

Projet National de recherche et développement

RAPPORT DE RECHERCHE / LIVRABLE

Relevés automatiques

Auteur(s) / Organisme(s) :

Cerema

DiagWay

NextRoad

Technologies Nouvelles

Thème de rattachement :

Thème 2

Caractérisation de l'état du réseau

Mesures in situ

DVDC/R/022

LC/18/DVDC/62, 63, 66 et 67

Décembre 2019

Site internet : www.dvdc.fr

Plateforme collaborative : www.omnispace.fr/dvdc

Président : Dominique JAUMARD

Directeurs : Christine LEROY et Simon POUGET

Gestion administrative et financière : IREX (www.irex.asso.fr), 9 rue de Berri 75008 PARIS, contact@irex.asso.fr

Sommaire

Sommaire	3
1 Résumé	4
2 Introduction – Rappel de la démarche	5
3 Historique	6
4 Appareils recensés	8
4.1 Le REC (Road Eagle Colas).....	8
4.1.1 Relevé.....	8
4.1.2 Traitement.....	9
4.2 Les LCMS (Laser cracks measurement system)	11
4.2.1 Indicateurs fournis	12
4.2.2 Exploitation des mesures	15
4.3 Le PPS ou PPS+.....	16
4.3.1 Présentation de l'appareil	16
4.3.2 Exploitation	16
5 Techniques d'entretien, pathologies, indicateurs	17
5.1 Préambule.....	17
5.2 Liste des techniques	18
5.3 Techniques et pathologies.....	19
5.4 Méthode d'essai	20
5.5 Indicateur structurel.....	20
5.6 Poursuite du travail en Tranche 3	21
6 ANNEXES	22
6.1 Macadam	23
6.2 Liste des pathologies	27
6.3 Listes des techniques.....	28

1 Résumé

Résumé en français

L'évolution des technologies laser et des capacités d'acquisition ont permis de faire émerger à partir de 2010 de nouvelles solutions d'auscultation de chaussées dont les possibilités d'exploitation sont immenses en termes de quantité et de qualité d'information.

Les principaux acteurs du marché ont acquis cette avancée technologique mais le cadre normatif n'a pas évolué depuis 20 ans.

Le groupe de travail réuni de mars 2018 à juin 2019 a identifié ces nouveaux appareils, a regardé quels étaient leurs principaux atouts et a cherché à faire le lien entre leurs possibilités et les besoins des maîtres d'ouvrage ou maîtres d'œuvre pour caractériser l'état des chaussées.

Etablir ce lien a nécessité de recenser les différents descripteurs existants et de regarder comment ces appareils pouvaient les caractériser.

La planche test réalisée sur un échantillon de routes départementales de l'Eure a montré les possibilités en termes de relevés, tant en précision qu'en positionnement des informations.

Ce rapport donne des perspectives pour alimenter la suite à donner en tranche 3, dont l'objectif est de définir une méthode de relevé fondée sur ces nouvelles solutions d'auscultation.

Abstract

Since 2010, the evolution of laser technologies and acquisition capabilities have led to new road survey solutions. Their capabilities are excellent in terms of quantity and quality of information.

The main players have bought this advanced technology, but the normative framework has not changed in 20 years.

The working group met from March 2018 to June 2019 identified these new devices and analyzed their main assets. The working group sought to link their capabilities with the need of road owners to know the actual condition of the roadways.

The establishment of this link made it necessary to identify the different existing descriptors and how these devices could characterize them.

The road test carried out on a road sample of the "Department of the Eure" showed the possibilities in terms of investigation, both in accuracy and positioning of the information.

This report gives perspectives for step 3. The goal is to define a method based on these new road assessment solutions

2 Introduction – Rappel de la démarche

Au début des années 90, alors qu'émergeaient de nouvelles solutions d'auscultation multifonctions tels le SIRANO ou l'ARAN, des premières recherches étaient menées pour caractériser l'état des chaussées de manière automatique. Certes, les solutions de mesure de déformations existaient déjà, mais le besoin était de mettre au point également une caractérisation automatique des dégradations.

Pendant de longues années, les relevés de dégradations ont été confiés à des techniciens, certes formés, mais dont l'homogénéité des relevés et le niveau de répétitivité était difficiles à évaluer. L'image a constitué un premier support de relevé, avec les limites des technologies de l'époque, et notamment les performances des traitements informatiques.

C'est à partir du milieu des années 2000 – 2010, que les technologies laser destinées à l'auscultation de chaussées se sont développées. La vitesse de tir couplée à l'amélioration de leur résolution a permis d'entrevoir de nouvelles possibilités pour la détection automatisée des dégradations.

L'objectif du groupe de travail a été de partager l'identification de ces nouvelles solutions automatiques de relevés, d'appréhender leurs performances et les nouvelles possibilités dans la caractérisation de l'état d'une chaussée, constituant une rupture technologique.

Le sous-groupe composé d'acteurs publics et privés de l'auscultation, de bureau d'ingénierie, s'est réuni 8 fois et a élaboré une première planche test permettant de vérifier le niveau de résultats, en mettant en perspective les capacités d'auscultation.

Le groupe de travail a dans un premier temps défini la liste des descripteurs permettant de caractériser l'état des chaussées. Ce travail de partage s'est concrétisé sous forme de tableaux de synthèse.

Dans un second temps, le groupe de travail a réalisé l'examen des matériels existants en complétant le tableau en fonction de leurs possibilités.

Nota : Est considéré ici comme appareil de relevé automatique, l'appareil qui peut en un passage apporter au moins des éléments sur les niveaux de dégradations et les niveaux de déformation avec pas ou peu d'intervention humaine.

3 Historique

Le relevé automatique des dégradations est une vieille histoire dans l'imaginaire des mesureurs routiers.

Les relevés de dégradations sont eux plus anciens évidemment.

Cela a commencé par des relevés à pied, avec les dégradations notées au pas de 100 m ou 200 m sur des fiches papier, et reportées ensuite en bureau sur les carnets graphiques que géraient les subdivisions des DDE.

Ensuite, l'informatique a permis une saisie en bureau dans les premières banques de données routières.

Le relevé effectué directement à l'aide de saisie embarquée par a été développé par le LCPC à l'époque (DESY, Décrireoute), puis SSV de Astra dans les années 1990 chez Vectra et clavier programmable ARAN chez Technologies Nouvelles.

Le relevé à pied ou à basse vitesse posant des problèmes de sécurité et de rapidité, parallèlement, sur le réseau routier National, l'arrivée du GERPHO (Nancy) a constitué une évolution notable car l'enregistrement se faisait dans le trafic, de nuit.

Le dépouillement en revanche était effectué en laboratoire et permettait un repérage précis et une quantification des dégradations visibles au pas de 20 m (une « image » sur la table GERPHO).

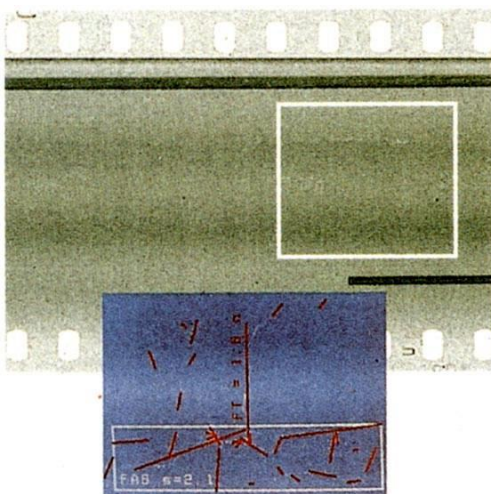
GERPHO (Groupe d'examen routier par la Photographie) Il s'agissait d'une caméra continue (caméra à fente) dont la vitesse de défilement du film était asservie à celle du véhicule. Un éclairage de la chaussée permettait de s'affranchir des problèmes d'ombre, mais il fallait travailler de nuit... à 60 km/h.

Le film était 35 mm « noir et blanc » et le dépouillement se faisait sur le négatif du film sur une table de montage, et dans le noir... (Nancy, Blois et Aix)

Cela constituait un travail à la fois important et fastidieux.

GERPHO a fonctionné de 1974 à 1992 environ.

Puis de 1991 à 2006, SIRANO, premier multifonction autoroutier français exploité par la Samra, reprenait le principe du GERPHO tout en l'améliorant un peu.



Film et table GERPHO

Après une étude de faisabilité en 1987, le « groupe chaussées » de l'USAP (aujourd'hui ASFA) a effectué en 1988 une mission aux EU pour évaluer les possibilités que représentait l'analyse d'image qui se développait, appliquée aux dégradations GERPHO. Le « groupe chaussées » de l'USAP a ensuite financé en grande partie (Cofinancement Direction des routes SETRA-LCPC et ASFA) et suivi le développement de l'outil MACADAM par Gilles SOUSSAIN et son équipe au CETE d'AIX. Le projet s'est terminé en 1992. Son fonctionnement était satisfaisant sur les films GERPHO pour quantifier les fissures, le faïençage (Spaghetti) et les fissures pontées (Tagliatelle), mais inopérant sur les réparations (Lasagnes). Les fissures longitudinales et transversales étaient séparées. Le système permettait aussi de voir les zones de désherbage. Macadam est décrit plus en détail en annexe 1.

L'arrivée des films SIRANO, plus contrasté car l'éclairage était différent, a donné un coup d'arrêt à ce projet, qui en est donc resté au stade d'une version Béta.

La vitesse de traitement, certes avec moins d'intervention humaine, constituait également un frein à l'exploitation à grand rendement.



Sirano en action

MACADAM a fait l'objet de « chaussées d'autoroutes info » n°13 en juin 1988 Publication des SCA et de Scetauroute, qui étaient les notes d'info du groupe chaussées.

4 Appareils recensés

4.1 Le REC (Road Eagle Colas)

4.1.1 Relevé

Le **Road Eagle Colas** (REC) est un appareil d'auscultation développé par le Campus Scientifique et Technique de la société COLAS (CST en s'appuyant sur les technologies « Laser Rut Measurement System (LRMS) » et « Laser Road Imaging System (LRIS) ».

Il dispose des fonctionnalités suivantes :

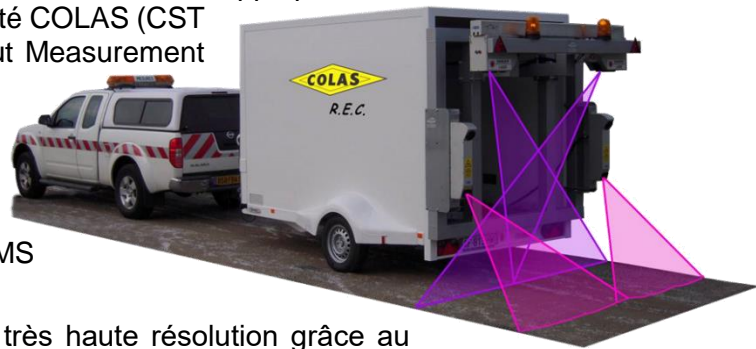
- Mesure des déformations transversales avec le capteur LRMS (Laser Rut Measurement System),
- Création d'images de chaussée de très haute résolution grâce au capteur LRIS (Laser Road Imaging System) (images),
- Relevé des images d'environnement (Caméra 1MP/image),
- Position X, Y grâce à un récepteur GPS d'entrée de gamme – précision de quelques mètres. Le GPS est utilisé principalement pour le suivi de sections (exemple planches innovantes, etc.). ,
- Mesure très précise des distances (odomètre centimétrique),
- Relevé d'évènements par clavier.

Il est équipé d'un système de sécurité sur les lasers permettant que les lasers se coupent automatiquement en dessous d'une certaine vitesse.

Tout le système est installé sur une remorque pour des vitesses de mesures avoisinant les 80 km/h. Les systèmes de mesure sont alimentés par un groupe électrogène situé dans la remorque.

Cette chaîne de mesure est similaire à celle présente sur l'AMAC® (Vectra), principal appareil d'auscultation des réseaux autoroutiers français de 2003 à 2015.

Contrairement à l'AMAC®, le REC ne dispose pas de capteur permettant de mesurer la position verticale de la remorque simple essieu par rapport à la chaussée (évaluation du mouvement de caisse).



4.1.2 Traitement

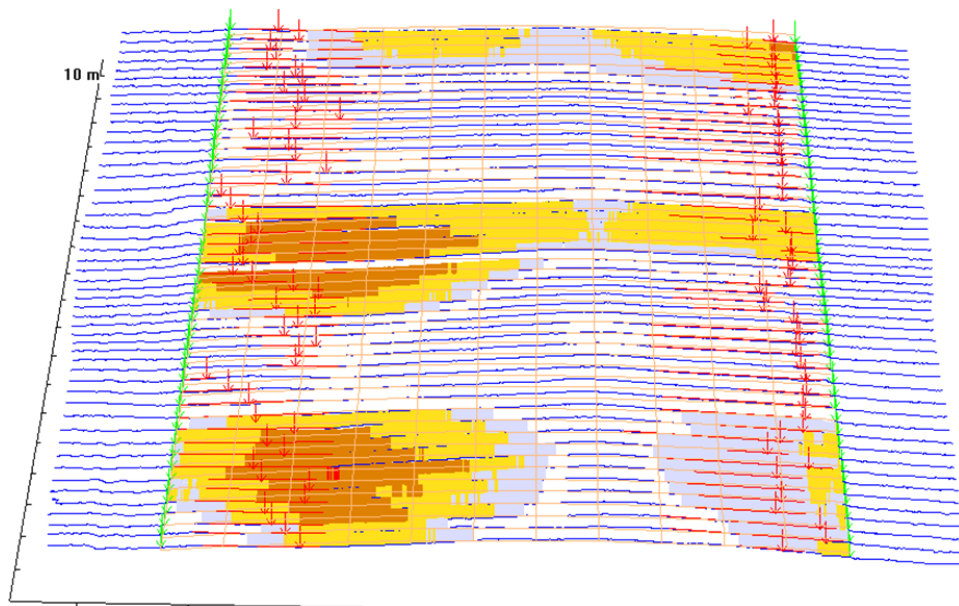
A partir des relevés fournis par le REC, le CST Colas réalise deux types de traitement :

- 1 - Calcul du niveau de déformation
 - Un traitement des profils transversaux avec le logiciel DeformRoute qui permet :
 - La détection automatique des bords,
 - Le calcul de l'ornièrè Max. Il est réalisé en faisant glisser profil par profil une règle virtuelle d'1m50 et on repère ainsi le max de profondeur d'ornièrè (ME LPC n°49 et NFP 98-218-2),
 - Le calcul de la position et % des ornièrès, le % de linéaire concerné,
 - La sortie graphique + numérique par pas de 50 m, on récupère le % sur dix mètres des différentes catégories de déformations mesurées.

1) Les bords de route sont identifiés automatiquement par le marquage au sol et le relief, ou bien manuellement

2) Les OPR maxi gauche et droite sont indiquées par des flèches rouges (méthode de la règle de 1,50m)

3) Les OGR et Affaissements de rive sont affichés par niveau de gravité (gris/jaune/orange/rouge)

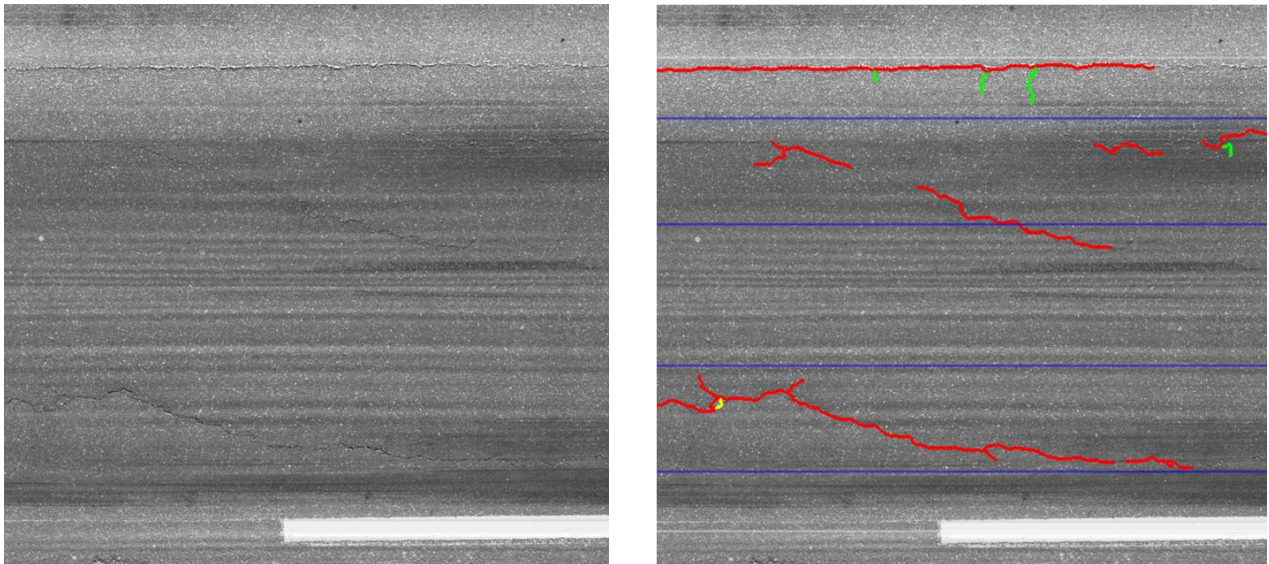


- 2 - Détection de fissuration

Le logiciel de traitement des dégradations affiche simultanément les images de chaussée, la localisation sur une carte et le profil en travers.

Le logiciel de traitement des dégradations dispose d'algorithmes de détection des fissures et du faïençage mais ne traite pas de dégradations surfaciques de type arrachement ou remontées.

L'outil de traitement a été développé par COLAS.



- Les fissures sont détectées selon 4 types de défauts et 4 degrés de sévérité (ouverture en mm),
- Les positions des bandes de roulement des chaussées sont définies dans le logiciel selon la norme AASHTO,
- Le « Faïençage » est défini selon un algorithme qui regarde le nombre de fissures à l'intérieur d'un rectangle virtuel,
- Le logiciel classe les fissures suivant trois couleurs (Rouge/Vert/Jaune) respectivement longitudinales /transversales /autres,
- Les éléments trop petits sont enlevés pour ne pas polluer le relevé,
- L'enjeu ensuite est de caractériser les faux positifs – notamment les zones de pontage – afin de les éliminer.

Remarque

En France il n'y a pas de norme officielle qui définit les positions des bandes de roulement.

Il existe une étude relative sur les positions des essieux à partir de données de circulation des PL. Les sociétés d'autoroute ont retenu des bandes de 0,5 m de large, positionnées à 0,5 m du marquage en rive.

Il n'existe pas non plus dans la littérature d'angle officiel pour distinguer une fissure transversale d'une fissure longitudinale ou oblique.

4.2 Les LCMS (Laser cracks measurement system)

Le LCMS est un capteur à balayage laser fourni par la société Pavemetrics, issu de l'Institut National d'Optique du Québec (INO). Ce capteur est composé de deux émetteurs Laser et de deux caméras vidéo, dont le rôle est d'acquérir deux images matérialisant l'intersection entre la surface de chaussée et un plan lumineux. L'ensemble des profils acquis permet de constituer une image « 3D » représentant 2,5 m, 5 m ou 10 m de longueur de chaussée sur 4 m de largeur.

La résolution transversale est de 1 mm, et la résolution longitudinale est de 1 mm, 2,5 mm ou 5 mm en fonction de la vitesse maximale retenue pour l'auscultation.

La figure ci-dessous présente les véhicules d'auscultation munis de cette technologie.



4.2.1 Indicateurs fournis

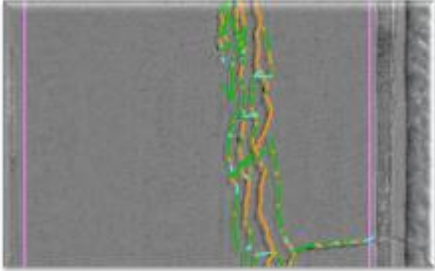
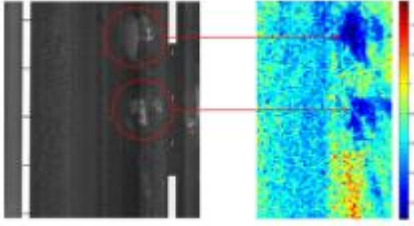
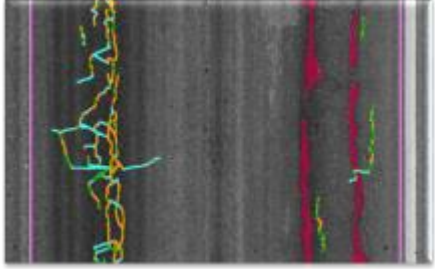
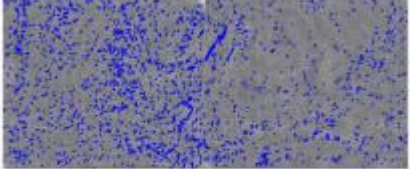
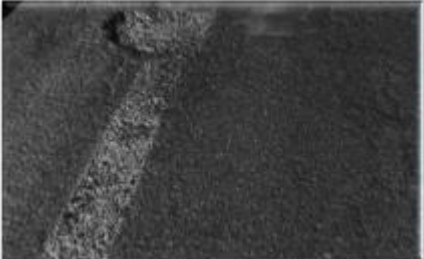
4.2.1.1 Relevé des dégradations

Les systèmes précédemment sur le marché étaient à même de générer une image 2D idéale pour percevoir visuellement les dégradations mais qui nécessitent un recueil manuel et « à risque » en termes de reconnaissance et d'interprétation.

L'enregistrement 3D de la chaussée permet de détecter automatiquement les dégradations.

L'image est traitée en utilisant simultanément les informations type « Imagerie » et « laser » pour localiser précisément les types de désordres. La détection des dégradations repose sur le croisement de deux niveaux d'information : élévation et niveau d'intensité (profondeur et contraste).

Les dégradations visibles à la surface de la chaussée sont relevées par familles (fissurations, arrachements, remontées, ...).

<p>Fissuration</p> 	<p>Remontées</p> 
<p>Pontage</p> 	<p>Arrachements</p> 
<p>Nids de poule</p> 	

4.2.1.2 Relevé des déformations

4.2.1.2.1 Uni transversal

La mesure de déformation du profil en travers est de type continu dynamique au sens de la norme NF P98-219-1.

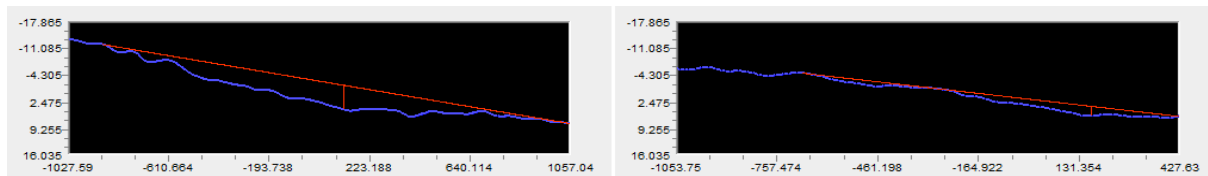
Les mesures sont potentiellement réalisées à un pas longitudinal de 1 mm, 2,5 mm ou 5 mm sur une largeur de 4 m avec une résolution de 4 000 points pour chaque profil (la précision altimétrique est de ± 1 mm).

Les mesures sont réalisées sur l'emprise de la voie, délimitée par la signalisation horizontale ou les détections de limites de chaussée.

En termes de précision de mesure, l'appareil est de catégorie A et de classe 2 au sens de la norme NF P98-219-1.



Un traitement de filtrage sur 8 mm (9 points de mesure) permet de s'affranchir des effets de la macrotecture et/ou de la fissuration et améliore la répétabilité des mesures.



½ Profils N°1 (profondeurs d'ornière : gauche 6.11 mm ; droite 2.45 mm)

Cette méthode permet d'obtenir une image continue du profil en travers, dont l'analyse conduit à calculer au pas souhaité :

- Les profondeurs d'ornières dans les deux bandes de roulement (la précision de l'ornière calculée est de ± 0.5 mm) selon la méthodologie décrite dans la norme NF P98-219-1 (règle fixe de 1.5),
- Les largeurs d'ornière en mm,
- Les hauteurs d'eau gauche et droite en mm.

4.2.1.2.2 Uni longitudinal

Les déformations longitudinales sont mesurées à l'aide du capteur LCMS et des IMU (centrales inertielle) intégrées au système LCMS. La mesure est réalisée au pas élémentaire de 5 mm puis est retraitée pour fournir des pseudos profils corrigés au pas de 5 cm. Ces pseudos profils corrigés sont utilisés pour le calcul des notes en bande d'onde (NBO) conformément à la méthode d'essais LCPC M46-v2 :

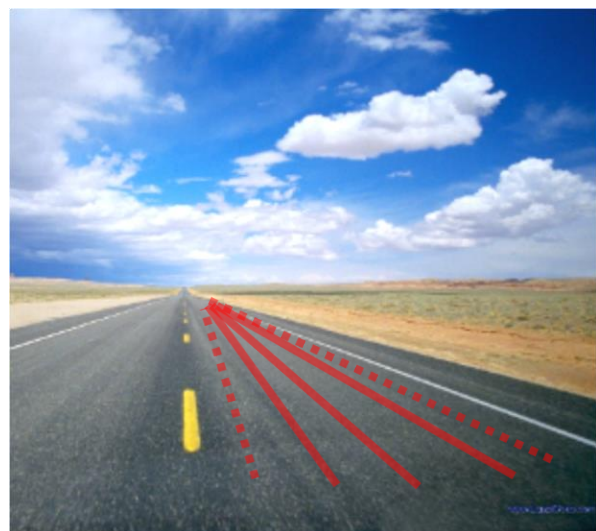
- Calcul à partir du pseudo profil de trois pseudos profils filtrés en bandes d'ondes selon les limites des longueurs d'onde définies par la méthode M46-v2,
- Calcul des énergies à partir des trois pseudos profils filtrés en bandes d'ondes,
- Déduction des notes au ½ point depuis les énergies conformément au tableau de correspondant énergies-notes présent dans la M46-v2.

La mesure est réalisée sur la voie de circulation empruntée par le véhicule. Elle est réalisée dans les deux bandes de roulement et dans l'axe de la chaussée.

Méthode *classique*



Méthode *LCMS*



Chaque pseudo-profil utilisé pour les calculs est en réalité la combinaison de 41 pseudo-profils élémentaires pour simuler le passage d'un pneu.

En élargissant l'emprise de mesure le système est moins sensible aux défauts étroits tels que les traces de jante ou des fissures larges : la répétabilité est améliorée car un décalage de quelques millimètres des traces de mesure a beaucoup moins de conséquence si l'emprise de mesure présente une certaine largeur.

4.2.2 Exploitation des mesures

Les informations collectées par le système d'acquisition LCMS (mesures et dégradations) sont stockées sous forme de fichiers binaires «.fis ». Ces fichiers sont générés par pas de 5 m ou 10 m.

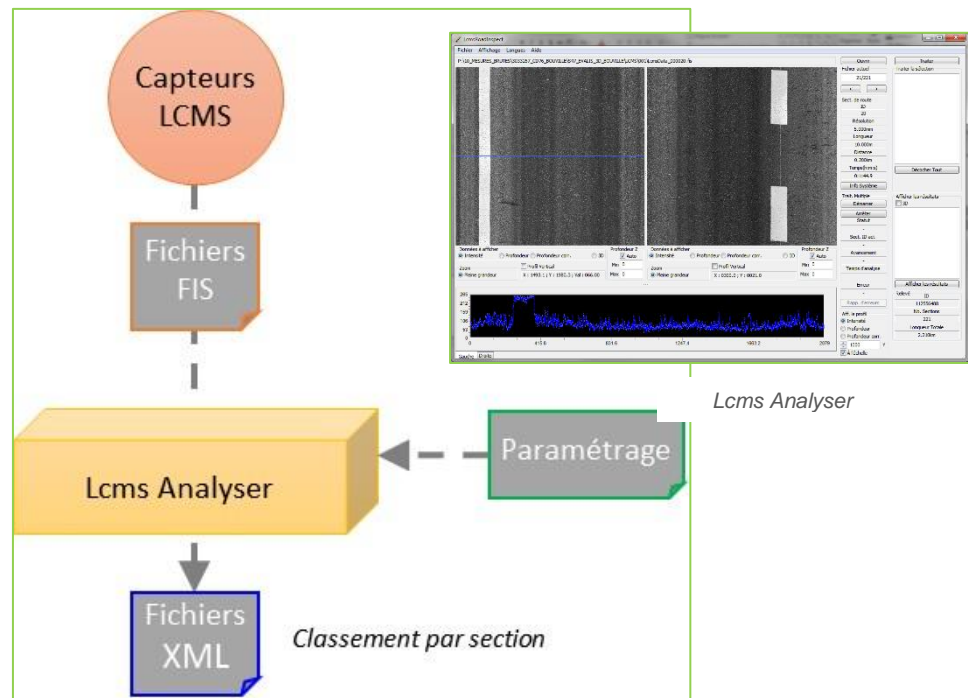


Schéma synthétique du post-traitement des mesures et dégradations

Les informations contenues dans les fichiers «.FIS » sont traitées par l'application « LcmsAnalyser », fournie par le constructeur. Les résultats des traitements sont synthétisés dans un fichier «.xml » pour chaque fichier «.fis ».

Remarque :

Les algorithmes fournis par Pavemetrics ne correspondent pas forcément aux normes et Méthodes d'essais utilisées en France. Pour certains calculs d'indicateurs, les sociétés utilisatrices ont été amenées à développer leurs propres algorithmes par exemple pour les indicateurs de profil en travers.

4.3 Le PPS ou PPS+

4.3.1 Présentation de l'appareil

Le PPS est un système qui équipe le véhicule d'auscultation de la société Lehmann und Partner (Groupe Ginger CEBTP). Cette technologie est en exploitation depuis huit ans et est utilisée en Allemagne et en Pologne notamment. Le PPS+ qui est son évolution a été testée en août 2018.

Les appareils sont développés par Franhofer, organisme semi-public qui développe exclusivement pour Lehmann und Partner :

- Un véhicule autonome en énergie,
- Un système d'imagerie de chaussée et d'environnement,
- Un système de positionnement s'appuyant sur une centrale inertielle de type Applanix,
- Un odomètre,
- Un Lidar d'environnement (CPS) et lidar de chaussée (PPS),
- Un Lidar d'environnement (CPS) et lidar de chaussée (PPS+ dans la dernière version).



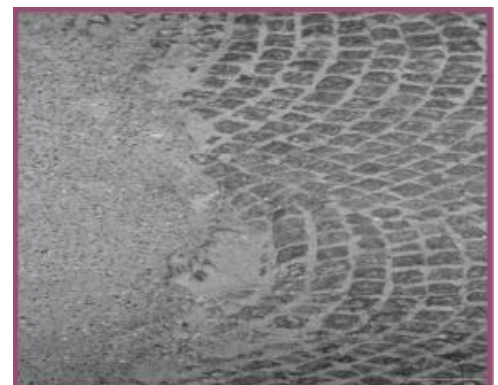
Les PPS et PPS + utilisent des lasers de classe 1 qui n'exigent pas de précautions particulières du point de vue de la sécurité des usagers. Le PPS permet de générer des images 2D et le PPS+ des images 3D.

La précision de hauteur des points laser est de 0,3mm.

4.3.2 Exploitation

Les logiciels de traitement sont développés en open source.

La détection automatique des pathologies sur les images 2D est en cours de développement. Elle s'appuie sur un algorithme de deep-learning.



5 Techniques d'entretien, pathologies, indicateurs

5.1 Préambule

Le travail illustré au chapitre 4 a permis de lister les avantages potentiels des appareils automatiques et leurs capacités à délivrer de l'information plus fiable et répétable que le relevé réalisé par un opérateur. Le niveau de détail fourni par ces appareils s'apparente à des niveaux – M1, M2 – et permettrait d'aboutir par exemple à un M3 véritable et bien plus précis que le relevé réalisé par des techniciens qualifiés.

La formation des techniciens de relevé dans le but de les qualifier au sein du LCPC ou dans les entreprises, reste délicate. Les contrôles internes n'excluent pas des écarts entre opérateurs.

Le relevé automatique semble donc intéressant. Pour répondre aux besoins des maîtres d'ouvrage, il doit pouvoir mesurer des indicateurs existants afin de mettre en évidence les pathologies existantes sur la chaussée et aider à préconiser les techniques d'entretien, voire créer de nouveaux indicateurs.

Le groupe de travail a dans un premier temps regardé les éléments permettant d'aboutir au choix d'une technique. En effet, partir d'un ensemble de solutions travaux et vérifier le niveau d'information nécessaire au choix de son application, permet de mettre en perspective les éléments à relever du point de vue qualitatif et quantitatif (dégradations / déformations / déflexions etc.). Ce principe est notamment utilisé dans le guide de rénovation des couches de surface. Exemple : si le support est faïencé, le choix de réaliser un enduit n'est pas adapté. etc.

Dans un deuxième temps, le groupe a associé les pathologies déclenchant ces techniques puis les indicateurs permettant de cibler les pathologies.

Enfin, sur la base de l'expérience des contributeurs et des éléments transmis par les fournisseurs des systèmes, le groupe de travail a regardé comment les appareils automatiques se situaient par rapport aux indicateurs attendus.

Dans ce chapitre sont présentés les tableaux de synthèses produits par le groupe de travail.

5.2 Liste des techniques

Le tableau ci-dessous liste les techniques d'entretien :

Techniques
Techniques ponctuelles :
- Grenailage
- Hydrorégénération
- Micro-rabotage hors rectification travaux
- Pontage/colmatage
- Emploi partiel / PATA (solution d'attente)
- Reprofilage
- Purge profonde (touche la structure)
- Purge superficielle (porte sur le revêtement de surface)
- Rebouchage de nids de poule (pour mémoire)
- Enrobé projeté
Techniques pleine largeur
- ESU monocouche (pb adhérence)
- ESU bicouche (pb fissuration thermique ou étanchéité ou ressuage)
- MBCF (hors GB ou GE)
- RSC (revêtements superficiels combinés – gros enduit + MBCF dans les trous – si support très faïencés) - un peu plus durable qu'un ECF
- BBUM, BBTM, BBM (<5cm)
- BBSG ou >=5cm
- BBME
- BBDr
- BBF (BB à froid)
- BCMC
Techniques lourdes
- Renforcement
- Retraitement en place à froid (émulsion)
- Retraitement en place à froid hydraulique

5.3 Techniques et pathologies

Le groupe de travail a associé les pathologies qui pouvaient déclencher la mise en place des techniques.

Pathologie	Sous-pathologie	Dégradations	Techniques possibles
Fatigue structurelle	Fatigue dans l'assise	Fissuration Long. BDR	Renforcement, avec ou sans fraisage ou décaissement avec ou sans recyclage en centrale
		Déformation BDR	Retraitement en place avec liant hydraulique ou émulsion
		Dégradation FT	Purge des fissures transversales dégradées
	Problèmes structurels localisés	Affaissement en chaussée	Purge profonde
		Faiénçage localisé	Purge superficielle
		Nids de Poule	Rebouchage
		Réparation superf. ponctuelle	Si peu dense, rien ; Si dense, auscultation structurelle
	Défaut d'épaulement	Réparation profonde ponctuelle	Si peu dense, rien ; Si dense, auscultation structurelle
		Affaissement de rive	Purge profonde
		Fissuration de rive	Poutre de rive
	Dentelle de rive	Reprofilage	
Problèmes de revêtement	Décollement de la CR	Faiénçage BDR précoce Pelade très dense Pas de déformations	Fraisage jusque sous l'interface et nouveau tapis
	Arrachement	Désenrobage	PATA / Nouvelle couche de roulement
		Pelade	
		Plumage	
		Peignage	
	Ressuage	Ressuage	Hydro régénération, gravillonnage
	Adhérence	Macrotecture	Hydro régénération / Nouvelle couche de roulement
		Microtecture	Grenailage / Nouvelle couche de roulement
	Fissuration thermique	Faiénçage thermique	Rien / Nouvelle couche de roulement (?)
	Défaut d'unis	NBO	Reprofilage, nouvelle couche de roulement > 4cm selon NBO
Oc droit, Oc gauche		Reprofilage, nouvelle couche de roulement > 4cm selon OC et/ou IP	
IP		IP	
Etanchéité	Fissuration	Nouvelle couche de roulement mince	

5.4 Méthode d'essai

Relier directement les relevés automatiques avec les méthodes d'essai établies dans les années 90 est délicat. Les capacités de ces nouvelles technologies constituent une rupture avec les méthodes traditionnelles (relevés visuels).

Il y a une caractérisation différente de l'état de surface et l'approche du relevé des dégradations, des déformations et de la macrotecture est désormais surfacique.

Cette approche surfacique constitue assurément un plus pour une meilleure définition des besoins d'entretien.

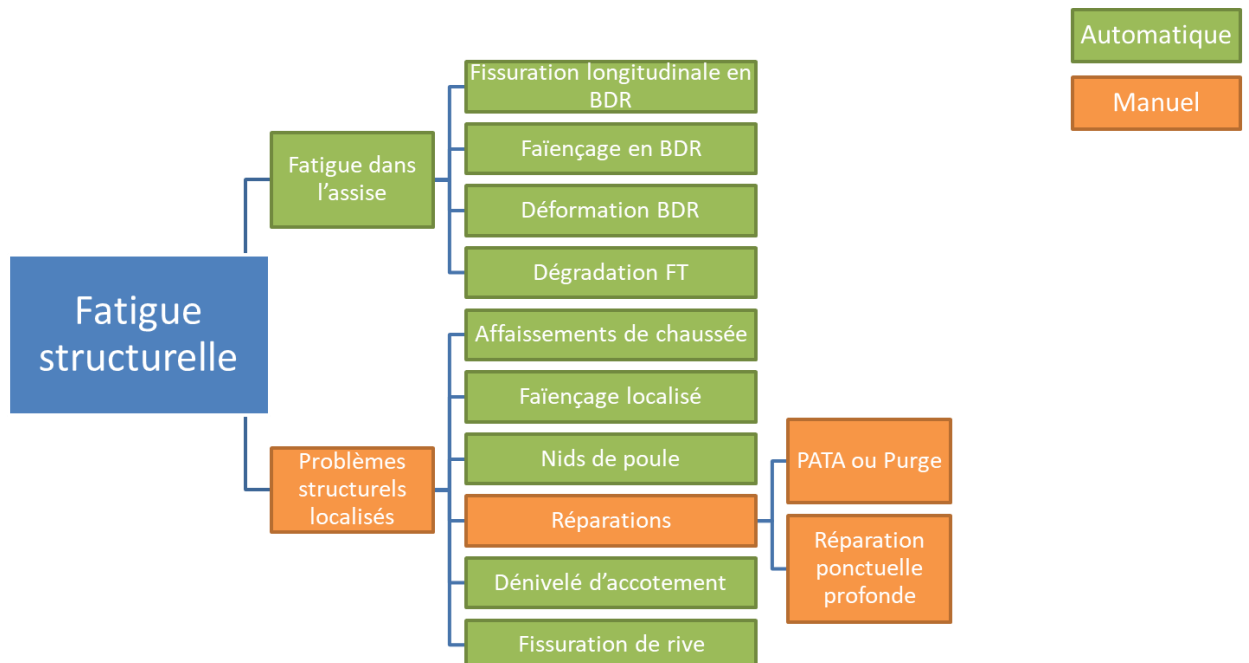
Se référer à des référentiels existants ne semble donc pas adapté. Au contraire, fort de ces nouvelles possibilités, il devient essentiel de mettre en place une nouvelle méthode d'essai.

C'est une source d'optimisation des budgets par l'apport :

- D'une qualité du relevé ne dépendant plus des facteurs humains et des conditions de relevé,
- D'une plus grande répétabilité,
- D'une meilleure connaissance des pathologies,
- De mesure d'évolution de l'état des chaussées plus fiable et plus fine.

5.5 Indicateur structurel

Un des objectifs principaux du projet DVDC est de parvenir à construire un nouvel indicateur structurel pertinent. Le tableau ci-dessous démontre comment ces nouvelles technologies peuvent répondre à cet objectif.



5.6 Poursuite du travail en Tranche 3

Le travail en tranche 3 doit permettre :

- La définition d'une nouvelle méthode d'essai,
- La définition d'un nouvel indicateur structurel,
- L'exploitation d'essais croisés (ASFA) pour définir les niveaux de précision et les principes de paramétrage des solutions d'auscultation.

6 ANNEXES

6.1 Macadam

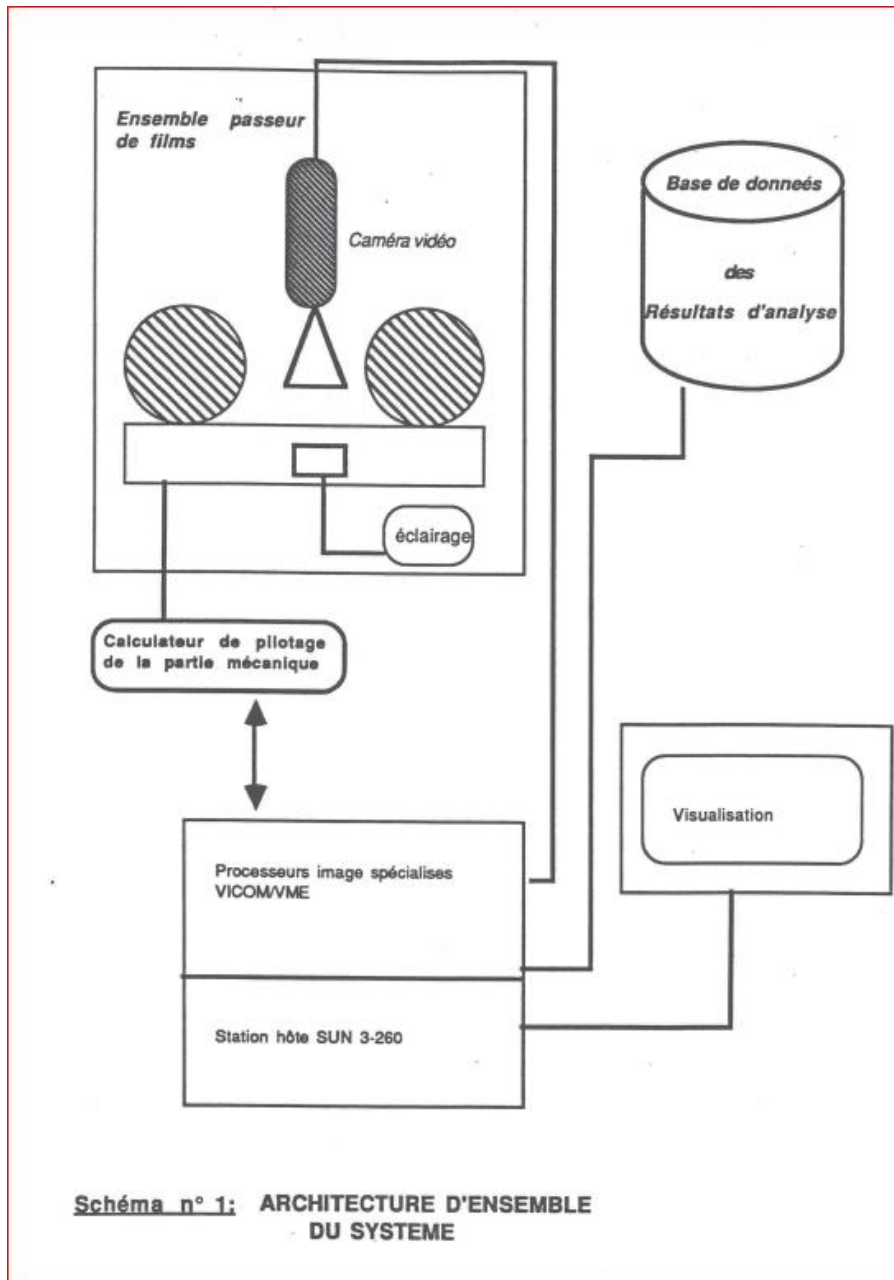
Comme il 'appuyait sur les films GERPHO qui existaient depuis longtemps, MACADAM enregistrait en vidéo les films 35 mm issu du GERPHO et analysait les images digitales ainsi créées ;

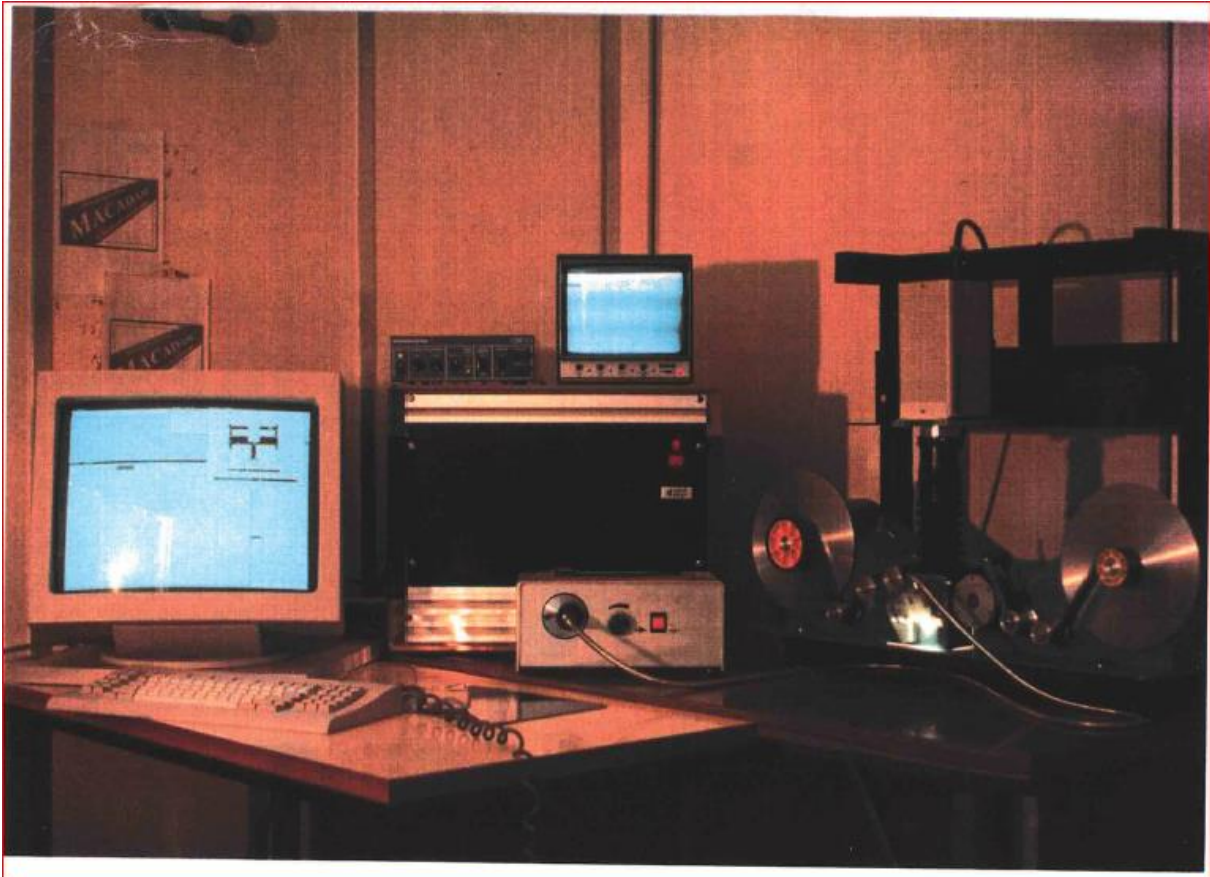
Le système détectait les 10 indicateurs suivants:

- Fissures transversales franches (nombre),
- Fissures transversales pontées (nombre),
- Fissures longitudinales franches dans et hors bandes de roulement (longueurs),
- Fissures longitudinales pontées dans et hors bandes de roulement (longueurs),
- Zones de faïençage dans et hors bandes de roulement (surfaces),
- Zones de « désenrobage » dans et hors bandes de roulement (surfaces).

Le système était donc notamment constitué :

- D'un passeur de film permettant de gérer l'avance du film et sa reprise en vidéo,
- D'enrouleurs dérouleurs asservis,
- D'un système d'éclairage uniforme,
- D'un support de caméra 3 axes,
- D'un système d'avance du film,
- De calculateurs et pupitre de commande,
- D'un calculateur ainsi que des unités spécialisées pour les opérations sur les images composé d'une Station SUN 3-260 et d'un système de traitement d'images VICOM /VME.
- Et de 18 000 lignes de codes en C...





Premier système



Une partie de l'outil MACADAM

6.2 Liste des pathologies

Pathologie	Sous-pathologie	Dégradations	Indicateurs	Techniques possibles
Fatigue structurelle	Fatigue dans l'assise	Fissuration Long. BDR	Fissures longitudinales (taux de ramification, largeur)Faïençage (gravité)	Renforcement, avec ou sans fraisage ou décaissement avec ou sans recyclage en centrale
		Déformation BDR	Profondeur dégradation	Retraitement en place avec liant hydraulique ou émulsion
		Dégradation FT	Gravité fissuration (taux de ramification, largeur) QSPO	Purge des fissures transversales dégradées
	Problèmes structurels localisés	Affaissement en chaussée	Surface et profondeur de l'affaissement	Purge profonde
		Faiençage localisé	Surface et gravité	Purge superficielle
		Nids de Poule	Densité et gravité (volume) des NdP	Rebouchage
		Réparation superf. ponctuelle	Densité (% surface) des réparations en PATA	Si peu dense, rien ; Si dense, auscultation structurelle
	Défaut d'épaulement	Réparation profonde ponctuelle	Densité (% surface) des Purges	Si peu dense, rien ; Si dense, auscultation structurelle
		Affaissement de rive	Extension et profondeur de l'affaissement	Purge profonde
		Fissuration de rive	Largeur de la bande fissurée et gravité de la fissuration	Poutre de rive
	Dentelle de rive	Largeur de la dentelle	Reprofilage	
Problèmes de revêtement	Décollement de la CR	Faiençage BDR précoce	Faiençage dans les BDR	Fraisage jusque sous l'interface et nouveau tapis
		Pelade très dense	Densité pelade	
		Pas de déformations	Affaissement (=0) et orniérage (=0)	
	Arrachement	Désenrobage	Surface et profondeur du désenrobage	PATA / Nouvelle couche de roulement
		Pelade	Surface de la pelade	
		Plumage	Surface du plumage	
		Peignage	Surface de la peignage	
	Ressuage	Ressuage	Surface et gravité du ressuage	Hydrorégénération, gravillonnage
	Adhérence	Macrotecture	PMP, PTE	Hydrorégénération / Nouvelle couche de roulement
		Microtecture	CFT, CFL	Grenillage / Nouvelle couche de roulement
	Fissuration thermique	Faiençage thermique	Extension du faiençage	Rien / Nouvelle couche de roulement (?)
	Défaut d'unis	NBO	NPO, NMO, NGO dans différentes traces	Reprofilage, nouvelle couche de roulement > 4cm selon NBO
		Oc droit, Oc gauche	Profondeur d'ornière droite et gauche	Reprofilage, nouvelle couche de roulement > 4cm selon OC et/ou IP
IP		Déformation transversale dans sa globalité		
Etanchéité	Fissuration	Tout type de fissuration (largeur)	Nouvelle couche de roulement mince	

6.3 Listes des techniques

Techniques	Type de support	Contre-indications	Indications	Indicateurs
Techniques ponctuelles :				
- Grenailage	Tous	Désenrobage	Adhérence (microtexture)	Désenrobage Microtexture
- Hydrorégénération	ES		Ressuage	Ressuage
- Micro-rabotage hors rectification travaux	Enrobés		Défaut d'uni PO (ou MO)	NPO NMO
- Pontage/colmatage	Tous	Densité, profondeur et taux de ramification des fissures et fissures déjà pontées	Densité, profondeur et taux de ramification des fissures	Densité Profondeur Taux ramification => des fissures
- Emploi partiel / PATA (solution d'attente)	Tous	Seuil sur l'extension surfacique des fissures <20% de la surface de la chaussée par exemple Fort ressuage	Fissuration sans déformation	Extension surfacique des fissures Niveau de Déformation (IP ?)
- Reprofilage	Tous	Sur structure souple ne pas mettre une GB. GE c'est bon	Déformations localisées (long/larg/travers)	Déformation localisée
- Purge profonde (touche la structure)	Tous	Présence de réseaux enterrés - densité de purges	Fissure et déformation localisée	Extension des fissurations Amplitude et extension déformations
- Purge superficielle (porte sur le revêtement de surface)	Tous	Problème structurel - densité de purges	Fissure ou déformation localisée	Extension des fissurations Amplitude et extension déformations
- Rebouchage de nids de poule (pour mémoire)	Tous		Nids poules	Nids de poule
- Enrobé projeté	Tous	Trafic	Fissures très ouvertes, déformations très localisées, trous	Ouverture des fissurations Amplitude et extension déformations
Techniques pleine largeur				
- ESU monocouche (pb adhérence)	Tous mais très peu dégradés	Déformations fortes ou bombement prononcé (en fait, cela n'empêche pas les ES mais ceux-ci n'ont pas d'effet sur cette dégradation), fort ressuage, agglo	Adhérence	Ressuage Présence agglo Macrotecture Microtexture
- ESU bicouche (pb fissuration thermique ou étanchéité ou ressuage)	Tous mais pas trop dégradés	Déformations fortes ou bombement prononcé (en fait, cela n'empêche pas les ES mais ceux-ci n'ont pas d'effet sur cette dégradation), agglo	Fissuration thermique, étanchéité	Fissuration thermique Etanchéité (?)
- MBCF (hors GB ou GE)	Tous	Pas ou très peu de déformations L&T - bonne déflexion - pas de ressuage	Etanchéité, agglo	Ressuage Amplitude déformation Présence agglo Etanchéité Déflexion (?)
- RSC (revêtements superficiels combinés – gros enduit + MBCF dans les trous – si support très faïencés) - un peu plus durable qu'un ECF	Tous	Pas ou très peu de déformations L&T - pas de ressuage	Etanchéité	Ressuage Amplitude déformation Etanchéité
- BBUM, BBTM, BBM (<5cm)	Tous sauf trop dégradé	Déformations <1cm, bonne déflexion	Adhérence, esthétique	Amplitude déformation Adhérence Déflexion (?)
- BBSG ou >=5cm	Tous	Trafic faible	1 / cdr : adhérence, arrachement, bruit (si trafic fort) 2 / Structure : fissuration et déformation dans bdr	Adhérence Arrachement Fissuration et déformation en BdR
- BBME	Tous		Idem BBSG sur trafic canalisé ou giratoire	Adhérence Arrachement Fissuration et déformation en BdR
- BBDr	Enrobés	En urbain, périurbain, trafic faible, VH	Précipitations,	
- BBF (BB à froid)	Tous	Trafic faible à moyen	Idem BBSG, accepte des déformations	Adhérence Arrachement Fissuration et déformation en BdR
- BCMC	Enrobés - structure en bon état	Sections courantes	Orniérage ou flaches, charges statiques, freinage ou démarrage fréquents	Adhérence Arrachement Fissuration et déformation en BdR
Techniques lourdes				
- Renforcement	Tous		Dégradations de fatigue structurelle	Fissuration et déformation en BdR QSPO Réparation dense
- Retraitement en place à froid (émulsion)	Tous		Dégradations de fatigue structurelle	Fissuration et déformation en BdR QSPO Réparation dense
- Retraitement en place à froid hydraulique	Chaussées GH		Dégradations de fatigue structurelle	Fissuration et déformation en BdR QSPO Réparation dense