.2.2.2.4 Mode opératoire.....	97
IV.2.2.2.5 Expression des résultats.....	98
IV.2.2.2.6 Interprétation des résultats.....	98
<b>IV.2.3 Essais sur la portance.....</b>	<b>99</b>
IV.2.3.1 Essai C.B.R « California Bearing Ratio ».....	99
IV.2.3.1.1 But de l'essai.....	99
IV.2.3.1.2 Principe de l'essai.....	99
IV.2.3.1.3 Matériels utilisés.....	100
IV.2.3.1.4 Mode opératoire.....	101
IV.2.3.1.5 Expression et interprétation des résultats.....	103
IV.2.3.2 Essai à la plaque.....	104
IV.2.3.2.1 But de l'essai.....	104
IV.2.3.2.2 Principe de l'essai.....	104
IV.2.3.2.3 Matériels utilisés.....	105
IV.2.3.2.4 Mode opératoire.....	106
IV.2.3.2.5 Expression des résultats.....	106
IV.2.3.2.6 Interprétation des résultats.....	107
<b>IV.3 Méthode d'évaluation du comportement des chaussées dégradées.....</b>	<b>108</b>
<b>IV.3.1 La méthode « VIZIR ».....</b>	<b>109</b>
IV.3.1.1 Principe de la méthode « VIZIR ».....	109
IV.3.1.2 Classification et quantification des dégradations.....	109
IV.3.1.2.1 Les dégradations structurelles de « Type A ».....	109
IV.3.1.2.2 Les dégradations superficielles de « Type B ».....	110
IV.3.1.3 Relevé et notation des dégradations.....	111
IV.3.1.4 Recherche de solutions.....	113
IV.3.1.4.1 Détermination de note de qualité de la chaussée « Qi ».....	113
IV.3.1.4.2 Détermination de la solution.....	114
<b>IV.3.2 La méthode « VIZIRET ».....</b>	<b>115</b>
<b>IV.3.3 La méthode « CEBTP-LCPC ».....</b>	<b>115</b>
IV.3.3.1 Méthodologie.....	115
IV.3.3.2 Calage des résultats.....	117
<b>IV.4 Conclusion.....</b>	<b>117</b>
<b>Chapitre V : Formulation des bétons bitumineux.....</b>	<b>118</b>
<b>V.1 Introduction.....</b>	<b>118</b>
<b>V.2 Bitumes.....</b>	<b>119</b>
<b>V.2.1 Définition.....</b>	<b>119</b>
<b>V.2.2 Origine et fabrication.....</b>	<b>119</b>
<b>V.2.3 Propriétés mécaniques et rhéologiques du bitume.....</b>	<b>120</b>
<b>V.2.4 Différents types des bétons bitumineux.....</b>	<b>121</b>
V.2.4.1 Le béton bitumineux mince « BBM ».....	121
V.2.4.2 Le béton bitumineux très mince « BBTM ».....	121
V.2.4.3 Le béton bitumineux ultra mince « BBUM ».....	121
V.2.4.4 Le béton bitumineux souple « BBS ».....	121
V.2.4.5 Le béton bitumineux drainant « BBDr ».....	121
V.2.4.6 Le béton bitumineux semi-grenu « BBSG ».....	121
V.2.4.7 Le béton bitumineux à modules élevés « BBME ».....	122
<b>V.2.5 Compactage des bétons bitumineux.....</b>	<b>122</b>

V.2.5.1 Pré-compactage des enrobés bitumineux.....	122
V.2.5.2 Compactage des enrobés bitumineux à chaud.....	122
V.2.5.2 Engins de compactage des enrobés.....	123
<b>V.3 Méthodes de formulation des bétons bitumineux.....</b>	<b>124</b>
<b>V.3.1 Objectif principal de la formulation.....</b>	<b>124</b>
<b>V.3.2 Méthode Hveem.....</b>	<b>124</b>
V.3.2.1 Le choix des matériaux.....	125
V.3.2.2 Le choix de la courbe granulométrique.....	125
V.3.2.3 La détermination de la teneur en liant approximative.....	125
V.3.2.4 La préparation des échantillons.....	125
V.3.2.5 Test de stabilité et de ressuage.....	125
V.3.2.6 Le choix de la teneur en liant optimale.....	125
<b>V.3.3 Méthode Marshall « Marshall Mix Design ».....</b>	<b>125</b>
V.3.3.1 Le choix des agrégats.....	126
V.3.3.2 Le choix du liant.....	126
V.3.3.3 La préparation des échantillons.....	126
V.3.3.4 Détermination de la stabilité et du fluage.....	126
V.3.3.5 Calcul de la densité et des vides.....	126
V.3.3.6 Choix de la teneur en liant optimale.....	126
<b>V.3.4 Méthode Américaine SUPERPAVE « SUPERPAVE Mix Design ».....</b>	<b>126</b>
V.3.4.1 Le choix des agrégats.....	127
V.3.4.2 Le choix du liant.....	127
V.3.4.3 Choix de la teneur en liant optimale.....	127
V.3.4.4 Essais de performances.....	127
<b>V.3.5 Méthode Française.....</b>	<b>127</b>
V.3.5.1 Quantité minimale de liant bitumineux.....	127
V.3.5.2 Essai à la presse à cisaillement giratoire.....	128
<b>V.3.6 Méthode Belge « Formulation CRR ».....</b>	<b>129</b>
V.3.6.1 Choix et caractérisation des matériaux.....	129
V.3.6.2 Formulation à base d'une méthode analytique.....	129
V.3.6.3 Vérification des résultats de la formulation.....	129
<b>V.3.7 Méthode de formulation utilisée en Algérie.....</b>	<b>130</b>
<b>V.3.8 Paramètres influençant le choix d'une formulation.....</b>	<b>131</b>
<b>V.4 Etapes et procédure de formulation des « BB ».....</b>	<b>131</b>
<b>V.4.1 Etapes de formulation des « BB ».....</b>	<b>131</b>
<b>V.4.2 Equipements et procédures d'essais.....</b>	<b>131</b>
V.4.2.1 Essai Marshall.....	131
V.4.2.1.1 Principe de l'essai.....	132
V.4.2.1.2 Déroulement de l'essai.....	132
V.4.2.1.3 Expression des résultats.....	132
V.4.2.2 Essai Duriez.....	133
V.4.2.2.1 Principe de l'essai.....	133
V.4.2.2.2 Déroulement de l'essai.....	133
<b>V.4.3 Confection des éprouvettes pour les essais « Marshall » et « Duriez ».....</b>	<b>134</b>
V.4.3.1 Préparation des mélanges.....	134
V.4.3.1.1 Préparation des agrégats.....	134
V.4.3.1.2 Préparation du liant.....	134
V.4.3.1.3 Malaxage.....	134
V.4.3.2 Confection des éprouvettes pour l'essai « Marshall ».....	135
V.4.3.2.1 Remplissage des moules et compactage.....	135
V.4.3.2.2 Démoulage.....	135

<i>V.4.3.2.1 Eprouvette après confection</i> .....	136
V.4.3.3 Confection des éprouvettes pour l'essai « Duriez » .....	136
<i>V.4.3.3.1 Remplissage des moules et compactage</i> .....	136
<i>V.4.3.3.2 Démoulage</i> .....	137
<i>V.4.3.3.1 Eprouvette après confection</i> .....	137
<b>V.5 Essais de vérification de performances des enrobés formulés</b> .....	138
<b>V.5.1 Essai d'orniérage</b> .....	138
<b>V.5.2 Essai de fatigue</b> .....	139
<b>V.5.3 Essai de module complexe</b> .....	139
<b>V.6 Conclusion</b> .....	139
<b>Conclusion Générale</b> .....	140
<b>Références Bibliographiques</b> .....	141

## Liste des symboles et abréviations

Symbole ou abréviation	Signification	Unité
Ls/L	La sinuosité moyenne	-
h/L	La dénivelée cumulée moyenne	-
TJMA	Trafic journalier moyen annuel	V/js
NTAR	Normes techniques d'aménagement des routes	-
TJMA <sub>h</sub>	Trafic journalier moyen annuel à l'année horizon	V/js
TJMA <sub>0</sub>	Trafic journalier moyen annuel à l'année zéro (ou à l'année de référence)	V/js
T <sub>C</sub>	Trafic cumulé	PL/j/sens
n	Nombre d'année / Année de saturation (selon l'utilisation)	-
τ	Taux d'accroissement du trafic	%
PL	Poids lourds	-
uvp	Unités de véhicules particuliers	-
T <sub>eff</sub>	Trafic effectif	uvp/h
Z	Pourcentage de poids lourds	-
P	Coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route	-
Q <sub>h</sub>	Débit de pointe horaire normal	uvp/h
C <sub>th</sub>	Capacité théorique	uvp/h
K <sub>1</sub>	Coefficient lié à l'environnement	-
K <sub>2</sub>	Coefficient de réduction de capacité	-
Q <sub>adm</sub>	Débit horaire admissible	uvp/h
N	Nombre de voies / Nombre journalier de camion (selon l'utilisation)	-
S	Coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3	-
Q	Débit de l'année horizon (ne pas celui de l'année de mise en service)	uvp/h
Q <sub>sat</sub>	Débit de saturation	uvp/h
I <sub>max</sub>	Pente maximale	%
V <sub>r</sub>	Vitesse de référence	Km/h
P1 et P2	Les pentes	%
T	La tangent	m
H	La flèche	m
R	Rayon	m
TPC	Le terre-plein central	-
V <sub>p</sub>	Volume en place	m <sup>3</sup>
V <sub>f</sub>	Volume foisonné	m <sup>3</sup>
V <sub>r</sub>	Volume reconstitué	m <sup>3</sup>
C <sub>f</sub>	Coefficient de foisonnement	-
C <sub>c</sub>	Coefficient de compactage	-
C <sub>fr</sub>	Coefficient de foisonnement résiduel	-
V <sub>r</sub>	Volume de remblais	m <sup>3</sup>
γ <sub>r</sub>	Poids volumique du remblai	kN/m <sup>3</sup>
V <sub>rt</sub>	Volume de remblais total	m <sup>3</sup>
V <sub>d</sub>	Volume de déblai	m <sup>3</sup>
V <sub>dt</sub>	Volume de déblai total	m <sup>3</sup>
S	Section	m <sup>2</sup>
LCPC	Laboratoire central des ponts et chaussées	-
SETRA	Service d'études techniques, des routes et autoroutes	-
CB	Couche de base	-

CR	Couche de roulement	-
CF	Couche de fondation	-
CF <sub>r</sub>	Couche de forme	-
C <sub>U(R)</sub>	Résistance au cisaillement non drainée du remblai	kPa
C <sub>U(SS)</sub>	Résistance au cisaillement non drainée du sol support	kPa
C <sub>U</sub>	Cohésion non drainée du remblai	kPa
J <sub>C</sub>	Facteur correcteur pour tenir compte de la pente du terrain	-
P <sub>max</sub>	Valeur maximale de la charge que peut supporter le sol	kPa
H <sub>r</sub>	Hauteur du remblai	m
γ <sub>r</sub>	poids volumique du remblai	kN/m <sup>3</sup>
F <sub>S</sub>	Coefficient de sécurité	-
σ <sub>P(SS)</sub>	Pression de préconsolidation du sol support	kPa
BB	Béton bitumineux	-
GB	Grave bitume	-
GT	Grave traité	-
GNT	Grave non traité	-
GL	Grave laitier	-
SL	Sable laitier	-
SB	Sable bitume	-
CTTP	Cahier des clauses techniques particulières	-
TPL	Trafic poids lourds	-
RP1	Réseau principal de niveau 1	-
RP2	Réseau principal de niveau 2	-
I <sub>c</sub>	Indice de concassage / Indice de consistance (selon l'utilisation)	%
OPM	Optimum Proctor modifié	-
OPM	Optimum Proctor normal	-
BCg	Béton de ciment goujonné	-
CPA	Ciment Portland Artificiel	-
CPJ	Ciment Portland Artificiel avec ajouts	-
CRS	Ciment résistant aux sulfates	-
ASTM	American Society for Testing and Materials	-
ω <sub>opm</sub>	Teneur en eau optimale	%
γ <sub>dmax</sub>	Densité sèche maximale	kN/m <sup>3</sup>
I <sub>CBR</sub>	Indice CBR du sol support	M
CBR	California Bearing Ratio	-
e	Epaisseur équivalente de la chaussée	cm
T <sub>H</sub>	Trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans	V/js
TRRL	Transportation Road Research Laboratory	-
CEBTP	Centre d'expertise du bâtiment et des travaux publics	-
EV <sub>2</sub>	Module de sol déterminé à l'aide de l'essai à la plaque	MPa
a	Coefficient qui dépend du nombre de voies	-
Mr	Module réversible	GPa
E	Module d'Young	GPa
ν	Coefficient de Poisson	-
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	-
BBM	Béton bitumineux mince	-
BBTM	Béton bitumineux très mince	-
BBUM	Béton bitumineux ultra mince	-
BBS	Béton bitumineux souple	-
BBD <sub>r</sub>	Béton bitumineux drainant	-
BBSG	Béton bitumineux semi-grenu	-
BBME	Béton bitumineux à modules élevés	-
CDT	Californian Department of Transportation	-
CKE	Centrifuge Kerosene Equivalent	-

SHRP	Strategic Highway Research Program	-
Superpave	Superior Performing Asphalt Pavement	-
PG	Performance grading	-
PCG	Presse à cisaillement giratoire	-
TL	Teneur en liant (en bitume)	-
$\alpha$	Coefficient correcteur relatif à la masse volumique des granulats	-
$\Sigma$	Surface spécifique conventionnelle	-
$N_g$	Nombre de girations	-
CRR	Centre de Recherche Routière	-
$\gamma_{app}$	Densité apparente de l'éprouvette	$\text{kN/m}^3$
$\gamma_b$	Densité du bitume	$\text{kN/m}^3$
$\gamma_{Gi}$	Densité des agrégats	$\text{kN/m}^3$
$P_b$	Pourcentage en poids du bitume	%
$P_{Gi}$	Pourcentage en poids des agrégats	%
Vv	Volume des vides	$\text{m}^3$
C	Compacité	%
MA	Masse du mélange des agrégats	kg

# Chapitre III

## Comportement des Chaussées Routières - Principales Familles de Dégradations

### III.1 Introduction

La dégradation et l'usure des revêtements routiers sont le résultat de plusieurs phénomènes qui surviennent pendant la durée de vie de la chaussée. Les causes sont nombreuses et les modes de dégradation varient selon ces causes. Les sollicitations mécaniques et thermiques sont les principaux responsables de la dégradation des revêtements routiers et elles doivent être prises en considération lors de la phase de conception de la chaussée et lors du choix de ces constituants. La phase de la construction a également un impact majeur sur la durabilité de la chaussée.

Le bon compactage des couches granulaires ou des couches liées, le collage des couches d'enrobé et la bonne exécution des joints sont des conditions importantes pour avoir une route durable offrant confort et sécurité aux usagers. Il faut donc prêter une attention particulière à tous ces phénomènes pendant les phases de conception et de construction de la chaussée. La compréhension de ces modes de dégradation et d'usure est aussi importante pendant la durée de vie de la chaussée afin d'assurer un bon entretien de la chaussée et de prolonger sa durée de vie.

Le choix des techniques d'entretien doit passer impérativement par une bonne analyse des causes de la dégradation constatée. Ce sujet pourrait faire l'objet d'un autre article à l'avenir.

### III.2 Comportement des structures de chaussées routières

Nous avons eu, à travers les paragraphes précédents, un aperçu sur le processus de dégradation des chaussées. Cela nous a permis de voir comment les sollicitations influent sur la destruction des chaussées et suivant le type de structure qu'on a, comment celles-ci se comportent.

Il en reste maintenant de décrire suivant chaque famille de chaussée (revêtues/non revêtues) les différentes dégradations les plus fréquemment rencontrées ainsi que les dégradations sur les chaussées revêtues. Pour cela, nous nous intéresserons aux chaussées à revêtement bitumineux qui regroupent les chaussées souples et les chaussées semi-rigides, puis nous finirons par les chaussées en dalle de béton. Mais avant tout, nous allons définir une légende d'appellation pour décrire la nature et le degré de sévérité liée à la dégradation dans une chaussée.

#### III.2.1 Identification de dégradations et mode de rupture dans les chaussées

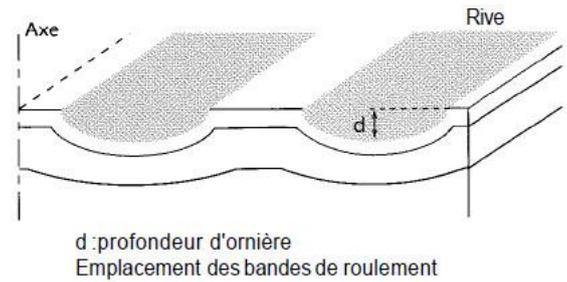
##### III.2.1.1 Identification des dégradations en surface des chaussées souples

Les dégradations de surfaces observées sur les structures de chaussées routières souples (couche de forme non traitée aux liants hydrauliques) peuvent être classées en quatre grandes catégories à savoir : les « déformations », les « fissurations », les « arrachements » et les « mouvements de matériaux ». (LCPC, IFSTTAR 1998).

III.2.1.1.1 Les déformations

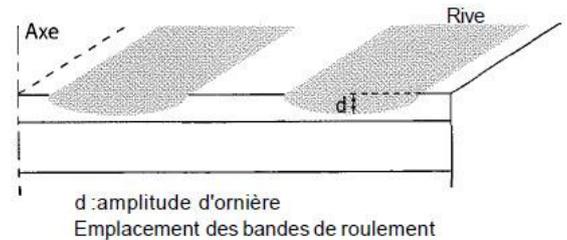
a) Ornière à grand rayon

Figure III.1 – Déformation permanente longitudinale qui se crée sous le passage des roues et dont la largeur est inférieure à 80 cm. Elle peut concerner l'une ou les deux bandes de roulement.



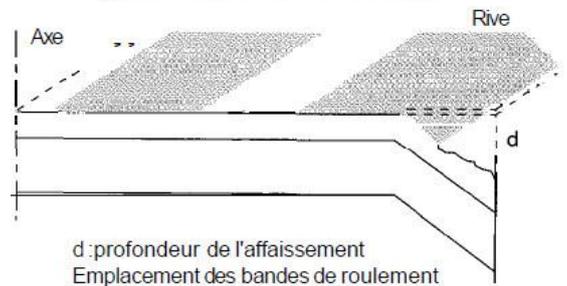
b) Ornière à petit rayon

Figure III.2 – Déformation permanente longitudinale qui se crée sous le passage des roues et dont la largeur est supérieure à 80 cm. Elle peut concerner l'une ou les deux bandes de roulement.



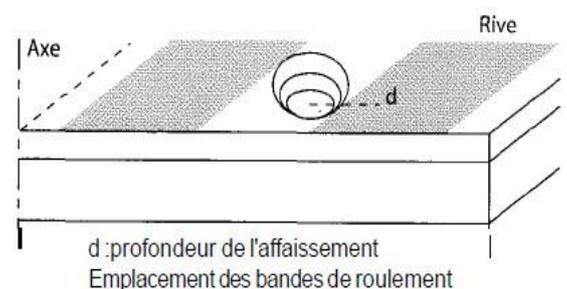
c) Affaissement de rive

Figure III.3 – Enfoncement prononcé localisé à la partie de la chaussée comprise entre le bord et la bande de roulement de rive.



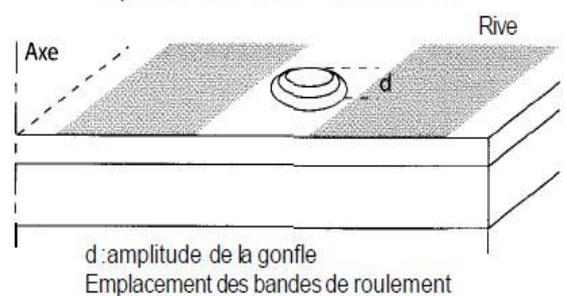
d) Affaissement hors rive

Figure III.4 – Enfoncement ponctuel, prononcé localisé à gauche ou dans la bande de roulement de rive. L'affaissement hors rive prend le nom de « flache » lorsqu'il a une forme circulaire.



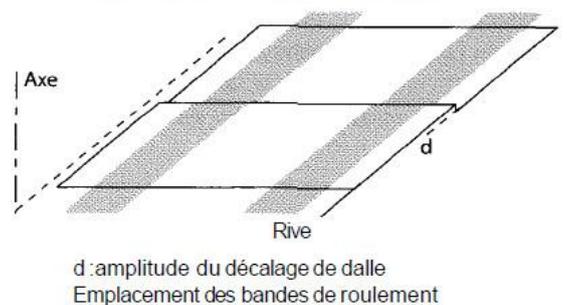
e) Gonflement

Figure III.5 – Soulèvement ponctuel, le plus souvent circulaire, de la chaussée.



f) Décalage de joint

Figure III.6 – Dénivellation verticale entre les deux lèvres d'un joint de dalle ou d'une fissure.



g) **Tôle ondulée** : Une ondulation régulière et rapprochée perpendiculaire à l'axe de la chaussée.

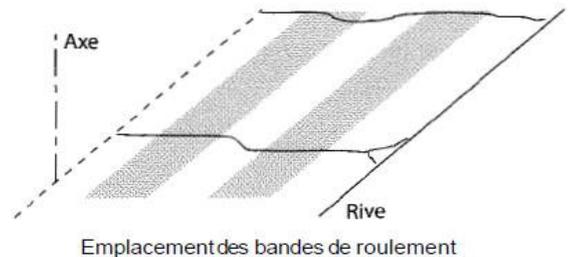
h) **Flambement** : Un renflement localisé par la mise en compression d'un joint de dalle.

### III.2.1.1.2 Les fissurations

Une fissure est, par définition, une ligne de rupture apparaissant à la surface de la chaussée, qui est peut être causée par plusieurs facteurs.

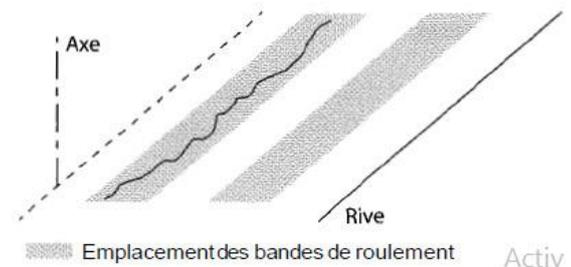
#### a) Fissure transversale

**Figure III.7** – Fissure sensiblement perpendiculaire à l'axe de la chaussée isolée ou périodique d'espacement variable, intéressant tout ou partie de la largeur de la chaussée.



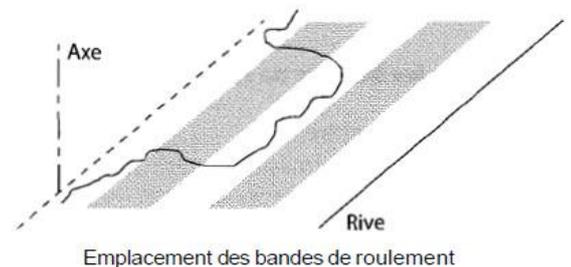
#### b) Fissure longitudinale dans les bandes de roulement

**Figure III.8** – Fissure sensiblement parallèle à l'axe de la chaussée apparaissant exclusivement dans une bande de roulement.



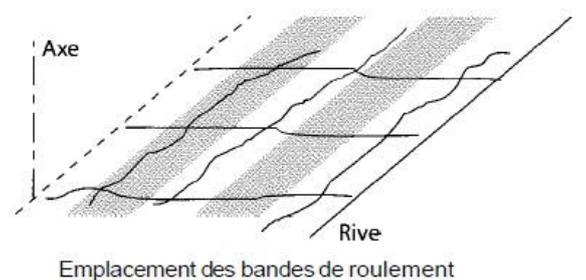
#### c) Fissure longitudinale non spécifique aux bandes de roulement

**Figure III.9** – Fissure sensiblement parallèle à l'axe de la chaussée non limitée aux bandes de roulement.



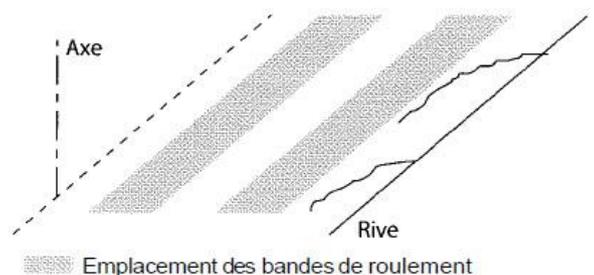
#### d) Fissure en « dalles »

**Figure III.10** – Ensemble de fissures longitudinales et transversales se rejoignent pour former un réseau ou un maillage quasi rectangulaire de maille inférieure ou égale à 2m.



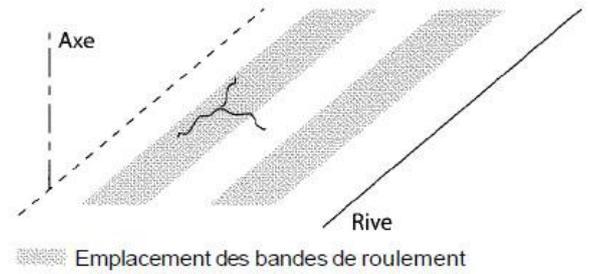
#### e) Fissure d'adaptation

**Figure III.11** – Fissure provenant de mouvements de sols, tassement d'élargissement ou d'épaulement, retrait hydrique et glissement de remblai.



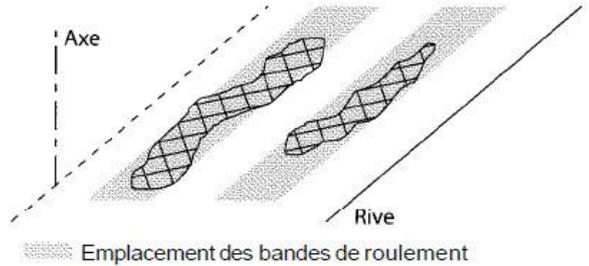
**f) Fissure diverses**

*Figure III.12 – Fissures apparaissant d’une façon anarchique à la façon de la chaussée; elles se présentent généralement en forme « paraboliques », en « étoile » ou en « Y ».*



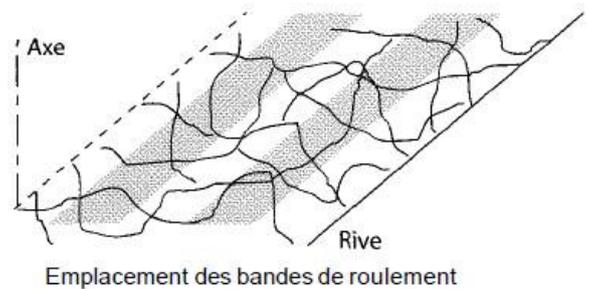
**g) Faïençage dans les bandes de roulement**

*Figure III.13 – Ensemble de fissures entrelacées ou maillées (mailles fines inférieures à 30cm) formant une série de polygones et localisées dans les bandes de roulement.*



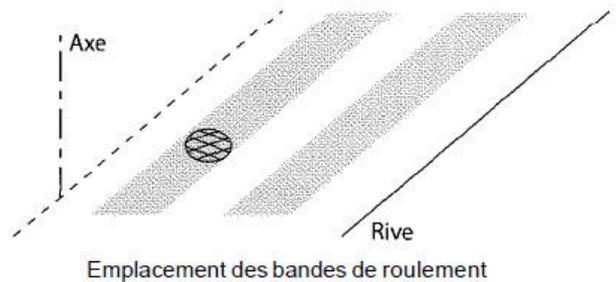
**h) Faïençage non spécifique aux bandes de roulement**

*Figure III.14 – Ensemble de fissures entrelacées ou maillées soit à mailles fines (inférieures à 30cm) soit à mailles larges (supérieures à 30cm) formant une série de polygones non limités aux bandes de roulement.*



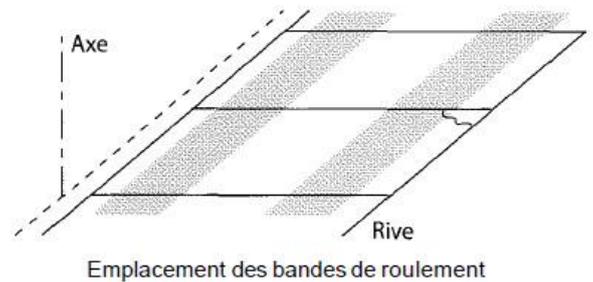
**i) Faïençage circulaire**

*Figure III.15 – Ensemble de fissures entrelacées ou maillées (mailles fines inférieures à 30cm) formant une série de polygones apparaissant ponctuellement et affectant une zone sensiblement circulaire dont le diamètre est généralement inférieur à 1m.*



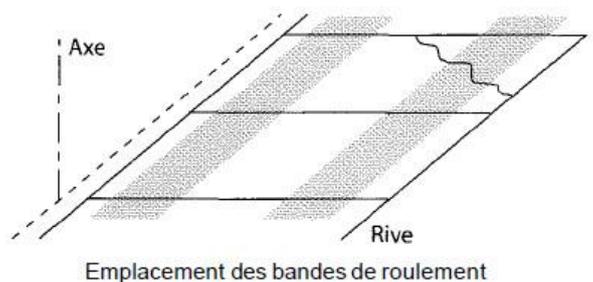
**j) Cassure d’angle**

*Figure III.16 – Cassure de dalle rejoignant deux côtés adjacents et située à moins de 50cm du coin de dalle.*



**k) Fissure oblique**

*Figure III.17 – Cassure de dalle rejoignant deux côtés adjacents et située à plus de 50cm du coin de dalle.*



### III.2.1.1.3 Les arrachements

De nombreux types d'arrachement peuvent être observés sur la surface de la couche de roulement des chaussées routières souples, semi-rigides ou rigides.

- a) **Glaçage** : Aspect lisse et brillant de la surface de la couche de roulement résultant de l'usure des gravillons.
- b) **Plumage** : Arrachement des gravillons du revêtement.
- c) **Désenrobage** : Départ du mastic (liant et fines) autour des granulats d'une couche de roulement en enrobés.
- d) **peignage** : Départ de gravillons se développant suivant des sillons parallèles à l'axe de la chaussée.
- e) **Dégradation du joint longitudinale** : Départ de gravillons au raccordement longitudinal de deux bandes de mise en œuvre d'enduits superficiels.
- f) **Pelade** : Arrachement de la couche de roulement par plaque.
- g) **Nid de poule** : Cavité circulaire créée à la surface de la chaussée par départ de matériaux.
- h) **Tête de chat** : Pierre dure apparaissant à la surface de la chaussée après usure de la couche de roulement pour les chaussées classiques, ou du mortier pour les chaussées en béton.
- i) **Écaillage** : Désintégration superficielle localisée de la surface du béton (chaussée rigide).
- j) **Epaufrure « de bord de dalle »** : Effritement du bord de dalle au niveau du joint.
- k) **Découvrement d'armature** : Départ localisé de matériau laissant apparaître une armature (chaussées en béton armé continu).

### III.2.1.1.4 Les mouvements de matériaux

Plusieurs types de mouvement de matériaux peuvent être observés sur la surface de la couche de roulement des chaussées routières souples, semi-rigides ou rigides.

- a) **Ressuage** : Remontée du liant à la surface de la chaussée recouvrant tout ou partie des granulats.
- b) **Indentation** : Enfoncement de gravillons dans l'enrobé en période chaude sous l'action du trafic.
- c) **Remontée des fines** : Apparition d'éléments fins à la surface de chaussée provenant de l'assise qui sont généralement localisées au droit de défauts de la couche de roulement (fissures, flaches, faïençages...etc.).
- d) **Rejet de pompage** : Ejection de matériaux (eau, boue...) à la surface de la chaussée lors du passage des véhicules lourds, au niveau des fissures ou des joints par suite de l'existence de cavités sous les dalles.

### III.2.1.2 Identification des modes de rupture dans les chaussées semi-rigides

Plusieurs travaux de recherches ont été conduits en vue d'étudier l'effet du trafic routier sur le comportement des chaussées routières traitées aux liants hydrauliques. D'après [Gadouri et al. \(2019\)](#), les dégradations en profondeur observées dans les structures de chaussées routières semi-rigides (couche de forme traitées aux liants hydrauliques), causées principalement par le trafic du poids lourd, sont nombreuses. En effet, les échantillons des deux sols traités au laboratoire ont mis en évidence la présence de plusieurs types de ruptures causées par l'application d'une charge de compression verticale à savoir ([Tableau III.1](#)):

Tableau III.1 – Les six principaux modes de rupture observés dans les échantillons de sol–chaux–pouzzolane naturelle (PN) lors des essais de compression simple pour les couches de forme routières (Gadouri et al. 2019).

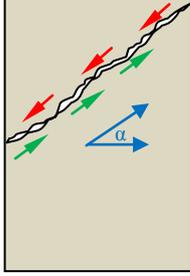
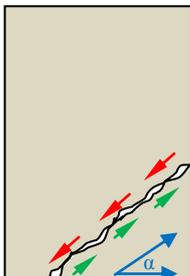
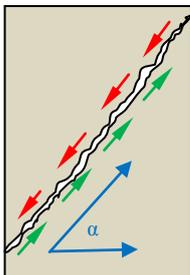
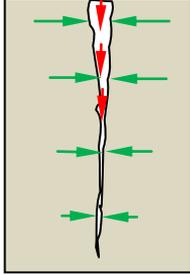
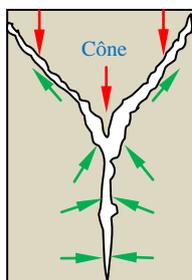
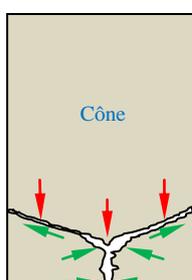
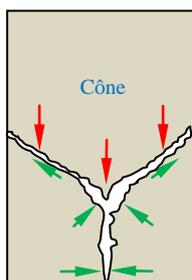
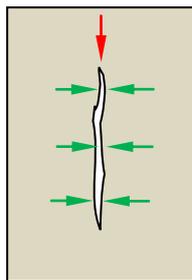
Mode de rupture	Six principaux modes de rupture observés lors des tests de compression simple (toutes les images présentées ci-dessous ont été sélectionnées au hasard parmi les 432 éprouvettes de sols traités)		Modèles schématiques des différents modes de rupture	Reference du mode de rupture	Description et observations
	Eprouvettes de "sol gris, SG"	Eprouvettes de "sol rouge, SR"			
Rupture par cisaillement (RC)	Rupture par cisaillement jusqu'à la tête de l'éprouvette (RCT)	 SG – 120j	 SR – 7j		<p>RCT</p> <p>Ces modes de rupture (RCT, RCP et RCPT) sont caractérisés par des fissures inclinées observées en tête de l'éprouvette (RCT, <math>\alpha</math> entre 30° et 45°) et sur ses pieds (RCP, <math>\alpha</math> entre 30° et 45°) ou entre eux (RCPT, <math>\alpha</math> entre 45° et 60°).</p> <p>Il convient de noter que ce mode de rupture (avec différents cônes) n'a été observé que dans les échantillons de sols argileux non stabilisés et les échantillons de SG et de SR stabilisés par PN seul lors de la cure avec et sans Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.</p> <p>Ces types de rupture peuvent être observés dans la majorité des sols utilisés comme matériaux de construction pour les ouvrages en terre notamment pour les « <i>chaussées routières</i> ».</p>
	Rupture par cisaillement au pied de l'éprouvette (RCP)	 SG – 7j	 SR – 120j		
	Rupture par cisaillement du pied jusqu'à la tête de l'éprouvette (RCPT)	 SG – 120j	 SR – 7j		
Rupture par cisaillement vertical (RCV)	 SG – 7j	 SR – 7j		RCV	<p>Ce mode de rupture (RCV) est caractérisé par des fissures verticales en lettre "I" qui ont été observées dans les échantillons de SG et de SR stabilisés à la chaux seule ou en combinaison avec la PN pour une période de durcissement très courte. Ces éprouvettes ont une ductilité élevée.</p>
Rupture par éclatement brusque (REB)	 SG – 120j	 SR – 120j	Destruction totale (rupture aléatoire)	REB	<p>Ce mode de rupture (REB) est produit avec une vitesse élevée en raison de la grande rigidité des éprouvettes. Il a été observé dans les échantillons du SG stabilisés à la chaux ou Chaux–NP avec et sans CaSO<sub>4</sub>•2H<sub>2</sub>O et dans le SR avec ou sans CaSO<sub>4</sub>•2H<sub>2</sub>O ou 2 % de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> après une période de durcissement plus longue.</p>

Tableau III.1 – Suite (Gadouri et al. 2019).

Mode de rupture	Six principaux modes de rupture observés lors des tests de compression simple (toutes les images présentées ci-dessous ont été sélectionnées au hasard parmi les 432 éprouvettes de sols traités)		Modèles schématiques des différents modes de rupture	Reference du mode de rupture	Description et observations		
	Eprouvettes de "sol gris, SG"	Eprouvettes de "sol rouge, SR"					
Rupture par poinçonnement (RP)	Rupture par poinçonnement à la tête de l'éprouvette (RPT)				RPT	Ces modes de rupture (RPT, RPP et RPM) se caractérisent par des fissures en lettre « Y » développées par la formation d'un cône de poinçonnement qui accélère la détérioration de l'éprouvette par pénétration lors de l'essai en compression simple. Ce cône s'est avéré avoir un pic très pointu avec une grande rigidité qui peut facilement perforer la partie inférieure de l'éprouvette. Il convient de noter que ce mode de rupture (avec différents cônes) n'a été observé que dans les échantillons de SG non stabilisés, SG stabilisés à la chaux seule ou Chaux-PN avec et sans Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> et également dans les échantillons de SR stabilisés à la chaux seule avec et sans CaSO <sub>4</sub> •2H <sub>2</sub> O.	
	Rupture par poinçonnement au pied de l'éprouvette (RPP)						RPP
	Rupture par poinçonnement au milieu de l'éprouvette (RPM)						RPM
Rupture par flambement (RF)				RF	Ce mode de rupture (RF) est caractérisé par des fissures verticales qui sont initialement apparues au milieu de l'éprouvette et accompagnées d'une forte dilatation due à la charge verticale appliquée (force de compression).		
Rupture par expansion interne (REI)	Ce type de rupture n'a pas été observé dans le système SG-Chaux-PN		Destruction totale (rupture aléatoire)	REI	Ce mode de rupture (REI) n'a été observé que dans les échantillons de SR stabilisés en présence de 6% de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> qui est provoqué par la formation de nouvelles phases expansives (ettringite de formation secondaire) pour une durée de durcissement plus longue. Cependant, ce type de rupture n'a pas été observé dans les éprouvettes de SG-Chaux-PN en raison de la formation d'une ettringite primaire dont elle n'est pas expansive.		

### III.2.2 Critères et mode d'évaluation de dégradations des chaussées

#### III.2.2.1 Critères d'évaluation

L'évaluation des chaussées repose sur une série de mesures et d'observations visuelles qui permettent d'établir la condition de la structure, de diagnostiquer les causes des dégradations apparentes et de cibler les solutions de réhabilitation les plus appropriées. Lorsqu'il s'agit de mesures telles que les caractéristiques géométriques ou physiques de la chaussée, il est plus facile de fixer des critères qui servent de base à l'évaluation et à la réhabilitation. Lorsqu'il s'agit d'observations visant à caractériser des dégradations de surface et l'état de la chaussée, l'établissement de tels critères devient plus difficile (MTQ, AIMQ 2002).

Afin de d'envisager cette difficulté, il est très nécessaire de formaliser la caractérisation des défauts de surface des chaussées et d'en faire une synthèse qui pourrait être accessible au personnel concerné par cette activité : cette synthèse, basée notamment sur une série de photos et de croquis, permet de catégoriser les dégradations de surface sur des chaussées souples et d'obtenir une façon d'en mesurer l'étendue et la sévérité de manière objective, cohérente et harmonisée aux procédures actuelles les plus courantes. Le tout vise à améliorer les communications et à faciliter les comparaisons en uniformisant les dénominations et les types de mesures des dégradations. Chacune des dégradations est décrite de façon générale et fait l'objet d'une fiche présentant la liste des causes les plus probables de la dégradation, la description des trois états de sévérité (faible, moyen et majeur). De façon générale, pour chaque dégradation, les trois états de sévérité incluent les notions suivantes :

- **Faible** : Ce niveau correspond au stade initial de la dégradation : les premiers indices apparaissent parfois de façon intermittente sur un segment de route et l'évaluateur doit être attentif pour y déceler les symptômes de détérioration. Cet état est souvent difficile à percevoir pour un observateur se déplaçant en véhicule à une vitesse de l'ordre de 50 km/h. À la vitesse maximale permise, le confort au roulement n'est pas altéré ou il est très peu.
- **Moyen** : Cet état désigne une dégradation continue et facilement perceptible pour un observateur se déplaçant à une vitesse de l'ordre de 50 km/h. À la vitesse maximale permise, le confort au roulement est sensiblement diminué par la plupart des dégradations.
- **Majeur** : Cet état indique que la dégradation est accentuée et évidente, même pour un observateur se déplaçant à la vitesse maximale permise. Le confort au roulement est généralement diminué et, dans certains cas, la sécurité à la vitesse maximale permise peut être compromise. Une intervention de réfection ou de correction devrait être envisagée dans les meilleurs délais possibles lorsque cet état est atteint.

#### III.2.2.2 Mode d'évaluation

La norme PP44-01 de l'AASHTO « *Quantifying Cracks in Asphalt Pavement Surface* » vise à simplifier la classification des fissures et ainsi à assurer des résultats plus cohérents de mesures dans le temps et plus fiables pour les besoins de gestion des chaussées. La base de cette norme a été retenue pour une partie du bloc portant sur la fissuration. Le concept consiste à diviser chaque voie auscultée en « 5 » bandes, soit « 2 » bandes pour les pistes de roues et « 3 » bandes hors pistes de roues. En tenant compte de la direction du trafic, la bande numéro « 1 » est du côté gauche et la bande numéro « 5 » est du côté droit de la voie auscultée (Figure III.18).

Sur cette base, un taux de fissuration pour chaque bande peut être établi à partir des fissures détectées en longueur et en largeur. Les fissures en piste de roues sont principalement associées aux sollicitations du trafic et aux dégradations par fatigue alors que les fissures dans les autres bandes sont attribuables à des causes plus variées, comme le gel et le vieillissement, ou à des défauts de construction. On doit cependant noter que souvent en milieu urbain ou dans le cas de géométries particulières présentant des voies larges, le principe des bandes d'auscultation par voie pour la fissuration peut s'avérer difficile d'application et même inapproprié.



Figure III.18 – Détails des bandes d'auscultation pour la fissuration (dégradation) (MTQ-AIMQ 2002).

### III.3 Dégradation des chaussées souple et semi-rigides

D'une manière générale, les dégradations observées dans les chaussées souples et semi-rigides peuvent être répertoriées en cinq principales familles qui sont présentées avec des exemples en photos comme suit (CTTP 1995, 1996; LCPC-IFSTTAR 1998; MTQ-AIMQ 2002) :

- Famille des déformations ;
- Famille des fissurations ;
- Famille des arrachements ;
- Famille des mouvements de matériaux ;
- Famille des dégradations en milieu urbain.

#### III.3.1 Famille des déformations

Ce sont des dégradations qui entraînent une modification de la chaussée donnant à la surface de cette dernière un aspect différent de celui désiré. Ces déformations qui prennent naissance dans le corps de la chaussée affectent en générale les couches inférieures pour atteindre ensuite la couche de roulement et peuvent se distinguer selon leur forme ou leur localisation comme suit :

### III.3.1.1 Ornière à faible rayon

L'ornière à faible rayon correspond à une dépression longitudinale simple, double et parfois triple, de l'ordre de 250 mm de largeur, située dans les pistes de roues. Le profil transversal de ces dépressions est souvent similaire à des traces de pneus simples ou jumelés.

#### III.3.1.1.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité d'une ornière à faible rayon sont présentés dans la [figure III.19](#). L'étendue représente le % de la longueur totale des zones atteintes par rapport à la longueur totale de la section du relevé.



*Figure III.19 – Gravité d'une ornière à faible rayon (MTQ-AIMQ 2002).*

- **Faible** : la profondeur de l'ornière est inférieure à 10 mm.
- **Moyen** : à ce niveau la profondeur de l'ornière est de 10 à 20 mm.
- **Majeur** : la profondeur de l'ornière est supérieure à 20 mm.

#### III.3.1.1.2 Les causes probables

Les matériaux granulaires constituant l'assise des chaussées souples ont parfois une faible rigidité. Les contraintes verticales élevées engendrent par leur répétition des déformations plastiques qui se répercutent en déformations permanentes à la surface de la chaussée. Les causes probables d'orniérage à faible rayon sont :

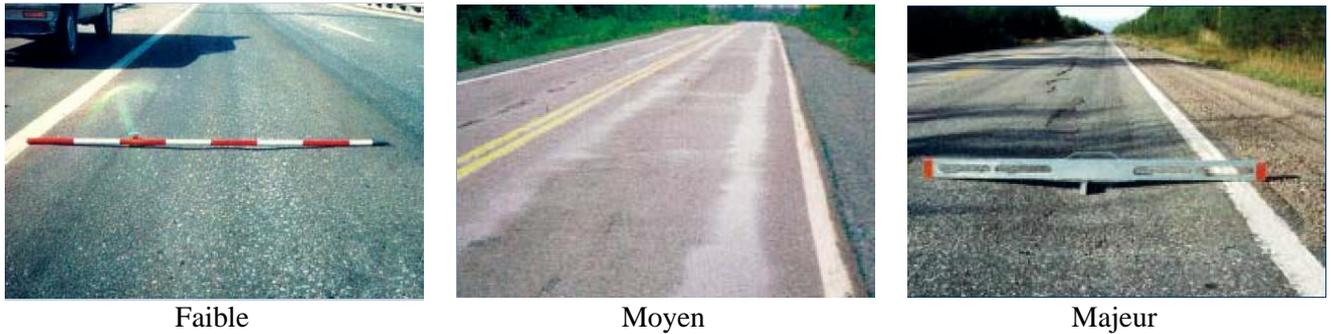
- Enrobé à stabilité réduite par temps chaud (ex. : bitume trop mou ou surdosage) ;
- Enrobé trop faible pour bien résister au trafic lourd ;
- Compactage insuffisant de l'enrobé lors de la mise en place ;
- Usure de l'enrobé en surface (abrasion).

### III.3.1.2 Ornière à grand rayon

Elle est caractérisée par une dépression longitudinale simple située dans les pistes de roues. La forme transversale de la dépression correspond à celle d'une courbe parabolique très évasée.

#### III.3.1.2.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité d'une ornière à grand rayon sont présentés dans la [figure III.20](#). L'étendue représente le % de la longueur totale des zones atteintes par rapport à la longueur totale de la section du relevé.



**Figure III.20** – Gravité d'une ornière à grand rayon (MTQ-AIMQ 2002).

- **Faible** : la profondeur de l'ornière inférieure à 10 mm ;
- **Moyen** : la profondeur de l'ornière est de 10 à 20 mm ;
- **Majeur** : la profondeur de l'ornière est supérieure à 20 mm.

### III.3.1.2.2 Causes probables

Les causes les plus plausibles et les plus fréquentes qui provoquent des ornières à grand rayon sont les suivantes :

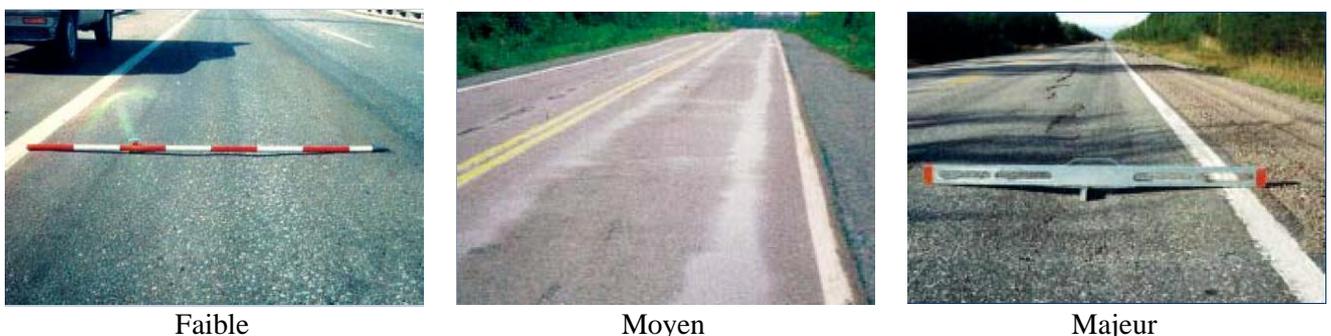
- Vieillissement (accumulation des déformations permanentes) ;
- Compactage insuffisant dans les couches de granulaire à la construction ;
- Capacité structurale insuffisante de la chaussée ;
- Mauvais drainage des matériaux granulaires de la chaussée (ex. : période de dégel) ;
- Usure.

### III.3.1.3 Affaissement

C'est une distorsion du profil en bordure de la chaussée ou au voisinage de conduites souterraines ou dépression très prononcée et souvent assez étendue se localisant soit en rive, soit en pleine largeur.

#### III.3.1.3.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité d'un affaissement sont présentés dans la [figure III.21](#). L'étendue est le % de la surface totale atteinte par rapport à la surface de la section de relevé.



**Figure III.21** – Gravité d'un affaissement (MTQ-AIMQ 2002).

- **Faible** : il est défini par une dénivellation dont la profondeur est inférieure à 20 mm sous la règle de 3 m ;
- **Moyen** : ici la dénivellation a une profondeur se situant entre 20 et 40 mm sous la règle de 3m ;
- **Majeur** : il correspond à une dénivellation dont la profondeur est supérieure à 40 mm sous la règle de 3 m.

### III.3.1.3.2 Causes probables

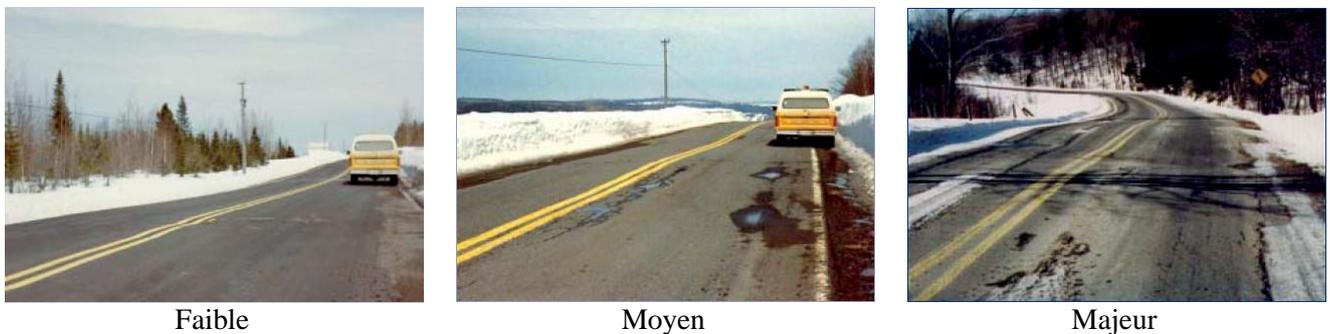
Les affaissements des chaussées souples sont souvent causés par instabilité du remblai, la présence de matériaux inadéquats ou mal compactés, zone de déblai argileux ou secteurs marécageux, affouillement ou assèchement du sol support, le mauvais état des réseaux souterrains (milieu urbain). Il existe d'autres raisons comme un sous-dimensionnement localisé, la pollution du corps de chaussée, la construction localement défectueuse.

### III.3.1.4 Soulèvement différentiel

Le soulèvement différentiel est défini par le gonflement localisé de la chaussée en période de gel, aussi bien parallèle que perpendiculaire à l'axe de la chaussée.

#### III.3.1.4.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité d'un soulèvement différentiel sont présentés dans la [figure III.22](#). L'étendue est % totale de la zone touchée par ce type de dégradation par rapport à la surface totale de la section du relevé.



*Figure III.22 – Gravité d'un soulèvement différentiel (MTQ-AIMQ 2002).*

- **Faible** : Dénivellation progressive dont la hauteur est inférieure à 50 mm ;
- **Moyen** : Dénivellation progressive dont la hauteur se situe entre 50 et 100 mm ;
- **Majeur** : Dénivellation progressive dont la hauteur est supérieure à 100 mm ou dénivellation brusque quelle que soit sa hauteur.

#### III.3.1.4.2 Causes probables

Les causes les plus plausibles sont :

- Infrastructure gélive, phénomène hivernal récurrent ;
- Matériaux sensibles à l'humidité, phénomène permanent ;

- Nappe phréatique élevée et présence d'eau aux abords de la chaussée ;
- Hétérogénéité des matériaux ou transition inadéquate dans la chaussée ;
- Conduites souterraines à faible profondeur (milieu urbain).

### III.3.1.5 Désordre de profil

Le désordre de profil est observé en cas des pentes et géométrie inappropriées favorisant l'accumulation des eaux de ruissellement en flaques sur la surface de la chaussée.

#### III.3.1.5.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité d'un désordre de profil sont présentés dans la [figure III.23](#). L'étendue est le % de la surface totale touchée par ce type de dégradation par rapport à la surface totale de la section du relevé.



*Figure III.23 – Gravité d'un désordre de profil (MTQ-AIMQ 2002).*

- **Faible** : Accumulation d'eau sur une profondeur de moins de 20 mm ;
- **Moyen** : Accumulation d'eau sur une profondeur de 20 à 40 mm ;
- **Majeur** : Accumulation d'eau sur une profondeur de plus de 40 mm.

#### III.3.1.5.2 Causes probables

Les phénomènes qui provoquent les désordres de profil sont généralement les points bas non drainés, l'affaissement le long des bordures.

### III.3.2 Famille des fissurations

Les sollicitations répétées de flexion alternée dans la couverture bitumineuse d'une chaussée souple entraînent une dégradation par fatigue, sous la forme de fissures d'abord isolées puis évoluant peu à peu vers un faïençage à maille de faible dimension. Les fissurations sont définies comme étant une cassure de revêtement suivant une ligne avec ou sans rupture du corps de chaussée. Elles peuvent intéresser aussi bien la couche de roulement seule, qu'une partie ou la totalité du corps de chaussée.

#### III.3.2.1 Fissures transversales

On parle de fissures transversales en cas de rupture du revêtement relativement perpendiculaire à la direction de la route, généralement sur toute la largeur de la chaussée.

### III.3.2.1.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité des fissures transversales sont présentés dans la [figure III.24](#). L'étendue est le % de surface totale de la zone atteinte par rapport à la surface de la section du relevé.



*Figure III.24 – Gravité des fissures transversales (MTQ-AIMQ 2002).*

- **Faible** : Fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis ;
- **Moyen** : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés. Sans être inconfortable, la fissure est perceptible par l'utilisateur ;
- **Majeur** : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure. Le confort au roulement est diminué par les déformations de surface.

### III.3.2.1.2 Causes probables

Les fissures transversales sont causées par les phénomènes ci-contre :

- Retrait thermique ;
- Vieillesse et fragilisation du bitume ;
- Joint de construction mal exécuté (arrêt et reprise des travaux de pose d'enrobé) ;
- Diminution de la section du revêtement.

Parfois il ya apparition des glissements de revêtement qui sont des mouvements très importants de la couche de la surface imputable à la fois à un collage insuffisant avec la couche de base et à une stabilité insuffisante de revêtement. Ils s'amorcent par une fissuration diagonale au droit de passage des roues et par des fissures paraboliques franches.

L'eau s'infiltrant alors plus facilement provoque une accélération des phénomènes : épaufrures aux lèvres des fissures avec départ des matériaux, puis formation de nids de poule. Si la chaussée est laissée sans entretien, elle évoluerait très rapidement vers une destruction complète.

### III.3.2.2 Fissures longitudinales en piste de roues

Elles sont caractérisées par la rupture du revêtement parallèle à la direction de la route et située dans les pistes de roues.

### III.3.2.2.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité des fissures longitudinales en piste de roues sont présentés dans la [figure III.25](#). L'étendue est le pourcentage de la longueur affectée par rapport à la longueur de section du relevé.



**Figure III.25** – Gravité des fissures longitudinales en piste de roues (MTQ-AIMQ 2002).

- **Faible** : Ce niveau faible est défini par fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis ;
- **Moyen** : Le niveau moyen se caractérise par fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés. Sans être inconfortable, la fissure est perceptible par l'utilisateur ;
- **Majeur** : On parle de niveau majeur quand on est en présence des fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure. On note la présence de fissures en carrelage.

### III.3.2.2.2 Causes probables

Ces types de fissures sont souvent causées par :

- Fatigue du revêtement (trafic lourd) ;
- Capacité structurale insuffisante de la chaussée.
- Mauvais drainage des couches granulaires de la chaussée (ex. : pendant le dégel).

En plus, les variations de la température à la surface d'une chaussée provoquent des phénomènes de traction et de contraction qui entraînent les fissures. La chaleur qui ramollit les couches de surface, accélère le vieillissement des produits hydrocarbonés.

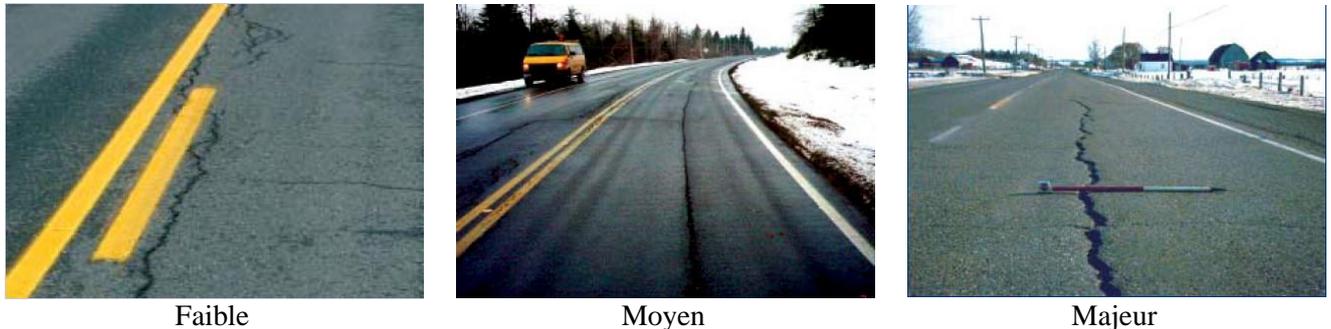
Le cycle chaleur-froid altère la stabilité des matériaux, et les surfaces bitumineuses cassantes, et donc sujettes à la fissuration et l'effritement.

### III.3.2.3 Fissures longitudinales hors piste de roues

Elles sont définies par la rupture du revêtement relativement parallèle à la direction de la route, en dehors des pistes de roue.

### III.3.2.3.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité des fissures longitudinales hors piste de roues sont présentés dans la [figure III.26](#). L'étendue est le % de la longueur affectée par rapport à la longueur de section du relevé.



*Figure III.26 – Gravité des fissures longitudinales hors piste de roues (MTQ-AIMQ 2002).*

- **Faible** : Il se définit par des fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis ;
- **Moyen** : Ce niveau moyen fait état des fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés ;
- **Majeur** : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure.

### III.3.2.3.2 Causes probables

Les fissures longitudinales hors piste de roues sont dues aux phénomènes ci-contre :

- Joint de construction mal exécuté le long de la travée adjacente ;
- Ségrégation de l'enrobé à la pose (ex. : centre de l'épandeur) ;
- Vieillesse du revêtement ;
- Fatigue avancée de la chaussée ou sous-dimensionnement d'une ou plusieurs couches ;
- Diminution de portance du sol support (drainage déficient, défaut d'étanchéité) ;
- Mauvais mode de fonctionnement de la structure (couches décollées) ;
- Qualité médiocre de certains matériaux.

### III.3.2.4 Fissures de gel

Elles correspondent à la rupture du revêtement générant une fissure active sous l'effet du gel, soit rectiligne et localisée au centre de la voie ou de la chaussée, soit d'apparence lézardée sans localisation précise sur la chaussée.

#### III.3.2.4.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité des fissures de gel sont présentés dans la [figure III.27](#). L'étendue est le % de la longueur affectée par rapport à la longueur de section du relevé.



Figure III.27 – Gravité des fissures de gel (MTQ-AIMQ 2002).

- **Faible** : Ce niveau reflète des fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 10 mm. Les bords sont en général francs et bien définis ;
- **Moyen** : Il est caractérisé par des fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 10 à 25 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés. Sans être inconfortable, la fissure est perceptible par l'utilisateur ;
- **Majeur** : Ce sont fissures généralement simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 25 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure. Le confort au roulement est diminué par les déformations de surface.

#### III.3.2.4.2 Causes probables

Les fissures de gel sont provoquées par les phénomènes suivants :

- Infrastructure gélive et soulèvements différentiels ;
- Comportement gélif différentiel ;
- Remblai instable ;
- Drainage inadéquat.

#### III.3.2.5 Faïençage « fissures en carrelage »

Les fissures en carrelage « *Faïençage* » sont représentées par la rupture du revêtement sur des superficies plus ou moins étendues, formant un patron de fissuration à petites mailles polygonales dont la dimension moyenne est de l'ordre de 300 mm ou moins.

##### III.3.2.5.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité des fissures en carrelage « *Faïençage* » sont présentés dans la [figure III.28](#). L'étendue est définie par le pourcentage de la somme des surfaces des zones endommagées par rapport à la surface totale de la section du relevé.

**Faible** : c'est un maillage composé de fissures simples aux bords francs ;

**Moyen** : Maillage composé de fissures simples aux bords faiblement détériorés ;

**Majeur** : Maillage qui est composé de fissures simples aux bords détériorés.



Figure III.28 – Gravité des fissures en carrelage « Faiençage » (MTQ-AIMQ 2002).

### III.3.2.5.2 Causes probables

Les causes les plus fréquentes des fissures en carrelage sont :

- Fatigue (ex. : épaisseur de revêtement insuffisante) ;
- Vieillissement de la chaussée (oxydation et fragilisation du bitume dans l'enrobé) ;
- Capacité portante insuffisante.

### III.3.2.6 Fissures en rive

Les fissures en rive correspondent à des ruptures en lignes droites ou en arcs de cercle, le long de l'accotement ou de la bordure, ou décollement du revêtement le long de la bordure.

#### III.3.2.6.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité des fissures en rive sont présentés dans la figure III.29. L'étendue est le % de la longueur totale touchée par la dégradation par rapport à la longueur totale de la section du relevé.

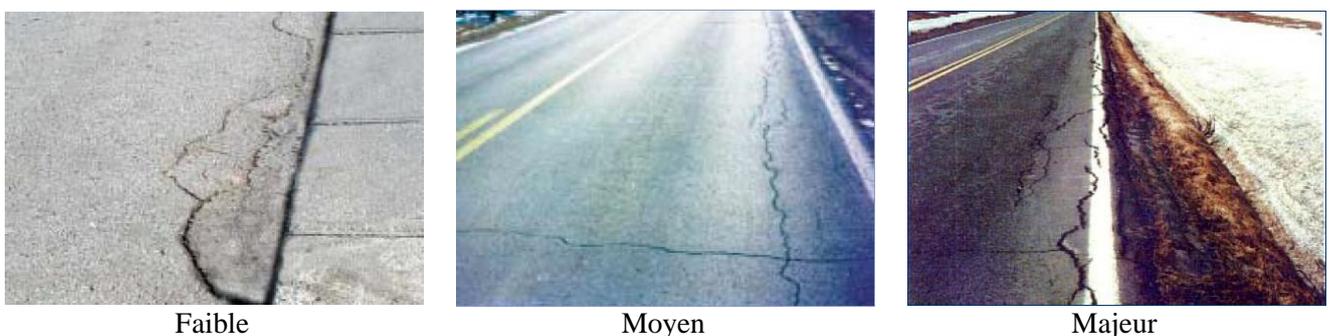


Figure III.29 – Gravité des fissures en rive (MTQ-AIMQ 2002).

- **Faible** : il se définit par fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis ;
- **Moyen** : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés ;
- **Majeur** : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure.

### III.3.2.6.2 Causes probables

Les fissures en rive sont dues aux phénomènes ci-contre :

- Manque de support latéral (ex. : accotement étroit et pente de talus abrupte) ;
- Discontinuité dans la structure (ex. : élargissement) ;
- Apport latéral d'eau de ruissellement dans la structure de la chaussée (milieu urbain) ;
- Assèchement du sol support.

### III.3.3 Famille des arrachements

La famille des arrachements ne concernent que les désordres affectant en général la couche de roulement.

#### III.3.3.1 Désenrobage

Le désenrobage est l'érosion et perte des gros granulats en surface produisant une détérioration progressive du revêtement.

##### III.3.3.1.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité de désenrobage sont présentés dans la [figure III.30](#). L'étendue est le % de la surface affectée par rapport à la surface de la section du relevé.



*Figure III.30 – Gravité de désenrobage (MTQ-AIMQ 2002).*

- **Faible** : c'est une perte tout juste observable du mastic ou des gros granulats, principalement dans les pistes de roues ;
- **Moyen** : Perte facilement observable du mastic laissant les gros granulats très apparents ou perte des gros granulats laissant un patron régulier de petites cavités généralisées à toute la surface ;
- **Majeur** : il est défini par une surface entièrement érodée et dégradation accentuée dans les pistes de roues (début d'orniérage par usure).

##### III.3.3.1.2 Causes probables

Le désenrobage est causé par les phénomènes suivants : usure par trafic intense, Sous dosage du bitume, utilisation d'agrégats hydrophiles, compactage insuffisant, surchauffe ou vieillissement de

l'enrobé (oxydation et fragilisation), sollicitations accrues en zone de virage et de freinage (milieu urbain), adhésivité liant - granulat insuffisante, mise en oeuvre par conditions météorologiques défavorables, et la stagnation d'eau sur la chaussée.

### III.3.3.2 Pelade

C'est l'arrachement par plaques de l'enrobé de la couche de surface.

#### III.3.3.2.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité de pelade « *arrachement par plaques* » sont présentés dans la [figure III.31](#). L'étendue est le % de la surface affectée par rapport à la surface de la section du relevé.



**Figure III.31** – Gravité de pelade « *arrachement par plaques* » ([MTQ-AIMQ 2002](#)).

- **Faible** : Pelade ayant la surface d'arrachement inférieure à 0.5 m carré ;
- **Moyen** : Pelade dont la surface d'arrachement est de 0.5 à 1 m carré ;
- **Majeur** : Pelade ayant la surface d'arrachement supérieure à 1 m carré.

#### III.3.3.2.2 Causes probables

Les pelades sont causées par les phénomènes suivants :

- Mauvaise adhérence de la couche de surface liée au manque de liant d'accrochage, à l'incompatibilité chimique et/ou à la saleté entre les couches ;
- Épaisseur insuffisante de la couche de surface ;
- Chaussée fortement sollicitée par le trafic.

### III.3.3.3 Nid-de-poule

Le nid-de-poule est la manifestation finale d'une combinaison de différents problèmes. Il est caractérisé par une désagrégation localisée du revêtement sur toute son épaisseur formant des trous de forme généralement arrondie, au contour bien défini, de taille et de profondeur variables.

#### III.3.3.3.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de nid-de-poule sont présentés dans la [figure III.32](#). L'étendue est évaluée par le nombre de nids de poule par section du relevé.



Figure III.32 – Gravité du nid-de-poule (MTQ-AIMQ 2002).

- **Faible** : il est décrit par le nid-de-poule dont le diamètre est moins de 200 mm ;
- **Moyen** : dans ce cas le nid-de-poule possède un diamètre de 200 à 300 mm ;
- **Majeur** : à ce niveau le nid-de-poule a un diamètre de plus de 300 mm.

### III.3.3.3.2 Causes probables

Les nids-de-poules sont provoqués par la faiblesse ponctuelle de la fondation, l'insuffisance de l'épaisseur du revêtement, le défaut de portance (drainage, poche d'argile, etc.). Ils peuvent aussi avoir lieu lorsque la chaussée est fortement sollicitée par le trafic lourd, en cas d'un défaut localisé de la couche de surface ou de base qui est souvent du à une mauvaise qualité à la fabrication ou à la mise en oeuvre des matériaux.

## III.3.4 Les mouvements de matériaux

### III.3.4.1 Ressuage

Le ressuage, par définition, est la remontée de bitume à la surface du revêtement, accentuée dans les pistes de roues.

#### III.3.4.1.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité de ressuage sont présentés dans la figure III.33. L'étendue est le % de longueur cumulée des zones affectées par le désordre par rapport à la longueur totale de la section du relevé.



Figure III.33 – Gravité de ressuage (MTQ-AIMQ 2002).

- **Faible** : dans un tel cas le ressuage est surtout détectable dans les pistes de roues par l'apparition d'une bande de revêtement plus foncée ;
- **Moyen** : ici Les pistes de roues sont bien délimitées par la couleur noire du bitume ;
- **Majeur** : il correspond à un aspect humide et luisant de la plus grande partie de la surface. La texture de l'enrobé est impossible à discerner. Le bruit des pneus est similaire à celui produit sur un revêtement mouillé. La plus grande partie de la surface est affectée.

### III.3.4.1.2 Causes probables

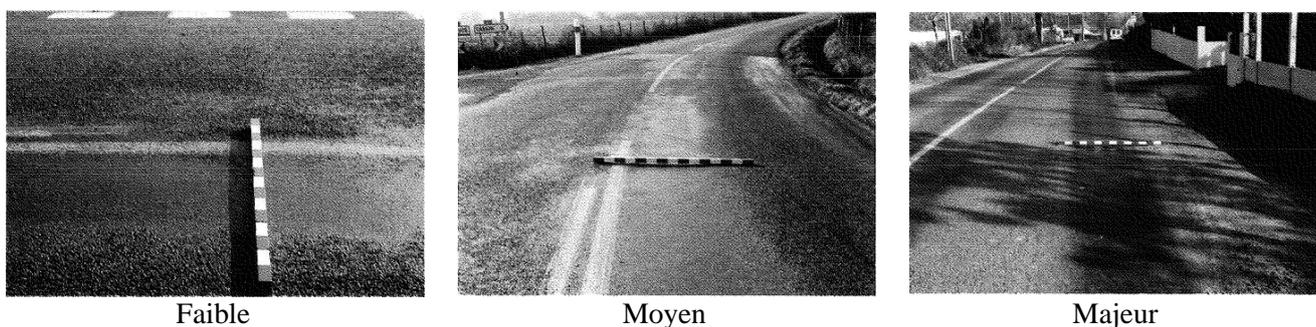
Le ressuage est causé par le surdosage du bitume, effet combiné de la température élevée du revêtement et des sollicitations du trafic, excès de liant d'accrochage, formulation d'enrobé inadaptée aux sollicitations.

### III.3.4.2 Glaçage ou « Indentation »

Le glaçage, par définition, est l'usure ou l'enfoncement de gravillons dans l'enrobé en période chaude sous l'action du trafic conférant à la surface de roulement un aspect lisse et brillant.

#### III.3.4.2.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité de glaçage ou « *Indentation* » sont présentés dans la [figure III.34](#). L'étendue est le % de longueur cumulée des zones affectées par le désordre par rapport à la longueur totale de la section du relevé.



**Figure III.34** – Gravité de glaçage ou « *Indentation* » (LCPC, IFSTTAR 1998).

- **Faible** : perceptible, franc mais isolé (de l'ordre du mètre) ;
- **Moyen** : significatif et concerne les bandes de roulement par zones de 10m environ ;
- **Majeur** : phénomène généralisé sur tout le profil en travers ou dans les deux bandes de roulement par zone supérieure à 10m.

#### III.3.4.2.2 Causes probables

Le glaçage a pour causes :

- La dureté insuffisance des granulats du revêtement ;
- Le surdosage en liant de l'enrobé ;
- La qualité du liant inadaptée au trafic ou au climat ;

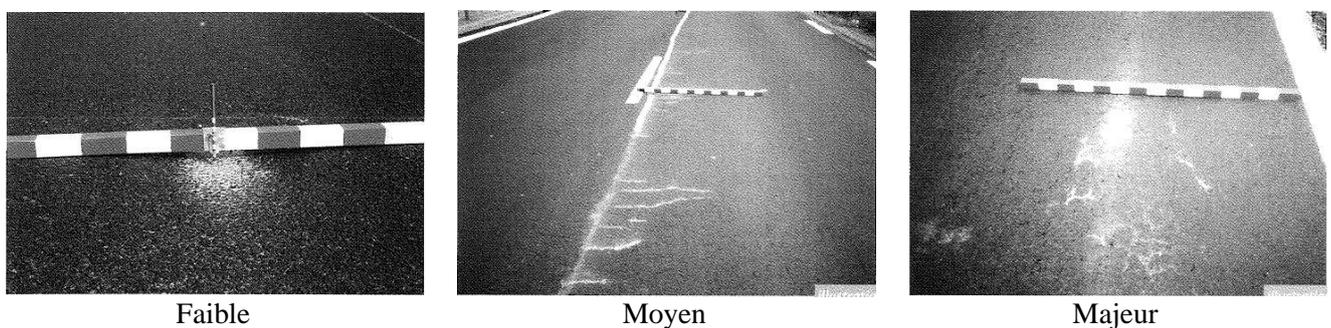
- Les réparations localisées ;
- Des incidents de chantier ;
- Fuites d'huile des engins de chantier.

### III.3.4.3 Remontée des fines

Apparition d'éléments fins à la surface de chaussée provenant de l'assise qui sont généralement localisées au droit de défauts de la couche de roulement (fissures, flaches, faïençages...etc.).

#### III.3.4.3.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité de remontée des fines sont présentés dans la [figure III.35](#). L'étendue est le % de surface cumulée des zones affectées par le désordre par rapport à la surface totale de la section du relevé.



*Figure III.35 – Gravité de remontée des fines (LCPC, IFSTTAR 1998).*

- **Faible** : dégradation perceptible et localisée ;
- **Moyen** : dégradation franche, significative et étendue et plus sévère (moins de fines) ;
- **Majeur** : dégradation franche, significative, étendue et plus sévère (trop de fines).

#### III.3.4.3.2 Causes probables

La remontée des fines en surface est généralement causée par l'eau circulant dans l'assise sous l'effet du pompage engendré par le trafic. Ces particules proviennent du sol support (cas des sols fins sensibles à l'eau). Ce phénomène peut se produire sur des fissures présentant des battements ou sur des zones dont l'assise présente un feuilletage, une décohésion superficielle ou une décohésion dans la masse.

### III.3.5 Les dégradations en milieu urbain

#### III.3.5.1 Fissuration autour des regards et des puisards

Elle est décrite par la rupture du revêtement suivant un tracé circulaire et/ou radial.

##### III.3.5.1.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité de fissuration autour des regards et des puisards sont présentés dans la [figure III.36](#). L'étendue est le nombre total de regards par section du relevé et par niveau de sévérité.



**Figure III.36** – Gravité de fissuration autour des regards et des puisards (MTQ-AIMQ 2002).

- **Faible** : Fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis ;
- **Moyen** : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés. Sans être inconfortable, la fissure est perceptible par l'utilisateur ;
- **Majeur** : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure. Le confort au roulement est diminué par les déformations de surface.

### III.3.5.1.2 Causes probables

Ces fissurations sont produites par la consolidation ou tassement de la chaussée, les cycles de gel-dégel, la désagrégation de la cheminée par la saumure, les impacts dynamiques, la perte de matériaux autour de la structure.

### III.3.5.2 Dénivellation des regards et des puisards

C'est une inégalité entre la surface du revêtement et le dessus d'un puisard ou d'un regard.

#### III.3.5.2.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité de dénivellation des regards et des puisards sont présentés dans la [figure III.37](#). L'étendue est le nombre total de regards par section du relevé et par niveau de sévérité.



**Figure III.37** – Gravité de dénivellation des regards et des puisards (MTQ-AIMQ 2002).

- **Faible** : il est défini par une dénivellation de moins de 20 mm ;
- **Moyen** : on observe dans ce cas une dénivellation de 20 à 40 mm ;
- **Majeur** : ici la dénivellation est de plus de 40 mm.

### III.3.5.2 Causes probables

Les causes les plus probables sont les suivantes :

- Consolidation ou tassement de la chaussée ;
- Cycles de gel et de dégel engendrant des déformations permanentes ;
- Désagrégation de la cheminée en présence de saumure ;
- Impacts dynamiques cumulant des déformations permanentes ;
- Perte de matériaux autour de la structure.

### III.3.5.3 Coupe et tranchée

C'est une fissuration ou un affaissement dans la tranchée ou dans son voisinage.

#### III.3.5.3.1 Gravité et étendue

Les trois niveaux de gravité de dénivellation des regards et des puisards sont présentés dans la [figure III.38](#). L'étendue est la superficie touchée sur la section du relevé.



*Figure III.38 – Gravité de coupe et tranchée (MTQ-AIMQ 2002).*

- **Faible**: il correspond à une dénivellation inférieure à 20 mm et/ou fissure simple dont l'ouverture est inférieure à 5 mm et dont les bords sont en général francs et bien définis ;
- **Moyen** : c'est une dénivellation de 20 à 40 mm et/ou fissure simple ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés ;
- **Majeur** : à ce niveau la dénivellation est de plus de 40 mm et/ou fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés.

#### III.3.5.3.2 Causes probables

Les causes les plus probables sont les suivantes :

- Le Compactage insuffisant des matériaux de remblayage de la tranchée ;

- L'hétérogénéité des matériaux de tranchées et celles des chaussées existantes ;
- Le relâchement des contraintes produit par une perte de support latéral dans la tranchée ;
- Le remblayage incomplet sous les bords du revêtement ;
- Le manque d'étanchéité du joint de coupe.

### III.4 Dégradation des chaussées rigides

Quand elles sont bien conçues et réalisées dans les règles de l'art, les chaussées en dalles de béton se dégradent peu comparées aux chaussées à revêtement bitumineux. La nature de ces dégradations peut relever de diverses formes faites que l'on ne peut pas les classer en familles. Nous les traiterons donc individuellement tout en suivant le schéma précédemment établi. Ainsi, les dégradations les plus fréquemment rencontrées sur les chaussées rigides sont: les fissures, les épaufrures, les décalages de joint, et les rejets de pompage ou phénomène de pompage.

#### III.4.1 Les fissurations

##### III.4.1.1 Description et évolution

On distingue deux groupes de fissures: d'un coté les « *fissures longitudinales, transversales et obliques* » et de l'autre les « *fissures en coin de dalle* ». Ce sont tous des ruptures de dalle en deux morceaux, cependant les fissures en coin correspondent à une intersection de la fissure avec les bords de la dalle formant ainsi un triangle dont les deux cotés de l'angle droit sont les bords de la dalle (Figure III.39).

On assiste à une ouverture de la fissure et à l'épaufrure des lèvres favorisant un départ de matériaux et une infiltration d'eau dans le corps de chaussée. Par suite, les battements de dalles provoqués par le trafic lourd entraînent en plus des rejets de pompage. Cette ouverture est limitée pour le béton armé continu jusqu'à rupture des armatures. Il peut aussi se produire une ramification de la fissure et les coins de dalles contigus à la fissure peuvent se casser.



Fissures en formes diverses



Fissures en coin de dalle

**Figure III.39** – Réseau de fissures.

##### III.4.1.2 Causes probables

Les causes probables de ces fissurations sont :

- Portance insuffisante (épaisseur trop faible de la dalle, résistance insuffisante du béton à la traction ..) ;
- Dégradation des conditions d'appui de la dalle (tassement ou érosion du sol de fondation) ;

- Retrait thermique du béton en cas de sciage tardif ;
- Retrait hydrique ;
- Rupture par fatigue de la chaussée sous l'effet de l'accumulation de contraintes de traction-flexion excessives ;
- Espacement entre joints trop long ;
- Gonflement ou retrait du sous sol.

### III.4.2 Les épaufrures

#### III.4.2.1 Description et évolution

Ce sont des fragments qui se sont détachés de la masse du béton aux abords des joints ou des fissures. Généralement cette dégradation affecte simplement une partie de l'épaisseur de la dalle (Figure III.40). Les épaufrures deviennent de plus en plus nombreuses et larges et évoluent vers la fragmentation en dalles de plus en plus petites. Elles sont aussi accompagnées d'un affaissement de ces dalles et de départs de matériaux. On note enfin une accentuation du phénomène par pénétration d'eau dans le corps de chaussée.



Figure III.40 – Une épaufrure sur une chaussée rigide.

#### III.4.2.2 Causes probables

Les causes probables de ce type de dégradation sont :

- Joints bloqués (présence de matériaux incompressibles) empêchant la dilatation thermique et créant une compression en bordure, entraînant leur effritement ;
- Existence de zones de faiblesse au niveau des joints ;
- Résistance à la compression du béton insuffisante ;
- Détérioration locale du béton par un sciage prématuré ;
- Friction des lèvres des joints générée par les battements de dalles.

### III.4.3 Les décalages de joint

#### III.4.3.1 Description et évolution

Il s'agit d'une dénivellation verticale entre les deux lèvres d'un joint de dalle ou de bord de fissure (Figure III.41). Les décalages de joint induisent une modification des conditions de fonctionnement de la dalle (transfert de charge) et à une altération de l'uni. Ils évoluent vers une épaufrure des lèvres des

joints ou des bords des fissures, des rejets de fines suite aux infiltrations d'eau dans le corps de la chaussée, ainsi que vers une fissuration transversale ou oblique.



*Figure III.41 – Décalage de dalle d'une chaussée rigide.*

### III.4.3.2 Causes probables

Les causes probables de ce type de dégradation sont :

- Erodabilité de la fondation ;
- Mauvais transfert de charges au niveau des joints transversaux ;
- Portance et/ou la cohésion insuffisante du sol support entraînant un tassement différentiel ;
- Mouvements de matériaux sous les deux bords du joint dus à un phénomène de pompage, de retrait hydrique, à un mauvais drainage.

### III.4.4 Le pompage

#### III.4.4.1 Description et évolution

Il s'agit de l'éjection de matériaux (eau, boue...) à la surface de la chaussée lors des passages de véhicules lourds, au niveau des fissures ou des joints par suite de l'existence de cavités sous les dalles ([Figure III.42](#)).

Il évolue vers la formation de cavités dans les abouts de dalles. Ces cavités font que le trafic lourd génère des battements de dalles qui accentuent les rejets de pompage. A terme peuvent survenir la mise en escalier et la fissuration des dalles.



*Figure III.41 – Ejection de matériaux (pompage) en chaussée rigide.*

### III.4.4.2 Causes probables

Les causes probables de ce type de dégradation sont :

- Mauvais drainage de la chaussée ;
- Manque de cohésion et la sensibilité à l'eau du support ;
- Dégradation des conditions d'appui de la dalle en présence d'eau due aux sollicitations dynamiques (les battements de dalles sous charge génèrent des mouvements d'eau sous pression aux interfaces dalles-fondation qui provoquent des remontées d'eau et de fines à travers les joints ou les fissures).

### III.5 Conclusion

Ce chapitre a permis d'exposer dans leur plus grande majorité les dégradations sur les chaussées revêtues. Ainsi, pour les chaussées à revêtement bitumineux, on a pu étudier l'ensemble des dégradations sous formes de familles. De plus, nous avons abordé les principales méthodes d'évaluation des dégradations des chaussées proprement dites. Dans le prochain chapitre, nous allons présenter les principales méthodes d'évaluation du comportement des chaussées avant et après dégradation.