

AUTOMATED DISTRESS SURVEY

Jean Carrier, ing., M.Ing., Groupe Qualitas inc.

Paper prepared for presentation at the _____ Session of the
2012 Conference of the Transportation Association of Canada
Fredericton, New Brunswick

ABSTRACT

La connaissance du type, de la densité et la sévérité des fissures présentes à la surface d'un revêtement est d'une grande importance pour la caractérisation de la condition d'une chaussée et la détermination d'une intervention appropriée. Le relevé de la fissuration est encadré depuis plusieurs années par des guides d'identification permettant à des évaluateurs de caractériser les défauts présents à la surface d'un revêtement à partir d'une observation visuelle. Bien que des protocoles de relevé et des critères d'évaluation élaborés de façon efficace permettent de réduire la subjectivité des observations, il demeure qu'il subsiste toujours une certaine variabilité reliée à différents facteurs tels la position de l'évaluateur par rapport à la chaussée, l'éclairage et le jugement humain.

L'avènement d'une nouvelle technologie basée sur l'utilisation de capteurs laser permet de produire une cartographie en trois dimensions des irrégularités verticales du revêtement et ainsi extraire les informations relatives à la fissuration. Ce relevé effectué à la vitesse de la circulation permet d'obtenir, par un traitement des profils mesurés, une caractérisation précise et entièrement objective de la fissuration autant au niveau quantitatif que qualitatif. L'objectif de la présentation est de décrire les caractéristiques techniques de cette technologie, les processus de traitement utilisés et les résultats obtenus.

The availability of data regarding type, density and severity of surface pavement distress is of great importance to determine the condition of a pavement and selecting appropriate interventions. For many years, distresses were collected visually by field personnel using different kinds of guides. In recent years, the survey was more oriented using pavement images rather than by actual observations on the road principally for security purposes and efficiency in quality control processes. Even if the guides are very specific and designed to reduce the subjectivity of the observations, variability in the results are commonly noticed and related to different causes such as the position of the observers, the lighting condition and human judgment.

The advancement in laser technologies can now provide a tool to produce a 3D cartography of vertical irregularities after which extensive information related to cracking can be extracted. Surveys performed at traffic speeds can provide after analysis of the gathered transverse profiles, a precise characterization of the extent, width and location of cracks present at the surface of a pavement. The purpose of this presentation is to introduce the details of the new laser technology, the data process treatment and the results obtained from different case studies.

1. INTRODUCTION

La réalisation d'un relevé des dégradations présentes à la surface des chaussées a pour principal objectif de caractériser la condition de la surface, d'identifier les mécanismes de détérioration actifs et de cibler le type d'intervention approprié pour la réhabilitation de la chaussée. Les éléments généralement observés dans le cadre d'un relevé sont le type de dégradation, le niveau de sévérité et l'étendue couverte par le défaut exprimée soit en termes de nombre, de longueur ou de superficie selon la nature de la dégradation. Les observations de la condition de surface font l'objet de nombreux guides et références [1] encadrant le processus de relevé et fournissant des exemples visuels des différents types de dégradations et des niveaux de sévérité associés.

Historiquement les relevés des dégradations étaient effectués sur la route soit à partir d'un véhicule circulant à basse vitesse dans l'accotement ou à pied. Selon la catégorie de lien routier, certaines dispositions devaient être adoptées pour assurer la sécurité des évaluateurs soit la présence d'un véhicule de signalisation, d'un véhicule atténuateur d'impacts ou la fermeture de la voie de circulation pour la durée du relevé. Par la suite, l'émergence des médias d'enregistrement et de sauvegarde des images de la chaussée a permis d'exempter la présence de l'évaluateur sur la route et de

transposer son travail d'observation dans le bureau à l'aide de postes informatiques affichant les images de la chaussée et les informations associées. Ce mode de relevé a permis le développement d'outils performants assurant une plus grande objectivité des observations, un processus de contrôle de qualité plus facile à mettre en œuvre et un niveau de détail offrant une plus grande flexibilité selon les objectifs de l'étude.

Ces avancées en matière d'acquisition et de traitement des images de chaussées n'ont cependant pas permis d'éliminer tous les obstacles à la production des résultats fiables et répétables. Comparativement par exemple à un relevé de l'uni réalisé à l'aide d'un profilomètre inertiel, les résultats d'un relevé des dégradations conservent une portion subjective inhérente au jugement des évaluateurs et demeure tributaire de la disponibilité d'images d'un niveau de qualité approprié exemptes autant que possible d'ombrages masquant les dégradations. Au niveau de la productivité, le relevé des dégradations effectué sur la base d'observations visuelles par des évaluateurs constitue une tâche nécessitant un nombre d'heures considérable et augmentant par conséquent les coûts liés à l'auscultation des chaussées.

2. DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE LASER

Depuis plus d'une décennie il y a eu de grands efforts déployés dans le développement d'une technologie permettant le relevé automatisé de la fissuration avec un niveau adéquat de précision. La technologie qui fait l'objet de la présente description constitue une avancée déterminante dans l'automatisation du relevé de la fissuration. Le nom de la technologie est LCMS (Laser Crack Measurement System) et est commercialisé par l'entreprise Pavemetrics.

Le principe du système LCMS est de projeter à la surface du revêtement deux faisceaux lasers orientés transversalement en provenance d'unités fixés horizontalement à une hauteur d'environ 2 mètres. Le faisceau de chacun des capteurs est composé de 2 080 points de mesure répartis sur une largeur de près de 2 mètres. La combinaison des deux faisceaux couvre donc 4 mètres soit entièrement la largeur d'une voie normale de circulation. La fréquence d'acquisition des profils transversaux est de 5 600 profils/seconde soit représentant un écart longitudinal maximal entre les profils de près de 5 mm pour une vitesse jusqu'à 100 km/h. La résolution verticale des mesures du profil est de 0,5 mm.

La combinaison des profils transversaux sur une distance donnée permet de créer une représentation en trois dimensions de la surface de la chaussée. L'analyse de ces données résulte en la détection des fissures, la caractérisation des ornières et l'appréciation de la texture du revêtement. Cette présentation traite principalement de la fonctionnalité de détection des fissures.

Les figures 1 et 2 présentées à la fin du texte montrent deux exemples de résultats provenant du système LCMS. L'image de gauche provient de la caméra fixée à l'avant du véhicule et offre une vue panoramique de la chaussée et de son environnement. L'image au centre est nommée 'Intensity' et représente une vue en 2 dimensions de la réflectivité de la surface du revêtement. Les informations de cette image sont utilisées entre autres pour la détection des lignes de marquage routier et le positionnement des bandes longitudinales. L'image de droite est nommée 'Range' et représente une vue en 3 dimensions des irrégularités verticales de la surface de la chaussée. Les informations de cette image sont utilisées pour la détection de la fissuration et la caractérisation des ornières.

La consultation des images 'Intensity' et 'Range' est intéressante pour vérifier la qualité de l'acquisition des profils transversaux et avoir un aperçu de la condition de surface de la chaussée. L'emmagasinement des résultats est cependant réalisé par l'utilisation de fichiers de type 'XML' qui est un format normalisé permettant la catégorisation des informations par rubrique. La figure 3 présente un exemple d'une portion d'un fichier résultat de type 'XML' produit par l'analyse des profils transversaux provenant du système LCMS. En résumé les extraits de l'analyse des fichiers d'acquisition pour un segment d'une longueur donnée sont une image en 2 dimensions de la réflectivité de la surface du revêtement, une image en 3 dimensions des irrégularités verticales et un fichier de type 'XML' contenant l'ensemble des informations relatives à la fissuration, l'orniérage et la texture.

3. PROCESSUS DE TRAITEMENT DES DONNÉES

Les extraits de l'analyse des profils transversaux sont intéressants au niveau visuel pour constater l'ampleur des dégradations présentes à la surface de la chaussée mais nécessitent un traitement approprié afin de satisfaire aux besoins de la gestion des chaussées. La figure 4 présente une portion d'un fichier 'XML' correspondant à l'image adjacente. Chaque segment de fissures détecté est représenté par un vecteur composé

de 2 nœuds référencés en X - Y et d'une ouverture exprimée en millimètres. L'ensemble des fissures de l'exemple présenté constitue donc dans le fichier 'XML' des centaines de vecteurs indépendants.

Il existe une multitude de façons différentes et de protocoles d'évaluations reconnus pour colliger les informations d'un relevé de la fissuration. Cependant certains points communs peuvent être synthétisés tels que l'identification du type de fissures soit : longitudinale, transversale, latérale, lézarde et carrelage, la compilation selon l'étendue soit en termes de nombre, de longueur ou de superficie, la caractérisation de la sévérité soit selon l'ouverture de la fissure ou du niveau de ramification : simple ou multiple et finalement en fonction de la localisation en particulier dans les pistes de roues.

Il apparaît évident que les extraits de l'analyse des fichiers d'acquisition du système LCMS ne correspondent pas aux dispositions des protocoles existants d'identification de la fissuration. Un organisme pourrait par contre décider de développer son propre protocole adapté aux extraits du système LCMS et par exemple compiler la longueur de fissures selon différentes classes d'ouverture. Ce type de compilation des résultats permettrait assurément de rencontrer l'objectif de caractériser la condition de la surface à partir d'un taux de fissuration pondéré ou non en fonction de l'ouverture. Cependant la possibilité de déterminer un mécanisme de détérioration associé aux dégradations observées et d'identifier les interventions applicables serait grandement réduite par l'adoption d'un tel protocole.

Un processus de traitement des données brutes produites par le système LCMS a été développé afin de pouvoir s'adapter aux différents protocoles existants d'identification de la fissuration. Ce processus comporte une série de filtres et de méthodes combinatoires afin d'agréger les vecteurs du fichier 'XML' en des éléments spécifiques. Les critères utilisés dans les filtres et combinaisons reposent sur l'ouverture, la longueur, l'orientation et la distance des segments de fissures. Ainsi le processus élimine les segments dont la longueur est inférieure à un seuil donné et combine les segments dont la distance, la différence d'orientation ou l'ouverture se situent à l'intérieur de limites spécifiées. À la fin du processus, les fissures dont l'orientation est perpendiculaire à la ligne de centre sont classées de type transversale, les fissures longitudinales localisées dans les pistes de roues peuvent être identifiées, le niveau de ramification peut être déterminé de même que la superficie couverte par la fissure en utilisant soit un rectangle englobant la totalité de la fissure ou une enveloppe épousant les limites de la fissure principale et de ses ramifications. La figure 5 illustre différentes

étapes du processus permettant d'obtenir une agrégation des multiples segments de fissures détectées.

Le processus de traitement des fichiers d'acquisitions LCMS rend possible la compilation des fissures identifiées selon l'ensemble des protocoles existants soit en fonction du type de fissure, du niveau de sévérité (ouverture et/ou ramification), de l'étendue couverte et de la position par rapport aux bandes longitudinales. Cette compilation peut être effectuée pour différents intervalles de distance, les plus fréquents étant 10 mètres en mode projet et 50 ou 100 mètres en mode réseau.

La vérification des résultats de l'analyse et l'ajout d'informations relatives à d'autres types de dégradations peuvent être requis. Pour réaliser cette opération, l'image de la chaussée captée à partir d'une caméra localisée à l'avant du véhicule est affichée à côté des images LCMS et un système de transposition permet de superposer les informations extraites de l'analyse des fichiers d'acquisition LCMS sur l'image panoramique. La figure 6 schématise la transposition des informations dans un système cartésien en X – Y sur image en perspective. Par la suite le technicien peut directement sur l'image corriger les fissures existantes ou ajouter les informations requises par le protocole d'évaluation spécifié dans le cadre du projet.

4. VALIDATION DES RÉSULTATS

La validation des résultats consiste à comparer les résultats obtenus avec des valeurs de référence provenant d'une piste en situation contrôlée. La piste utilisée comme référence a été élaborée et est sous la responsabilité du Ministère des Transports du Québec. La piste d'une longueur de 400 mètres ne reçoit aucune circulation et sa condition est donc stable dans le temps. Afin de constituer des valeurs de référence très précises, la fissuration longitudinale et transversale a été créée artificiellement au moyen d'insertion de pièces métalliques dans le revêtement et de la réalisation de traits de scie. Les fissures ainsi créées ont des ouvertures de 1, 2, 3, 4 et 6 millimètres. La figure 6 montre un exemple de trait de scie et d'insertion dans le revêtement de la piste de référence. Les critères de comparaison sur la base de résultats compilés par intervalle de 10 mètres concernent le niveau de détection des fissures qui doit être supérieur à 90 % des valeurs de référence, l'étendue par type de fissure dont le biais doit être inférieur à 10 %, l'ouverture moyenne qui doit être estimée à plus ou moins 4 millimètres, la classification par bande longitudinale qui doit être conforme dans 90 %

des cas et finalement le taux de fissuration non-pondéré dont l'écart doit être inférieur à 0,05 m/mm².

5. CHAMPS D'UTILISATION

La technologie de relevé automatisé de la fissuration est applicable dans plusieurs champs d'activité reliés à l'auscultation des chaussées. En mode réseau, le gain de productivité et la réduction des délais de disponibilité des données apportés par l'analyse automatisée constituent les principaux avantages de cette technologie. En mode projet, soit en expertise de cas ou en suivi de performance, la précision et la répétabilité des mesures facilitent la caractérisation des dégradations. La technologie peut également être d'une grande utilité dans le cadre de relevé de grandes surfaces telles des zones de stationnement, de manutention de marchandise (port) et de pistes d'aéroport. La figure 8 montre l'application de la technologie LCMS sur une piste d'aéroport de 24 mètres de largeur où un relevé par bande longitudinale a été effectué. La cartographie des fissures et joints détectés peut par la suite être effectuée par la transposition des informations référencées selon les coordonnées X – Y du LCMS sur le plan de l'aéroport et ainsi, tel que montré à la figure 9, avoir une vue globale des dégradations présentes.

RÉFÉRENCE

- [1] Ministère des Transports du Québec, « Guide de mesure et d'identification des dégradations des chaussées souples », 2007, 71 pages.

FIGURES



Figure 1 – Image panoramique, Intensity et Range



Figure 2 – Image panoramique, Intensity et Range

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
- <LcmsAnalyserResults>
  <DataFormat>1.0</DataFormat>
  <SurveyInfo />
  - <RoadSectionInfo>
    <SurveyID>3120840775</SurveyID>
    <SectionLength_m>5.002</SectionLength_m>
    <Speed_kmh>29.904</Speed_kmh>
  </RoadSectionInfo>
  - <ProcessingInformation>
    - <ProcessingParameters>
      <LaneMarkingModule_Parameters />
      <PotholeModule_Parameters />
      <RuttingModule_Parameters />
    </ProcessingParameters>
  </ProcessingInformation>
  - <RutInformation>
    - <RutMeasurement>
      <Position>20.000</Position>
      <LaneSide>Right</LaneSide>
      <Depth>1.56</Depth>
      <Width>1583.81</Width>
      <CrossSection>1359.00</CrossSection>
      <Type>0</Type>
    </RutMeasurement>
  </RutInformation>
  - <CrackInformation>
    - <CrackList>
      - <Crack>
        <CrackID>0</CrackID>
        - <Node>
          <X>839.0</X>
          <Y>3437.3</Y>
          <Width>7.3</Width>
        </Node>
        - <Node>
          <X>783.0</X>
          <Y>3474.0</Y>
          <Width>8.4</Width>
        </Node>
      </Crack>
    </CrackList>
  </CrackInformation>
</LcmsAnalyserResults>

```

Figure 3 – Structure d'un fichier XML

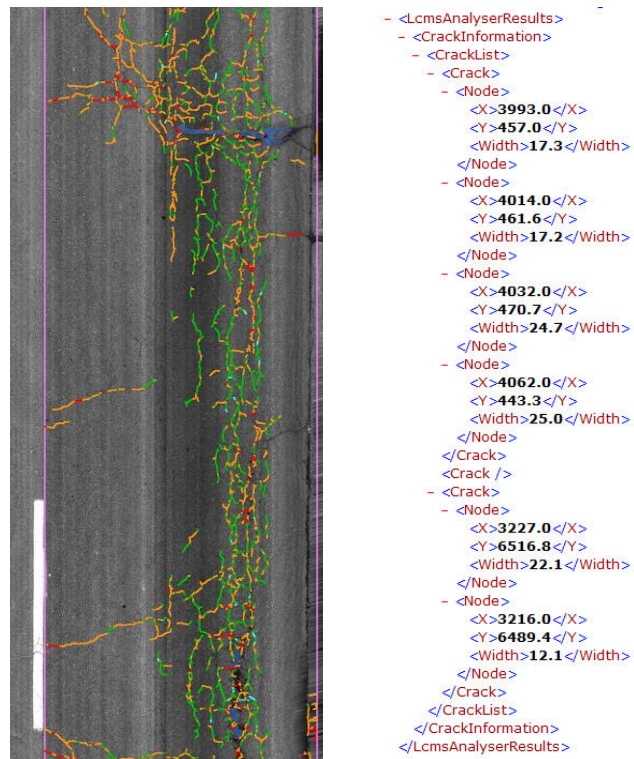


Figure 4 – Codification des segments de fissures

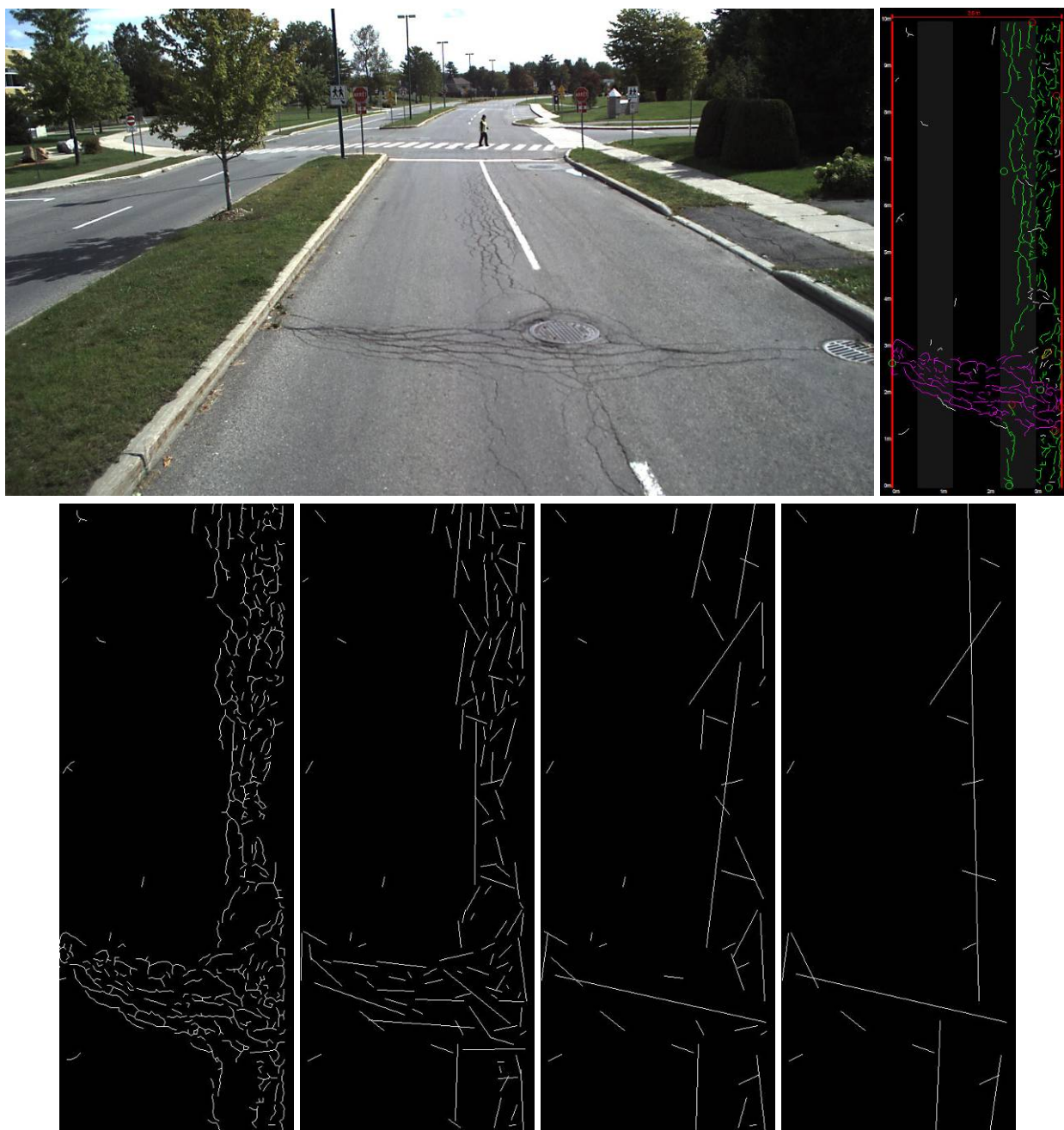


Figure 5 – Processus de traitement des fichiers LCMS

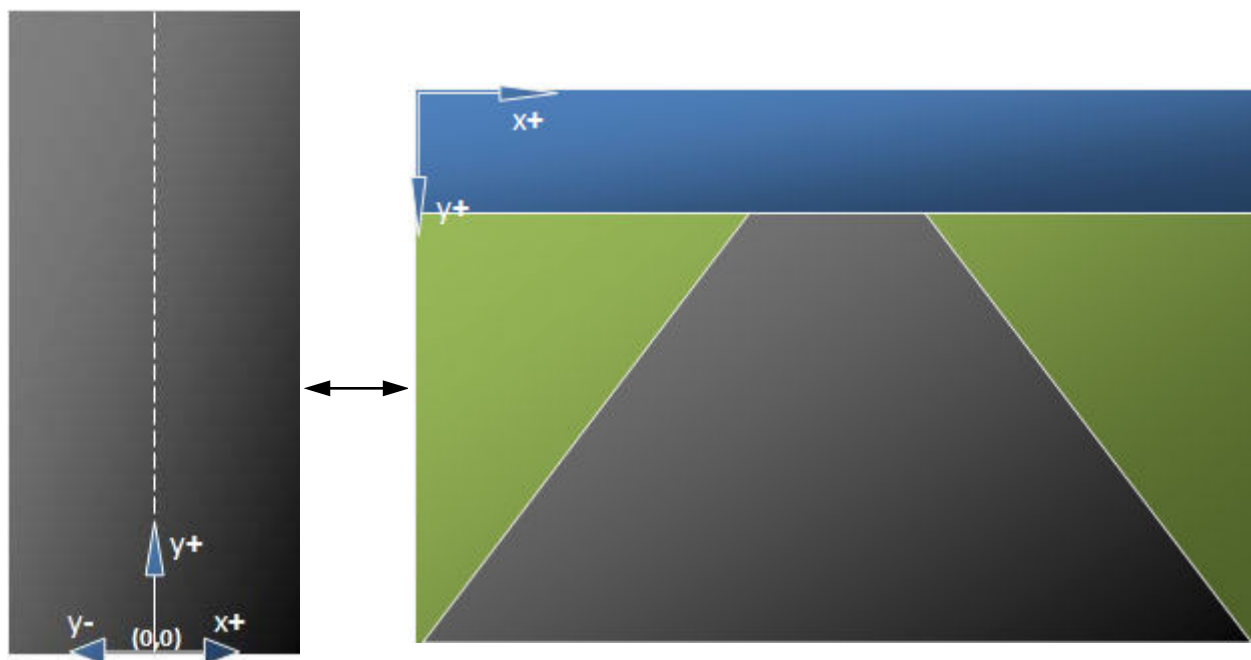


Figure 6 – Système de transposition des informations



Figure 7 – Insertion dans le revêtement

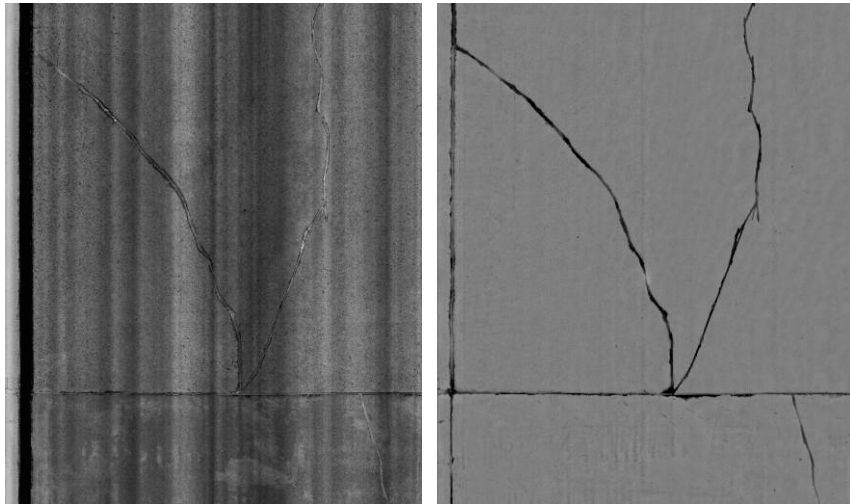


Figure 8 – Piste d'aéroport

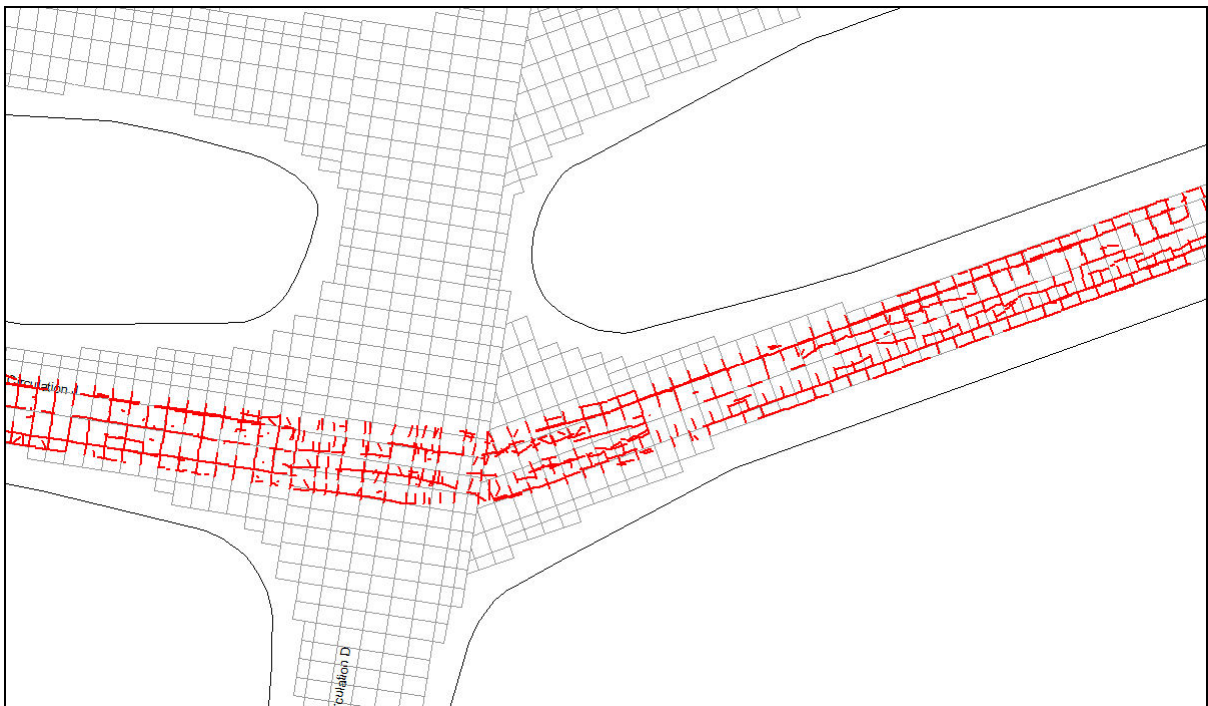


Figure 9 – Cartographie des dégradations